



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Maxmira de Souza Arêdes-dos-Reis

**Dinâmica de crescimento em *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC.
(Bignoniaceae): fenologia apical e cambial caulinar**

Rio de Janeiro

2015

Maxmira de Souza Arêdes-dos-Reis

**Dinâmica de crescimento em *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. (Bignoniaceae):
fenologia apical e cambial caulinar**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Conservação e Utilização da Biodiversidade.

Orientadora: Prof^a. Dra. Cátia Henriques Callado

Rio de Janeiro

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

A678 Arêdes-dos-Reis, Maxmira de Souza.
Tese Dinâmica de crescimento em *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC.
(Bignoniaceae): fenologia apical e cambial caular / Maxmira de Souza
Arêdes-dos-Reis. - 2015.
88f. ; il.
Orientação: Cátia Henriques Callado
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal.

1. Tabebuia - Teses. 2. Fenologia - Teses. 3. Ecologia vegetal - Teses. I.
Callado, Cátia Henriques. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.

CDU 581.5

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Maxmira de Souza Arêdes-dos-Reis

**Dinâmica de crescimento em *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. (Bignoniaceae):
fenologia apical e cambial caulinar**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Conservação e Utilização da Biodiversidade.

Aprovada em 13 de março de 2015.

Prof.^a Dra. Cátia Henriques Callado (Orientadora)
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Cardoso Vieira
Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ

Prof.^a Dra. Maura Da Cunha
Universidade Estadual do Norte Fluminense/UERJ

Prof.^a Dra. Helena Regina Pinto Lima
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2015

DEDICATÓRIA

A meus pais, à minha irmã Ariana e ao meu eterno amor, Rodrigo Reis.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me abençoar em todos os momentos de minha vida, por me permitir participar de um laboratório com uma equipe tão especial, vitoriosa e dedicada a conquistar bons resultados no âmbito científico.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, CAPES, pelo auxílio financeiro durante todo o período de Pós-graduação.

À Prof^a. Dra. Cátia Henriques Callado pela orientação durante minha vida acadêmica, pela dedicação em todos os resumos, relatórios e projetos. Por me proporcionar participar de eventos importantes na área da Botânica, e pela contribuição na minha formação como pesquisadora. Por me aturar, ser pacientes com meus erros e estar sempre disposta a me ajudar.

À MSc. Thaís de Vasconcellos pela “coorientação” e ajuda em todas as etapas da pesquisa: da seleção das árvores, às coletas mensais até o desvendar da tão temida estatística.... Pelo companheirismo durante todo o desenvolvimento do trabalho, por estar sempre disposta a me ajudar, mesmo sem tempo. Pelas melhores dicas, pela descontração nos momentos mais tensos, pelos risos descontrolados e brincadeiras no laboratório e por todo o aprendizado que contribuiu para a finalização de mais uma etapa na minha vida.

Ao Sr. Paulo Almeida, por todo o auxílio durante as coletas de campo.

Ao MSc. Kelly Santos pela imensa ajuda durante o desvendar da descrição da madeira. Pela dedicação, boa vontade e paciência.

Às técnicas do Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Jeanne Alexandre Teixeira Glória e Silvana Messere de Lacerda, pelo apoio no processamento do material, pela descontração, pelas conversas e companhia durante o trabalho de laboratório.

À Renata César pela ajuda em momentos de incertezas e dúvidas. Pelo companheirismo e descontração.

À Tatiana Carvalho, técnica do LABPLAN, por toda ajuda durante o desenvolvimento e processamento das amostras para avaliação dos teores fotossintéticos.

Ao Prof. Dr. Roberto Esteves pela ajuda na identificação da espécie de estudo.

As Professoras: Dra Norma Albarello e Dra. Cláudia Barros por permitir desenvolver etapas do meu trabalho nos seus respectivos laboratórios, Plantas Medicinais-Universidade do Estado do Rio de Janeiro e Anatomia Vegetal- Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

A meus pais, Ademar Antônio de Arêdes e Carmem Lúcia de Souza Arêdes, pela educação, pelo apoio e pelo incentivo. Por entenderem minha ausência, meu nervosismo, minha ansiedade e por todo amor que têm por mim.

À minha irmã pelo carinho, por compartilhar comigo os momentos mais tristes, por me incentivar e por me contagiar com toda a sua alegria.

Ao meu eterno amigo e marido Rodrigo Reis por me fazer a pessoa mais feliz desse mundo, por me amar. Por ser o marido mais paciente, mais carinhoso e atencioso. Por entender meus momentos de ausência, os momentos de extremo estresse e pela ajuda durante os meus maiores momentos de dificuldade.

A todos os membros da banca que aceitaram participar deste momento tão importante, pela presença e contribuição.

A todos que de alguma forma contribuíram para a finalização desse trabalho.

Não chores pelo que perdeste, luta pelo que tens. Não chores pelo que está morto, luta por aquilo que nasceu em ti. Não chores por quem te abandonou, luta por quem está contigo. Não chores por quem te odeia, luta por quem te quer. Não chores pelo teu passado, luta pelo teu presente. Não chores pelo teu sofrimento, luta pela tua felicidade. Com as coisas que vão nos acontecendo vamos aprendendo que nada é impossível de solucionar, apenas siga adiante.

Jorge Mario Bergoglio, Papa Francisco

RESUMO

ARÊDES-DOS-REIS, Maxmira de Souza. Dinâmica de crescimento em *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. (Bignoniaceae): fenologia apical e cambial caulinar. 2015. 88f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

O estudo da dinâmica de crescimento em espécies arbóreas permite melhor compreender a adaptação de uma espécie ao ambiente em que se desenvolve. Dados dessa natureza ainda são escassos no Brasil considerando-se a diversidade de espécies e fitofisionomias existentes. Esse tipo de estudo tem sido apontado como de grande relevância principalmente diante das situações atuais de desmatamento e mudanças climáticas, que exigem recuperação de áreas degradadas e prospectar como as espécies nativas sobreviveram diante deste ambiente de aceleradas mudanças. Nesta perspectiva, o objetivo deste trabalho foi investigar a dinâmica de crescimento de *Tabebuia rosea*, por meio do monitoramento mensal da fenologia apical e cambial caulinar e dos teores dos pigmentos fotossintetizantes: clorofilas *a*, *b*, totais e carotenoides. Os resultados obtidos foram correlacionados entre si e também com a sazonalidade das variáveis ambientais: temperatura, precipitação e fotoperíodo. No que se refere aos teores dos pigmentos fotossintetizantes, foi também avaliada as oscilações observadas nas folhas obtidas nas orientações geográficas: norte, sul, leste e oeste. O trabalho foi desenvolvido no *Campus* da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. A fenologia dos ápices caulinares foi acompanhada mensalmente a partir de observações qualitativas e quantitativas em 15 indivíduos. As amostras contendo a zona cambial foram obtidas por método não destrutivo e processadas segundo as técnicas usuais em histologia vegetal. A extração dos pigmentos fotossintéticos foi realizada em acetona 80%, com posterior centrifugação e análise ao espectrofotômetro em diferentes comprimentos de onda. *Tabebuia rosea* apresentou aumento na largura da zona cambial em número de camadas celulares e em micrômetros, diminuição do diâmetro radial da célula inicial fusiforme e aumento em micrômetros da camada de células em processo de alongamento e diferenciação do xilema secundário no mesmo período em que a copa das árvores estava ocupada por folhas adultas e com os teores mais elevados de clorofilas nas folhas, coincidindo com o período em que as variáveis ambientais apresentaram-se elevadas, corroborando os resultados já obtidos para outras espécies nativas da Mata Atlântica se desenvolvendo no estado do Rio de Janeiro. A maior concentração de carotenoides foi observada no período em que as variáveis ambientais apresentavam índices elevados e as plantas estavam mais expostas à radiação luminosa, possivelmente em função de um maior investimento em fotoproteção. Cabe destacar que o lado oeste da copa das árvores mostrou uma tendência em apresentar maiores concentrações dos pigmentos fotossintéticos estudados, resultado ainda não observado na literatura até o momento, o que pode ser uma estratégia da espécie em compensar níveis baixos de radiação solar com acúmulo de clorofilas.

Palavras-chave: Meristemas cambial e apical, Pigmentos fotossintéticos, Variáveis ambientais, Ipê-rosa.

ABSTRACT

ARÊDES-DOS-REIS, Maxmira de Souza. Growth dynamics in *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. (Bignoniaceae): apical and cambial stem caulinar phenology. 2015. 88f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

The study of growth dynamics in tree species allows better understand the adaptation of a species to the environment in which it develops. Such data are still scarce in Brazil considering the diversity of species and vegetation types. This type of study has been considered of great importance especially under the current situations of deforestation and climate change, requiring reclamation and prospect with native species survive on this rapidly changing environment. In this perspective, the objective of this study was to investigate the dynamics of growth of *Tabebuia rosea*, through monthly monitoring and apical and cambial shoot phenology and yield of photosynthetic pigments: chlorophyll *a*, *b*, total and carotenoids. The results were correlated with each other and with the seasonality of environmental variables: temperature, precipitation and photoperiod. With regard to the content of photosynthetic pigments, was also evaluated the oscillations observed in the leaves obtained in the geographical directions: north, south, east and west. The study was conducted on the *campus* of the State University of Rio de Janeiro, RJ, Brazil. Apices shoot phenology was accompanied monthly from qualitative and quantitative observations on 15 individuals. Samples containing cambial zone were obtained by non-destructive method and processed according to the usual techniques in plant histology. The extraction of photosynthetic pigments was performed in 80% acetone, followed by centrifugation and analysis by spectrophotometer at different wavelengths. *Tabebuia rosea* showed an increase in the width of the cambial zone in number of cell layers and micrometers, decreased radial diameter of the fusiform initial cell and increased in micrometers of the cell layer in the process of stretching and differentiation of secondary xylem in the same period in which the canopy of trees was occupied by adult leaves and with the highest levels of chlorophyll in the leaves, which is the period in which environmental variables showed up high, corroborating the results obtained for other species native to the Atlantic Forest developing in the state of Rio de Janeiro. The highest concentration of carotenoids was observed in the period in which environmental factors had high levels and the plants were more exposed to light radiation, possibly due to increased investment in photoprotection. It should be noted that the west side of the canopy of trees showed a tendency to have higher concentrations of the studied photosynthetic pigments, results not yet reported in the literature to date, which can be a kind of strategy to compensate for low levels of solar radiation accumulation chlorophylls.

Keywords: Cambial and apical meristems, Photosynthetic pigments, Environmental variables, Ipê-rosa.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	Mapa da distribuição da família Bignoniaceae.....	20
Figura 2-	Mapa do Brasil, com a área de distribuição do gênero <i>Tabebuia</i> Gomes ex A.D.C.....	22
Figura 3-	Espécie <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.....	24
Figura 4-	Mapa do Brasil, com a área de distribuição da espécie <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.....	24
Figura 5-	Localização do <i>Campus</i> Maracanã da Universidade do estado do Rio de Janeiro (UERJ).....	27
Figura 6-	Coleta das amostras contendo zona cambial e tecidos vasculares recém-formados.....	31
Figura 7-	Processamento da extração de clorofilas e carotenoides.....	33
Figura 8-	Largura da zona cambial: em número de camadas celulares e em micrômetros nos períodos de atividade e dormência de <i>T. rosea</i>	38
Figura 9-	Diâmetro radial das células iniciais fusiformes cambiais e largura em micrômetro da zona da camada de células do xilema em diferenciação nos períodos de atividade e dormência cambial de <i>T. rosea</i>	39
Figura 10-	Seção transversal ao caule de <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC. nos períodos de atividade e dormência cambial.....	40
Figura 11-	Seção transversal evidenciando a aplicação do fluorocromo Auramina O nos tecidos adjacentes à zona cambial, evidenciando lignificação progressiva das paredes das células do xilema secundário de <i>T. rosea</i>	41
Figura 12-	Seção transversal ao caule de <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC., no período de dormência (junho de 2014).....	42
Figura 13-	Fenologia cambial caulinar de <i>T. rosea</i> e variáveis ambientais de julho de 2013 a julho de 2014.....	45
Figura 14-	Aspecto geral do indivíduo 6 de <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC. em diferentes estádios fenológicos.....	47
Figura 15-	Fotoperíodo, variáveis climáticas e fenologia apical caulinar de <i>T. rosea</i> no período de maio de 2013 a outubro de 2014.....	50

Figura 16-	Fenologia cambial e apical de <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC., no período de julho de 2013 a julho de 2014.....	54
Figura 17-	Teores médios de clorofila <i>a</i> , <i>b</i> , totais e carotenoides de <i>T. rosea</i> , fotoperíodo e variáveis ambientais de outubro de 2013 a outubro 2014.....	60
Figura 18-	Teores médios de clorofila <i>a</i> , <i>b</i> , totais e carotenoides e fenologia apical vegetativa de <i>T. rosea</i> de outubro de 2013 a outubro de 2014.....	61
Figura 19-	Variação no teor dos pigmentos fotossintéticos em <i>T. rosea</i> de outubro de 2013 a outubro de 2014 em função da orientação geográfica.....	62
Figura 20-	Concentração de clorofila <i>a</i> e <i>b</i> em $\mu\text{g/ml-l}$ para a espécie <i>T. rosea</i> de outubro de 2013 a outubro de 2014 em função da orientação geográfica.....	63
Figura 21-	Concentração de clorofilas totais e carotenoides em $\mu\text{g/ml-l}$ para <i>T. rosea</i> de outubro de 2013 a outubro de 2014, em função da orientação geográfica	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Indivíduos amostrados e tipo de monitoramento mensal realizado.....	19
Tabela 2-	Valores médios de temperatura e precipitação durante o período estudado..	35
Tabela 3-	Características anatômicas das zonas cambial e de alongamento e diferenciação voltada ao xilema secundário de <i>T. rosea</i>	37
Tabela 4-	Correlação de Spearman (R) entre as variáveis ambientais e a fenologia cambial de <i>T. rosea</i>	44
Tabela 5-	Correlação de Spearman (R) entre as variáveis ambientais e a fenologia apical de <i>T. rosea</i>	51
Tabela 6-	Percentuais médios das fenofases da fenologia apical caulinar de <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC durante o período de estudo.....	52
Tabela 7-	Correlação de Spearman (R) entre a fenologia apical vegetativa e cambial de <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.....	55
Tabela 8-	Correlação de Spearman (R) entre pigmentos fotossintéticos e variáveis ambientais para <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.....	58
Tabela 9-	Correlação de Spearman (R) entre pigmentos fotossintéticos e fenologia apical vegetativa de <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.....	59

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	14
1	DINÂMICA DE CRESCIMENTO	15
1.1	Crescimento radial: fenologia do câmbio	15
1.2	Fenologia apical	16
1.3	Clorofilas e carotenoides	18
1.4	Família Bignoniaceae	20
1.4.1	<u>Gênero <i>Tabebuia</i> Gomes ex DC</u>	21
1.4.2	<u><i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC</u>	22
2	OBJETIVOS	25
2.1	Objetivo geral	25
2.2	Objetivos específicos	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Sítio de estudo	26
3.2	Indivíduos estudados	28
3.3	Análise da fenologia cambial	30
3.4	Análise da fenologia apical	31
3.4.1	<u>Análise do teor de clorofilas e carotenoides</u>	31
3.5	Documentação e análise microscópica do material	33
3.6	Análises estatísticas	33
4	RESULTADOS	35
4.1	Variáveis ambientais no sítio de estudo	35
4.2	Fenologia cambial	36
4.2.1	<u>Fenologia cambial em relação às variáveis ambientais</u>	42
4.3	Fenologia apical	46
4.3.1	<u>Fenologia apical em relação às variáveis ambientais</u>	48
4.3.2	<u>Fenologia apical em relação à fenologia cambial</u>	53
4.4	Análise dos teores dos pigmentos fotossintéticos: clorofilas e carotenoides	56
4.4.1	<u>Análise dos teores dos pigmentos fotossintéticos em relação as variáveis ambientais</u>	56

4.4.2	<u>Análise dos teores dos pigmentos fotossintéticos em relação à fenologia apical vegetativa.....</u>	57
4.5	Teor de clorofilas e carotenoides em diferentes orientações geográficas (Norte, Sul, Leste e Oeste).....	62
5	DISCUSSÃO.....	65
	CONCLUSÕES.....	73
	REFERÊNCIAS	75

INTRODUÇÃO

O estudo da dinâmica de crescimento radial contribui para a melhor compreensão do desenvolvimento de espécies lenhosas, seja em ambientes naturais ou modificados, seja em face às situações atuais de desmatamento e mudanças climáticas (BÄUCKER *et al.* 1998; WORBES, 1999; DÜNISCH *et al.* 2002; CALLADO, 2010; BEGUM *et al.* 2012; COSTA *et al.* 2013). Esse tipo de estudo acrescenta informações mais precisas sobre a adaptação de uma espécie ao ambiente em que se desenvolve (BAUCH e DÜNISCH, 2000; DÜNISCH *et al.* 2002; COSTA *et al.* 2013) e contribui, por exemplo, para o sucesso dos plantios seja para recuperação de áreas naturais seja para fins comerciais (DÜNISCH *et al.* 2002, BUAJAN e PUMIJUMNONG, 2012).

As taxas de incremento, quando relacionadas aos aspectos ecológicos e genéticos, constituem um importante aspecto da dinâmica biológica das espécies arbóreas (FIGUEIREDO-FILHO *et al.* 2006) e da biodiversidade dos trópicos, frequentemente negligenciado nos inventários florestais (CALLADO *et al.* 2014).

Apesar dos avanços nos estudos de acompanhamento do crescimento de árvores de espécies tropicais, os dados científicos referentes ao conhecimento da atividade cambial e das taxas de incremento das árvores ainda são fragmentados e escassos, estando longe de ser completamente compreendidos, devido à diversidade de espécies, extensão das regiões fitogeográficas e influências climáticas nesses ambientes (MAIA, 2013).

A fenologia apical pode estar relacionada à periodicidade da fenologia do câmbio indicando uma sazonalidade do crescimento em espécies tropicais (JACOBY, 1989; WORBES, 1992; 1995; 1999; BORCHERT, 1999; COSTA *et al.* 2013). As mudanças na fenologia apical fornecem informações sobre o crescimento das espécies, seus períodos de desenvolvimento vegetativo e de reprodução, sua perpetuação no tempo e no espaço e a disponibilidade de recursos nutritivos (MORELLATO e LEITÃO-FILHO, 1992; CALIXTO *et al.* 2007).

Assim um comportamento fenológico apical bem demarcado pode ser acompanhado pelo ritmo da fenologia cambial e refletir a maneira pela qual as plantas utilizam os períodos favoráveis e desfavoráveis ao seu desenvolvimento (LIPSCHITZ e LEV-YADUN, 1986). Além disso, estudos fenológicos em espécies arbóreas têm sido realizados no sentido de entender os efeitos das mudanças climáticas nas florestas (RUBIM *et al.* 2010).

1 DINÂMICA DE CRESCIMENTO

1.1 Crescimento radial: fenologia do câmbio

O estudo fenológico é baseado nas observações das fases ou das atividades do ciclo de vida das plantas e sua ocorrência temporal ao longo do ano – fenofases – (COSTA, 2002; LARCHER, 2006). O crescimento secundário representa um processo fenológico complexo de células individuais que gradual e sucessivamente proliferam durante a estação de crescimento (ROSSI *et al.* 2013). Esse crescimento é resultado da ação dos meristemas secundários, denominados câmbio e felogênio.

O câmbio é responsável pela formação e ampliação do sistema condutor, ou seja, a formação do xilema e do floema secundário, e conseqüentemente pela eficiência do transporte de água, nutrientes e fotoassimilados. O felogênio forma e integra o tecido de revestimento do corpo secundário vegetal, denominado periderme (FAHN, 1982; EVERT, 2013; MAZZONI-VIVEIROS e COSTA, 2012).

No caule, o câmbio origina-se do procâmbio e constitui uma única camada de células meristemáticas, que envolve o xilema e é envolvida pelo floema. Por meio de divisões periclinais das iniciais fusiformes e radiais e de suas derivadas imediatas, ocorre adição de novos elementos xilemáticos e floemáticos de caules e raízes, contribuindo com o conseqüente aumento da circunferência desses órgãos em estrutura secundária (ESAU, 1974; EVERT, 2013; RAVEN *et al.* 2010; ANGYALLOSSY e MARCATI, 2012; SORCE *et al.* 2013).

Pesquisas têm evidenciado que muitas espécies florestais tropicais apresentam crescimento intermitente (CALLADO *et al.* 2001; 2004; DÜNISCH *et al.* 2002; MARCATI e ANGYALLOSSY, 2005; MARCATI *et al.* 2006; 2008; COSTA *et al.* 2013), em resposta às condições ambientais, que afetam sazonalmente os processos fisiológicos das árvores e, conseqüentemente, a fenologia cambial (ZANON e FINGER, 2010). O ritmo intermitente de atividade do câmbio forma, no xilema secundário, o lenho precoce ou primaveril, durante os períodos regulares de atividade, e o lenho tardio ou estival, durante os períodos de desaceleração desta atividade que antecede a dormência cambial (ESAU, 1974; MARCATI *et al.* 2006; COSTA *et al.* 2012). Quando em intensa atividade, o câmbio forma um maior número de células, que apresentam lumens menores e paredes mais delgadas. Progressivamente, a atividade cambial é reduzida, o que pode ser observado pela formação de

um menor número de células, até que as células na zona cambial param de se dividir e passam a apresentar lumens maiores e paredes mais espessas (EVERT, 2013; RAVEN *et al.* 2010; ANGYALOSSY e MARCATI, 2012; BUAJAN e PUMIJUMNONG, 2012; COSTA *et al.* 2013; GRICAR, 2013).

Assim como nas zonas mais frias, de modo geral, nos trópicos, a dormência cambial ocorre nos meses mais secos e frios do ano, enquanto nos meses mais chuvosos e quentes, ocorre a reativação deste meristema (TOMAZELLO-FILHO *et al.* 2004; LISI *et al.* 2008; LÓPEZ e VILLALBA, 2011; CALLADO *et al.* 2013).

O processo de ativação, dormência e reativação do câmbio requer uma variedade de diferentes condições ambientais, nutricionais e hormonais (BEGUM *et al.* 2012). Segundo Kramer (1964), os requisitos mais importantes para a atividade cambial são: temperatura apropriada para um alto nível de atividade metabólica; suprimento de carboidratos e substâncias nitrogenadas, entre outros nutrientes; e água suficiente para manter as células em condições de turgescência. Além disso, o número de células do câmbio pode ser influenciado pela espécie, idade, diâmetro do tronco e vitalidade da árvore (VOLLAND-VOIGT *et al.* 2011; GRICAR, 2013). Assim, fatores climáticos como precipitação, temperatura, intensidade de luz, além de fotoperíodo e gradientes de hormônios, como as auxinas, são correlacionados com o crescimento cíclico das árvores (BORCHERT, 1999; ALVES e ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; TOMAZELLO-FILHO *et al.* 2001; MARCATI *et al.* 2006, 2008; ZANON e FINGER, 2010; VOLLAND-VOIGT *et al.* 2011; COSTA *et al.* 2013).

Em regiões de clima temperado, a variação na temperatura é dita como a principal variável ambiental que contribui para a produção de novas células pelo câmbio (BORCHERT, 1999; GRICAR, 2013). Ao contrário, em regiões de climas tropicais e subtropicais a periodicidade da atividade cambial é referida como altamente influenciada pela sazonalidade pluviométrica (RAO e DAVE, 1981; DAVE e RAO, 1982; CALLADO *et al.* 2013).

