

DIANESSA DANIELLI

**DENSIDADE DA MADEIRA E POTENCIAL DENDROCRONOLÓGICO DE
ESPÉCIES NATIVAS DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof^a. Dr.^a Poliana D'Angelo Rios.
Co-orientador: Dr. Mario Tomazello Filho

**LAGES, SC
2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

DANIELLI, DIANESSA
DENSIDADE DA MADEIRA E POTENCIAL
DENDROCRONOLÓGICO DE ESPÉCIES NATIVAS DA FLORESTA
OMBRÓFILA MISTA / DIANESSA DANIELLI. - Lages , 2017.
115 p.

Orientadora: POLLIANA D'ANGELO RIOS
Co-orientador: MARIO TOMAZELLO FILHO
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Lages, 2017.

1. DENSITOMETRIA DE RAIOS X. 2.
DENDROCRONOLOGIA. 3. FLORESTA DE ARAUCÁRIA. I.
D'ANGELO RIOS, POLLIANA . II. TOMAZELLO FILHO,
MARIO. , .III. Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
IV. Título.

DIANESSA DANIELLI

**DENSIDADE DA MADEIRA E POTENCIAL DENDROCRONOLÓGICO DE
ESPÉCIES NATIVAS DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Banca examinadora

Orientadora: Poliana D'Angelo Rios
Prof. Dra. Poliana D'Angelo Rios
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: Karin Esemann de Quadros
Prof. Dr. Karin Esemann de Quadros
Universidade da Região de Joinville

Membro: Martha Andreia Brand
Prof. Dra. Martha Andreia Brand
Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages – SC, 04 de Agosto de 2017

DEDICATÓRIA

A todos que lutaram e estiveram diariamente ao meu lado, transmitindo fé, amor, alegria, determinação, paciência e coragem, tornando esta caminhada mais fácil, independente das dificuldades encontradas no caminho.

AGRADECIMENTOS

Após tantos obstáculos enfrentados ao longo desta caminhada, realizo aqui mais uma conquista!

Agradeço a DEUS por ter me dado força, fé, coragem, paciência e por estar sempre a minha frente em todos os momentos.

Em especial agradeço os meus pais, Edi e Vilmo pela dedicação, carinho, por estarem sempre comigo nos momentos bons e ruins, pelos abraços nas despedidas sempre dando apoio para continuar, pelas orações, por abrir mão de seus sonhos para realizar os meus, por acreditarem que esse dia chegaria.

Um obrigado especial a minha irmã Drigiane por ter apostado em meu potencial e me ajudado em tudo, esta conquista também é sua.

Aos meus avôs Ernesto e Irene, por ter me ensinado ao longo de minha existência, as práticas do bom viver e pelos grandiosos gestos de cuidado que tiveram comigo.

À Universidade Estadual de Santa Catarina e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – CAV/UDESC pela oportunidade.

Ao Programa de Bolsas de Monitoria de Pós-Graduação (PROMOP) pela bolsa de estudo concedida.

Aos professores que estiveram comigo nesta trajetória e por ensinarem o dom da sabedoria.

Em especial a minha orientadora professora Dra. Poliana D' Angelo Rios, por toda a orientação, ensinamentos, pela paciência, pelas conversas, pela amizade, por todo apoio e por sempre acreditar em mim. Te admiro muito. OBRIGADA por tudo!

Ao Prof. Dr. Mário Tomazello Filho da Esalq/USP de Piracicaba/SP pela co-orientação e por ter me recebido tão bem em seu laboratório, dando apoio em tudo que precisei. E também obrigada ao Daigard Ricardo Ortega do Laboratório de Anatomia, Identificação e Densitometria de Raios X em Madeira pela ajuda e ensinamentos nos 15 dias que permaneci na Esalq.

À todos os amigos do laboratório de Anatomia da madeira do CAV/UDESC: Helena por estar sempre disposta a ajudar e pelas conversas, sinto saudade! Rafaela Stange, Bruna Lopes, Leonardo Kuhn (por dividir o chimarrão), Rodrigo Buss, Rafael Archer, Deyvis Borges, Erica Barbosa, Maísa Koch, Jeimy Blanco e Marcela Blagitz obrigada pela ajuda, ensinamentos, por me incentivarem no trabalho, pelos eventos do laboratório, cafés, enfim por tudo, sem vocês com certeza tudo se tornaria mais difícil. Vou sentir muita falta de todos!

