

## Anéis e ritmo de crescimento de espécies arbóreas em áreas da Mata Atlântica, no estado do PARANÁ

Paulo Cesar BOTOSSO (1)<sup>3</sup>  
Fernando ANDREACCI (2)  
Fernanda Cristina Gil CARDOSO (3)  
Nelson Luiz COSMO (4)  
Maria Raquel KANIESKI (4)  
Marcela Blagitz Ferraz do NASCIMENTO (5)  
Tomaz LONGHI-SANTOS (4)  
Carolina Yumi SHIMAMOTO (3)  
Thais Miti YOSHIDA (5)

**Palavras-chave:** anatomia ecológica, atividade cambial, fenologia, autoecologia, dendroecologia.

### Resumo

As florestas tropicais e subtropicais estão entre os ecossistemas menos conhecidos em todo mundo. Apesar disso, constata-se ainda hoje, a exploração contínua e predatória dos seus recursos. Como consequência disso, evidencia-se a alteração progressiva desses ambientes naturais, sendo esses, frequentemente reduzidos a pequenos fragmentos isolados e/ou descontínuos, culminando em sérios comprometimentos a sua biodiversidade e conservação. O grande número de espécies de plantas arbóreas existentes e a diversidade desses ambientes representam um grande desafio para sua conservação, tornando-se um vasto campo de aplicação para diversas áreas do conhecimento na tentativa de compreender as **intrincadas** e complexas estratégias ecológicas das espécies vegetais que os compõem. Estudos voltados à interpretação ecológica e a aplicação das informações contidas na estrutura anatômica das madeiras, nos anéis de crescimento e no ritmo de crescimento destas espécies arbóreas em relação aos ambientes em que estas ocorrem têm merecido uma atenção especial pela possibilidade de aplicação destas informações no contexto da pesquisa ambiental, ecológica e florestal. Ecossistemas complexos com alto grau de endemismo e fortemente ameaçados pela ação antrópica como aqueles inseridos no domínio da Mata Atlântica, tem despertado cada vez mais o interesse de muitas áreas da ciência, visando entender os mecanismos envolvidos na autoecologia de suas espécies e na dinâmica destas formações. Neste sentido, serão comentados alguns estudos de casos e possibilidades de aplicação derivadas de estudos recentemente conduzidos em áreas remanescentes da Mata Atlântica, no estado do Paraná, demonstrando a necessidade, cada vez maior, de ações interdisciplinares

3 (1) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – *Embrapa Florestas*, Estrada da Ribeira (BR 476), km 111, Colombo, PR (botosso@cnpf.embrapa.br)

(2) Programa de Pós Graduação em Botânica; Departamento de Botânica, SCB, Universidade Federal do Paraná; caixa postal: 19031, 81531-980 Curitiba, PR.

(3) Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação; Laboratório de Ecologia Vegetal; Departamento de Botânica, SCB, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

(4) Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal; Departamento de Ciências Florestais, SCA, Universidade Federal do Paraná. Av. Lothário Meissner, 900 – Jardim Botânico, Curitiba.

(5) Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas; Departamento de Biologia Animal e Vegetal; Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina.

colaborativas no sentido de procurar entender as complexas relações e mecanismos envolvidos no funcionamento e dinâmica destes ambientes.

O domínio do bioma Mata Atlântica é definido como um complexo de ecossistemas de enorme importância ecológica e social, sendo algumas de suas porções reconhecidas como Reserva da Biosfera pela Unesco e Patrimônio Nacional, na Constituição Federal de 1988, e considerado um dos *hotspots* mundiais de excepcional biodiversidade e endemismo.

A área compreendida pelo domínio Mata Atlântica originalmente distribuída em 17 estados brasileiros, correspondendo a aproximadamente 13,04% do território nacional, subsidiou, ao longo do tempo, grande parte do desenvolvimento do país. Lembrando, também, que algumas políticas governamentais contribuíram para a diminuição dos remanescentes florestais através de subsídios favoráveis à expansão da agricultura que, muitas vezes, tem produzido graves consequências ecológicas e socioeconômicas. O extrativismo de matéria prima aliado a incentivos governamentais à agricultura, fez com que, atualmente, restem apenas 7,84% da cobertura original do bioma, tornando-o o *hotspot* mais devastado e o mais ameaçado de perda de diversidade.