1.2 Fenologia apical

O estudo da fenologia apical contribui para o entendimento do ritmo das fases biológicas de floração, frutificação e mudança foliar das plantas (ALENCAR, 1994;

MORELLATO, 1995; BENCKE e MORELLATO, 2002; COSTA, 2002; LARCHER, 2006) e é essencial, por exemplo, para compreender o seu sucesso reprodutivo (FISCH *et al.* 2000).

Correlações temporais tanto para a fenologia apical como para a fenologia cambial de árvores tropicais tem sido constatadas em espécies se desenvolvendo no Brasil e estabelecidas para espécies nativas de Cerrado, (CORADIN, 2000; RIVERA *et al.* 2002), Mata Atlântica, Floresta Ombrófila Densa submontana (VASCONCELLOS, 2012; COSTA *et al.* 2013), Floresta Estacional Semidecidual (MARCATI e ANGYALLOS, 2005; MARCATI *et al.* 2006; 2008) e Floresta Amazônica de Terra Firme (DÜNISCH e MORAIS, 2002; DÜNISCH *et al.* 2002). Os resultados obtidos nestes trabalhos evidenciaram a importância do monitoramento da fenologia cambial em associação ao acompanhamento dos eventos fenológicos nos ápices caulinares, evidenciando que esses meristemas estão intimamente relacionados e constituem um sistema fisiológico único (VILLALBA *et al.* 1985; BURGER e RICHTER, 1991; LÜTTGE e HERTEL, 2009; CALLADO *et al.* 2013).

Assim como a fenologia cambial, a fenologia apical pode ser influenciada por fatores diversos, que incluem também: precipitação, balanço hídrico, temperatura, irradiação e fotoperíodo (SIDDIQI, 1991; BENCKE e MORELLATO, 2002; PEDRONI *et al.* 2002; RIVERA *et al.* 2002; MARCATI *et al.* 2006, 2008; ZANON e FINGER, 2010; GIANTOMASI *et al.* 2012).

Nas áreas tropicais, onde as estações secas e chuvosas são bem marcadas, as fenofases foliares estão relacionadas às alterações periódicas na disponibilidade de água. A estação chuvosa representa o principal período de crescimento, e na estação seca, as árvores decíduas perdem suas folhas. O fotoperíodo também estimula o desenvolvimento dessas plantas, mesmo sob pequenas alterações no comprimento do dia (BORCHERT, 1999; CALLADO *et al.* 2001 e 2004; DÜNISCH *et al.* 2002; RIVERA *et al.* 2002; AMORIM *et al.* 2009; LINS e NASCIMENTO, 2010; YÁÑEZ-ESPINOSA *et al.* 2010; SINGH e VENUGOPAL, 2011; VOLLAND-VOIGT *et al.* 2011).

A estratégia fenológica foliar e a longevidade das folhas são tidas como estratégias ecológicas que maximizam o aproveitamento das condições ambientais mais favoráveis ao crescimento de uma planta. Isso por que existe interdependência entre o tempo de vida da folha, a taxa de fotossíntese líquida e a disponibilidade de recursos no habitat (REICH *et al.* 1992; FENNER, 1998). Neste sentido, o conhecimento e a compreensão dos padrões fenológicos das espécies arbóreas são de interesse básico nos estudos ecológicos sobre a biodiversidade, a produtividade, a organização das comunidades e para os programas de conservação de recursos genéticos, pois permite um melhor entendimento das estratégias

reprodutivas em diversas formações vegetais (MOONEY *et al.* 1980; CAMACHO e OROZCO, 1998; GOUVEIA e FELFILI, 1998).

Embora, os estudos fenológicos de longa duração sejam de destacada importância para o reconhecimento dos padrões reprodutivos das espécies e, conseqüente, compreensão da complexa dinâmica dos ecossistemas naturais, este tipo de investigação ainda é escassa para as regiões tropicais (CALIXTO *et al.* 2007; AMORIM *et al.* 2009).

1.3 Clorofilas e carotenoides

A luz é um fator abiótico que apresenta importância fundamental nos processos fisiológicos vegetais, dos quais o mais importante é a fotossíntese. A disponibilidade e qualidade de luz têm efeitos diretos sobre a abertura estomática e os teores dos pigmentos foliares, sendo determinante para as taxas fotossintéticas, contribuindo para o crescimento e a adaptação das plantas aos mais diferentes ambientes, o que é essencial para produtividade das plantas e, conseqüentemente, dos ecossistemas (KOZLOWSKI *et al.* 1991; CARVALHO, 1996; CORADIN, 2000; LARCHER, 2006; RÊGO e POSSAMAI, 2006; JESUS e MARENCO, 2008).

Os pigmentos envolvidos na fotossíntese das plantas superiores são as clorofilas *a* e *b*, os carotenoides e as ficobilinas (TAIZ e ZEIGER, 2013), sendo as clorofilas *a* e *b* as mais importantes para as plantas lenhosas (KOZLOWSKI, 1962).

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes nas plantas, sendo as principais responsáveis pela captação da energia luminosa (TAIZ e ZEIGER, 2013), correspondendo a aproximadamente 75% dos pigmentos verdes encontrados nos vegetais (GROSS, 1991). Ocorrem nos cloroplastos das folhas e de outros órgãos aéreos vegetais em estrutura primária (ELBE, 2000), estando diretamente relacionadas ao estado nutricional das plantas a partir da dosagem de nitrogênio encontrado em sua estrutura molecular (CARVALHO, 1996; CASSETARI, 2012; SILVA e MOURA, 2013).

Os carotenoides estão presentes nas membranas dos cloroplastos (VIDAL, 1997) e durante a fotossíntese podem desempenhar duas funções distintas: (1) absorver luz nos complexos de captação de energia luminosa, atuando como pigmentos acessórios e (2) promover ação fotoprotetora do aparato fotoquímico (KERBAUY, 2004), prevenindo danos

foto-oxidativos às moléculas de clorofila devido ao excesso de energia radiante (RAVEN *et al.* 2010; TAIZ e ZEIGER, 2013).

Os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides podem variar em abundância de acordo com a espécie de planta (CRUZ *et al.* 2007), o estado fisiológico da célula em que ocorrem (SAKSHAUG, 1981) e a sazonalidade ambiental (CARVALHO *et al.* 2007).

A concentração total e o teor de clorofilas e carotenoides varia em função da intensidade luminosa recebida pela folha ou em resposta às diferentes fases de desenvolvimento foliar - fenofases foliares (ENGEL e POGGIANNI, 1991; MAIA e PIEDADE 2002; LARCHER, 2006). Esses pigmentos podem ser indicadores, por exemplo, da suscetibilidade da planta à intensidade da luz, uma vez que tendem a ser foto-oxidados sob alta irradiação (VIEIRA, 1996). Plantas perenes de regiões com períodos alternados de chuva e seca produzem folhas morfologicamente distintas e de comportamento fotossintético diretamente relacionado a cada uma dessas estações climáticas (LARCHER, 2006).

Cerca de 90% da massa seca vegetal é representada por compostos orgânicos formados a partir da fotossíntese (LARCHER, 2006). As folhas jovens e mais bem iluminadas apresentam taxas fotossintéticas mais altas e contribuem para o aumento na quantidade de fotoassimilados da planta. À medida que a folha se desenvolve, intensifica-se o processo de senescência, reduzindo sua eficiência fotossintética, aumentando as perdas respiratórias e, em consequência, reduzindo as taxas de crescimento da planta (ROBSON, 1988 *apud* TEIXEIRA *et al.* 2005; KOSITSUP *et al.* 2010). O crescimento das plantas depende da fotossíntese, seguida da translocação dos fotoassimilados produzidos nos sítios de fixação de carbono, em diferentes tecidos fotossintéticos, para os locais onde serão utilizados ou armazenados (PELUZIO *et al.* 1999).

A taxa de fotossíntese é proporcional ao conteúdo de clorofilas nas folhas (FLEISCHER, 1935) e a avaliação da sazonalidade no teor desses pigmentos pode indicar, de maneira indireta, a influência da sucessão das fenofases foliares no crescimento das plantas (CAMPOS, 2011).

Apesar da importância dos pigmentos fotossintéticos, estudos que relacionem as variações sazonais em suas concentrações ainda são considerados raros para espécies arbóreas brasileiras, até então, este tipo de investigação não foi realizada em associação com a avaliação da fenologia cambial.

1.4 Família Bignoniaceae

A família Bignoniaceae Juss. apresenta ampla distribuição pantropical (Figura 1), e ocorre naturalmente em várias formações florestais, com espécies arbustivas, arbóreas ou trepadeiras. Esta família é representada por 82 gêneros e cerca de 827 espécies (LOHMANN e ULLOA, 2013), sendo *Tabebuia* Gomes ex DC., o gênero mais representativo com cerca de 100 espécies (JUDD *et al.* 1999).

O Brasil é um dos centros de dispersão e de diversidade da família (GENTRY, 1973), com cerca de 32 gêneros e 391 espécies, sendo 280 trepadeiras lenhosas, 70 árvores e 40 arbustos (LOHMANN e ULLOA, 2013), das quais muitas apresentam importância ecológica, ornamental, medicinal e madeireira (SOUZA e LORENZI, 2005).

No gênero, existem espécies consideradas ameaçadas, sendo a maioria arbórea, cuja madeira é frequentemente utilizada para carpintaria, marcenaria, construção civil e naval, além de fins medicinais e ornamentais, o que tem levado a redução de suas populações nativas e ao risco de extinção (por exemplo: LORENZI, 2008; LOHMANN e ULLOA, 2013; OSPINA *et al.* 2013).

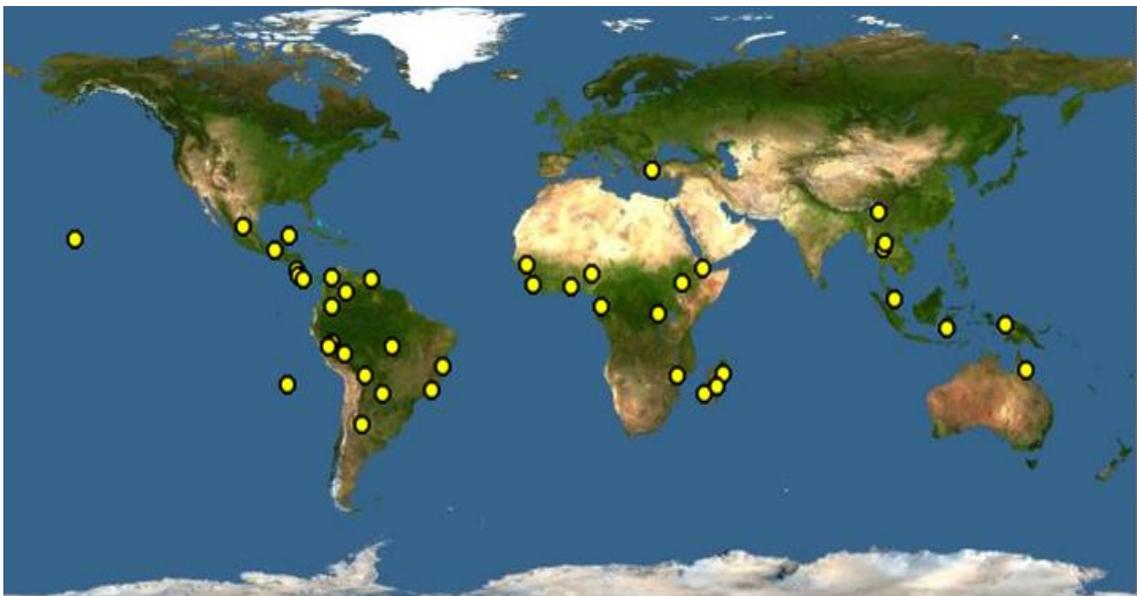


Figura 1- Mapa da distribuição da família Bignoniaceae. Fonte: Discover life. Disponível em: <http://www.discoverlife.org/>. Acesso em: 26 de janeiro de 2015.

A família é subdividida em oito tribos: Jacarandae, Tourrentieae, Tecomeae, Bignonieae, Catalpeae, Oroxyleae, Crescentieae e Coleae, ocorrendo apenas três delas no Brasil (Bignonieae, Crescentieae e Tecomeae). Estas três tribos se diferenciam pelo hábito e morfologia do fruto (BUREAU e SCHUMANN, 1897; GENTRY, 1980; SILVA-CASTRO *et al.* 2004): Tecomeae é caracterizada pelos frutos deiscentes perpendiculares ao septo, e hábito arbóreo; Bignonieae tem frutos deiscentes paralelos ao septo e todas as espécies são trepadeiras e Crescentieae tem frutos indescentes e as espécies possuem hábito arbóreo ou arbustivo (SANDWITH e HUNT, 1974; CRONQUIST, 1981; BARROSO, 1986).

A tribo Tecomeae é a segunda maior tribo da família Bignoniaceae e inclui o maior número de espécies. Suas 203 espécies estão distribuídas em 19 gêneros na região neotropical (GENTRY 1992; BITTENCOURT, 2003). No Brasil, encontram-se nove gêneros sendo, *Tabebuia* e *Jacaranda* os mais representativos (GENTRY, 1992).

A exuberância durante o florescimento faz com que muitas espécies de Bignoniaceae sejam utilizadas na arborização de ruas, praças, parques e avenidas (LORENZI, 2008).

1.4.1 Gênero *Tabebuia* Gomes ex DC.

O gênero *Tabebuia* é conhecido pela qualidade da madeira e pela extração de substâncias químicas da casca, que em algumas espécies apresentam ação farmacológica, com ampla utilização na medicina popular como: antifúngica, antiparasitária, antineoplásica, analgésica, antibacteriana e antiinflamatória (GENTRY, 1992; OSPINA *et al.* 2013).

Espécies pertencentes a este gênero apresentam madeira com dureza elevada e alta densidade, sendo amplamente utilizada como matéria-prima de diversos artigos da carpintaria e marcenaria e, também, na construção civil e naval, sendo, portanto de grande importância econômica (PAULA e ALVES, 1997; LORENZI, 2008). No Brasil, o gênero é encontrado nos domínios da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (LOHMANN, 2014) (Figura 2).

Com base em dados moleculares (GROSE e OLMSTEAD, 2007), o gênero *Tabebuia* foi classificado como polifilético e reorganizado em três diferentes gêneros: *Handroanthus* Mattos, *Roseodendron* Miranda e, o próprio, *Tabebuia*. O gênero *Roseodendron* compreende espécies de cálice espatáceo e de textura semelhante à da corola. *Handroanthus* possui

espécies com flores principalmente amarelas e tricomas cobrindo o cálice e as folhas. A madeira das espécies deste gênero é extremamente densa, contendo grandes quantidades de lapachol. *Tabebuia* inclui apenas as espécies de corola branca a vermelha e raramente as de corola amarela. Neste trabalho o gênero *Tabebuia* está sendo tratado segundo Gentry (1992) que trata a maioria das espécies deste grupo.



Figura 2- Mapa do Brasil, com a área de distribuição do gênero *Tabebuia* Gomes ex A.DC. Fonte: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Mapa disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB114249>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

1.4.2 *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC.

Tabebuia rosea é uma espécie tropical, conhecida na forma popular mais frequente como ipê-rosa, é originária do México, América Central e Norte da América do Sul - Brasil, Colômbia, Equador, Peru, Venezuela (CORDERO e BOSHIER, 2003; LORENZI *et al.* 2003). É uma espécie decídua com queda foliar na estação seca (GENTRY, 1970; CROAT, 1978).

Esta espécie apresenta como sinonímias, os epítetos: *Tecoma rosea* Bertol., *Tecoma mexicana* (Mart. ex D.C) Hemsl., *Tecoma mexicana* Mart. Ex DC., *Tabebuia pentaphylla* (Linnaeus) Hemsley, *Couralia rosea* (Bertol.) Donn. Sm., *Tecoma punctatissima* Kraenzl. e *Tabebuia punctatissima* (Kraenzl.) Standl., *Sparattosperma rosea* (Bertol.) Miers (GENTRY, 1992; LOHMANN, 2014).

LORENZI *et al.* (2003) determinaram as seguintes características gerais para a espécie: altura média entre 15 e 20 m, com casca levemente fissurada longitudinalmente, com estrias claras e lenticelas esparsas. Folhas grandes decíduas e semi-decíduas, compostas por cinco folíolos. Inflorescências terminais densas em panículas volumosas, com flores rosadas a magenta com interior amarelo e cinco pétalas (Figura 3A), formadas de agosto a outubro. Frutos tipo cápsula mais ou menos cilíndricos, deiscentes com numerosas sementes aladas e dispersas pelo vento (Figura 3B). As árvores perdem totalmente suas folhas antes do florescimento e, não raro, as mantêm parcialmente.

Tabebuia rosea é uma espécie tropical, amplamente utilizada na arborização de parques, ruas e avenidas devido ao seu florescimento intenso, rusticidade e rápido crescimento. É recomendada também para reflorestamento misto, visando à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente, além de ser usada na fabricação de móveis e obras externas e internas. Sua madeira é resistente e durável, de cor clara, variando de parda à rosada (PAULA e ALVES, 1997; LORENZI *et al.* 2003). A casca é usada no tratamento de amigdalite, estomatites, infecções renais, úlceras, varizes e certas doenças dos olhos. Também é usada como antidiarréico, antiinflamatório, antiinfecioso, antitumoral, depurativo, febrífugo, cicatrizante (PRAKASH e SINGH, 1980) e contra os efeitos do veneno de cobra na medicina popular (CORDERO e BOSHIER, 2003). A espécie é tradicionalmente utilizada no tratamento de câncer. Pesquisas com o extratos das sementes comprovaram sua eficiência como uma importante fonte de compostos anticancerígenos que poderiam ser utilizados na indústria farmacêutica (HEMAMALINI *et al.* 2012).

A espécie apresenta distribuição em algumas regiões do Centro-Oeste (Distrito Federal e Goiás) e em todo Sudeste do Brasil, nos domínios de Cerrado e da Mata Atlântica (LOHMANN, 2014) (Figura 4).

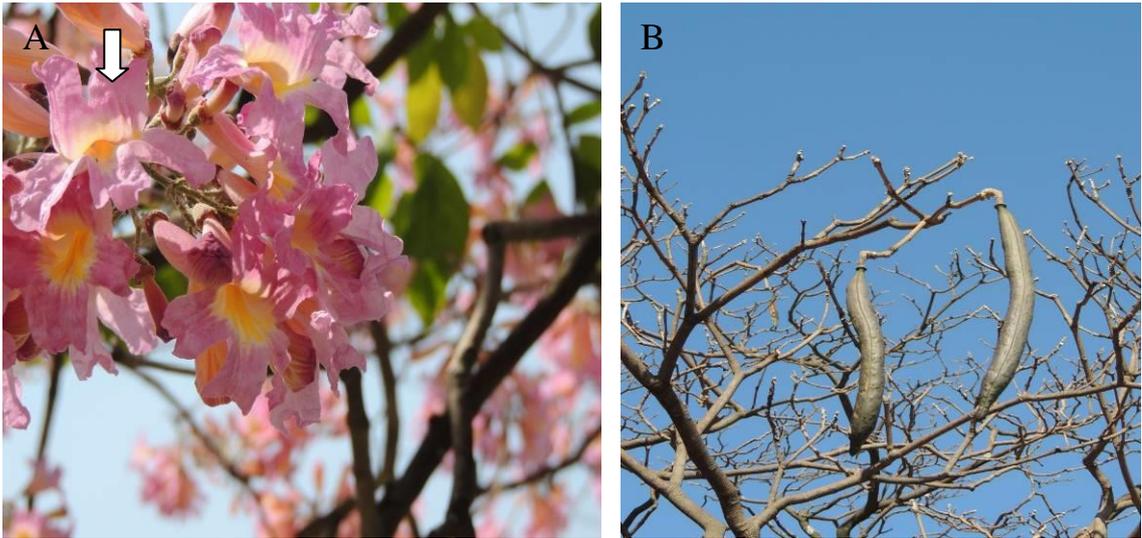


Figura 3- Espécie *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC crescendo na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)– A) Detalhe da flor; B) Detalhe de um fruto. A seta indica as pétalas da flor. Fonte: Maxmira Arêdes-dos-Reis.



Figura 4- Mapa do Brasil, com a área de distribuição da espécie *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. Área em tons de vermelho, os estados da região sudeste: Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo; Em tons de amarelo, estados da região centro-oeste: Goiás e o Distrito Federal. Fonte: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB114337>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar a dinâmica sazonal de crescimento caulinar apical e cambial e os teores de pigmentos fotossintetizantes foliares em *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. (Bignoniaceae).

2.2 Objetivos específicos

- I. Descrever a fenologia cambial caulinar de *T. rosea* ao longo do ano;
- II. Descrever a fenologia vegetativa e reprodutiva dos ápices caulinares de *T. rosea* ao longo do ano;
- III. Investigar a correlação entre a fenologia apical, fenologia cambial e as oscilações sazonais de precipitação, temperatura e fotoperíodo;
- IV. Quantificar os teores de clorofila *a* e *b*, totais e de carotenoides em folhas de *T. rosea* ao longo do ano;
- V. Investigar a correlação entre os teores de clorofilas *a* e *b*, totais e de carotenoides foliares, à fenologia apical vegetativa e as oscilações sazonais de precipitação, temperatura e fotoperíodo; e
- VI. Quantificar os teores de clorofila *a* e *b* e de carotenoides em folhas de *T. rosea* obtidas em diferentes orientações geográficas (Norte, Sul, Leste, e Oeste) ao longo do ano.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Sítio de estudo

O trabalho foi desenvolvido no *Campus* Maracanã da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) (Figura 5), localizado à Rua São Francisco Xavier, Maracanã nº 524 - Rio de Janeiro- RJ (22°54'40''S 43° 14' 10''W).

O *Campus* teve sua implantação em 1971, recebendo um tratamento paisagístico por parte da empresa Paisagem Empreendimentos Paisagísticos e Florestais Ltda. Em 1989, por iniciativa do Superintendente da SUCAM, Professor José Ilton Pinheiro Jornada, teve início o projeto de “Reurbanização Florística do *Campus* da UERJ”, visando restabelecer espécies do projeto original que teriam se extinguido e a implantação de outras novas áreas que foram criadas (DUARTE, 1990). A vegetação do *Campus* da UERJ apresenta uma variada composição de espécies nativas e exóticas, típicas da zona tropical e adaptadas à área urbana. Cerca de 50 espécies, de hábitos arbustivo, herbáceo ou arbóreo, se distribuem em uma área de 120.000 m² (DUARTE, 1990).

O sítio de coleta está no nível do mar e o clima da região é quente e úmido, com temperatura média anual de 24 °C. As médias de temperatura máxima podem ser 30 °C, em fevereiro, e as de temperatura mínima, 18 °C, em julho. A precipitação total média anual é de 1172,9 mm (KÖPPEN, 1948).

Para este estudo, os dados mensais de precipitação e temperaturas máxima, média e mínima foram obtidos da estação meteorológica Somar Meteorologia (<http://www.tempoagora.com.br>).

Dados mensais de fotoperíodo foram obtidos do Observatório Nacional (EFEMÉRIDES ASTRONÔMICAS, 2013) e tabulados a partir de dados diários para a cidade do Rio de Janeiro.