Aos amigos que conquistei neste tempo, todos que me ajudaram encarar este desafio de uma forma ou outra, estes se tornaram minha segunda família, sempre presente nos momentos que precisei, meus confidentes nos momentos de angustia, de tristezas, de saudade, mas também de alegrias. Em especial a Taize Caroline Dreyer e Gessiane Ceola pelas inúmeras conversas, risadas, ajuda, enfim pelo companheirismo desde a graduação.

Obrigada a todos que de alguma forma, longe ou perto, direta ou indiretamente, mesmo que não citados, mas que contribuíram e torceram por minha formação pessoal e profissional, todos foram muito importantes, meus sinceros agradecimentos!!!

Muito obrigada!

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos: a determinação da densidade aparente da madeira pelo método de densitometria de raios X e pelo método estereométrico de 19 espécies; mostrar o potencial dendrocronológico, determinar a idade e taxa de crescimento do tronco das árvores pelos anéis de crescimento anuais de sete espécies com ocorrência natural na Floresta Ombrófila Mista do Planalto Catarinense. A coleta do material foi feita de forma destrutiva, sendo selecionadas três árvores de cada espécie, retirado um disco de cada à altura do peito, com espessura de aproximadamente 5,0 cm cada disco. Para determinação da densidade aparente foram retiradas amostras de 2,0 mm de espessura de cada disco, que foram acondicionadas em câmara de climatização até o teor de umidade de equilíbrio de 12%. Em seguida, foram transferidas para a câmara de irradiação do equipamento de raios X e expostas à varredura em um feixe colimado de raios X, sendo realizada a avaliação da densidade do lenho por densitometria de raios X. Para determinação da densidade pelo método estereométrico, atendendo a norma NBR 7190, foram confeccionados 6 corpos-de-prova de cada disco no sentido medula-intermediário-casca. Assim, foi possível estabelecer os valores médios da densidade aparente para cada espécie e ainda comparar os dois métodos de determinação utilizados. Para obtenção dos dados de Dendrocronologia, as superfícies dos três discos de cada espécie foram polidas com lixas de diferentes granulometrias e os anéis de crescimento foram caracterizados macroscopicamente utilizando um microscópio digital portátil (DinoLite). Para análise dendrocronológica, as amostras foram digitalizadas e feita a mensuração da largura dos anéis de crescimento através do software de análise de imagens Image Pro Plus, sendo os dados exportados para o Microsoft Office Excel, sendo feitas as primeiras avaliações das séries de medidas radiais dos anéis de crescimento. Em seguida foi feita a datação-cruzada das árvores, possibilitando a construção de uma série cronológica de anéis de crescimento e o teste da qualidade da sincronização do crescimento entre as amostras de cada espécie, utilizando o software COFECHA, obtendo-se a série média. Com os resultados da densidade aparente da madeira, é possível concluir que os perfis densitométricos ajudam a observar os anéis de crescimento no lenho das árvores, estes são distinguíveis nas espécies que apresentaram as menores densidades aparentes. Apresentar os valores médios de densidade aparente para as espécies estudadas, sendo que das 19 espécies, 10 foram classificadas como de alta densidade, cinco de média densidade e quatro de baixa densidade aparente. Os resultados obtidos através do uso dos dois métodos de determinação da densidade aparente foram semelhantes quando observados os valores médios e a alta correlação obtida. Quanto a dendrocronologia, foi possível fazer a construção das cronologias e estabelecer a idade das árvores e também realizar a caracterização macroscópica dos anéis de crescimento, sendo que os caracteres observados confirmam as descrições já feitas das espécies ou gêneros. As espécies *Allophylus edulis*, *Eugenia pyriformis*, *Ocotea indecora*, *Ocotea puberula*, *Vernonanthura discolor*, apresentam correlação significativa da série cronológica, já as espécies *Piptocarpha angustifolia* e *Styrax leprosus* não obtiveram correlação significativa. Em relação ao Incremento Radial Médio Anual (IRMA), as espécies *Ocotea puberula* e *Vernonanthura discolor* apresentaram os maiores valores e os menores IRMA foram para as espécies *Allophylus edulis* e *Piptocarpha angustifolia*.

Palavras-chave: Densitometria de raios X. Dendrocronologia. Floresta de araucária.