Segundo Roderjan *et al.* (2002), o estado do Paraná, com apenas 2,5% da superfície brasileira, detém em seu território a grande maioria das principais unidades fitogeográficas do país. Em grande parte originalmente coberta por formações do domínio da Mata Atlântica, sua superfície é caracterizada por uma diversidade fitogeográfica notável, onde diferentes tipos de florestas ocorrem entremeados por formações herbáceas e arbustivas, resultantes de peculiaridades geomorfológicas, pedológicas e climáticas. Originalmente 83% de sua superfície eram cobertos por florestas, sendo que os 17% restantes eram ocupados por formações não florestais (e.g.: campos, cerrados, restingas, mangues, várzeas, campos de altitude e vegetação rupestre). No entanto, a intensificação das atividades humanas, a partir do final do século XIX, determinou uma expressiva transformação, restando atualmente menos de 9% da situação original em bom estado de conservação, e apenas 2% em áreas protegidas.

A despeito da enorme redução da cobertura original, alguns estudos científicos demonstram que poucas espécies da Floresta Atlântica se extinguíram (TABARELLI *et al.*, 2003), indicando que ainda há possibilidade de desenvolver ações conservacionistas estratégicas, econômica e ambientalmente sustentáveis. Neste sentido, ações que subsidiem políticas públicas deveriam também ser baseadas no conhecimento científico adquirido sobre a diversidade desses ambientes, a autoecologia de suas espécies e a dinâmica florestal.

Nos ecossistemas tropicais o clima é considerado praticamente uniforme em comparação às regiões temperadas, por isso durante muito tempo assumiu-se que o câmbio vascular destas espécies arbóreas não apresentavam sazonalidade em sua atividade. Além disso, como muitas espécies tropicais podem apresentar um crescimento contínuo durante todo o seu ciclo de vida, considerava-se impraticável analisar os anéis de crescimento em espécies arbóreas nestas regiões pela suposta ausência de estação que induzisse a dormência e/ou redução dos processos fisiológicos relacionados com o crescimento das plantas. Contudo, a existência de anéis anuais e/ou sazonais de crescimento em diversas espécies tropicais e subtropicais, resultantes de um ritmo de crescimento intermitente, tem sido demonstrada em vasta literatura já há algum tempo, podendo sua formação ser decorrente tanto de fatores endógenos quanto ambientais, como temperatura, fotoperíodo, precipitação (FAHN *et al.*, 1981). Muitos desses estudos contribuíram para que espécies arbóreas provenientes de regiões tropicais e subtropicais, inclusive no Brasil, fossem reconhecidas como potencialmente importantes e empregadas em estudos dendrocronológicos, ecológicos,

climáticos e ambientais.

O conhecimento acerca do tempo de formação do xilema secundário pode fornecer dados essenciais visando à determinação da idade dos indivíduos e dos controles ambientais relacionados ao crescimento das árvores, os quais podem ser descritos pelas técnicas dendrocronológicas. Segundo ROIG (2000), tendo em vista a tarefa muitas vezes difícil de reconhecer e demarcar os anéis de crescimento em árvores de regiões tropicais e subtropicais, qualquer tentativa de discernir a periodicidade de formação do xilema secundário constitui uma contribuição valiosa para o conhecimento da dinâmica e ecologia destas florestas.

Algumas pesquisas que versam sobre a ocorrência e periodicidade de formação de anéis de crescimento abrangem diferentes tipologias do bioma Mata Atlântica, como Floresta Ombrófila Densa (CALLADO *et al.*, 2001), Floresta Estacional Semidecidual (LISI *et al.*, 2008), Floresta Estacional Decidual (BONINSEGNA *et al.*, 1989) e Floresta Ombrófila Mista (OLIVEIRA *et al.*, 2007) para mencionar apenas alguns trabalhos.