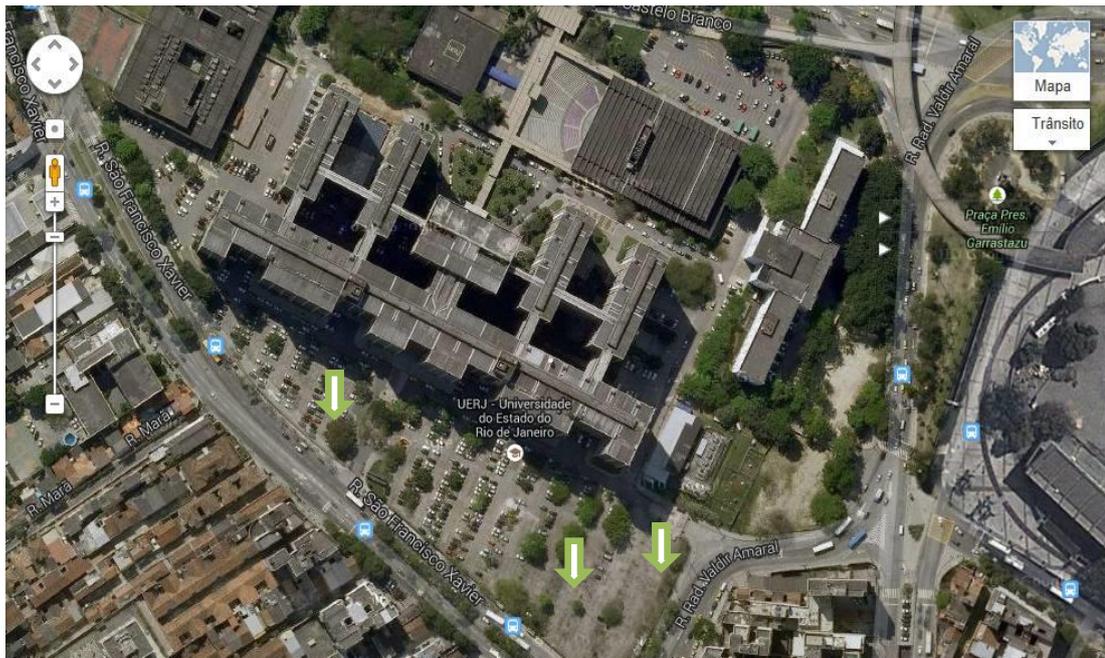


Figura 5- Localização do *Campus Maracanã* da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), município do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro, Brasil. As setas em verde indicam os pontos de amostragem. Imagem do *Campus* disponível em: <https://maps.google.com.br/>. Acesso em 22 jan. 2014.

3.2 Indivíduos estudados

A partir da determinação taxonômica realizada pelo Prof. Dr. Roberto Lourenço Esteves no sítio de estudo, foram selecionados quinze indivíduos adultos de *T. rosea* com diâmetro ≥ 19 cm (Tabela 1), de tronco cilíndrico, reto, sem bifurcações ou defeitos aparentes.

De cada indivíduo selecionado foram obtidas amostras de ramos vegetativos e/ou reprodutivo com o auxílio de tesouras de poda e alta poda. O material foi prensado, desidratado em estufa (IBT, 1989) e registrado e depositado como testemunho no Herbário da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (HRJ).

Tabela 1- Indivíduos amostrados e tipo de monitoramento mensal realizado

Indivíduos	Diâmetro (cm)	Altura (m)	Amostragem/ mês																		
			Mai/13	Jun/13	Jul/13	Ago/13	Set/13	Out/13	Nov/13	Dez/13	Jan/14	Fev/14	Mar/14	Ab/14	Mai/14	Jun/14	Jul/14	Ago/14	Set/14	Out/14	
1	20	4	A	A	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C	A	A	A	A	
2	33	9	A	A	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A	A	A
3	32	6,5	A	A	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A	A	A,P
4	21	6,5	A	A	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C	A	A	A	A	A
5	26	6,5	A	A	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C	A	A	A	A	A
6	23	7	A	A	A,C	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C	A	A	A	A
7	35	9,5	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C	A	A	A	A,P
8	36	8,5	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A	A
9	26	7	A	A	A,C	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C	A	A	A	A
10	31	7,5	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A	A
11	30	8	A	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A	A	A	A
12	25	7,5	A	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,P	A	A	A
13	19	4,2	A	A	A	A,C	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,P	A	A	A
14	34	7	A	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A	A	A	A
15	24	4	A	A	A	A,C	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A,C,P	A	A	A	A	A	A

A: acompanhamento da fenologia dos ápices caulinares; C: acompanhamento da fenologia do câmbio caulinar; P: acompanhamento dos pigmentos foliares.

3.3 Análise da fenologia cambial

A fenologia cambial no caule foi acompanhada em um rodízio de cinco indivíduos a cada mês em um total de quinze indivíduos amostrados (Tabela 1). De cada indivíduo selecionado foram obtidas amostras contendo a zona cambial e os tecidos vasculares recém-formados. As amostras foram retiradas a 1,30 m acima do solo, por método não destrutivo com sonda de Pressler (Figura 6).

As amostras obtidas foram fixadas em glutaraldeído (2,5%), formaldeído (4,0%) e tampão cacodilato (0,05M) (DA CUNHA *et al.* 2000) desidratadas em Etanol, e infiltradas e incluídas em Resina Glicol-Metacrilato[®]. Posteriormente, as amostras foram seccionadas em micrótomo rotativo em seções transversais de cerca de 5 µm de espessura. As seções histológicas foram coradas com Azul de Toluidina O (JOHANSEN, 1940) e montadas em Entellan[®] (Merk) em lâminas permanentes.

Para cada indivíduo analisado, foram aferidos, em 15 campos de observação distintos e aleatórios, quatro parâmetros morfológicos: largura da zona cambial em número de camadas celulares e em micrômetros; largura da zona de alongamento e diferenciação do xilema secundário em micrômetros e diâmetro radial das células iniciais fusiformes que integram a zonal cambial em micrômetros (SINGH e VENUGOPAL, 2011; BUAJAM e PUMIJUMNONG, 2012; COSTA *et al.* 2013; AL-MEFARREJ, 2014; RAJPUT *et al.* 2014).

O fluorocromo Auramina O foi aplicado para avaliar o grau de lignificação das paredes celulares das camadas justapostas à zona cambial na face voltada ao xilema secundário e o fluorocromo Azul de Anilina, para detectar elementos de tubo crivado com placas crivadas obliteradas por calose de dormência junto à zona cambial (VASCONCELLOS, 2012; COSTA *et al.* 2013). Para Auramina O, foi utilizado filtro de excitação de 470 a 490 nm e filtro de emissão de 515 a 565 nm (BARROS e MIGUENS, 1998). Para Azul de Anilina, utilizou-se filtro de excitação de 330 a 365 nm e filtro de emissão de 455 a 480 nm (RUZIN, 1999).



Figura 6- Coleta das amostras contendo zona cambial e tecidos vasculares recém-formados. A-Detalhe do uso da sonda de Pressler; B- Obtenção da amostra em *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. Fonte: Thaís Jorge de Vasconcellos.

3.4 Análise da fenologia apical

A fenologia dos ápices caulinares foi acompanhada nos 15 indivíduos estudados (Tabela 1), com o auxílio de câmera fotográfica Coolpix P510 com zoom óptico 40 x, de maio de 2013 a outubro de 2014. Mensalmente, foram realizadas observações qualitativas e quantitativas (BENCKE e MORELLATO, 2002) das fenofases vegetativas: brotamento, folhas jovens, folhas adultas, folhas senescentes e abscisão foliar. Quando em estágio reprodutivo, foram realizadas observações semanais qualitativas (BENCKE e MORELLATO, 2002) para as fenofases floração: presença de botões florais e de flores em antese e senescentes, e frutificação: presença e ausência de frutos.

3.4.1 Análise do teor de clorofilas e carotenoides

As amostras foliares foram obtidas em quatro diferentes pontos das copas das árvores amostradas, seguindo as orientações cardeais norte, sul, leste e oeste. As amostragens foram realizadas mensalmente, sempre nos mesmos cinco indivíduos amostrados quanto à fenologia do câmbio e também avaliados quanto à fenologia apical vegetativa e reprodutiva (Tabela 1).

De cada ponto da copa foram amostradas duas folhas, em um total de oito por indivíduo. As folhas foram retiradas da região mais alta do ápice caulinar, evitando o sombreamento, uma vez que as árvores se encontram lado a lado. Apenas duas árvores, das quinze, apresentavam-se sombreadas (indivíduos 14 e 15), na parte da tarde, pelos prédios da Universidade. A seleção das folhas seguiu a fenofase apical vegetativa em que cada árvore se apresentava, ressaltando que os valores iguais a zero, foram obtidos nos períodos em que as árvores estavam sem folhas.

O material coletado foi rapidamente transferido para sacos plásticos e protegidos de luz. Em seguida, o material foi armazenado em congelador até a extração (ARNON, 1949). Após descongelamento, seções de 0,50 g da região intercostal da lâmina foliar foram fragmentadas com o auxílio de uma tesoura e transferidas para recipientes vedados e protegidos de luz (OLIVEIRA *et al.* 2008), contendo 25 ml de acetona 80% resfriada (ARNON, 1949 - modificado pela supressão da etapa de trituração). Os frascos foram mantidos à temperatura de 25 °C por 48 horas (JUNIOR *et al.* 2010), sob agitação em mesa orbital à 100 rpm. Posteriormente, a solução foi filtrada em algodão e o volume final ajustado para 25 ml em acetona 80% (CAYON *et al.* 1990) (Figura 7A).

As amostras foram centrifugadas em centrífuga NT 810 à 4000 rpm, durante 10 minutos e transferidas para pipetadores de vidro para análise ao espectrofotômetro Bio Mate 3S (Figura 7B).

As absorbâncias dos extratos foram aferidas sob três comprimentos de onda: 662 nm, 646 nm e 470 nm, correspondendo respectivamente às clorofilas *a* e *b* e aos carotenoides.

Os teores de pigmentos nas folhas foram calculados de acordo com as fórmulas de Wellburn e Lichtentaler (1984) e a relação clorofila total foi analisada (RIBEIRO, 2012).

$$C_a = 12,21 E_{662} - 2,18 E_{646}$$

$$C_b = 20,13 E_{646} - 5,03 E_{662}$$

$$C_{x+c} = (1000 E_{470} - 3,27 C_a - 104 C_b)/229$$

$$\text{Clorofilas totais} = \text{Clorofila } a + \text{Clorofila } b$$



Figura 7- Processamento da extração de clorofilas e carotenoides. A- Filtração; B- Leitura no espectrofotômetro. Fonte: Thaís Jorge de Vasconcellos.

3.5 Documentação e análise microscópica do material

As imagens em microscopia óptica de campo claro, mensurações e contagens foram produzidas com o auxílio do sistema de processamento Image Pro Plus express 6.0, utilizando microscópio Olympus BX 41 acoplado a câmara de vídeo Olympus Q Color 5. As análises de fluorescência foram realizadas ao microscópio Olympus BX 50 e as imagens obtidas com câmara de vídeo Olympus DP73 e software Image Cell Sens Standard 1.8.1. As escalas foram produzidas de acordo com as mesmas combinações ópticas das imagens.

3.6 Análises estatísticas

Para as análises estatísticas de correlação, foram considerados os dados correspondentes a cada indivíduo estudado (Tabela 1). Inicialmente, foi verificada a normalidade dos dados obtidos a partir do teste Shapiro-Wilk.

Em função da distribuição aleatória dos dados, o teste de Spearman (ZAR, 1999) foi aplicado para as análises de correlação entre: fenologia cambial caulinar e fatores ambientais;

fenologia apical caulinar e fatores ambientais; fenologia apical e fenologia cambial caulinar; pigmentos fotossintéticos e fatores ambientais; pigmentos fotossintéticos e fenologia apical caulinar.

Para verificar a influência da posição geográfica sobre o teor das clorofilas e dos carotenoides foi realizado o teste Factorial ANOVA. O teste T foi aplicado para o agrupamento dos dados em dormência e atividade cambial.

Todos os testes foram realizados utilizando o software Statistica 7.

4 RESULTADOS

4.1 Variáveis ambientais no sítio de estudo

Os dados climáticos foram sazonais e caracterizados pela presença de dias mais frios (22 °C de temperatura média) e secos (44 mm de precipitação média) no inverno, e dias mais quentes (27 °C de temperatura média) e chuvosos (146 mm de precipitação média) no verão (Tabela 2).

O fotoperíodo apresentou uma diferença de 1 hora e 46 minutos entre os dias mais longos, em dezembro (média de 13:31 horas de luz), e os dias mais curtos, em junho (média de 10:45 horas de luz) (Figura 15A).

Tabela 2- Valores das médias das temperaturas e precipitação total mensal para o período estudado.

Estação	Meses	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura média (°C)	Precipitação (mm)
Outono	Maio/2013	18,74	27,38	23,06	68
Inverno	Junho/2013	20	27,42	23,71	34,6
Inverno	Julho/2013	18,36	24,91	21,64	97,7
Inverno	Agosto/2013	19,06	25,59	22,33	0
Primavera	Setembro/2013	20,43	26,94	23,69	62,4
Primavera	Outubro/2013	20,99	26,44	23,72	63,6
Primavera	Novembro/2013	19,17	28,07	23,62	137,3
Verão	Dezembro/2013	23,83	29,46	26,65	188,4
Verão	Janeiro/2014	20,31	32,08	26,20	237,9
Verão	Fevereiro/2014	24,27	31,73	28,10	12,1
Outono	Março/2014	21,07	30,41	25,74	80,5
Outono	Abril/2014	20,98	27,99	24,49	100,4
Outono	Maio/2014	17,26	26,65	21,96	26,7
Inverno	Junho/2014	20,48	26,41	23,45	42,5
Inverno	Julho/2014	18,61	24,65	21,63	75,5
Inverno	Agosto/2014	18,76	25,39	22,075	14,9
Primavera	Setembro/2014	16,33	28,36	22,35	27
Primavera	Outubro/2014	17,32	30,24	23,78	28,4

Fonte: Somar meteorologia

4.2 Fenologia cambial

A existência de sazonalidade na fenologia cambial foi constatada para *T. rosea* no sítio de estudo. A atividade cambial ocorreu de novembro de 2013 a janeiro de 2014 e foi caracterizada pelo aumento na largura da zona cambial, em número de camadas de células e em micrômetros (Figuras 8, 10A, 13A; Tabela 3). O câmbio permaneceu em dormência na maior parte do ano e foi caracterizado por uma redução de cerca de 50% na largura da zona cambial (em número de camadas de células e em micrômetros) (Figura 8) e de 28%, na largura da zona de alongamento e diferenciação do xilema secundário (μm) (Figura 9). Apenas o diâmetro radial das células iniciais fusiformes na zona cambial aumentou neste período cerca de 10% (Figuras 9A, 12B; Tabela 3).

O diâmetro radial das células iniciais fusiformes que integram a zona cambial foi menor nos meses: dezembro de 2013, janeiro e fevereiro de 2014 ($5,1\mu\text{m}$; $4,7\mu\text{m}$; $4,4\mu\text{m}$, respectivamente), caracterizando o lúmen reduzido, enquanto a largura da zona de alongamento e diferenciação no lado do xilema secundário foi maior em dezembro de 2013 ($43\mu\text{m}$) quando comparado aos outros meses do ano, fator representativo para o período de atividade cambial (Figuras 9, 13A e B e Tabela 3).

As células dos tecidos condutores nas regiões adjacentes ao câmbio apresentaram diferenças estruturais, ressaltadas pelo uso de fluorocromos. Durante o período de atividade do câmbio, foi possível observar um gradiente de lignificação para as paredes das células do xilema secundário recém-formado, com a aplicação da Auramina O (Figura 11-A e B). No período de dormência, com a aplicação do mesmo fluorocromo, observou-se completa lignificação das paredes celulares do xilema secundário adjacente à de alongamento e diferenciação (Figura 11-C e D). Ainda na fase de dormência, com a aplicação de Azul de Anilina, foi possível revelar a formação de calose de dormência na placa crivada dos elementos de tubo crivado adjacentes à zona de alongamento e diferenciação do floema secundário recém-formado (Figura 12).

Tabela 3- Características anatômicas das zonas cambial e de alongamento e diferenciação voltada ao xilema secundário de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC.

Características	Meses do ano												
	Jul/13	Ago/13	Set/13	Out/13	Nov/13	Dez/13	Jan/14	Fev/14	Mar/14	Abril/14	Mai/14	Jun/14	Jul/14
Anatômicas													
Largura da zona cambial em número de camadas celulares	2,5	2,2	2,7	2,5	5,7	4,4	4,3	2,8	2,2	2,1	2,2	2,1	2,1
Largura da zona cambial em μm	18,9	17,3	18,9	21,0	34,9	28,2	27,7	16,7	14,8	14,6	14,6	13,4	15,0
Diâmetro radial das células iniciais fusiformes da zona cambial em μm	5,7	6,0	5,6	6,9	5,8	5,1	4,7	4,4	5,5	5,9	5,8	5,6	6,0
Largura da zona de alongamento e diferenciação do xilema secundário em μm	24,3	24,4	17,4	21,0	22,7	43,0	25,7	23,7	17,4	19,5	24,9	21,8	24,6

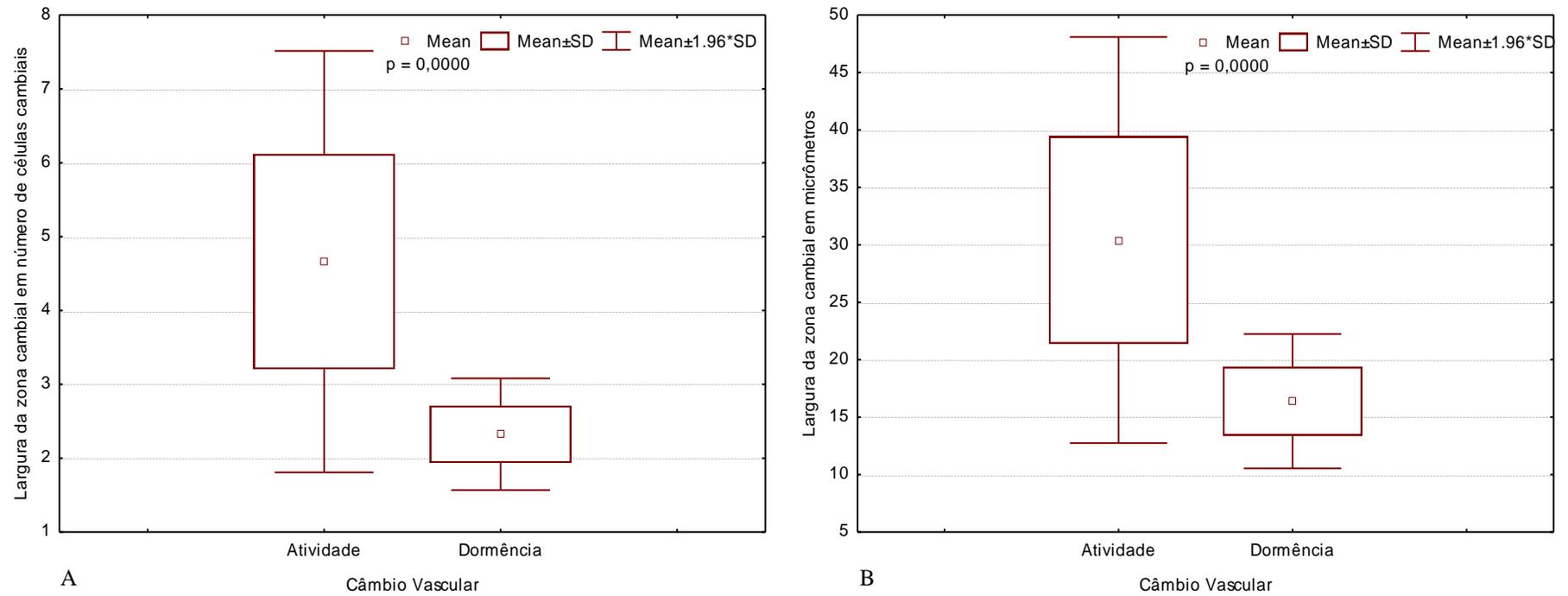


Figura 8- Largura da zona cambial: em número de camadas celulares (A) e em micrômetros (B), nos períodos e atividade e dormência de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC.

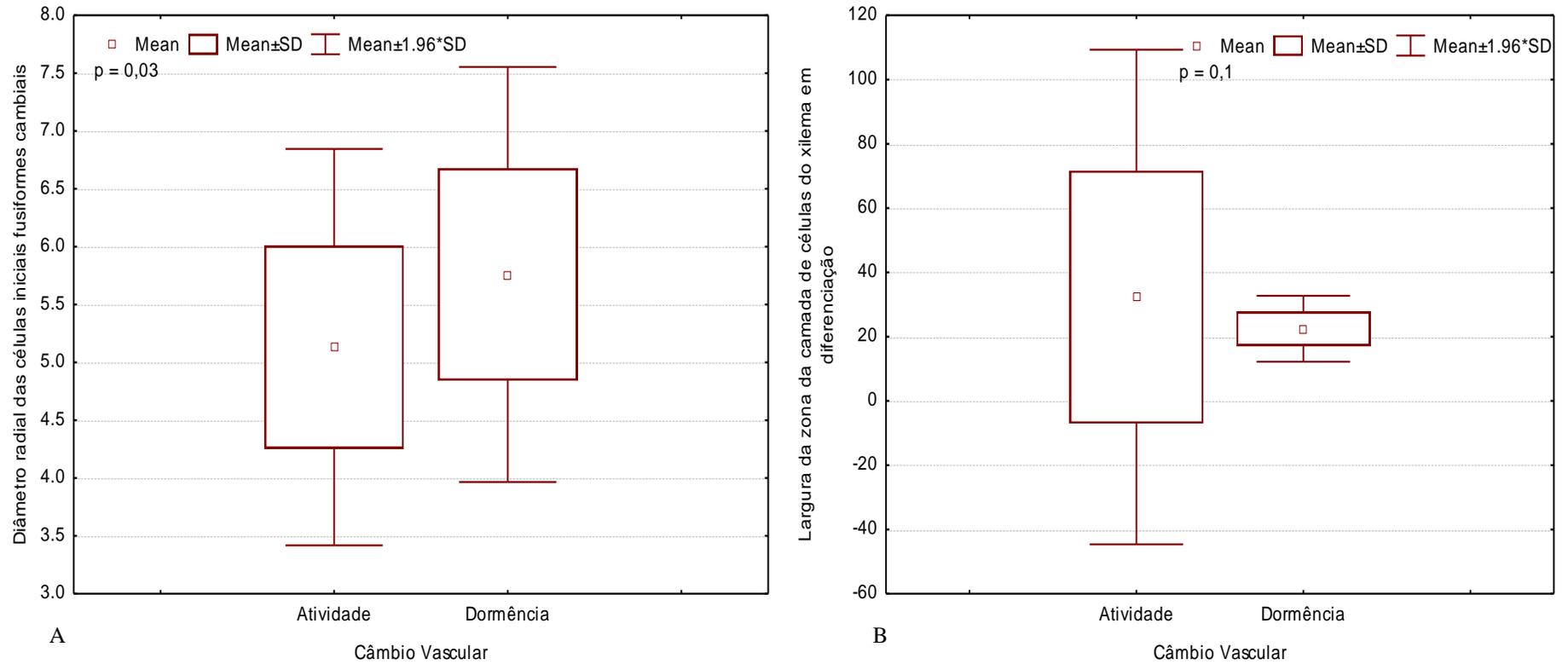


Figura 9- Diâmetro radial das células iniciais fusiformes cambiais (A) e Largura em micrômetros da zona da camada de células do xilema em diferenciação (B) nos períodos de atividade e dormência cambial de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC.