ABSTRACT

The present work had as objectives: the determination of the apparent density of the wood by the method of X-ray densitometry and the stereometric method of 19 species; show the dendrochronological potential, determine the age and growth rate of the trunk of the trees by the annual growth rings of seven species with natural occurrence in the Mixed Ombrophylous Forest of Planalto Catarinense. The material was collected in a destructive way, with three trees of each species being selected, each one being discarded at the level of the chest, with a thickness of approximately 5 cm each disc. To determine the apparent density, samples of 2 mm thickness were removed from each disk, which were conditioned in an air conditioning chamber until the equilibrium moisture content was 12%. They were then transferred to the irradiation chamber of the X-ray equipment and exposed to scanning in a collimated X-ray beam, and the wood density evaluation was performed by X-ray densitometry. To determine the density by the stereometric method, according to norm NBR 7190, 6 specimens of each disc were made in the medulla-intermediate-bark direction. Thus, it was possible to establish the average values of the apparent density for each species and to compare the two determination methods used. In order to obtain Dendrochronology data, the surfaces of the three disks of each species were polished with sandpaper of different particle sizes and the growth rings were characterized macroscopically using a portable digital microscope (DinoLite). For dendrochronological analysis, the samples were digitized and the width of the growth rings was measured using the Image Pro Plus image analysis software, and the data were exported to Microsoft Office Excel. rings of growth. The cross-dating of the trees was then performed, allowing the construction of a chronological series of growth rings and the test of the quality of the synchronization of the growth between the samples of each species, using the software COFECHA, obtaining the average series. With the results of the apparent density of the wood, it is possible to conclude that the densitometric profiles help to observe the rings of growth in the wood of the trees, these are distinguishable in the species that presented the smaller apparent densities. The mean values of apparent density for the studied species were presented. Of the 19 species, 10 were classified as high density, five medium density and four low apparent density. The results obtained through the use of the two methods of determination of the density were similar when observed the average values and the high correlation obtained. As for dendrochronology, it was possible to construct the chronologies and establish the age of the trees and also to perform the macroscopic characterization of the growth rings, and the observed characters confirm the already made descriptions of the species or genera. The species *Allophylus edulis*, *Eugenia pyriformis*, *Ocotea indecora*, *Ocotea puberula*, *Vernonanthura discolor*, present a significant correlation of the chronological series, whereas the species *Piptocarpha angustifolia* and *Styrax leprosus* did not obtain a significant correlation. In relation to the Annual Average Radial Increase (IRMA), the species *Ocotea puberula* and *Vernonanthura discolor* presented the highest values and the lowest IRMA were for the species *Allophylus edulis* and *Piptocarpha angustifolia*.

Keywords: X-ray Densitometry; Dendrochronology and Forest of araucária.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição da Floresta Ombrófila Mista no Brasil.....	24
Figura 2 – A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Allophylus edulis</i>	26
Figura 3 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Casearia decandra</i>	27
Figura 4 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Cupania vernalis</i>	28
Figura 5 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Eugenia pyriformis</i>	29
Figura 6 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Inga vera</i>	30
Figura 7 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Lithraea brasiliensis</i> ..	31
Figura 8 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Lonchocarpus campestris</i> .	
.....	32
Figura 9 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Luehea divaricata</i>	33
Figura 10 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Machaerium paraguariense</i>	34
Figura 11 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Ocotea indecora</i>	35
Figura 12 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Ocotea puberula</i>	36
Figura 13 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Picrasma crenata</i>	37
Figura 14 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Piptocarpha angustifolia</i> .	
.....	38
Figura 15 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Prunus myrtifolia</i>	39
Figura 16 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Schinus terebinthifolius</i> .	
.....	40
Figura 17 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Sebastiania commersoniana</i>	41
Figura 18 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Styrax leprosus</i>	42
Figura 19 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Vernonanthura discolor</i> .	
.....	43
Figura 20 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de <i>Vitex megapotamica</i> ..	44
Figura 1 - Localização da área de coleta no Estado de Santa Catarina.	62
Figura 2 - Preparo do material para densitometria de raios X. (A) corte dos discos para retiradas da amostra do lenho; (B) colagem da amostra do lenho em suporte de madeira; (C) corte das amostras do lenho em equipamento de dupla serra; (D) amostra diametral do lenho com 2,0 mm de espessura.....	66