Serão comentados, a seguir, alguns resultados de estudos conduzidos recentemente em diferentes unidades fitogeográficas no domínio deste bioma no Paraná, pelo envolvimento, dentre outros procedimentos, de aspectos relacionados à anatomia ecológica da madeira, análise de anéis de crescimento, monitoramento do crescimento em circunferência do tronco, enfatizando-se algumas possibilidades de aplicação e/ou potencialidades derivadas desses estudos com espécies arbóreas representativas deste bioma no estado. As ações de pesquisa envolvendo as espécies arbóreas destes estudos em diferentes unidades fitogeográficas da Mata Atlântica são apresentadas sucintamente na Quadro 1.

**Quadro1** – Espécies arbóreas em estudo nas diferentes Unidades Fitogeográficas no estado do Paraná e suas respectivas linhas de pesquisa.

No.	Espécie	Família	UF	linhas de pesquisa (*)
1	<i>Alchomea glandulosa</i> Poepp & Endl.	Euphorbiaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
2	<i>Alchomea triplinervea</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
3	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll. Arg.	Apocynaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
4	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
5	<i>Balfourodendron riedelianum</i> , (Engl.) Engl.	Rutaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
6	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	Myrtaceae	MA <sup>4, 6</sup>	AE, CE
7	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Meliaceae	DTB <sup>3</sup> , ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE, B
8	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Clusiaceae	DTB <sup>4</sup> ; FPIFL <sup>4</sup>	AE
9	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	Myrtaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
10	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Lecythidaceae	DTB <sup>3</sup>	RC, B
11	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	ES <sup>5</sup> , MM <sup>1</sup> DSM <sup>1</sup>	AC, RC, FE, D
12	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl.	Sapotaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
13	<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Verbenaceae	DTB <sup>2, 3</sup>	RC, B, CE, FE
14	<i>Clusia criuva</i> Cambess.	Clusiaceae	DTB	AE
15	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Euphorbiaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
16	<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.	Verbenaceae	DTB <sup>2</sup>	RC, CE, FE
17	<i>Erythrina crista-galli</i> L.	Fabaceae	FPIFL <sup>4</sup>	AE

18	<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H. Keng	Theaceae	DTB <sup>4</sup>	AE
19	<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	Meliaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
20	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. O. Grose	Bignoniaceae	DTB <sup>3</sup>	RC, B
21	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Tiliaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
22	<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	Fabaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
23	<i>Ilex dumosa</i> Reissek	Aquifoliaceae	MM <sup>4</sup>	AE
24	<i>Ilex theezans</i> Mart.	Aquifoliaceae	MM <sup>4</sup> ; DTB <sup>4</sup>	AE
25	<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae	ES <sup>5</sup> , DTB <sup>3</sup>	AC, RC, CE, B
26	<i>Inga marginata</i> Willd.	Fabaceae	DTB <sup>3</sup>	RC, B
27	<i>Lonchocarpus muelbergianus</i> Hassl.	Fabaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
28	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Tiliaceae	MA <sup>4</sup>	AE
29	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Sapindaceae	MA <sup>4</sup>	AE
30	<i>Miconia discolor</i> DC.	Melastomataceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
31	<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O.Berg	Myrtaceae	MA <sup>4</sup>	AE, CE
32	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Primulaceae	DTB <sup>3</sup>	RC, B
33	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Lauraceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
34	<i>Prunus selowii</i> Koehne	Rosaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
35	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Salicaceae	FPIFL <sup>4</sup>	AE, CE
36	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerm. & Frodin	Araliaceae	DTB <sup>4</sup>	AE, CE
37	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Fabaceae	DTB <sup>3</sup>	RC, B
38	<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. e R.J. Downs	Euphorbiaceae	MA <sup>4,6</sup>	AE, RC, D
39	<i>Senna multijuga</i> (L.C.Rich.) H.S. Irwin e Barneby	Fabaceae	DTB <sup>2,3</sup>	RC, B, CE, FE
40	<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	Elaeocarpaceae	DTB <sup>3</sup>	RC, B
41	<i>Tabebuia cassinoides</i> DC.*	Bignoniaceae	FPIFL <sup>4</sup>	AE, CE
42	<i>Tabebuia catarinenses</i> A.H.Gentry	Bignoniaceae	DAM <sup>4</sup>	AE, CE
43	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	DTB <sup>4</sup> ; FPIFL <sup>4</sup>	AE, CE
44	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	Euphorbiaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
45	<i>Trichilia casaretti</i> C. DC.	Meliaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
46	<i>Trichilia clausenii</i> C. DC.	Meliaceae	ES <sup>5</sup>	AC, RC, CE
47	<i>Virola bicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb	Myristicaceae	DTB <sup>3</sup>	RC, B
48	<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	Lamiaceae	MA <sup>4</sup>	AE
49	<i>Weinmannia humilis</i> Engl.	Cunoniaceae	DAM <sup>4</sup>	AE
50	<i>Weinmannia paulliniifolia</i> Pohlex Ser.	Cunoniaceae	DTB <sup>4</sup> ; AM <sup>4</sup>	AE