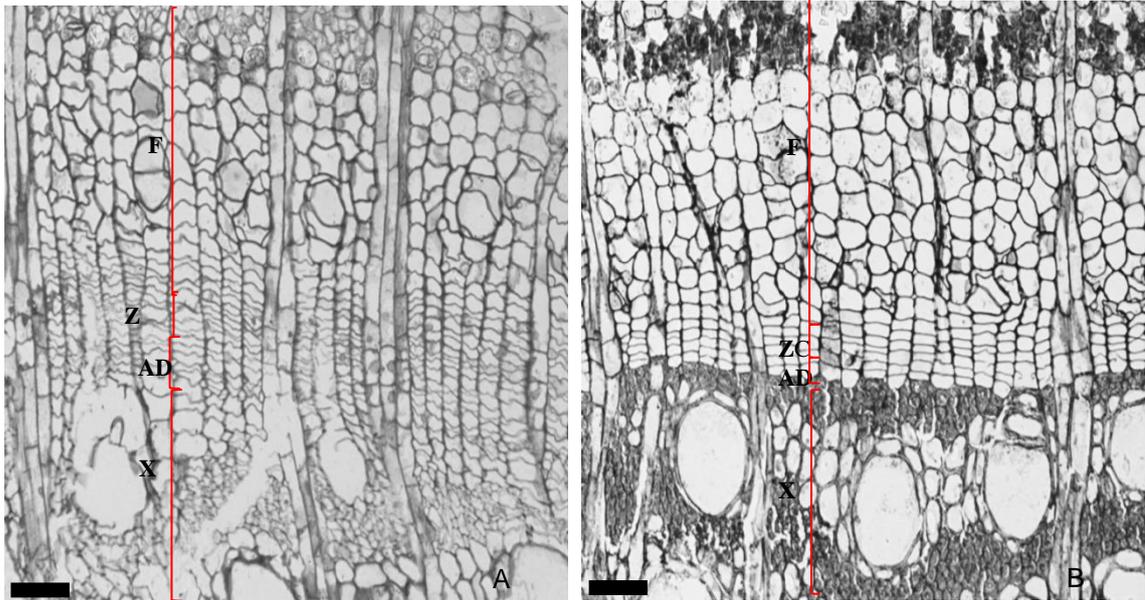


Figura 10- Seção transversal ao caule de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. nos períodos de atividade (A) e dormência cambial (B). Zona cambial (Z), Xilema (X), Zona de alongamento e diferenciação do xilema secundário (AD) e floema (F). Barra = 50 μm.

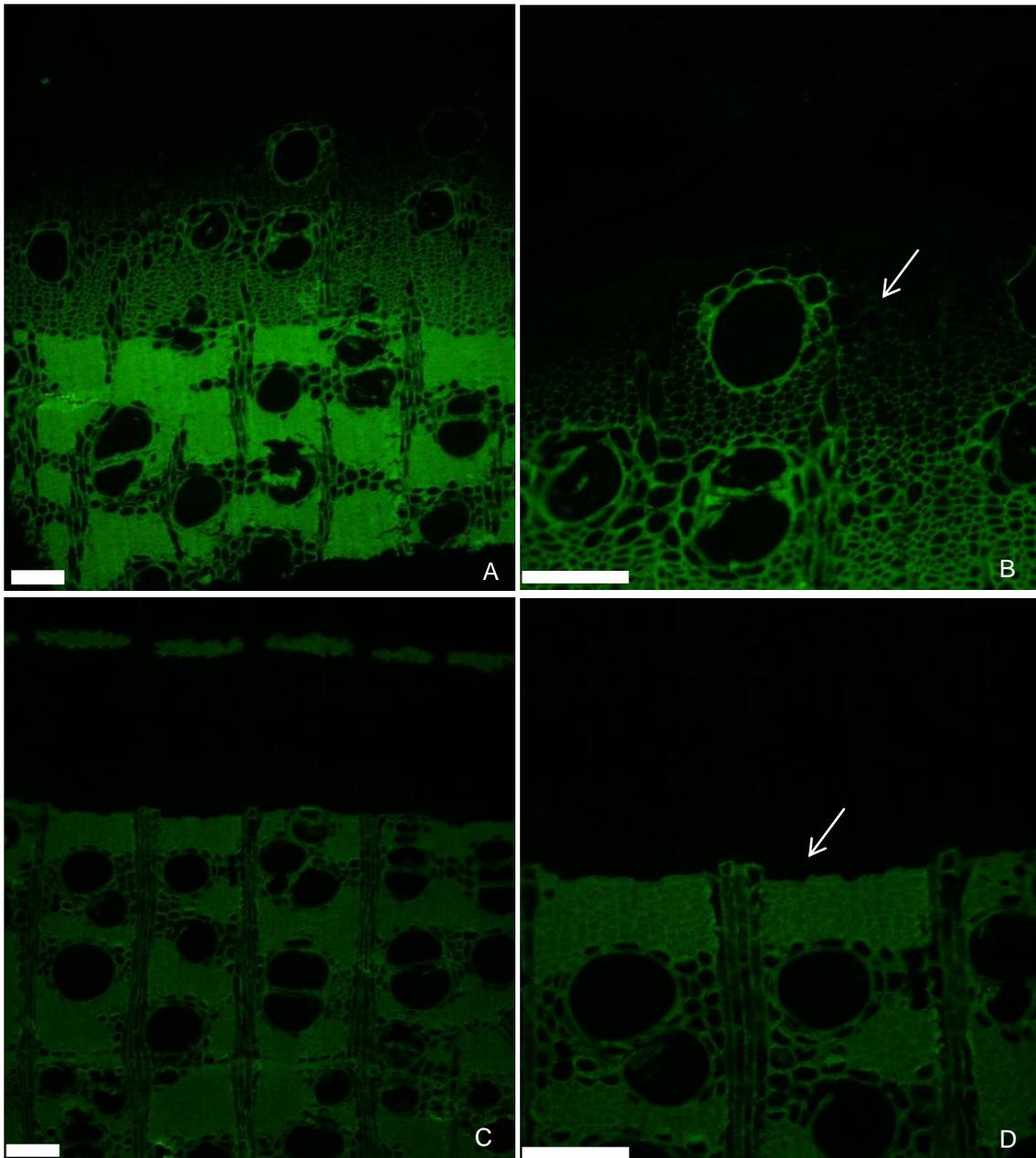


Figura 11- Seção transversal evidenciando a aplicação do fluorocromo Auramina O nos tecidos adjacentes à zona cambial, evidenciando lignificação progressiva das paredes das células do xilema secundário de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. A-B) Período de atividade (novembro de 2013) - seta indica o processo progressivo de lignificação das paredes celulares em direção à zona de alongamento e diferenciação; C-D) Período de dormência (junho de 2014) - seta indica a completa lignificação das paredes celulares junto à zona de alongamento e diferenciação. Barra = 50 μ m.

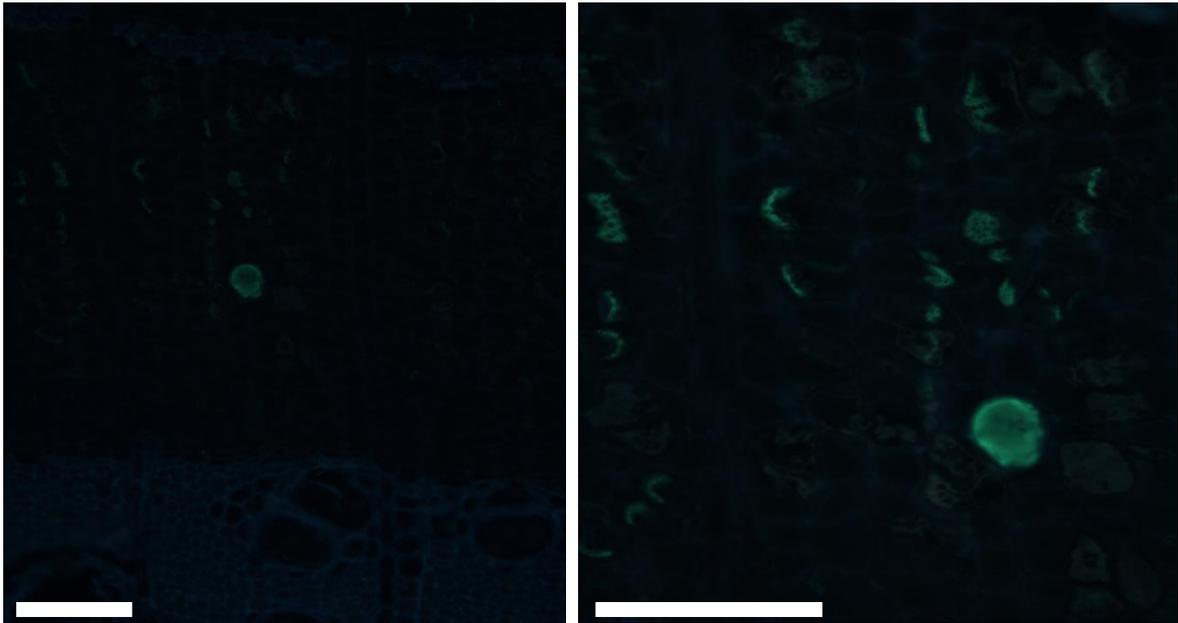


Figura 12- Seção transversal ao caule de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC., no período de dormência (junho de 2014). A presença de calose de dormência foi evidenciada pela aplicação do fluorocromo Azul de Anilina, nas placas crivadas dos elementos de tubo crivado do floema secundário adjacente à zona de alongamento e diferenciação celular. Barra = 50 μ m.

4.2.1 Fenologia cambial em relação às variáveis ambientais

O fotoperíodo e a temperatura máxima foram as variáveis ambientais com índices significativos de correlação para todos os parâmetros fenológicos avaliados quanto à zona cambial e à zona de alongamento e diferenciação do xilema secundário de *T. rosea* (Tabela 4). O fotoperíodo foi a variável ambiental que apresentou os índices mais elevados na análise, com destaque para correlação positiva com a largura da zona cambial em número de camadas celulares ($R = 0,68$) e em micrômetros ($R = 0,70$) (Tabela 4). A temperatura máxima apresentou índices de correlação mais elevados quando comparada às temperaturas médias e mínimas. Esta variável ambiental, temperatura máxima, apresentou maior valor de correlação positiva com a largura da zona cambial em número de camadas celulares ($R = 0,5$), e correlação negativa com o diâmetro radial das células iniciais fusiformes do câmbio ($R = -0,5$) (Tabela 4).

Durante o período de estudo, a maior atividade do câmbio coincidiu com a elevação de todas as variáveis ambientais analisadas (Figura 13). De outubro a novembro de 2013 foi observado um aumento no número de camadas celulares que compõem a zona cambial,

passando de uma média de 2,5 μm na fase de dormência para 5,7 μm na fase de maior atividade. A largura da zona cambial em micrômetros também aumentou, de uma média de 21 μm na fase de dormência para 34,9 μm na fase de maior atividade (Tabela 3 e Figura 13). No mesmo período foi observado diminuição do diâmetro radial das células iniciais fusiformes cambiais, de 6,9 para 5,8 μm em média (Tabela 3), apresentando correlação negativa mais significativa com temperatura máxima ($R = -0,54$, Tabela 4).

A zona formada pelas camadas celulares do xilema secundário em alongamento e diferenciação apresentou valor de correlação negativa mais significativa com temperatura mínima ($R = -0,34$, Tabela 4). Em dezembro de 2013, os dados mostraram o valor máximo deste parâmetro (43 μm , Tabela 3), quando os fatores ambientais ainda estavam em elevação (Figura 13).

Tabela 4- Correlação de Spearman (R) entre as variáveis ambientais e a fenologia cambial de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC.

Variáveis ambientais X Fenologia cambial										
Parâmetros mensurados	Temperatura mínima		Temperatura máxima		Temperatura média		Precipitação		Fotoperíodo	
	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>
Largura da zona cambial em número de camadas celulares	0,221899	0,097129	0,552460	0,000008*	0,484121	0,000136*	0,387098	0,002933*	0,682496	0,000000*
Largura da zona cambial em μm	0,348051	0,007977*	0,356179	0,006542*	0,131015	0,331338	0,476725	0,000178*	0,702084	0,000000*
Diâmetro radial das células iniciais fusiformes da zona cambial em μm	-0,483878	0,000137*	-0,542460	0,000013*	-0,293239	0,026844*	-0,163785	0,223454	-0,402538	0,001908*
Largura da zona de alongamento e diferenciação do xilema secundário em μm	-0,338677	0,012244*	-0,308003	0,023465*	-0,315805	0,020004*	-0,245507	0,073553	-0,284060	0,037374*

*Valores significativos por apresentarem $p < 0,05$ (negrito).

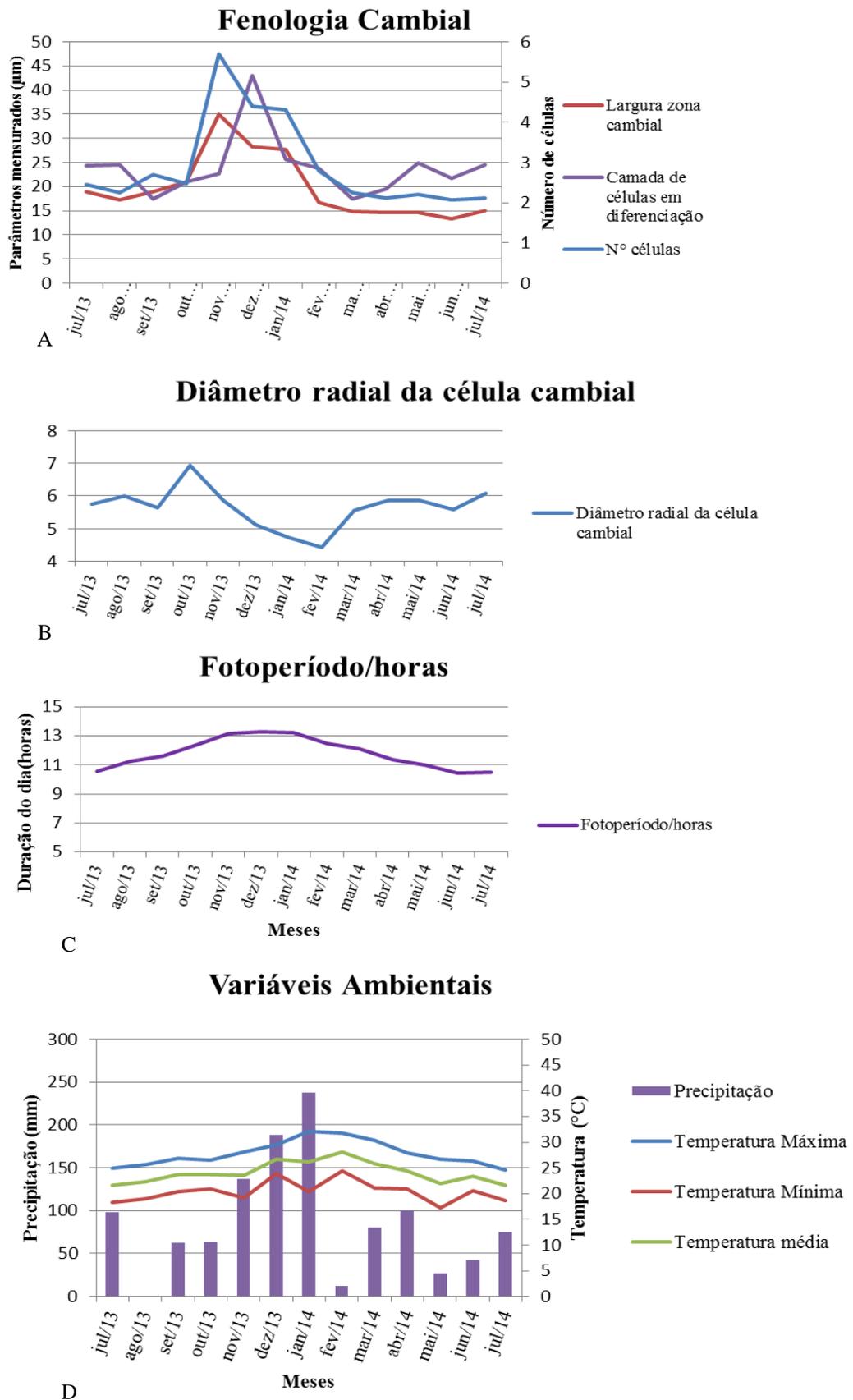


Figura 13- Fenologia cambial caulinar (A e B) de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.D.C. e variáveis ambientais (C e D) de julho de 2013 a julho de 2014.

4.3 Fenologia apical

Tabebuia rosea apresentou comportamento foliar decíduo no sítio de estudo. As folhas jovens estiveram presentes na maior parte do ano, de julho de 2013 a outubro de 2014 (média de 15%), apresentando menor porcentagem em julho dos dois anos (1% e 3,9% de folhas jovens, respectivamente) e maior percentual em outubro de 2013 (77% de folhas jovens). As folhas adultas permaneceram de novembro de 2013 a julho de 2014, 61,5%, sendo predominante em dezembro de 2013 (93% de folhas adultas). Presença de folhas senescentes foi observada ao longo do ano, 17,7 % em média, apresentando valor acentuado no mês de maio de 2013 (62% de senescência foliar). As copas de oito árvores apresentaram ausência foliar em agosto de 2013 e em setembro de 2014 (92% e 84% de ausência foliar, respectivamente) (Figuras. 14 e 15C).

As fenofases reprodutivas ocorreram de maio a novembro de 2013 e de maio a outubro de 2014. A emissão de botões florais foi iniciada em maio de 2013 (em nove dos quinze indivíduos) e de 2014 (em um dos quinze indivíduos). Flores em antese ocuparam cerca de 44% da copa de doze árvores em agosto de 2013 e apenas 6%, em julho de 2014 (duas árvores). Em agosto de 2013, dez das quinze árvores investigadas apresentaram frutos em desenvolvimento, que permaneceram nas árvores até novembro de 2013. O novo período de frutificação teve início em julho de 2014 (Figuras 14 e 15C).



Figura 14- Aspecto geral do indivíduo 6 de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. em diferentes estádios fenológicos. A) Presença de botões florais (seta) – Julho/2013; B) Copa totalmente preenchida por flores em antese – Agosto/2013; C) Presença de folhas jovens e elevada quantidade de frutos (seta) – Setembro/2013; D) Copa 100% preenchida com folhas expandidas (folhas adultas) – Dezembro/2013. Fonte: Maxmira Arêdes-dos-Reis.

4.3.1 Fenologia apical em relação às variáveis ambientais

Assim como na fenologia cambial, a temperatura máxima e o fotoperíodo foram as variáveis ambientais com índices significativos de correlação que mais influenciaram a fenologia apical de *T. rosea* (Tabela 5). A temperatura máxima apresentou correlação com todas as fenofases apicais analisadas. Os valores mais altos de correlação foram observados entre esta variável ambiental e a fenofase folhas adultas (correlação positiva de $R = 0,6$) e, inversamente, com a fenofase ausência foliar (correlação negativa de $R = -0,5$). O fotoperíodo também apresentou alta correlação positiva com folhas adultas ($R = 0,5$) e correlação negativa, com folhas senescentes ($R = -0,6$, Tabela 5).

As correlações mais altas observadas para as temperaturas mínima e média foram com as fenofases folhas adultas (correlação positiva de $R = 0,5$ e $0,6$, respectivamente) e ausência foliar (correlação negativa de $R = -0,5$ e $-0,6$, respectivamente). A variável ambiental, precipitação, apresentou correlação positiva com a fenofase folhas adultas ($R = 0,4$) e correlação negativa, com a fenofase ausência foliar ($R = -0,4$, Tabela 5).

Entre outubro e dezembro de 2013 ocorreu diminuição no valor médio de folhas jovens, de 77% para 6% de folhas jovens (Tabela 6), no mesmo período em que a temperatura máxima e a precipitação mensal estavam em elevação (Figura 15). As árvores exibiram a copa completamente preenchida por folhas adultas durante o período em que os índices das variáveis ambientais apresentavam-se mais elevados - novembro de 2013 a janeiro de 2014 (Figura 15). De fevereiro a junho de 2014 quando foram observados valores decrescentes de temperatura máxima, mínima e média e de fotoperíodo, a presença de folhas senescentes foi aumentando, sendo predominante em junho de 2014 (42% de folhas senescentes, Tabela 6). A maioria, 10 entre as 15 árvores, estava completamente sem folhas no período de julho a agosto de 2013 e de agosto a setembro de 2014, coincidindo com o período em que todas as variáveis ambientais analisadas apresentavam valores mais baixos (Figura 15).

A fenologia reprodutiva apresentou correlações mais baixas em relação às variáveis ambientais analisadas quando comparadas com a fenologia vegetativa (Tabela 5), com destaque para as correlações entre presença de botões florais e fotoperíodo ($R = -0,4$), flores em antese e precipitação e temperatura máxima ($R = -0,3$, em ambos), e presença de frutos e precipitação ($R = -0,2$).

Em 2013, o predomínio de flores em antese ocorreu em agosto (44%, Tabela 6) associado à falta de chuvas neste mês, seguida pela presença massiva de frutos no mês de

setembro (cerca de 36%, Tabela 6), com o início da estação chuvosa, mais quente e de maior fotoperíodo. Os frutos permaneceram nas árvores até novembro, antes do período em que todas as variáveis ambientais atingiram seus valores máximos (Figura 15).

Em 2014, o período reprodutivo começou em maio, com presença de botões florais, quando foi observado queda na precipitação mensal e diminuição da temperatura. A presença de flores em antese e de frutos ocorreu quando as variáveis ambientais estavam em elevação (Figura 15).