Figura 3 - Obtenção dos perfis de densidade. (A, B) equipamento de raios X QTRS-01X com o suporte metálico e encaixe com a amostra do lenho no compartimento de análise; (C) seção transversal do lenho e perfil de densidade aparente no monitor.	66
Figura 4 - Obtenção da densidade aparente pelo método estereométrico. (A, B) Corpos-de-prova; (C) Obtenção da massa com balança de precisão; (D) Obtenção do volume pelas medidas de todas as dimensões do corpo-de-prova com auxílio de paquímetro.	67
Figura 5 - Perfis radiais obtidos por Densitometria de Raios X das espécies que apresentaram madeira de alta densidade aparente.....	70
Figura 6 - Perfis radiais obtidos por Densitometria de Raios X das espécies que apresentaram madeira de média densidade aparente.....	78
Figura 7 - Perfis radiais obtidos por Densitometria de Raios X das espécies que apresentaram madeira de baixa densidade aparente.....	83
Figura 8 - Erro relativo da densidade aparente das 19 espécies determinadas pelo método de densitometria de raios X e método estereométrico.	87
Figura 9 - Correlação de Pearson para os valores de densidade aparente do lenho das 19 espécies, obtidos pela densitometria de raios X e método estereométrico.	87
Figura 1 - Localização da área de coleta no Estado de Santa Catarina.	97
Figura 2 - (A) Polimento dos discos; (B) Scanner para digitalização dos discos; (C) Medição dos anéis de crescimento no programa Image Pro Plus.....	101
Figura 3 - Estrutura anatômica macroscópicas da madeira nas seções transversais das sete espécies estudadas. - A: <i>Allophylus edulis</i> - B: <i>Eugenia pyriformis</i> - C: <i>Ocotea indecora</i> - D: <i>Ocotea puberula</i> - E: <i>Piptocarpha angustifolia</i> - F: <i>Styrax leprosus</i> - G: <i>Vernonanthura discolor</i>	104
Figura 4 - Resultados da sincronização entre as séries cronológicas dos anéis de crescimento e o Incremento Radial Médio Anual (IRMA) das 7 espécies estudadas.	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espécies analisadas, informações taxonômicas e de coleta.....	63
Tabela 2 - Valores médios das 10 espécies que apresentam alta densidade aparente pelo método de densitometria de raios X e método estereométrico e erro relativo (%).	69
Tabela 3 - Resultados de densidade obtidos na literatura para as mesmas espécies ou gêneros estudadas neste trabalho.....	69
Tabela 4 - Valores médios das 5 espécies que apresentaram média densidade aparente pelo método de densitometria de raios X e método estereométrico.	77
Tabela 5 - Resultados de densidade obtidos na literatura para as mesmas espécies ou gêneros estudadas neste trabalho.....	78
Tabela 6 - Valores absolutos das 4 espécies que apresentaram baixa densidade aparente pelo método de densitometria de raios X e método estereométrico.	82
Tabela 7 - Resultados de densidade obtidos na literatura para as mesmas espécies ou gêneros estudadas neste trabalho.....	82
Tabela 8 – Erro relativo da densidade aparente das 19 espécies determinadas pelo método de densitometria de raios X e método estereométrico.	86
Tabela 1 - Resultados da sincronização entre as séries cronológicas dos anéis de crescimento e o Incremento Radial Médio Anual (IRMA) das 7 espécies estudadas.	98
Tabela 2 - Espécies analisadas, informações taxonômicas e de coleta.....	99
Tabela 3 - Características macroscópicas da delimitação dos anéis de crescimento das 7 espécies estudadas.	102