UFs - DAM: Floresta Ombrófila Densa Alto Montana; DTB: Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas; MA: Floresta Ombrófila Mista Aluvial; MM: Floresta Ombrófila Mista Montana; DSM, Floresta Ombrófila Densa Submontana; FPIFL: Formação pioneira com influência fluvio-lacustre; ES: Floresta estacional semidecidual; (\*) AE: Anatomia ecológica; AC: anéis de crescimento; RC: ritmo de crescimento; B: Biomassa; FE: fenologia; D: Dendroecologia/dendrocronologia; CE: condições ecológicas (crescimento), I: Estimativa da idade. Fonte: Andreacci (2012)<sup>1</sup>, Cardoso (2009)<sup>2</sup>, Cardoso et al. (2012)<sup>2</sup>; Shimamoto (2012)<sup>3</sup>; Cosmo (2008, 2012)<sup>4</sup>; Nascimento, M. B. F. e Yoshida, T. M. (projetos de mestrado<sup>5</sup> – UEL, em andamento); Longhi-Santos, T. e Kanieski, M. R. (projetos de mestrado e doutorado<sup>6</sup> – UFPR, em andamento).

Diversos estudos focados na anatomia ecológica do lenho demonstram a forte correlação existente entre vários caracteres anatômico-estruturais e as condições ambientais em que as espécies se desenvolvem (BAAS & SCHWEINGRUBER, 1987; ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; FICHTLER & WORBES, 2012). Em geral, tal abordagem considera a estrutura do xilema em termos funcionais, uma vez que este é responsável pela sustentação e pelo transporte hídrico nas espécies lenhosas, estando, portanto, relacionada à maior ou menor capacidade de absorção e transporte hídrico, que, por sua vez, influencia o crescimento e desenvolvimento das espécies arbóreas.