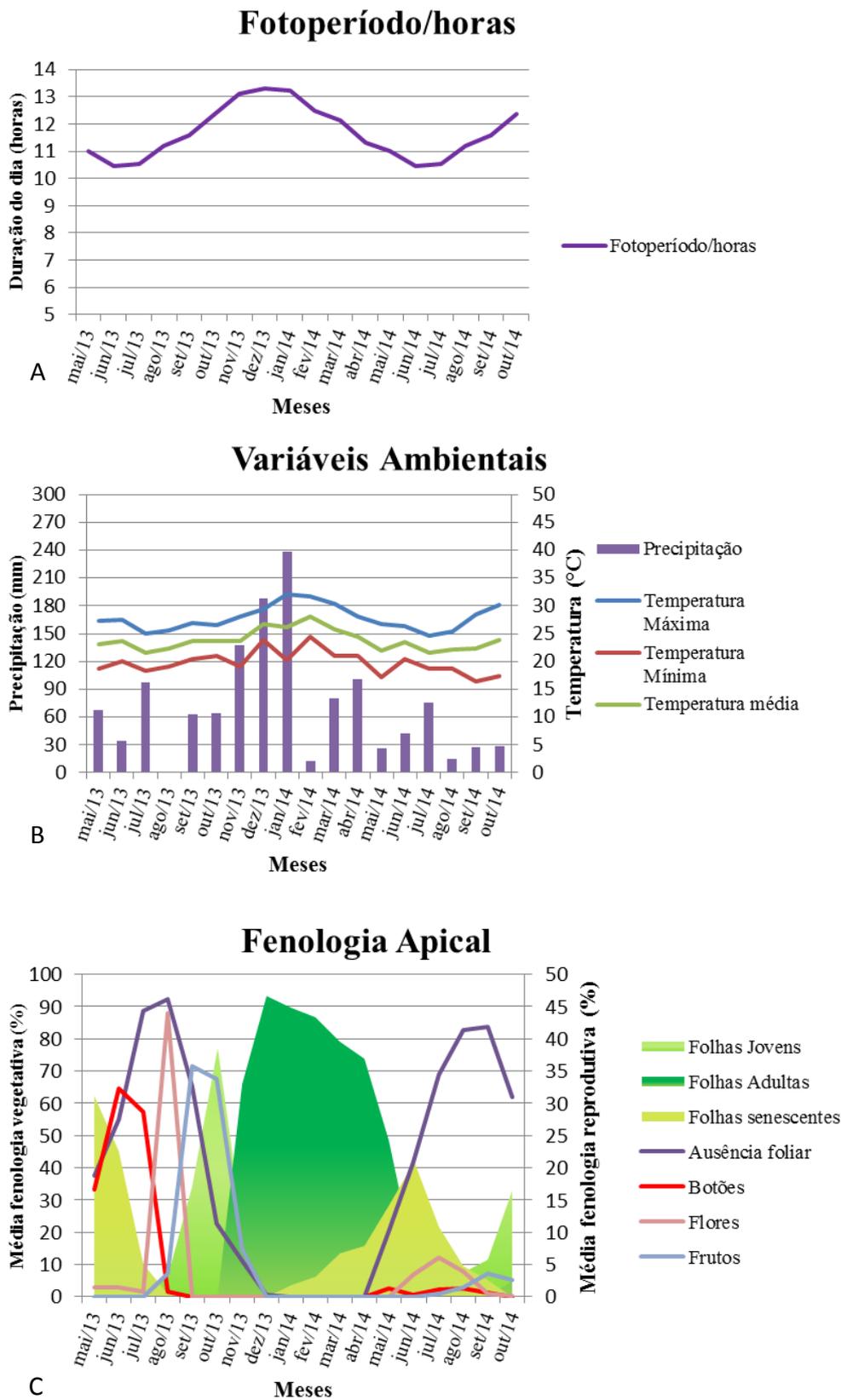


Figura 15- Fotoperíodo (A), variáveis climáticas (B) e fenologia apical caulinar (C) de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. no período de maio de 2013 a outubro de 2014. As cores da área preenchida correspondem à fenologia vegetativa e ao estágio de desenvolvimento das folhas e as linhas à fenologia reprodutiva e a ausência foliar.

Tabela 5- Correlação de Spearman (R) entre as variáveis ambientais e a fenologia apical de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC.

Parâmetros mensurados	Temperatura mínima		Temperatura máxima		Temperatura média		Precipitação		Fotoperíodo	
	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>
Folhas jovens	-0,027848	0,648714	-0,148707	0,014454*	-0,048927	0,423304	-0,170581	0,004946*	0,115534	0,057964
Folhas adultas	0,486481	0,000000*	0,597335	0,000000*	0,583095	0,000000*	0,420669	0,000000*	0,557959	0,000000*
Folhas senescentes	-0,126455	0,037841*	-0,183866	0,002421*	-0,231866	0,000121*	-0,101845	0,094906	-0,604442	0,000000*
Ausência foliar	-0,539095	0,000000*	-0,544719	0,000000*	-0,605871	0,000000*	-0,397928	0,000000*	-0,465113	0,000000*
Botões	-0,238861	0,000074*	-0,258873	0,000017*	-0,286937	0,000002*	0,023020	0,706512	-0,424747	0,000000*
Flores	-0,141154	0,020326*	-0,282548	0,000002*	-0,263726	0,000011*	-0,289258	0,000001*	-0,234535	0,000100*
Frutos	0,007804	0,898437	-0,180689	0,002884*	-0,065926	0,280396	-0,191849	0,001539*	0,128013	0,035521*

*Valores significativos por apresentarem $p < 0,05$ (negrito).

Tabela 6- Percentuais médios das fenofases da fenologia apical caulinar de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC durante o período de estudo.

Fenologia apical (%)	Meses do ano																	
	Mai/13	Jun/13	Jul/13	Ago/13	Set/13	Out/13	Nov/13	Dez/13	Jan/14	Fev/14	Mar/14	Abril/14	Mai/14	Jun/14	Jul/14	Ago/14	Set/14	Out/14
Folhas jovens	0	0	1,1	6,4	34,5	77	23	6	6,7	7	7,5	10	4,3	4,8	3,9	7,5	11,7	32,9
Folhas adultas	0	0	0	0	0	0	66	93,3	89,7	86,7	79	74	48,3	11,3	5,3	0	0	5
Folhas senescentes	62,3	45,1	10,1	1,1	0,2	0	0	0	3,7	6,3	13,4	15,9	28,3	42	21,9	9,6	5,4	0,3
Ausência foliar	37,7	54,9	88,7	92,4	65,3	22,8	11	0,6	0	0	0	0	20,3	41,9	68,9	82,9	83,6	61,8
Botões	16,7	32,3	28,7	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	0,3	1,1	1,3	0,6	0
Flores	1,5	1,5	0,8	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	6	4	0,5	0,06
Frutos	0	0	0	3,7	35,7	33,7	7,3	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,5	3,3	4

4.3.2 Fenologia apical em relação à fenologia cambial

A largura da zona cambial em número de camadas celulares e o diâmetro radial das células iniciais fusiformes que integram a zona cambial foram as variáveis que apresentaram um maior número de correlação com as variáveis da fenologia apical (Tabela 7). Os dois parâmetros mencionados apresentaram valores significativos com as fenofases: folhas adultas, folhas senescentes e ausência foliar. A largura da zona cambial em número de camadas celulares apresentou maior correlação positiva com folhas adultas ($R = 0,4$) e negativa com folhas senescentes ($R = -0,5$). O diâmetro radial das células iniciais fusiformes do câmbio foi mais significativo positivamente com ausência foliar ($R = 0,4$) e, negativamente com folhas adultas ($R = -0,5$, Tabela 7). No que se refere a largura da zona cambial em micrômetros, esta variável apresentou alta correlação negativa com a presença de folhas senescentes ($R = -0,6$, Tabela 7).

O número de camadas celulares na zona cambial foi maior em novembro de 2013 (5,7%, Tabela 3), período em que as folhas das copas das árvores estavam completando o seu desenvolvimento em expansão (66%, Tabela 6). Esse número foi menor, 2,1 %, quando as folhas das árvores estavam em estágio de senescência, o que refletiu também na menor largura da zona cambial em micrômetros (Figura 16).

O menor diâmetro radial das células iniciais fusiformes foi identificado durante o período em que a copa das árvores estava preenchida por folhas adultas (novembro de 2013). Durante o período em que a copa esteve ocupada por folhas senescentes, o lúmen apresentou-se expandido (Figura 16).

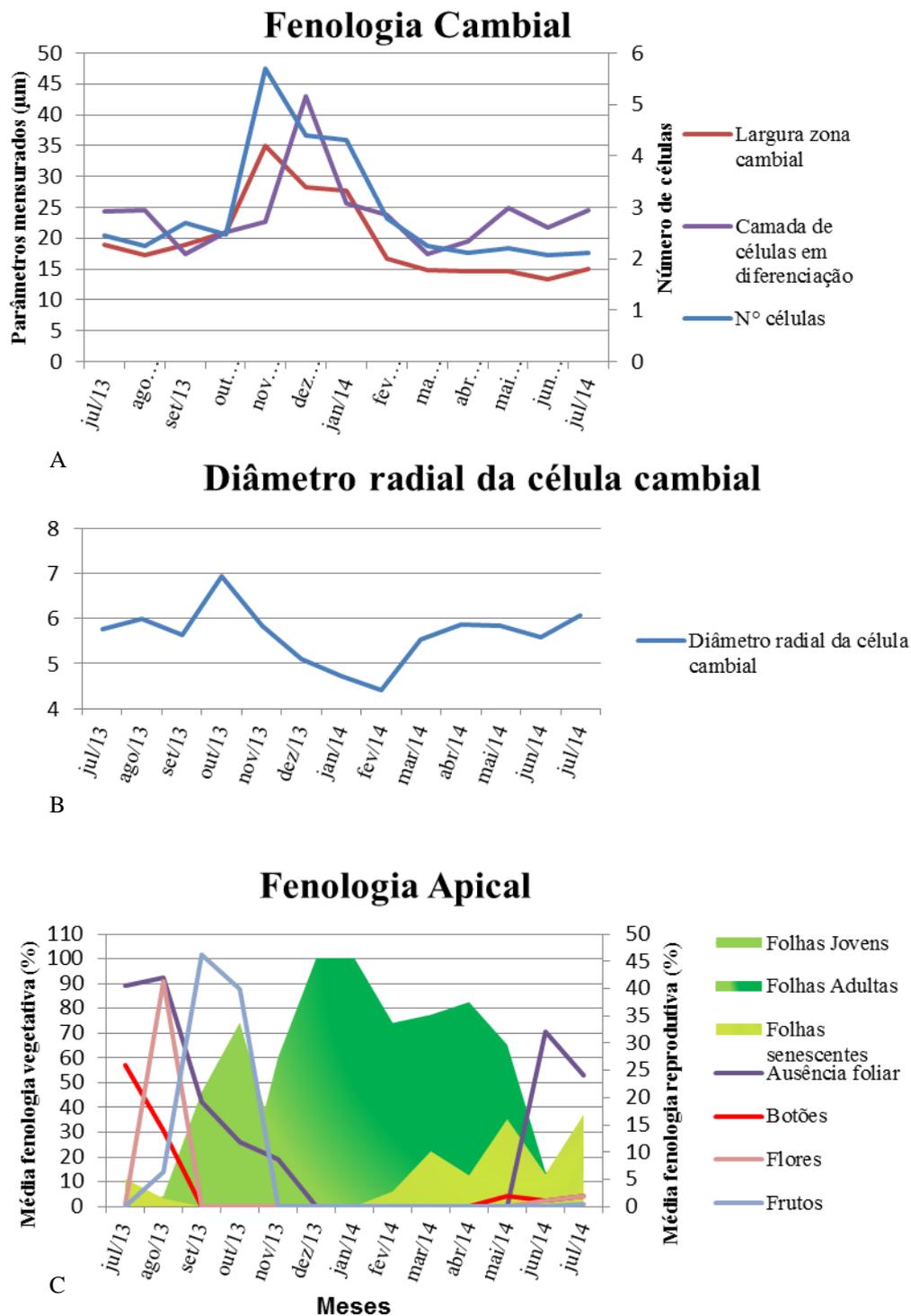


Figura 16- Fenologia cambial (A e B) e apical (C) de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC., no período de julho de 2013 a julho de 2014. As cores da área preenchida correspondem a fenologia vegetativa e ao estágio de desenvolvimento das folhas e as linhas à fenologia reprodutiva e à ausência foliar (C).

Tabela 7- Correlação de Spearman (R) entre a fenologia apical vegetativa e cambial de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC.

Parâmetros mensurados	Folhas jovens		Folhas adultas		Folhas senescentes		Ausência foliar	
	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>
Largura da zona cambial em número de camadas celulares	-0,170985	0,203480	0,466288	0,000256*	-0,507519	0,000056*	-0,342745	0,009057*
Largura da zona cambial em μm	-0,000304	0,998208	0,238530	0,073961	-0,626650	0,000000*	-0,063838	0,637091
Diâmetro radial das células iniciais fusiformes da zona cambial em μm	0,205024	0,126040	-0,517851	0,000037*	0,262971	0,048116*	0,432053	0,000791*
Largura da zona de alongamento e diferenciação do xilema secundário em μm	-0,023826	0,864213	-0,183080	0,185134	0,051100	0,713651	0,208937	0,129462

*Valores significativos por apresentarem $p < 0,05$ (negrito).

4.4 Análise dos teores dos pigmentos fotossintéticos: clorofilas e carotenoides

Os resultados demonstraram a sazonalidade anual dos teores dos pigmentos fotossintéticos na espécie estudada (Figuras 20 e 21). Os teores de clorofilas *a*, *b* e totais foram mais elevados em outubro de 2013 (17,9 $\mu\text{g/ml}^{-1}$, 6,7 $\mu\text{g/ml}^{-1}$; 24,6 $\mu\text{g/ml}^{-1}$, respectivamente), e menores em junho de 2014 (8,4 $\mu\text{g/ml}^{-1}$, 3,0 $\mu\text{g/ml}^{-1}$ e 11,5 $\mu\text{g/ml}^{-1}$, respectivamente). O teor de carotenoides foi mais elevado em fevereiro de 2014 (4,9 $\mu\text{g/ml}^{-1}$), e menor em agosto de 2014 (Figura 21 B), ressaltando resultado igual a zero para todos os pigmentos em setembro de 2014, quando a copa das árvores analisadas estava sem folhas.

A clorofila *a* esteve em maior concentração em todos os meses do ano quando comparada à quantidade dos outros dois pigmentos analisados (Figura 17A). Os teores de clorofila *b* foram superiores aos dos carotenoides, exceto nos meses de maio a julho de 2013, quando o teor de carotenoides excedeu o teor de clorofila *b* (Figura 17A).

4.4.1 Análise dos teores dos pigmentos fotossintéticos em relação as variáveis ambientais

As temperaturas mínimas, máxima e média e o fotoperíodo foram as variáveis ambientais com índices significativos de correlação para todos os pigmentos fotossintéticos analisados em *T. rosea* (Tabela 8). O fotoperíodo apresentou os índices mais elevados na análise (Tabela 8). A temperatura média apresentou valores significativos mais elevados quando comparada as temperaturas máximas e mínimas, apresentando correlação positiva com as clorofilas *a*, *b*, totais e com os carotenoides ($R = 0,4$ nos parâmetros citados, Tabela 8). A temperatura mínima apresentou maior correlação com a clorofila *b* ($R = 0,4$) e a temperatura máxima com as clorofilas *a*, *b* e totais ($R = 0,4$ nos parâmetros citados, Tabela 8). A variável precipitação apresentou correlação positiva apenas com as clorofilas *a*, *b* e totais ($R = 0,3$ nos parâmetros citados, Tabela 8).

Os teores de clorofilas *a*, *b* e totais foram mais elevados nos meses: outubro, novembro e dezembro de 2013, período que as variáveis ambientais estavam em elevação (Figura 17). Em janeiro de 2014, quando foram observados os maiores picos de temperatura máxima e precipitação, os teores das clorofilas *a*, *b*, totais e carotenoides apresentaram redução de 9,4%; 8,9%; 9,2%; 13,8%, respectivamente (Figura 17).

Os teores dos pigmentos foram sendo progressivamente reduzidos a partir de fevereiro de 2014, quando os índices das temperaturas e do fotoperíodo também diminuíram (Figura 17).

4.4.2 Análise dos teores dos pigmentos fotossintéticos em relação à fenologia apical vegetativa

A presença de folhas senescentes apresentou correlação com todos os parâmetros analisados para os pigmentos fotossintéticos, com valor mais significativo negativo para clorofila *a*, *b* e totais ($R = -0,5$ para os parâmetros citados). Folhas adultas foram correlacionadas significativamente com clorofila *a*, totais e os carotenoides ($R = 0,5$ para os parâmetros citados), enquanto a presença de folhas jovens só apresentou valor de correlação significativa e negativa com os carotenoides ($R = -0,3$, Tabela 9).

De outubro a dezembro de 2013 ocorreu aumento considerado de folhas adultas ocupando a copa das árvores, de 0 para 93,3% de folhas adultas (Tabela 6), período em que os teores das clorofilas e carotenoides estavam com suas concentrações mais altas (Figura 18).

Tabela 8- Correlação de Spearman (R) entre pigmentos fotossintéticos e variáveis ambientais para *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC.

Pigmentos fotossintéticos X Variáveis ambientais										
	Temperatura mínima		Temperatura máxima		Temperatura média		Precipitação		Fotoperíodo	
Parâmetros mensurados	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>
Clorofila <i>a</i>	0,329093	0,000006*	0,371442	0,000000*	0,417635	0,000000*	0,285587	0,000102*	0,583943	0,000000*
Clorofila <i>b</i>	0,361063	0,000001*	0,392975	0,000000*	0,449423	0,000000*	0,291748	0,000071*	0,612671	0,000000*
Clorofilas totais	0,341845	0,000003*	0,379310	0,000000*	0,429891	0,000000*	0,287833	0,000089*	0,594785	0,000000*
Carotenóides	0,311926	0,000020*	0,334857	0,000004*	0,404859	0,000000*	0,100226	0,180674	0,442311	0,000000*

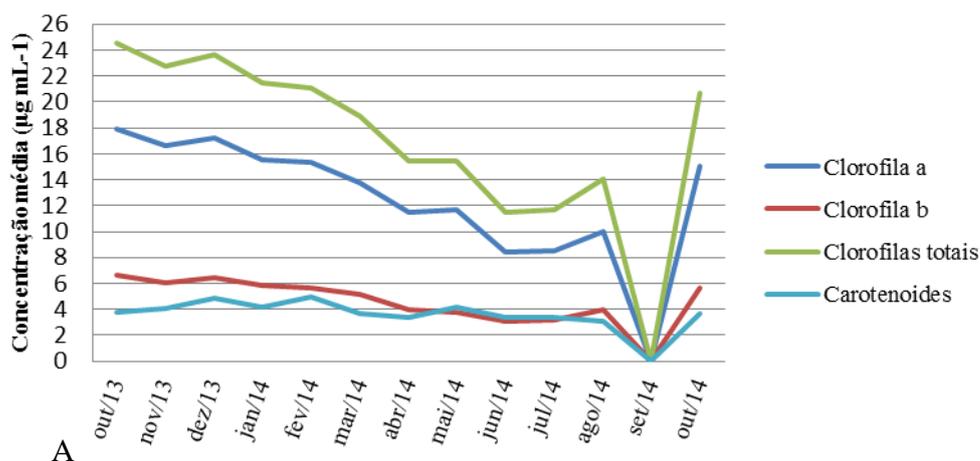
*Valores significativos por apresentarem $p < 0,05$ (negrito).

Tabela 9- Correlação de Spearman (R) entre pigmentos fotossintéticos e fenologia apical vegetativa de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC.

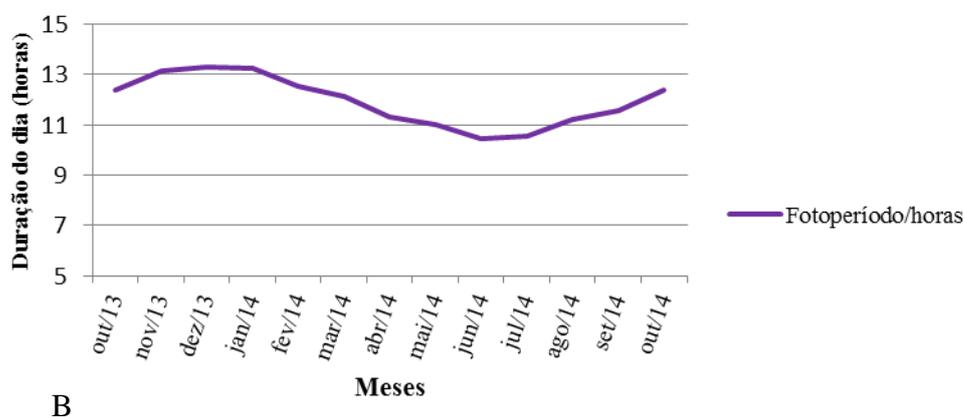
Pigmentos fotossintéticos X Fenologia Apical Vegetativa						
	Folhas jovens		Folhas adultas		Folhas senescentes	
Parâmetros mensurados	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>	R	<i>p</i>
Clorofila a	-0,059829	0,424981	0,453692	0,000000*	-0,497175	0,000000*
Clorofila b	-0,039132	0,601977	0,443095	0,000000*	-0,537989	0,000000*
Clorofilas totais	-0,052833	0,481195	0,451774	0,000000*	-0,510929	0,000000*
Carotenoides	-0,278583	0,000153*	0,491329	0,000000*	-0,241918	0,001069*

*Valores significativos por apresentarem $p < 0,05$ (negrito).

Teor de clorofilas e carotenoides



Fotoperíodo/horas



Variáveis Ambientais

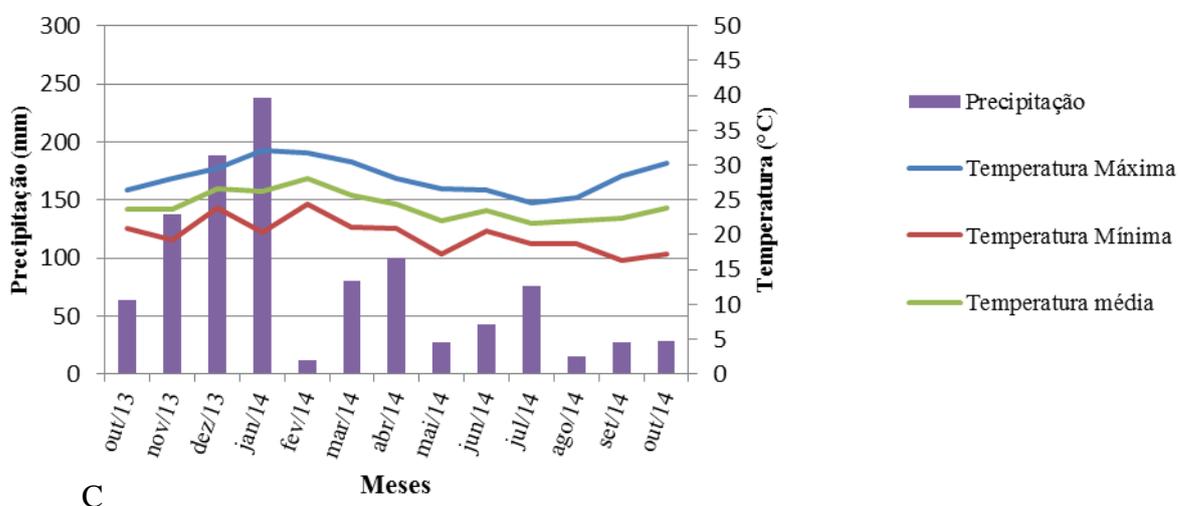


Figura 17- Teores médios de clorofila *a*, *b*, totais e de carotenoides de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. (A), fotoperíodo (B) e variáveis ambientais (C) de outubro de 2013 a outubro de 2014.