Diante da necessidade de entender mais profundamente as relações ecológicas entre os elementos anatômicos da madeira e o ambiente em que estas plantas crescem, Cosmo (2008, 2012) analisou o lenho de algumas espécies arbóreas nativas do estado do Paraná (Quadro 1), em diferentes unidades fitogeográficas e pedológicas, considerando, em especial, as condições hídricas do solo em que cada espécie se desenvolve. A partir de análises quantitativas foi possível separar as espécies em dois grupos distintos: (i) aquelas com padrões estruturais que refletem respostas adaptativas e funcionais a solos com elevada disponibilidade hídrica, destacando-se principalmente a tendência das espécies típicas de solos hidromórficos (hidrófilas) de possuírem um xilema secundário mais eficiente na condução hídrica, porém provavelmente menos seguro contra a cavitação, e (ii) aquelas com padrões anatômicos característicos de espécies ocorrentes em ambientes bem drenados, onde a segurança do xilema contra a cavitação pode representar um importante fator adaptativo. Em análise intraespecífica, Cosmo (2008, 2012) também detectou diferentes padrões de respostas das espécies ao grau de hidromorfia dos solos indicando que nem sempre há congruência no comportamento destas, em relação aos fatores ambientais. Cosmo (2012) salienta que diferenças anatômicas entre espécies de um mesmo local podem refletir diferenças ambientais que não seriam detectadas em uma análise que considere apenas a latitude e/ou as condições macroclimáticas. Isto fica mais evidente quando se considera que os biomas são unidades complexas, em que as condições ambientais podem variar consideravelmente em nível local, e que as espécies vegetais se distribuem sob a influência de tais condições. Para este autor, o entendimento de respostas intraespecíficas e de padrões interespecíficos diferenciados dependeria também, da análise de aspectos morfo-anatômicos, ecofisiológicos e de variabilidade genética das populações estudadas. Acrescido a isso, o mesmo argumenta que, em função dos resultados obtidos, seria importante investigar a formação das camadas de crescimento - presentes na maior parte das espécies estudadas, justificando a necessidade de estudos ecologicamente baseados na anatomia da madeira, que auxiliem na seleção de espécies potenciais para estudos dendroecológicos.

Além das características hídricas dos solos, o crescimento das espécies vegetais, também depende de fatores como clima, comprimento do dia e aspectos nutricionais do solo. A grande variedade de padrões fenológicos nas florestas tropicais não deve ser explicada apenas pelos fatores climáticos. Considerando-se que a disponibilidade de água no solo influencia o estado hídrico das plantas e o metabolismo total, é esperado que as condições do solo sejam importantes na regulação das atividades reprodutivas e vegetativas das plantas ao longo do tempo. Neste sentido, Cardoso (2009) e Cardoso *et al.* (2012) investigaram se os padrões fenológicos e o crescimento do tronco de espécies arbóreas diferiam em dois tipos de solo, com condições contrastantes em termos de disponibilidade hídrica e de nutrientes (e.g.: Gleissolo – hidromórfico e pobre em nutrientes; Cambissolo - drenado e rico em nutrientes), para duas espécies arbóreas com contrastante deciduidade: *Senna multijuga* e *Citharexylum myrianthum*). Os resultados demonstraram que os padrões fenológicos para cada espécie foram semelhantes e marcados por sazonalidade nas fenofases; porém houve diferenças quanto à frequência, pico e intensidade destas fenofases, entre os dois tipos de solo. Quanto ao incremento em circunferência do tronco de *C. myrianthum*, este foi quatro vezes maior

em Cambissolos do que em Gleissolos, enquanto que o tipo de solo não teve nenhum efeito significativo sobre o incremento para *S. multijuga*. Demonstrou-se, pela primeira vez, que as variações das características do solo são importantes fatores determinando os padrões fenológicos e o crescimento de espécies arbóreas de florestas com baixa sazonalidade, tendo como exemplo o caso avaliado, em áreas da Mata Atlântica no estado.

As florestas desempenham um importante serviço ambiental que consiste no sequestro de carbono, contribuindo para redução da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, o qual tem aumentado pelas atividades de origem antrópica (BROWN *et al.*, 1995). Assim, tendo em vista que o carbono representa, aproximadamente, 50% da biomassa seca de uma árvore, estimativas de biomassa na floresta tropical são importantes para entender a dinâmica do estoque de nutrientes e a contribuição de reflorestamentos na redução das emissões de gás carbônico na atmosfera. Neste sentido, Shimamoto (2012) analisou por doze meses, o crescimento em circunferência do tronco e acúmulo de biomassa em onze espécies arbóreas da Floresta Atlântica (Quadro 1) para avaliar se espécies arbóreas de grupos ecológicos distintos (pioneiras e não pioneiras) difeririam no crescimento e acúmulo de biomassa. Observou-se que as espécies pioneiras apresentam maior incremento anual em circunferência do tronco em relação às não pioneiras, sendo este fortemente relacionado com o aumento da precipitação e temperatura. Além disso, esses grupos também diferiram quanto ao acúmulo de biomassa, sendo que o das não pioneiras acumulou quase o dobro em relação ao das pioneiras. Fatores como a cobertura do dossel e a densidade de indivíduos - no caso das pioneiras, tiveram relação com o acúmulo de biomassa. Pela aplicação de procedimentos dendrocronológicos voltados à estimativa da idade das árvores selecionadas, com base na contagem das camadas de crescimento, verificou-se que este foi um fator importante para explicar a biomassa, indicando que o acúmulo desta apresenta diferenças entre os dois grupos ecológicos. Assim, em um projeto de restauração, espécies pioneiras contribuem mais com estoque de carbono nos primeiros anos, enquanto que as não pioneiras nas etapas posteriores da sucessão. A fim de garantir o sequestro de carbono no futuro, os projetos de restauração deveriam levar em consideração a proporção de espécies pioneiras e não pioneiras.