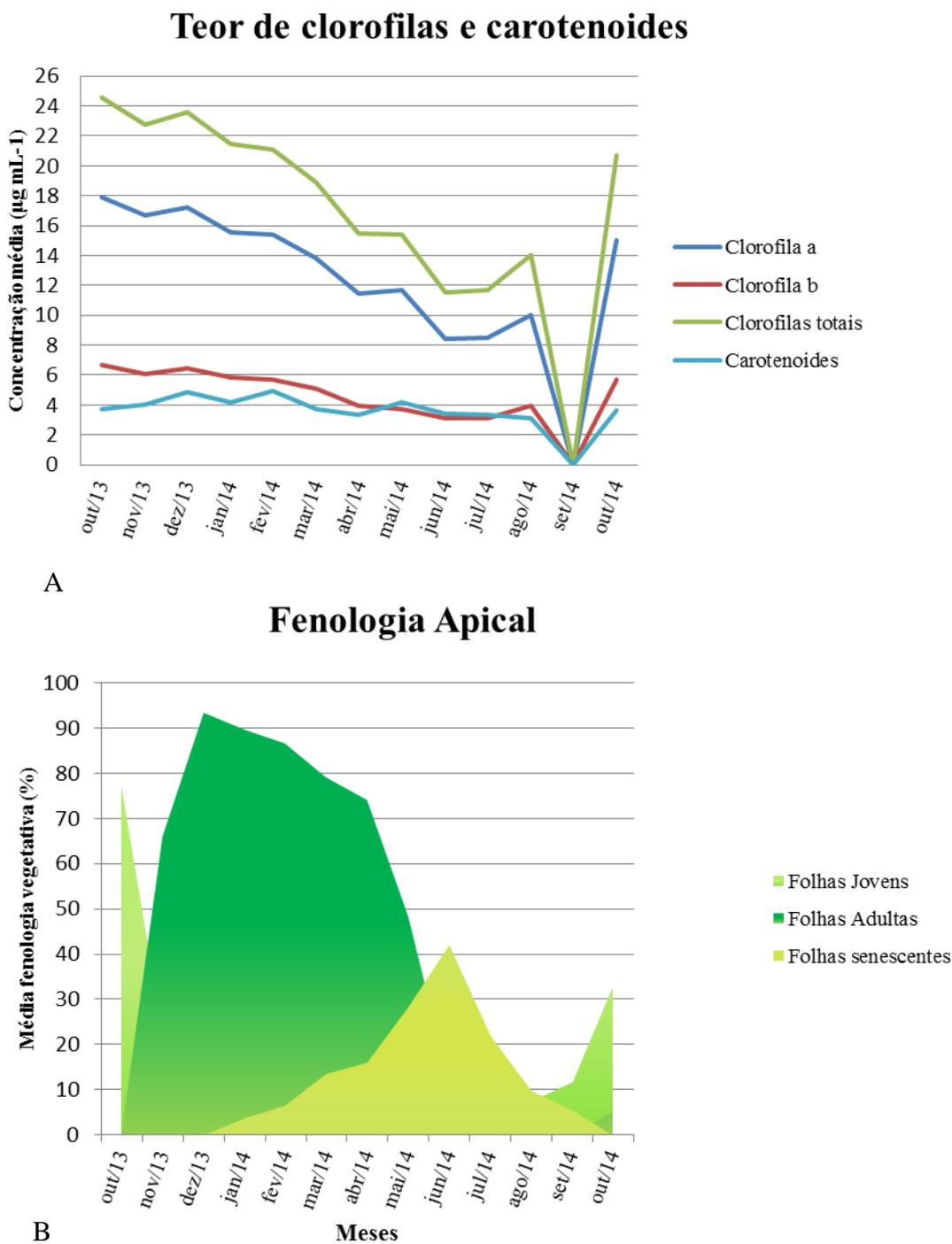


Figura 18- Teores médios de clorofila *a*, *b*, totais e carotenoides (A) e fenologia apical vegetativa (B) de *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. de outubro de 2013 a outubro de 2014.

4.5 Teor de clorofilas e carotenoides em diferentes orientações geográficas (Norte, Sul, Leste, e Oeste)

Os teores de clorofilas e carotenoides nas folhas de *T. rosea* variaram em relação à orientação geográfica da amostra, o lado norte mostrou uma tendência em apresentar menor concentração dos pigmentos fotossintéticos e o lado oeste, em apresentar os maiores teores (Figura 19).

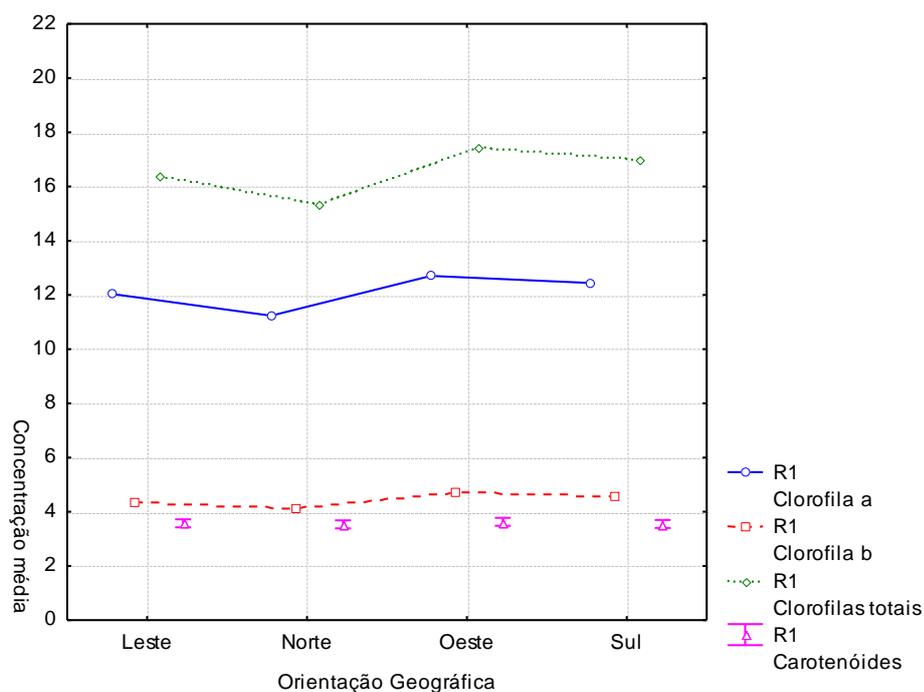


Figura 19- Variação no teor dos pigmentos fotossintéticos em *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. de outubro de 2013 a outubro de 2014 em função da orientação geográfica. Concentração média de clorofila *a*, *b*, totais e carotenoides em $\mu\text{g}/\text{ml}^{-1}$.

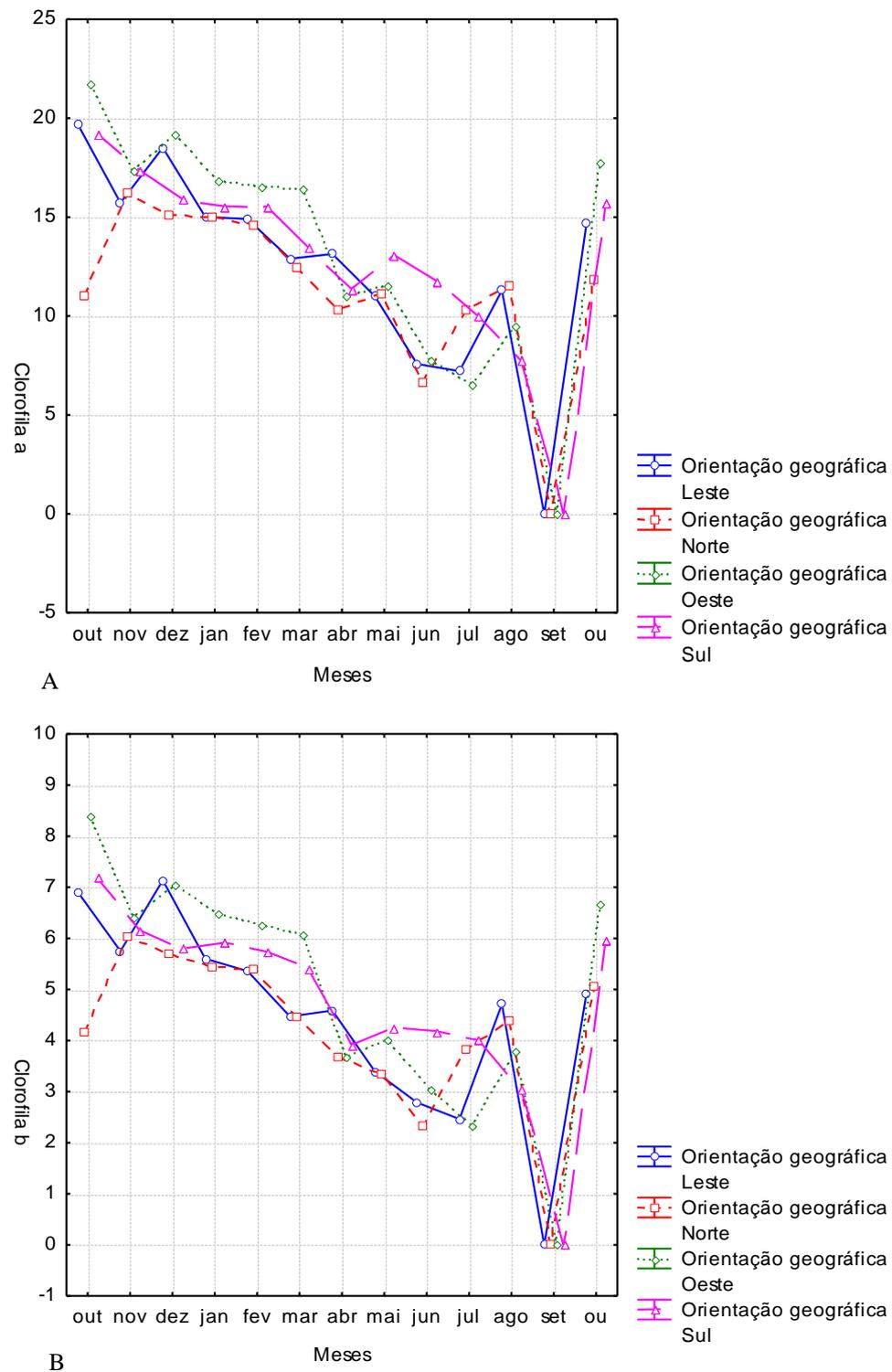


Figura 20- Concentração de clorofila *a* (A) e *b* (B) em $\mu\text{g}/\text{ml}^{-1}$ para a espécie *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. de outubro de 2013 a outubro de 2014, em função da orientação geográfica.

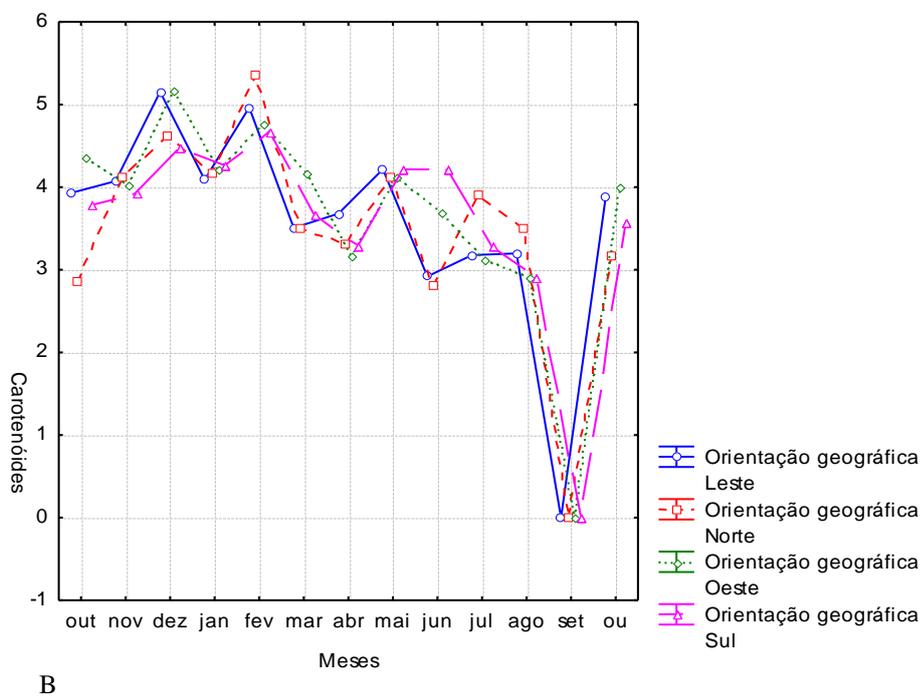
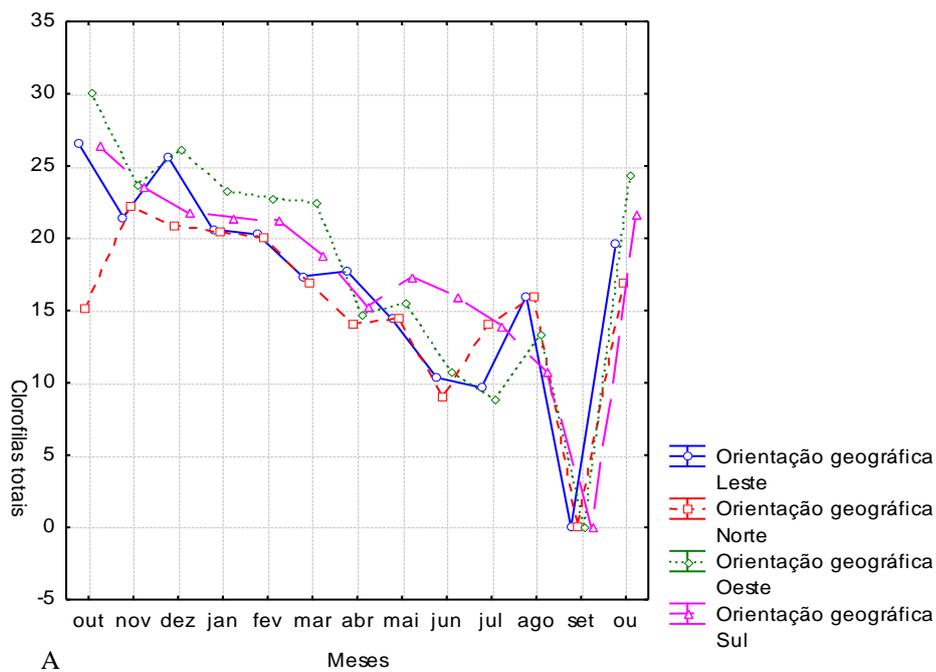


Figura 21- Concentração de clorofilas totais (A) e carotenóides (B) em $\mu\text{g/ml}$ para *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. de outubro de 2013 a outubro de 2014, em função da orientação geográfica.

5 DISCUSSÃO

A sazonalidade das fenofases apicais (vegetativas e reprodutivas) e cambiais caulinares em espécies de regiões tropicais está fortemente associada as variáveis ambientais locais (SIDDIQI, 1991; BORCHERT, 1999; BENCKE e MORELLATO, 2002; PEDRONI *et al.* 2002; ZANON e FINGER, 2010; CAMPOS, 2011; KREPKOWSKI *et al.* 2011; KANIESKI *et al.* 2012; COSTA *et al.* 2013). Muitas árvores florescem, perdem suas folhas e tornam o câmbio inativo durante a estação seca. Ao contrário, apresentam brotamento de novas folhas e atividade cambial no início da estação chuvosa, geralmente acompanhada de elevação da temperatura e do fotoperíodo (REICH e BORCHERT, 1982; MARCATI *et al.* 2006, 2008; LINS e NASCIMENTO, 2010; YÁÑEZ-ESPINOSA *et al.* 2010; SINGH e VENUGOPAL, 2011; VOLLAND-VOIGT *et al.* 2011; AL-MEFARREJ, 2014). Esse padrão de crescimento caulinar foi observado para *Tabebuia rosea*, espécie estudada neste trabalho e também na Costa Rica (BORCHERT, 1983). A fenologia apical de *T. rosea* pode ser considerada como um parâmetro plástico, tendo vista que seu ritmo de crescimento mostrou-se bem ajustado ao clima das duas áreas onde ocorrem suas populações. As respostas do ritmo de crescimento caulinar em relação à sazonalidade da precipitação, temperatura e fotoperíodo local de *T. rosea* foram semelhantes às observadas para as espécies *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) e *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth. (Leguminosae-Papilionoideae), crescendo em remanescente de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro, distante aproximadamente 60 Km do sítio de estudo (VASCONCELLOS, 2012; COSTA *et al.* 2013).

A perda de cerca de 95% das folhas, em aproximadamente 70% dos indivíduos estudados, nos meses mais secos e com temperaturas e fotoperíodo em transição, permitiu caracterizar a espécie como decídua, segundo a classificação de Lorenzi (1992, 1998) e Costa *et al.* (1998). De maneira geral, as espécies arbóreas decíduas, que se desenvolvem sob solo livre de inundação, apresentam queda foliar para reduzir o impacto da estação seca, como por um mecanismo adaptativo para aliviar o estresse hídrico e favorecer a dispersão de frutos e sementes anemocórica. Esta última fase coincide com o período em que a umidade do ar é favorável à deiscência, e antecede o período de chuvas, mais apropriado ao estabelecimento vegetativo (MEDWAY, 1972;

BORCHERT, 1983, 1996, 1999; CAMPOS *et al.* 2011; VOLLAND-VOIGT *et al.* 2011). Segundo Jolly e Running (2004), a queda de folhas depende não apenas das chuvas, mas também da reserva hídrica no solo, que pode prolongar a disponibilidade para as plantas por diferentes períodos, em distintos microssítios, criando uma variabilidade maior na comunidade. A perda das folhas pode ser ainda um resultado do envelhecimento natural da folha – senescência - e um possível pré-requisito para a floração em espécies do gênero *Tabebuia* (CALLADO *et al.* 2004).

A emissão de novas folhas em *T. rosea* ocorreu na transição da estação seca para a chuvosa, logo após o período de queda foliar. A copa totalmente preenchida por folhas adultas permaneceu durante o período em que as variáveis ambientais estavam elevados. Igualmente, o acompanhamento fenológico para a espécie *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex. DC.) Standl (Bignoniaceae) se desenvolvendo em região de Caatinga, em Seridó, Rio Grande do Norte – Brasil (AMORIM *et al.* 2009), *Tabebuia umbellata* (Sond.) Sandwith (Bignoniaceae) se desenvolvendo na Mata Atlântica, em mata naturalmente inundada, Rio de Janeiro - Brasil (CALLADO *et al.* 2004) e *Tabebuia neochrysantha* A. Gentry (Bignoniaceae), se desenvolvendo em Floresta Tropical Seca, na Costa Rica (REICH e BORCHERT, 1982), permitindo observar a direta relação entre a pluviosidade e a recomposição completa da folhagem nas árvores. A longevidade das folhas é tida como uma estratégia para otimizar a exploração das condições ambientais mais favoráveis, beneficiando a planta na utilização dos recursos (REICH *et al.* 1992).

Tabebuia rosea apresentou fase reprodutiva, com emissão de botões florais, flores em antese, seguido de frutificação na estação seca, quando as variáveis ambientais estavam com médias reduzidas. *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (Bignoniaceae), *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl. (Bignoniaceae), *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl. (Bignoniaceae) e *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. (Bignoniaceae) se desenvolvendo em região urbana no domínio de Floresta Ombrófila Densa, apresentaram o início da floração no período de baixa temperatura (CALIXTO *et al.* 2007). Borchert (1996) afirma que para muitas espécies o período de estresse hídrico inibe a atividade meristemática apical, tendo como resultado indireto a sincronização da floração pela subsequente reidratação das gemas florais. Resultado diferente foi observado por Camargo *et al.* (2011) e Callado *et al.* (2004) ao identificarem forte correlação entre fotoperíodo, precipitação e brotos florais em *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae) e *Tabebuia umbellata* (Sond.)

Sandwith (Bignoniaceae), sugerindo que estas variáveis ambientais representem o gatilho potencial para o aparecimento de botões, apresentando como sugestão ambiental no aumento da atividade reprodutiva.

No segundo ano de estudo, o percentual de flores na copa das árvores foi de aproximadamente 6%, resultando na produção de poucos frutos. Esse período reprodutivo ocorreu em face de redução de 20% da precipitação em relação ao mesmo período de 2013. Amorim *et al.* (2009), estudando *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex. DC.) Standl (Bignoniaceae) em região de Caatinga, também observaram redução da emissão de estruturas reprodutivas sob baixos índices pluviométricos e irregularidade na distribuição das chuvas. Alvim (1964) ressalta que a chuva ou a redução das temperaturas a esta associada, teria uma importante função na determinação do início, duração e sincronização da floração para muitas espécies arbóreas tropicais, indicando que essas variáveis climáticas podem atuar como reguladores desta fenofase (MARIA, 2002).

Em *Tabebuia rosea*, a fase reprodutiva foi observada no mesmo período que a copa das árvores estava sem folhas, seja no sítio de estudo deste trabalho ou em indivíduos da espécie crescendo em Floresta Decídua de terra baixa e Floresta submontana, na Costa Rica (BORCHERT, 1983). Esse padrão é tipicamente observado em outras espécies do gênero se desenvolvendo em diversos ambientes tropicais (BORCHERT, 1983; CALLADO *et al.* 2004; CALIXTO *et al.* 2007; AMORIM *et al.* 2009). De modo geral, a queda das folhas induz a floração, pelo menos de maneira indireta, tendo em vista que favorece a maior incidência de luz solar e aumenta a temperatura nas gemas reprodutivas (MATTHES, 1980).

Estudos fenológicos do câmbio têm demonstrado uma nítida relação com a sazonalidade da fenologia vegetativa apical e das variáveis ambientais, principalmente temperatura e precipitação, seguida de fotoperíodo (ALVIM, 1964; MATTHES, 1980; DÜNISCH *et al.* 2002; MARIA, 2002; CALLADO *et al.* 2004; JONO, 2009; ZANON e FINGER, 2010; KANIESKI *et al.* 2012; AL-MEFARREJ, 2014). Essa relação determina a atividade intermitente e sazonal do câmbio e a, conseqüente, formação de anéis de crescimento anuais (ALJARO *et al.* 1972; VILLALBA *et al.* 1985; MARCATI *et al.* 2006, 2008; ZANON e FINGER, 2010; GIANTOMASI *et al.* 2012; COSTA *et al.* 2013). Inúmeros estudos relatam o início da atividade cambial, após a brotação, que geralmente coincide com o início do período chuvoso, sendo este, em geral, o período

de maior crescimento da planta (DÜNISCH *et al.* 2003; MARCATI *et al.* 2006; 2008; SINGH e VENUGOPAL, 2011; COSTA *et al.* 2013), como observado também neste trabalho para *T. rosea*.

A dormência cambial está em geral associada à redução da precipitação, temperatura e fotoperíodo (SIDDIQI, 1991; MARIA, 2002; MARCATI *et al.* 2006, 2008; ROSSI *et al.* 2006; KREPKOWSKI *et al.* 2011; VASCONCELLOS, 2012; COSTA *et al.* 2013), o que também foi observado para *T. rosea*. Da mesma forma, a relação entre a fenologia vegetativa e cambial é corroborada em diversos estudos desenvolvidos em ambientes tropicais e subtropicais, ressaltando a dormência cambial no período em que a copa das árvores apresenta queda foliar (DAVE e RAO 1982; BORCHERT 1999; RAO e RAJPUT 1999, 2001; SCHÖNGART *et al.* 2002; MARCATI *et al.* 2006, 2008; VENUGOPAL e LIANGKUWANG, 2007; O'BRIEN *et al.* 2008; YÁÑEZ-ESPINOSA *et al.* 2010; COSTA *et al.* 2013). A periodicidade do crescimento é geralmente sincronizada com o ciclo climático da área em que a planta vive e permite o organismo lidar com o clima desfavorável, permanecendo dormente durante as condições menos propícias ao seu desenvolvimento (BREITSPRECHER e BETHEL, 1990).