Com o histórico de degradação e fragmentação bastante acentuado, a floresta estacional semidecidual enquadra-se entre as formações vegetacionais do estado mais ameaçadas no domínio da Mata Atlântica. Esta é uma das unidades fitogeográficas mais importantes de vegetação nativa do estado do Paraná e tem como principal característica a perda das folhas por 20 a 50% do conjunto vegetacional, na estação mais desfavorável ao crescimento. Essa unidade compreende as formações florestais das regiões norte e oeste do estado entre 200 e 800 m de altitude.

Com vistas ao conhecimento da autoecologia de algumas de suas espécies arbóreas, estudos vêm sendo conduzidos em áreas remanescentes desta unidade fitogeográfica no norte do Paraná (Quadro 1), relacionando-a as condições climáticas e ao seu comportamento fenológico; além de caracterizar anatomicamente o lenho das espécies em estudo. Os dados obtidos visam gerar informações adicionais sobre as populações florestais pelo acompanhamento da dinâmica de crescimento de suas espécies, além servir como indicador ambiental nesse ecossistema, já que os anéis de crescimento registram variações ambientais, sejam elas naturais ou antropogênicas. Ainda que preliminares, os resultados obtidos, fornecem fortes evidências de que a floresta estacional semidecidual desta região do estado experimentaríamos ciclos sazonais no crescimento em circunferência do tronco, sendo este crescimento periódico identificado pelos de anéis de crescimento anatomicamente distinguíveis para a maioria das espécies em estudo. A se confirmarem, muitas destas espécies arbóreas teriam potencial para serem empregadas em estudos futuros voltados a determinação da idade das árvores e taxas de crescimento do tronco, bem como

para inferir sobre as condições ecológicas em que estão se desenvolvendo gerando informações importantes para o manejo e a conservação destas formações florestais.

Avaliando a atividade cambial, fenologia vegetativa e o ritmo de crescimento em circunferência do tronco de indivíduos adultos de *Cedrela fissilis* Vell. (Quadro 1), ocorrendo em duas condições climáticas e de altitudes distintas em áreas de florestas ombrófilas mista e densa submontana, Andreacci (2012) analisou o caráter de formação dos anéis de crescimento, bem como o ritmo de crescimento em circunferência do tronco desta espécie nestas formações. A existência de sazonalidade fenológica e de incremento em circunferência do tronco para a espécie foi demonstrada. A fenologia dessa espécie 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, tendo sido, no entanto frequentemente observadas flutuações anatômicas inter e intra-anuais. Correlações significativas foram encontradas entre crescimento e clima em áreas da Floresta Ombrófila Mista (aproximadamente 945 m.a.n.m), sendo que a precipitação acumulada e a temperatura foram os fatores que se mostraram fortemente correlacionados com o crescimento. Por outro lado, essas correlações foram menores e sem significância estatística para os indivíduos em áreas da Floresta Ombrófila Densa Sub Montana na região litorânea (aproximadamente 300 m.a.n.m). Os resultados indicam que o crescimento em circunferência é controlado pela fenologia, pelas condições climáticas de temperatura e precipitação, além de outros fatores como competição inter e intraespecífica.