A atividade do câmbio em *T. rosea* foi observada no período em que as variáveis ambientais estavam em elevação, o que corrobora os resultados observados para outras espécies tropicais e subtropicais (SIDDIQI, 1991; MARIA, 2002; MARCATI *et al.* 2006, 2008; LINS e NASCIMENTO, 2010; YÁÑEZ-ESPINOSA *et al.* 2010; KREPKOWSKI *et al.* 2011; SINGH e VENUGOPAL, 2011; VOLLAND-VOIGT *et al.* 2011; AL-MEFARREJ, 2014; WANG *et al.* 2014). O início da brotação de folhas jovens ocorreu a partir de julho de 2013, porém o câmbio somente ficou ativo cerca de quatro meses depois, quando as folhas estavam completamente expandidas. Esse mesmo sincronismo foi observado para as espécies *Tabebuia umbellata* (Sond.) Sandwith (Bignoniaceae) (CALLADO *et al.* 2004), *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Leguminosae–Caesalpinoideae) (MARCATI *et al.* 2008), *Aphananthe monóica* (Hemsley) Leroy (Ulmaceae), *Psychotria costivenia* Grisebach (Rubiaceae), *Pleuranthodendron lindenii* (Turczaninow) Sleumer (Tiliaceae) (YÁÑEZ-ESPINOSA *et al.* 2010) e *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) (COSTA *et al.* 2013). A atividade cambial está sob o controle hormonal dos ápices das árvores (BREITSPRECHER e BETHEL, 1990; RAO e RAJPUT, 2001; AL-MEFARREJ, 2014). Os períodos de brotação com

alongamentos de entrenós e expansão de novas folhas possuem importante função na iniciação da atividade do câmbio, devido a síntese dos hormônios de crescimento necessários para induzir o desenvolvimento de novas células. Isso por que a auxina produzida nas gemas e ápices vegetativos em desenvolvimento é considerada como o principal estímulo para a reativação do câmbio (YÁNEZ-ESPINOSA *et al.* 2010; SINGH e VENUGOPAL, 2011; GRICAR 2013; PATEL *et al.* 2013; SORCE *et al.* 2013; RAJPUT *et al.* 2014). O aumento da umidade do solo e do ar, resultado de um balanço hídrico positivo (KOZLOWSKI *et al.* 1991) e o aumento da temperatura média são fatores essenciais no crescimento das plantas, pois juntamente com os fatores endógenos, afetam o tamanho das células que estão em diferenciação, seja em diâmetro ou em comprimento (JONO, 2009; SINGH e VENUGOPAL, 2011; GRICAR, 2013; PATEL *et al.* 2013; RAJPUT *et al.* 2014). Já uma desaceleração no incremento radial de espécies arbóreas é frequentemente observada no mesmo período em que as mesmas encontram-se desfolhadas, o que também pode ser um resultado da queda na regulação hormonal, ocorrido durante a ausência foliar (O'BRIEN *et al.* 2008).

O período de atividade do câmbio na espécie de estudo foi marcado pelo aumento na largura da zona cambial, em número de camadas celulares e em micrômetros, na largura da zona de alongamento e diferenciação do xilema secundário e pela redução no diâmetro radial das células iniciais fusiformes que integram a zona cambial. Em contraste, durante o período dormente, a zona cambial estava estreita, com redução no número de camadas celulares e na largura em micrômetros, além de apresentar maior expansão do diâmetro radial das células iniciais fusiformes que integram a zona cambial. Esses aspectos da fenologia do crescimento radial são observados, de modo geral, nos estudos de histológicos de sazonalidade cambial (por exemplo: SIDDIQI, 1991; SINGH e VENUGOPAL, 2011; VASCONCELLOS, 2012; COSTA *et al.* 2013).

Em *Tabebuia rosea*, a presença de calose de dormência na placa crivada dos elementos de tubo crivado adjacentes à zona de alongamento e diferenciação do floema secundário recém-formado, no período de dormência, pode ser atribuída ao baixo percentual de folhas nas árvores e aos baixos índices de temperatura, precipitação e fotoperíodo nessa época. Resultado semelhante também foi descrito para *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) e *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth.

(Leguminosae-Papilionoideae) crescendo na Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro (VASCONCELLOS, 2012; COSTA *et al.* 2013).

As diferentes fenofases vegetativas dos ápices caulinares também interferem na variação da concentração das clorofilas e carotenoides ao longo do ano (MAIA e PIEDADE, 2002; CARVALHO *et al.* 2007; SAUCEDA *et al.* 2008; FREIBERGER *et al.* 2009). As folhas adultas, por exemplo, apresentam maiores teores de pigmentos fotossintéticos que as folhas senescentes (MAIA e PIEDADE, 2002). A assimilação de CO₂, a condutância estomática e a capacidade fotossintética também são reduzidas com o aumento da idade das folhas (KOSITSUP *et al.* 2010). As maiores concentrações de clorofilas *a*, *b* e totais em *T. rosea* foram observadas durante a estação chuvosa (CARVALHO *et al.* 2007; TURKIS e OZBUCAK, 2010; PEREIRA *et al.* 2011), ao mesmo tempo em que a copa das árvores apresentava transição de folhas jovens para adultas, diferentemente das espécies: *Picea mariana* (Mill) (Pinaceae) (ZHANG *et al.* 2008), *Eschweilera tenuifolia* (O.Berg) Miers (Lecythidaceae) (MAIA e PIEDADE, 2002), *Anthocephalus chinensis* (Lam.) A. Rich ex Walp. (Rubiaceae), *Litsea pierrei* H. Lec. (Lauraceae) e *Litsea dilleniifolia* PY Pai et PH Huang (Lauraceae) (CAI *et al.* 2005), que apresentaram maiores teores de clorofilas na fenofase em que a planta estava com a copa ocupada por folhas totalmente expandidas. Variações sazonais nos pigmentos da planta podem ser relacionadas a déficits hídricos periódicos, a irradiância excessiva durante o verão e a temperaturas baixas no inverno (SAUCEDA *et al.* 2008).

A maior concentração de carotenoides em *T. rosea* foi observada de novembro de 2013 a fevereiro de 2014, período este com os maiores índices de temperatura, precipitação e fotoperíodo. Segundo Mantuano (2008), o teor de carotenoides nas plantas tende a ser maior quanto mais intensa é a exposição à radiação luminosa. Este resultado deve-se ao maior investimento em fotoproteção das plantas sob maior intensidade luminosa, pois, além de atuar na absorção de luz, os carotenoides também atuam como fotoprotetores do sistema fotossintético (BORGES, 2012). Teores reduzidos das clorofilas *a*, *b* e totais e pequeno aumento na concentração dos carotenoides em *T. rosea* ocorreram em junho e julho de 2014, quando a copa das árvores apresentavam folhas senescentes, da mesma forma que observado nas espécies *Brassica napus* L. var oleífera (Brassicaceae) (SCOPEL *et al.* 2011), *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. SUBSP. Canjerana (Meliaceae), *Calophyllum brasiliense*

CAMB. (Clusiaceae) e *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth. (Leguminosae-Papilionoideae) (CARVALHO, 1996).

Todas as análises realizadas em função dos pigmentos fotossintéticos na espécie estudada mostraram uma maior concentração de clorofila *a* quando comparado aos outros pigmentos durante todo o período de análise. Este fato foi descrito por Saucedo *et al.* (2008) ao avaliar o teor de clorofilas *a* e *b* e de carotenoides em 11 espécies de plantas crescendo no nordeste do México. A clorofila *a* é o principal pigmento responsável pela captação da energia luminosa utilizada no processo de fotossíntese, constitui um dos principais fatores relacionados à eficiência fotossintética de plantas e, em contrapartida, ao crescimento e a adaptação a ambientes variados (RAVEN *et al.* 2010).

Em relação à orientação geográfica, a posição oeste, direcionada ao pôr do sol, mostrou uma tendência a concentrações mais elevadas de clorofila *a*, *b* e totais para a espécie estudada. Embora os estudos desta natureza ainda sejam escassos na literatura, Rego e Possamai (2006) quantificaram as concentrações de clorofila em mudas de *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (Lecythidaceae), expostas à variação do regime luminoso e demonstraram que quanto menor a radiação incidente, mais alto é o teor de clorofila nas folhas do jequitibá-rosa. Almeida *et al.* (2004), também argumentam que pode ocorrer um maior acúmulo de clorofilas em níveis de baixa radiação solar devido ao efeito compensatório da espécie à menor quantidade de radiação disponível. Zhang *et al.* (2008) observaram diferenças, embora não significativas, no conteúdo de clorofila em diferentes posições geográficas para a espécie *Picea mariana* Mill. (Pinaceae) crescendo em Floresta Boreal no Canadá. Segundo os autores, o teor total de clorofila foi maior no lado sul e menor do lado leste, podendo estar relacionado a tensão de diferentes variáveis ambientais. Mäkinen *et al.* (2008) ressaltam que em área Boreal no Hemisfério Norte a incidência luminosa é maior no lado sul, podendo ser esta variável ambiental responsável pela variação no teor de clorofilas. Mickelbart (2010), avaliando a concentração de nutrientes em folhas de *Acer × freemanii* E. Murray (Aceraceae), nos quatro pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste) se desenvolvendo em Tippecanoe County- Indiana, observaram teores mais baixos de nitrogênio no lado oeste, devido a menor exposição luminosa, enquanto no sul, lado com maior incidência de luz, as folhas apresentaram maiores concentrações de cálcio, consequência da maior taxa de transpiração. A fenologia reprodutiva de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae)

apresentou alto sincronismo de botões florais quando comparado nas faces sul e leste. A maior atividade reprodutiva na face leste estaria associada a maior incidência de luz, temperatura mais elevada e maior abertura do dossel em relação à face sul (CAMARGO *et al.* 2011). A espécie *Castanea sativa* Mill. (Fagaceae) apresentou diferença na característica anatômica foliar em relação as posições geográficas. As folhas expostas à luz, lado sul, apresentaram menor área, maior espessamento da epiderme, o mesofilo se tornou espesso e a proporção de parênquima paliçádico aumentou em relação ao lacunoso quando comparado aos outros lados do caule. Essa variação estrutural foliar está diretamente relacionada a capacidade da folha de aclimatizar as condições do ambiente, a fim de manter sua eficiência fotossintética e economia de água (PINTO *et al.* 2011).

O presente trabalho permitiu uma melhor compreensão da dinâmica de crescimento de *T. rosea*, crescendo no local de estudo. A periodicidade da fenologia apical foi correlacionada ao comportamento fenológico do câmbio, a variação nos teores dos pigmentos fotossintéticos e ao ritmo climático. Os maiores teores de clorofilas *a* e *b* foram correlacionados à posição geográfica com menor intensidade luminosa. Os resultados obtidos para *T. rosea*, ainda não investigados em outras espécies tropicais, constituem avanços no conhecimento sobre a biologia de espécies arbóreas da Mata Atlântica, contribuindo, por exemplo, com desenvolvimento de programas de conservação e manejo.

CONCLUSÕES

- *Tabebuia rosea* crescendo no *Campus* da Universidade do Estado do Rio de Janeiro apresenta uma dinâmica sazonal anual do crescimento apical e cambial caulinar;
- O aumento na largura da zona cambial em número de camadas celulares e em micrômetros, a diminuição do diâmetro radial das células iniciais fusiformes e o aumento em micrômetros da camada de células em processo de alongamento e diferenciação do xilema secundário coincidiram com o período em que as variáveis ambientais apresentaram-se elevadas, mostrando a interrelação da fenologia cambial caulinar de *T. rosea* com as variáveis ambientais locais;
- A presença de folhas jovens e de folhas adultas coincidiu com o período em que as variáveis ambientais estavam em elevação, enquanto a presença de folhas senescentes e a ausência foliar, com posterior período de floração e frutificação, estiveram correlacionadas com os baixos índices de temperatura, precipitação e fotoperíodo, comprovando a influência das variáveis ambientais analisadas nas fenofases vegetativas e reprodutivas de *T. rosea*;
- O aumento na largura da zona cambial, seja em número de camadas celulares ou em micrômetros, e a diminuição do diâmetro radial das células iniciais fusiformes coincidiram com o pleno desenvolvimento das folhas adultas, confirmando um ritmo de desenvolvimento correlacionado da fenologia cambial e fenologia vegetativa de *T. rosea*;
- Os pigmentos fotossintéticos apresentaram sazonalidade em *Tabebuia rosea*, sendo o teor de clorofila *a* sempre superior aos teores de clorofila *b* e carotenoides ao longo do ano;
- Os teores das clorofilas e carotenoides em *T. rosea* evidenciam a influência da sucessão das fenofases foliares e a sazonalidade das variáveis ambientais analisadas;

- Os teores de clorofilas e carotenoides nas diferentes orientações geográficas mostraram uma tendência ao lado oeste apresentar maior concentração desses pigmentos ao longo do ano, o que pode representar uma estratégia da espécie em compensar níveis baixos de radiação solar com acúmulo de clorofilas.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, J.C. Fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de Sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na reserva Ducke, Manaus, AM. *ACTA Amazônica*, v. 24, n 3/4, p.161-182, 1994.
- ALJARO, M.E.; AVILA, G. H. A.; KUMMEROW, J. The annual rhythm of cambial activity in two woody species of the Chilean "matorral". *America Journal Botanica*, n.59, p.879-885, 1972.
- AL.MEFARREJ. A.H. Cambial activity in *Acacia tortilis* subsp. *Tortilis* is highest during the hottest and driest month. *IAWA Journal*, v.35, n.2, p.138-154, 2014.
- ALMEIDA, L.P.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; ZANELA, S.M.; VIEIRA, C.V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. Submetidas a níveis de radiação solar. *Ciência Rural*, v.34, n.1, p.83-88, 2004.
- ALVES, E.S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some brazilian species: Growth rings and vessels. *IAWA Journal*, v.21, n.1, p.3-30, 2000.
- ALVIM, T.P. Periodicidade do crescimento das árvores em climas tropicais. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DO BRASIL, 1964, Porto Alegre, *Anais*. Porto Alegre: UFRGS, 1964. p.405-422.
- AMORIM, I.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. *Revista Árvore*, v.33, n 3, p.491-499, 2009.
- ANGYALOSSY, V.; MARCATI, C.R. Câmbio. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. *Anatomia Vegetal*. 3.Ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. p.193-221.
- ARNON, D. Copper enzyme in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v. 24, n 1, p. 1-15, 1949.
- BARROS, C. F.; MIGUENS, F. C. Ultrastructure of the epidermal cells of *Beilshmiedia rigida* (Mez) Kosterm. (Lauraceae). *Acta Microscopica*, Caracas, v.6, n.3, p.451-461, 1998.
- BARROSO, G. M. *Sistemática de Angiospermas do Brasil*. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1986.
- BAUCH, J; DÜNISCH, O. Comparison of growth dynamics and wood characteristics of plantation-grown and primary forest *Carapa guianensis* in central Amazonia. *IAWA Journal*, v. 21, n 3, p. 321- 333, 2000.

- BÄUCKER, E.; BUES, C.T.; VOGEL, M. Radial growth dynamics of Spruce (*Picea abies*) measured by microcores. *IAWA Journal*, v.19, n.3, p. 301-309, 1998.
- BEGUM, S.; NAKABA, S.; YAMAGISHI, Y.; ORIBE, Y.; FUNADA, R. Regulation of cambial activity in relation to environmental conditions: understanding the role of temperature in wood formation of trees. *Physiologia Plantarum*, v.147, n.1, p.46-54, 2012.
- BENCKE, C.S.C.; MORELLATO, L.P.C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica*, v.25, n.3, p.269-275, 2002.
- BITTENCOURT JR, N.S. *Autoincompatibilidade de ação tardia e outros sistemas reprodutivos em Bignoniaceae*. 2003. 275f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review of Plant Physiology*, v.28, n.1, p.355-377,1977.
- BORCHERT, R. Phenology and control of flowering in tropical trees. *Biotropica*, n.15, p.81-89,1983.
- _____. Phenology and flowering periodicity of Neotropical dry forest species: evidence from herbarium collections. *Journal of Tropical Ecology*, v.12, n.1, p.65-80, 1996.
- _____. Climatic periodicity, phenology and cambium activity in tropical dry forest trees. *IAWA Journal*, v.20, n.3, p. 239-247, 1999.
- BORGES, V.P. *Ecofisiologia de *Tabebuia heptaphylla* (Vellozo) Toledo em ambientes contrastantes de luz*. 2012. 73f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2012.
- BREITSPRECHERA, A.; BETHEL, J.S. Stem-growth periodicity of trees in a tropical wet forest of Costa Rica. *Ecology*, v.71, n.3, p.1156-1164, 1990.
- BUAJAN,S.; PUMIJUMNONG,N. Seasonal cambial activity of some mangrove trees in Inner Gulf of Thailand in dependence on climate. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, v.34, n.3, p. 337-344, 2012.
- BUREAU, E.; SCHUMANN, K. Bignoniaceae. *Flora Brasiliensis*, v.8, n.2, p.2-298, 1897.
- BURGER, L.M.; RICHTER, H. G. *Anatomia da madeira*. São Paulo: Nobel. 154 p., 1991.
- CAI, Z-Q.; SLOT, M.; FAN, Z-X. Leaf development and photosynthetic properties of three tropical tree species with delayed greening. *Photosynthetica*, n.43, p.91-98, 2005.

CALIXTO, J.; OBERLAENDER, E.R.; GOBATTO, A.A. Estudo fenológico de quatro espécies de *Tabebuia* (Bignoniaceae) do arboreto do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. In: ANAIS DO VIII CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2007, Caxambu – MG. 2007.

CALLADO, C.H.; SILVA NETO, S.J.; SCARANO, F.R.; COSTA, C. G. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. *Trees*, n.15, p.492-497, 2001.

_____; SILVA NETO, S.J. DA; SCARANO, F.R.; COSTA, C.G. Radial growth dynamics of *Tabebuia umbellata* (Sond.) Sandwith (Bignoniaceae), a flood-tolerant tree from the Atlantic Forest swamps in Brazil. *IAWA Journal*, v.25, n.2, p. 175-183, 2004.

_____. *Os anéis de crescimento no estudo da dinâmica populacional na Floresta Atlântica*. In: ABSY, M.L.; MATOS, F.D.A. *Diversidade Vegetal Brasileira: conhecimento, conservação e uso*. Amaral IL (eds). Manaus: Sociedade Botânica do Brasil, 2010. v.1, p.227-231.

_____; ROIG, F.A.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BARROS, C.F. Cambial growth periodicity studies of South American Woody Species – a Review. *IAWA Journal*, v.34, n.3, p.213-230, 2013.

_____; VASCONCELLOS, T.J.; COSTA, M.S.; BARROS, C.F.; ROIG, F.A.; TOMAZELLO-FILHO, M. Studies on cambial activity: advances and challenges in the knowledge of growth dynamics of Brazilian woody species. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v.86, n.1, p.277-283, 2014.

CAMACHO, M.; OROZCO, L. Patrones fenológicos de doce espécies arbóreas del bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, v.46, n.3, p.533-542, 1998.

CAMARGO, M.G.G.; SOUZA, R.M.; REYS, P. MORELLATO, L.P.C. Effects of environmental conditions associated to the cardinal orientation on the reproductive phenology of the cerrado savanna tree *Xylopia aromatica* (Annonaceae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.83, n.3, p.1007-1019, 2011.

CAMPOS, P.T. *Fenologia e variações sazonais no status hídrico e na termotolerância em espécies lenhosas em um fragmento de mata semidecídua em Belo Horizonte, MG*. 2011. 89f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal)- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2011.

CARVALHO, P. E. R. *Influência da intensidade luminosa e do substrato no crescimento, no conteúdo de clorofila e na fotossíntese de *Cabralea canjerana* (Vell) Mart. subsp. *canjerana*, *Calophyllum brasiliense* Camb. e *Centrolobium robustum* (Vell) Mart. ex Benth., na fase juvenil*. 1996. 157 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

CARVALHO, A.P.F.; BUSTAMENTE, M.M.C.; KOZOVITS, A.R.; ASNER, G.P. Variações sazonais nas concentrações de pigmentos e nutrientes em folhas de espécies

de cerrado com diferentes estratégias fenológicas. *Revista Brasileira de Botânica*, v.30, n.1, p.19-27, 2007.

CASSETARI, L.S. *Teores de clorofila e β -caroteno em cultivares e linhagens de alface*. 2012. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2012.

CAYON, D.G.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; SILVA, J.F. Teores de clorofilas e de proteína bruta em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tratada com imazaquin. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.2, n1, p.33-40, 1990.

CORADIN, V.T.R. *Formação de anéis de crescimento e sazonalidade da atividade cambial de dez espécies lenhosas do Cerrado*. 2000. 131 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

CORDERO, J.; BOSCHER, D.H. *Árboles de Centroamérica: un Manual para Extensionistas (Trees of Central America: a Manual for Extensionists)*. [S.l.; s.n.], 2003.

COSTA, C.G.; CALLADO, C.H.; CORADIN, V.T.R.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. *Xilema*. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA B.; CARMELLO-GUERREIRO S.M. *Anatomia Vegetal*. 3.Ed.Viçosa, MG. Ed. UFV, 2012. p. 123-146.

COSTA, F.A.P.L. Fenologia de árvores tropicais. *La insignia*. 2002.

COSTA, M.L.M.N.; LUCHIARI, C.; MORAES, L.F.D.; PEREIRA, T.S. Fenologia de espécies arbóreas da Reserva Biológica de Poço das Antas. In: LIVRO DE RESUMOS DO XIX CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. Bahia, Brasil, 1998. p.349-350.

COSTA, M.S.; VASCONCELLOS, T.J.; BARROS, C.F.; CALLADO, C.H. Does growth rhythm of a widespread species change in distinct growth sites? *IAWA Journal*. v.34, n.4, p.498-509, 2013.

CROAT, T.B. *Flora of Barro Colorado Island*. Stanford University Press, Stanford, CA, USA. 1978.

CRONQUIST, A. An integrated system of classification of flowering plants. *Columbia University Press*, New York. 1981.

CRUZ, A.C.F.; SANTOS, R.P.; IAREMA, L.; FERNANDES, K.R.G; KUKI, K.N.; ARAÚJO, R.F.; OTONI, W.C. Métodos comparativos na extração de pigmentos foliares de três híbridos de *Bixa orellana* L. *Revista Brasileira de Biociências*, v.5, n.2, p.777-779, 2007.

DA CUNHA, M.; GOMES, V.M.; XAVIER-FILHO, J.; ATTÍAS, M.; SOUZA, W.; MIGUENS, F.C. Laticifer System of *Chamaesyce Thymifolia*: A Closed Host Environment for Trypanosomatids. *Biocell* (Mendoza). v.24, n.2, p.123-132, 2000.

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

DISCOVER LIFE. Disponível em: <http://www.discoverlife.org/>. Arquivo em: 26 Jan. 2015.

DUARTE, L. *A vegetação do Campus da UERJ*. Rio de Janeiro: UERJ. 1990.

DÜNISCH, O.; BAUCH, J.; GASPAROTTO, L. Formation of increment zones and intra annual growth dynamics in the xylem of *Swietenia macrophylla*, *Carapa guianensis*, and *Cedrela odorata* (Meliaceae). *IAWA Journal*, v.23, n.2, p.101-119. 2002.

_____; MONTÓIA, V. R.; BAUCH, J. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. *Trees*, n.17, p.244-250. 2003.

_____; MORAIS, R.R. Regulation of xylem sap flow in an evergreen, a semi-deciduous, and a deciduous Meliaceae species from the Amazon. *Trees*, n.16, p.404-416, 2002.

ELBE, J.H. *Corantes*. In: FENNEMA, O.W. *Química de los alimentos*. 2.Ed. Zaragoza, Wisconsin. 2000, p.782-799.

ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.3, n.1, p.39-45, 1991.

ESAU, K. *Anatomia das plantas com sementes*. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.

EVERT, R. F. *Anatomia das Plantas de ESAU*. São Paulo: Editora Blucher, 2013.

FAHN, A. *Anatomia Vegetal*. Madri: Ediciones Piramide S.A. 1982.

FENNER, M. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. v.1, n.1, p.78-91, 1998.