A Floresta Ombrófila Mista Aluvial, também denominada de floresta ciliar ou de galeria, se desenvolve às margens de rios que percorrem terrenos de geomorfia plana até suave-ondulada, não raro fazendo limite a várzeas (formações pioneiras) de extensão variável. Podem apresentar diferentes graus de desenvolvimento, desde comunidades simplificadas pelo grau de hidromorfia dos solos onde *Sebastiania commersoniana* (Euphorbiaceae) é a espécie mais característica, até associações mais complexas, em que *Araucaria angustifolia* tem participação expressiva na fisionomia (RODERJAN *et al.* 2002).

Devido à fragilidade e necessidade da manutenção destes ambientes aluviais, procurar conhecer as estratégias ecológicas de crescimento das espécies arbóreas que os compõem torna-se uma questão premente com vistas a sua conservação. Neste contexto, estudos dendroecológicos e dendrocronológicos permitem compreender estas relações, e vêm sendo aplicados em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial na Região Metropolitana de Curitiba, às margens do rio Barigui, importante afluente do rio Iguaçu. Dados preliminares, da pesquisa em andamento, acerca da autoecologia de algumas espécies arbóreas (e.g. *Sebastiania commersoniana*, *Blepharocalyx salicifolius*, Quadro 1) indicam que as árvores de dossel de *S. commersoniana* investem mais em crescimento secundário do que em crescimento primário, inverso da estratégia das árvores de sub-bosque, bem como estas atingem 1,30m (DAP) em menor tempo do que as de dossel, dando uma ideia da dinâmica de ocupação da área. As idades dos indivíduos determinadas por procedimentos dendrocronológicos também variam para as diferentes posições sociológicas, uma vez que a faixa etária dos indivíduos de dossel é superior às demais. Outro aspecto importante é a potencialidade de aplicação da espécie para estudos envolvendo séries cronológicas, uma vez que o registro de atividades antrópicas, como a retificação do leito do rio Barigui, foi aparentemente detectado e coincide com a data da intervenção.

## Considerações finais

Os ecossistemas tropicais constituem uma parte essencial para o equilíbrio global do planeta, com forte interferência nas mudanças climáticas, intercâmbio de carbono com a atmosfera e nos processos envolvendo o ciclo global da água. Ambientes complexos como esses demandam cada vez mais ações de pesquisa colaborativa com caráter multidisciplinar, no sentido de procurar compreender o conjunto dos processos desempenhados nesses ambientes. Além do desafio de tentar restituir as suas funções, resta ainda a necessidade premente de preservar e/ou manejar a biodiversidade existente, buscando mitigar os eventuais impactos das mudanças climáticas globais sejam elas naturais ou decorrentes de ações antropogênicas. Não obstante o volume de informações que as espécies arbóreas tropicais podem oferecer, apenas uma reduzida parte tem sido explorada e aplicada do ponto de vista climático e/ou ecológico. O número de espécies arbóreas e a grande diversidade existente na Mata Atlântica representam um enorme desafio e um vasto campo de aplicação para trabalhos que envolvam estudos **de longa duração em ecologia vegetal nas mais diversas unidades fitogeográficas desse bioma**. Os resultados dessas pesquisas vêm ao encontro da urgência na obtenção de informações necessárias que permitam subsidiar os planos de manejo com vistas à conservação e na avaliação de eventuais impactos decorrentes das mudanças climáticas ou de origem antropogênica.

## Agradecimentos

Pela dedicação, oportunidade e inestimável apoio que permitiram o desenvolvimento dos trabalhos aqui apresentados, gostaríamos de agradecer aos seguintes professores, na qualidade de orientadores e co-orientadores: Profa. Marcia C. M. Marques e Prof. Renato Marques, respectivamente dos Departamentos de Botânica (SCB) e de Solos e Engenharia Agrícola (SCA) e ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal do Paraná (UFPR); Profa. Yoshiko Saito Kuniyoshi e Prof. Franklin Galvão, do Departamento de Ciências Florestais e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal (UFPR) e Prof. Moacyr Eurípedes Medri e Prof. Edmilson Bianchini do Departamento de Biologia Animal e Vegetal (CCB) da Universidade Estadual de Londrina (UEL) e ao Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas desta Universidade.