FIGUEIREDO - FILHO, A.; SERPE, E.L.; PLODOWSKI, G.; SANTOS, D. F.; STEPKA, T.F.; BECKER, M. Crescimento sazonal e anual em diâmetro de 16 espécies de uma floresta ombrófila mista na floresta nacional de Irati, PR, Brazil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO IUFRO, n.1, 2006, p.115-116.

FISCH, S.T.V.; NOGUEIRA JÚNIOR, L.R.; MANTOVANI, W. Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart. na mata atlântica (Reserva Ecológica do Trabiçu, Pindamonhangaba – SP). *Revista biociências*, v.6, n.2, p.31-37, 2000.

FLEISCHER, W.E. The relation between chlorophyll content and rate of photosynthesis. *The journal of general physiology*, v.18, n.4, p.573-597, 1935.

FREIBERGER, M.B.; MARINI, D.; DANELUZ, S.; HERZOG, N.F.M.; MALAVASI, U.C. Efeitos da fenologia e da luminosidade no teor de clorofilas em folhas de *Tabebuia avellaneda* lor. ex Griseb. e *Anadenanthera colubrina* (vell.) Brenan. In: I

SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA, Marechal Cândido Rondon – PR. *Anais*. UNIOESTE, Cascavel – Paraná – Brasil. 2009.

GENTRY, A.H. A revision of *Tabebuia* (Bignoniaceae) in Central America. *Brittonia*, n.22, p.246-264, 1970.

_____. Flora of Panamá: Bignoniaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, v.60, p.573- 780, 1973.

_____. Bignoniaceae: Part I- Tribes crescentieae and tourrentieae. *Flora Neotropica*, v. 25, n. 1, p.1-130, 1980.

_____. Bignoniaceae: Part II- Tribe Tecomeae. *Flora neotropica*. New York Botanical Garden, v.25, p.370, 1992.

GIANTOMASI, M.A.; ROIG-JUÑENT, F.; PATÓN-DOMÍNGUEZ, D.; MASSACCESI, G. Environmental modulation of the seasonal cambial activity in *Prosopis flexuosa* D.C. trees from the Monte woodlands of Argentina. *Journal of Arid Environments*, n.76, p.17-22, 2012.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<http://www.maps.google.com.br>>. Disponível em: 22 jan. 2014.

GOUVEIA, G.P.; FELFILI, J.M. Fenologia de comunidades de cerrado e de mata de galeria no Brasil Central. *Revista Árvore*, v.22, n.4, p.443-450, 1998.

GRICAR, J. Influence of temperature on cambial activity and cell differentiation in *Quercus sessiliflora* and *Acer pseudoplatanus* of different ages. *Drvna Industrija*, v.64, n.2, p.95-105, 2013.

GROSE, S.O.; OLMSTEAD, R.G.; Taxonomic Revisions in the Polyphyletic Genus *Tabebuia* s. l. (Bignoniaceae). *Systematic Botany*, v.32, n.3, p.660–670, 2007.

GROSS, J. *Pigments in vegetables, chlorophylls and carotenoids*. New York: V.N. Reinhold, 1991.

HEMAMALINI, K.; SOUJANYA, G.L.; BHARGAV, A.; VASIREDDY, U. In-vivo anticancer activity of *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. leaves on dalton's ascetic lymphoma in mice. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, v.3, n.11, p.4496-4502, 2012.

INSTITUTO DE BOTÂNICA DE SÃO PAULO. Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico. FIDALGO, O.; BONONI, V.L.R. (Coord.). São Paulo: Instituto de Botânica de São Paulo, p. 62, 1989.

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

JESUS, S.V.; MARENCO, R.A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. *ACTA Amazônica*, v.38, n.4, p.815-818, 2008.

JOHANSEN, D.A. *Plant microtechnique*. New York: MacGraw – Hill: Book Company, 1940.

JOLLY, W.M.; RUNNING, S.W. Effects of precipitation and soil water potential on drought deciduous phenology in the Kalahari. *Global Change Biology*, v.10, n.3, p.303-308, 2004.

JONO, V. *Anatomia ecológica do lenho e atividade cambial de Roupala rhombifolia (Proteaceae) na Serra do Cipó (MG)*. 2009. 75f. Dissertação (mestrado em Botânica)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P.F. *Plant Systematics: A phylogenetic approach*. In: AFFRE, L.; MEDAIL, F.; ROCHE, P.; TATONI, T.; VIDAL, E. *Ecologia mediterrânea- Revue Internationale d'Ecologie Méditerranéenne International Journal of Mediterranean Ecology*. 2nd ed. France. 1999. p.283.

JUNIOR, J.M.C.; CARVALHO, D.A.; MANSANARES, M.E. A família Bignoneaceae Juss. (ipê) no município de Lavras, Minas Gerais. *Cerne*, v.16, n.4, p.517-529, 2010.

KANIESKI, M.R.; SANTOS, T.L.; NETO, J.G.; SOUZA, T.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C.V. Influência da Precipitação e da Temperatura no Incremento Diamétrico de Espécies Florestais Aluviais em Araucária-PR. *Floresta e Ambiente*. v.19, n.1, p.17-25, 2012.

KERBAUY, G.B. *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KÖPPEN, W. *Climatologia*. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KOSITSUP, B.; KASEMSAP, P.; THANISAWANYANGKURA, S.; CHAIRUNGSEE, N.; SATAKHUN, D.; EERAWATANASUK, K.; AMEGLIO, T.; THALER, P. Effect of leaf age and position on light-saturated CO₂ assimilation rate, photosynthetic capacity, and stomatal conductance in rubber trees. *Photosynthetica*, v.48, n.1, p.67-78, 2010.

KOZLOWSKI, T.T. *Tree Growth*. New York: The Ronald Press, 1962.

KOZLOWSKI, T.T.; KRAMER, P.J.; PALLARDY, S.G. *The physiological ecology of woody plants*. San Diego: Academic Press, 1991.

KRAMER, P.J. *The role of water in wood formation*. In: ZIMMERMANN, M.H. (ed.), *The formation of wood in forest trees*. Academic Press, New York, 1964. p.515-532.

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

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: RIMA, 2006.

LINS, B. L. A.; NASCIMENTO, M.T. Phenology of *Paratecoma peroba* (Bignoniaceae) in a seasonal semideciduous forest of Northeastern Rio de Janeiro, Brazil. *Rodriguésia*, v.61, n.3, p.559-568, 2010.

LIPSCHITZ, N.; LEV-YADUN, S. Cambial activity of evergreen and seasonal dimorphics around the mediterranean. *IAWA Bull*, v.7, n. 2, p.145-153, 1986.

LISI, C. S.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F.A.; MARIA, V.R.B.; FERREIRA-FEDELE L.; VOIGT, A.R.A. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in Southeast Brazil. *IAWA Journal*, v.29, n.2, p.189-207, 2008.

LOHMANN, L.G.; ULLOA, U. *Bignoniaceae*. In: iPlants prototype Checklist. 2013. Disponível em <[http:// www.iplants.org](http://www.iplants.org)>.

LOHMANN, L.G. *Bignoniaceae*. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB114249>>. Acesso em: 30 Dez. 2014

LÓPEZ,L.; VILLALBA, R. Climate Influences on the Radial Growth of *Centrolobium microchaete*, a Valuable Timber Species from the Tropical Dry Forests in Bolivia. *Biotropica*, v.43, n.1, p.41-49, 2011.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras. Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas do Brasil. Ed. Plantarum, São Paulo-Brazil. 1992.

_____. Árvores Brasileiras. Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas do Brasil, v. 2. Ed. Plantarum, São Paulo -Brazil. 1998.

_____.; SOUZA,H.M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. *Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas*. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2003.

_____. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2008.

LÜTTGE, U.; HERTEL, B. Diurnal and annual rhythms in trees. *Trees*, n.23, p.683-700, 2009.

MAIA, L.A.; PIEDADE, M.T.F. Influência do pulso de inundação na fenologia foliar e conteúdo de clorofila em duas espécies da Floresta de Igapó da Amazônia Central, Brasil. *ACTA Amazônica*, v.32, n.1, p.55-64, 2002.

- MAIA, T.M. *Estimativa da idade, avaliação do incremento e análise dendrocronológica de Cedrela fissilis vell. (meliaceae) em Santa Catarina*. 2013. 73f. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal)- Universidade Regional de Blumenau , Blumenau – SC, 2013.
- MÄKINEN, H.; SEO, J.W.; NOJD, P.; SCHMITT, U.; JALKANEN, R. Seasonal dynamics of wood formation: a comparison between pinning, microcoring and dendrometer measurements. *European Journal Forest Research*, n.127, p.235-245, 2008.
- MANTUANO, D.G. *Crescimento clonal em Neoregelia cruenta (R. Graham) L.B. Smith (Bromeliaceae) na Restinga de Jurubatiba: estrutura populacional, plasticidade morfo-anatômica e integração fisiológica*. 2008. 105 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Escola Nacional de Botânica Tropical, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- MARCATI, C.R.; ANGYALOSSY, V. Seasonal presence of acicular calcium oxalate crystals in the cambial zone of *Citharexylum myrianthum* (Verbenaceae). *IAWA Journal.*, v.26, n.1, p.93-98, 2005.
- _____.; ANGYALOSSY, V.; EVERT, R.F. Seasonal variation in wood formation of *Cedrela fissilis* (Meliaceae). *IAWA Journal*, v.27, n.2, p.199-211, 2006.
- _____.; MILANEZ, C.R.D.; MACHADO, S.R. Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Leguminosae: Caesalpinioideae). *Trees*, n.22, p.3-12, 2008.
- MARIA, V.R.B. *Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semideciduais*. 2002. 126f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2002.
- MATTHES, L.A.F. *Composição florística, estrutura e fenologia de uma floresta residual do planalto paulista: Bosque de Jequitibás (Campinas-SP)*. 1980. 209f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1980.
- MAZZONI-VIVEIROS, S.C.; COSTA, C.G. *Periderme*. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA B.; CARMELLO-GUERREIRO S.M. *Anatomia Vegetal*. 3.Ed.Viçosa, MG. Ed. UFV, 2012. p. 224-245.
- MEDWAY, F.L.S. Phenology of a tropical rain forest in Malaya. *Biological Journal of the Linnean Society.*, v.4, n.2, p.117-146, 1972.
- MICKELBART, M.V. Variation in Leaf Nutrient Concentrations of Freeman Maple Resulting from Canopy Position, Leaf Age, and Petiole Inclusion. *Hortscience*, v.45, n.3, p.428-431, 2010.

MOONEY, H. A.; BJORKMAN, O.; HALL, A.E.; MEDINA, E.; TOMLINSON, P.B. The study of physiological ecology of tropical plants - current status and needs. *BioScience*, n.30, p.22-26, 1980.

MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F. *Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi*. In: MORELLATO, L.P.C. *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Campinas, SP. Editora da Unicamp/Fapesp, 1992. p.112-140.

_____. *As estações do ano na floresta*. In: LEITÃO FILHO, H.F. E MORELLATO, L.P.C. (Orgs.). *Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra*. Campinas: UNICAMP, 1995. p.187-192.

O'BRIEN, J.J.; OBERBAUER, S.F.; CLARK, D.B.; CLARK, D.A. Phenology and Stem Diameter Increment Seasonality in a Costa Rican Wet Tropical Forest. *Biotropica*, v.40, n.2, p.15-159, 2008.

OBSERVATÓRIO NACIONAL. *Efemérides Astronômicas*. Rio de Janeiro, 2013.

OLIVEIRA, J.R.; DUARTE, N.F.; FASSIO, P.OL. Análise dos teores de clorofila e carotenóides como Indicadores de fitotoxicidade de herbicidas em *Toona ciliata* Var. Australis. In: I JORNADA CIENTÍFICA E VI FIPA DO CEFET, 2008, Bambuí/MG, 2008.

OSPINA, L.A.F.; GUERRERO, J.P.C.; BUENDÍA, Y.C.O.; BOLÍVAR, I.B.P.; CASTILLO, F.D. Actividad antiinflamatoria, antioxidante y antibacteriana de dos especies del género *Tabebuia*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, v.18, n.1, p.34-46, 2013.

PATEL, V.R.; PATHAK, N.; RAO, K.S. Effect of local heating on dormant cambial cells in the branches of *Lannea coromandelica* (HOUTT.) MERR. *Indian Forester*, v.139, n.8, p.731-736, 2013.

PAULA, J.E; ALVES, J.L.H. *Anatomia, dendrometria, produção e uso. Madeiras nativas*. Fundação Mokiti Okada, 1997.

PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; SANTOS, F.A.M. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v.25, n.2, p.183-194, 2002.

PELUZIO, J.M.; CASALI, V.W.D.; LOPES, N.F.; MIRANDA, G.V.; SANTOS, G.R. Comportamento da fonte e do dreno em tomateiro após a poda apical acima do quarto cacho. *Ciência agrotécnica, Lavras*, v.23, n.3, p.510-514, 1999.

PEREIRA, T.B.; BALIZA, D.P.; CUNHA, R.L.; GUIMARÃES, R.J.; GOMES, R.A.; PEREIRA, V.A. Teores de clorofila em cafeeiros submetidos a diferentes ambientes avaliados por dois métodos de determinação. In: VII SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. 2011, Araxá – MG, 2011.

PINTO, T.M.; ANJOS, M.R.; MARTINS, N.M.; GOMES-LARANJO, J.; FERREIRA-CARDOSO, J.; PEIXOTO, F. Structural Analysis of *Castanea sativa* Mill. Leaves from Different Regions in the Tree Top. *Brazilian archives of Biology and Technology*, v.54, n.1, p.117-124, 2011.

PRAKASH, L.; SINGH, R. Chemical constituents of stem bark and root heartwood of *Tabebuia pentaphylla* (Linn.) Hemsl. (Bignoniaceae). *Pharmazie*, v.35, n.12, p.813, 1980.

RAJPUT, K.S.; SAIYED, A.; PATIL, V.S.; RAO, K.S. Cambial activity in the young branches and peduncles of *Couroupita guianensis* (Lecythidaceae). *IAWA Journal*, v.35, n.3, p.281-292, 2014.

RAO, K.S.; DAVE, Y.S. Seasonal variations in cambial anatomy of *Tectona grandis* (Verbenaceae) Nordic. *Journal Botanic.*, n.1, p.535-542, 1981.

_____.; RAJPUT, K.S. Seasonal behaviour of vascular cambium in teak (*Tectona grandis*) growing in moist deciduous and dry deciduous forests. *IAWA Journal*, Leiden, v.20, p.85-93, 1999.

_____.; RAJPUT, K.S. Relationship between seasonal cambial activity, development of xylem and phenology in *Azadirachta indica* growing in different forests of Gujarat State. *Annals of Forest Science*, n.58, p.691-698, 2001.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2010.

RÊGO, G.M.; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-rosa. *Boletim de Pesquisa Florestal*, n.53, p.179-194, 2006.

REICH, P.B.; BORCHERT, R. Phenology and ecophysiology of the tropical tree, *Tabebuia neochrysantha* (Bignoniaceae). *Ecology*, v.63, n.2, p. 294-299, 1982.

REICH, P.B.; WALTERS, D.S.; ELLSWORTH, D.S. Leaf Life-Span in relation to leaf, plant, and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecological Monographs*. v.62, n.3, p. 365-392, 1992.

RIBEIRO, D.R. *Ecofisiologia e sazonalidade em espécies de Mata Atlântica: avaliações da fotossíntese e potencial hídrico como parâmetros para discriminar grupos do início do processo sucessional*. 2012. 50f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais)- Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2012.

RIVERA, G.; ELLIOTT, S.; CALDAS, L.S.; NICOLOSI, G.; CORADIN, V.T.; BORCHERT, R. Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain. *Trees*, v.16, n.7, p.445-456, 2002.

- ROBSON, M.P.; RYLE, G.J.A.; WOLEDGE, J. The grass plantits form and function. In: JONES, M.B.; LAZENBY, A. (Eds.) The grass crop. London: Champman & Hall Ltda, 1988. p.25-83. *Apud* TEIXEIRA, A.C.B; GOMIDE, J.A.; OLIVEIRA, J.A.; ALEXANDRINO, E.; LANZA, D.C.F. Distribuição de Fotoassimilados de Folhas do Topo e da Base do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) em Dois Estádios de Desenvolvimento. 2005
- ROSSI, S.; ANFODILLO, T.; CUFAR, K.; CUNY, H.E.; DESLAURIES, A.; FONTI, P.; FRANK, D.; GRICAR, J.; GRUBER, A.; KING, G.M.; KRAUSE, C.; MORIN, H.; OBERHUBER, W.; PRISLAN, P.; RATHGEBER, C.B.K. Analysis of cambium phenology and growth: linear and non-linear patterns in conifers of the northern hemisphere. *Annals of Botany*, n.112, p.1911-1920, 2013.
- ROSSI, S.; DESLAURIERS, A.; ANFODILLO, T. Assessment of cambial activity and xylogenesis by microsampling tree species: an example at the alpine timberline. *IAWA Journal*, v.27, n.4, p.383-394, 2006.
- RUBIM, P.; NASCIMENTO, H.E.M.; MORELLATO, L.P.C. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *ACTA Botanica Brasilica*, v.24, n.3, p.756-764, 2010.
- RUZIN, S.E. *Plant Microtechnique and Microscopy*. Cambridge, Oxford University Press. 1999.
- SAKSHAUG, E. *Problems in the methodology of studying phytoplankton*. In: MORRIS, I. *Physiological ecology of phytoplankton*. (ed.). Balckwell: Oxford, 1981. p.57-94.
- SANDWITH, N.Y.; HUNT, D.R.R. *Flora Illustrada Catarinense- Bignoniaceas*. Herbario Barbosa Rodrigues, Itajam. 1974.
- SAUCEDA, J.I.U.; RODRÍGUEZ, G.; LOZANO, R.G.R.; SILVA, I.C.; MEZA, M.V.G. Seasonal Trends of Chlorophylls a and b and carotenoids in Native Trees and Shrubs of Northeastern Mexico. *Journal of Biological Sciences*, v.8, n.2, p.258-267, 2008.
- SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M.T.F.; LUDWIGSHAUSEN, S.; HORNAS, V.; WORBES, M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *Journal of Tropical Ecology*, n.18, p.581-597, 2002.
- SCOPEL, W.; BARBOSA, J.Z.; VIEIRA, M.L. Extração de pigmentos foliares em plantas de canola. *Unoesc & Ciência – ACET*, Joaçaba, v.2, n.1, p.87-94, 2011.
- SIDDIQI, T.O. Impacto of seasonal variation on the structure and activity of vascular cambium in *Ficus religiosa*. *IAWA Journal*. v.12, n.2, p.177-185, 1991.
- SILVA, C.A.; MOURA, E.P. *Avaliação dos teores foliares da clorofila na cultura do Girassol (*Helianthus annuus* L.), em relação às concentrações de nitrogênio*. 2013. 36f. Monografia (Graduação)- Curso de Tecnologia em Mecanização em Agricultura de Precisão, Faculdade de tecnologia de Pompéia (FAETEC), São Paulo, 2013.

SILVA-CASTRO, M.M.; GIULIETTI, A.M.; SANTOS, F.A.R. Reestablishment of the genus *Sampaiella* J.C. Gomes (Bignoniaceae). *Revista Brasileira de Botânica*, v.27, n.4, p.781-785, 2004.

SINGH, N.D.; VENUGOPAL, N. Cambial activity and annual rhythm of xylem production of *Pinus kesiya* Royle ex.Gordon (Pinaceae) in relation to phenology and climatic factors growing in sub-tropical wet forest of North East India. *Flora*, n.206, p.198-204, 2011.

SOMAR METEOROLOGIA. Disponível em <http://www.tempoagora.com.br>. Arquivo em: 2 Nov. 2014

SORCE, C.; GIOVANNELLI, A.; SEBASTIANI, L.; ANFODILLO, T. Hormonal signals involved in the regulation of cambial activity, xylogenesis and vessel patterning in trees. *Plant Cell Reports*. 2013

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. *Botânica Sistemática*. São Paulo: Editora Plantarum, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGLER, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre : Editora Artmed, 2013.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. *Análise e aplicação dos anéis de crescimento em árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia*. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELA, W. (Org.). *Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações*. São Paulo: EDUC. 2001. p.117-143.

TOMAZELLO FILHO, M.; LISI, C.S.; HANSEN, N.; CURY, G. Características anatômicas das zonas de incremento do lenho de diferentes espécies arbóreas do Estado de São Paulo, Brasil. *Scientia Forestalis*, n.66, p.46-55, 2004.

TURKIS, S.; OZBUCAK, T. Foliar resorption and chlorophyll content in leaves of *Cistus creticus* L. (Cistaceae) along an elevational gradient in Turkey. *Acta Botanic Croat*, v.69, n.2, p.275-290, 2010.

VASCONCELLOS, T. J. *Dinâmica de crescimento de *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth. (Leguminosae-Papilionoideae) na Floresta Atlântica, Rio de Janeiro, Brasil*. 2012. 64 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2012.

VENUGOPAL, N.; LIANGKUWANG, M.G. Cambial activity and annual rhythm of xylem production of elephant apple tree (*Dillenia indica* Linn.) in relation to phenology and climatic factor growing in sub-tropical wet forest of northeast India. *Trees*, n.21, p.101-110, 2007.

VIDAL, R.A. *Herbicidas: Mecanismos de ação e resistência de plantas*. Porto Alegre, RS, 1997.

- VIEIRA, G. *Gap dynamics in managed Amazonian forest: Structural and ecophysiological aspects*. 1996. 162f. Tese (Doutorado em Ecologia Tropical)-University of Oxford, Grã-Bretanha, 1996.
- VILLALBA, R.; BONISEGNA, J.A.; HOLMES, R.L. *Cedrela angustifolia* and *Juglans australis*: two new tropical species useful in dendrochronology. *Tree Ring Bull*, v.45, p. 25-35, 1985.
- VOLLAND-VOIGT, F.; BRÄUNING, A.; GANZHI, O.; PETERS, T.; MAZA, H. Radial stem variations of *Tabebuia chrysantha* (Bignoniaceae) in different tropical forest ecosystems of southern Ecuador. *Trees*, n.25, p.39-48, 2011.
- WANG, K.H.; AZIM, A.A.A.; SAHRI, M.H. Cambial activity of *Dipterocarpus costulatus* in relation to different stem diameters and climate factors. *Journal of Tropical Forest Science*, v.26, n.4, p.581-588, 2014.
- WELLBURN, A.R.; LICHTENTHALER, H. Formulae and program to determine total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Advances in photosynthesis research*. ISBN. v.2, n.90, p.247-294, 1984.
- WORBES, M. Occurrence of seasonal climate and tree ring research in the tropics. *Lundqua Report*. v.34, p.338-342, 1992.
- _____.;How to measure growth dynamics in tropical trees - A review. *IAWA Journal*, v.16, n.4, p.337-351, 1995.
- _____.;Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology*, v.87, p.391-403, 1999.
- YÁÑEZ-ESPINOSA, L.; TERRAZAS, T.; LÓPEZ-MATA, L. Phenology and radial stem growth periodicity in evergreen subtropical rainforest trees. *IAWA Journal*, v.31, n.3, p. 293-307, 2010.
- ZANON, M.L.B.; FINGER, C.A.G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.20, n.3, p. 467-476, 2010.
- ZAR, J.H. *Biostatistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 1999.
- ZHANG, Y.;CHEN, J.M.; MILLER, J.R.; NOLAND, T.L. Retrieving chlorophyll content in conifer needles from hyperspectral measurements. *Canadian Journal of Remote Sensing*, v.34, n.3, p.296-310, 2008.