## Referências bibliográficas

- ALVES, E. S. & ANGYALOSSY-ALFONSO, V. 2000. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species: Growth rings and vessels. **IAWA Journal** 21:3-30.
- ANDREACCI, F. 2012. **Atividade cambial, fenologia e dinâmica de crescimento de *Cedrela fissilis* Vellozo em áreas de florestas ombrófilas mista e densa do Estado do Paraná: aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos**. 2012. 56f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Paraná. 2012.
- BAAS, P. & SCHWEINGRUBER, F.H. 1987. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from



- Europe. **IAWA Bull**, 8(3): 245-274.
- BONINSEGNA, J. A. *et al.* 1989. Studies on tree rings, growth rates and age-size relationships of tropical tree species in Misiones, Argentina. **IAWA Bulletin**, 10(2): 161-169.
- BROWN, I. F.; MARTINELLI, L. A.; THOMAS, W. W.; MOREIRA, M. Z.; FERREIRA, C. A. C. & VICTORIA, R. I. 1995. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondonia, Brazil. **Forest Ecology Management**. 75: 175-189.
- CALLADO C. H.; NETO, S. J. da S.; SCARANO, F. R.; BARROS, C. E. & COSTA, C. G. 2001. Anatomical features of growth rings in flood-prone trees of Atlantic rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **IAWA Journal**, 22 (1): 29-42.
- CARDOSO F. C. G. 2009. **Variações fenológicas de árvores da Floresta Atlântica, em diferentes condições de solo**. 2009. 70f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação), Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- CARDOSO, F. C. G.; MARQUES, R.; BOTOSSO, P. C. & MARQUES, M. C. M. 2012. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. **Plant and Soil**, 354: 269–281
- COSMO, N. L. 2008. **Anatomia ecológica e crescimento do lenho de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs, em diferentes condições geomorfológicas e pedológicas da planície do rio Iguazu-PR**. 2008. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- COSMO, N. L. 2012. **Ecologia do lenho de 19 espécies nativas do Estado do Paraná**. 2012. 45f.. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- DEAN, W. 1995. With Broadax and Firebrand: **The destruction of the Brazilian Atlantic Forest**. London: University of Chicago Press.
- FAHN, A.; BURLEY, J.; LONGMAN, K. A.; MARIAUX, A. & TONLINSON, P. B. 1981. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: BORMANN, F. H.; BERLYN, G. (Eds.). **Age and growth rate of tropical trees: new directions for research**: (Bull. 94). Yale University, New Haven: 31-54.
- FICHTLER, E. & WORBES, M. 2012. Wood anatomical variables in tropical trees and their relation to site conditions and individual tree morphology. **IAWA Journal**, 33 (2): 119-140.
- LISI, C. S.; TOMAZELLO FO, M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA-FEDELE, L. & VOIGT, A. R. A. 2008. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in Southeast Brazil. **IAWA Journal**, 29(2): 189-207.
- OLIVEIRA, J. M.; SANTAROSA, E.; PILLAR, V. D. & ROIG, F. A. 2007. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, 23(1): 107-115.
- RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S. & HATSCHBACK, G. 2002. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, 24:75-92.
- ROIG, F. A. 2000. Dendrocronologia en los bosques del neotrópico: revisión y prospección futura. In: **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, p. 307-355.
- SHIMAMOTO, C. Y. 2012. **Estimativa do crescimento e acúmulo de biomassa em espécies arbóreas, como subsídio a projetos de restauração da Mata Atlântica**. 2012. 51f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação), Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- TABARELLI, M; PINTO, L. P; SILVA, J. M. C & COSTA, C. M. R. 2003. 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, p. 86-132.