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	21
2. OBJETIVOS	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
3.1 OCORRÊNCIA DE ESPÉCIES DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA	24
3.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ESPÉCIES	25
3.2.1 <i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. <i>et al.</i>) Hieron. <i>ex</i> Niederl.....	25
3.2.2 <i>Casearia decandra</i> Jacq.....	27
3.2.3 <i>Cupania vernalis</i> Cambess.....	28
3.2.4 <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.....	29
3.2.5 <i>Inga vera</i> Willd.....	30
3.2.6 <i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand.....	31
3.2.7 <i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. <i>ex</i> Benth.....	32
3.2.8 <i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.....	33
3.2.9 <i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.....	34
3.2.10 <i>Ocotea indecora</i> (Schott) Mez.....	35
3.2.11 <i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees.....	36
3.2.12 <i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Engl.....	37
3.2.13 <i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén <i>ex</i> Malme.....	38
3.2.14 <i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.....	39
3.2.15 <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.....	40
3.2.16 <i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm.....	41
3.2.17 <i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.....	42
3.2.18 <i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.....	43
3.2.19 <i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke.....	44
3.3 ANÉIS DE CRESCIMENTO	44
3.4 DENDROCRONOLOGIA DE ESPÉCIES NATIVAS	46
3.5 DENSITOMETRIA DE RAIOS X	49
CAPÍTULO 1 - DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DA MADEIRA DE DEZENOVE ESPÉCIES DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA	60
1. INTRODUÇÃO	60

2. MATERIAL E MÉTODOS.....	62
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E COLETA DO MATERIAL PARA ANÁLISE.	62
2.2 ESPÉCIES FLORESTAIS SELECIONADAS	63
2.3 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DO LENHO POR DENSITOMETRIA DE RAIOS X.....	65
2.4 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE PELO MÉTODO ESTEREOMÉTRICO	67
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
3.1 DENSIDADE APARENTE DO LENHO DAS ÁRVORES POR DENSITOMETRIA DE RAIOS X E MÉTODO ESTEREOMÉTRICO.	68
3.1.1 Densitometria de raios X para espécies de alta densidade.....	68
3.1.2 Densitometria de raios X para espécies de média densidade.....	77
3.1.3 Densitometria de raios X para espécies de baixa densidade.....	82
3.2 COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS PARA A DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DA MADEIRA.....	85
4. CONCLUSÃO.....	88
5. REFERÊNCIAS	88
CAPITULO 2 - POTENCIAL DENDROCRONOLÓGICO DE ESPÉCIES DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA	95
1. INTRODUÇÃO	95
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	97
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E COLETA DO MATERIAL PARA ANÁLISE.....	97
2.2 ESCOLHA DAS ESPÉCIES PARA O ESTUDO DENDROCRONOLÓGICO.....	98
2.2 ESPÉCIES FLORESTAIS SELECIONADAS	99
2.3 CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO....	100
2.4 CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DA ANÁLISE DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO: DENDROCRONOLOGIA	100
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	102
3.1 CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO....	102
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO E SUA APLICAÇÃO: DENDROCRONOLOGIA.....	105

4. CONCLUSÃO.....	110
5. REFERÊNCIAS	111

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os anéis de crescimento variam em largura devido às variações ambientais ano a ano (DICKISON, 2000) e estão relacionados à periodicidade da atividade do câmbio vascular. A atividade cambial é sazonal e essa sazonalidade está associada principalmente ao fotoperíodo e temperatura nas regiões temperadas, produzindo incrementos de crescimento e/ou anéis de crescimento (EVERT, 2006).

Cada vez que o câmbio retoma sua atividade antes interrompida, deixa um sinal representado pela diferença entre as células formadas antes da dormência e as que se desenvolvem após a reativação (COSTA *et al.*, 2006). Se esse conjunto de células formadas antes da dormência e após a reativação representa uma estação de crescimento (lenho inicial e lenho tardio) ele é chamado de anel anual de crescimento (COSTA *et al.*, 2006; EVERT, 2006).

Nas regiões tropicais, períodos prolongados de seca ou de chuva podem contribuir para a interrupção temporária da atividade cambial (COSTA *et al.*, 2006). Nas últimas décadas foram desenvolvidos diversos estudos com árvores de espécies florestais em áreas tropicais e subtropicais, resultando em uma estabilização e ampliação da dendrocronologia nestas regiões (BOTOSSO *et al.*, 2000), comprovando o potencial dendrocronológico das espécies brasileiras (TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2009).

A ciência que possibilita a datação dos anéis de crescimento do lenho, incluindo a aplicação das informações registradas para estudos ambientais e históricos chama-se Dendrocronologia (KAENNEL; SCHWEINGRUBER, 1995).

A análise dos anéis de crescimento das árvores possibilita a identificação e reconstrução das alterações ambientais naturais, da dinâmica de populações florestais e da variação dos recursos hídricos e edáficos, além de possibilitar a avaliação dos efeitos dos ventos, de ataques de insetos e microrganismos, da presença de metais pesados no ambiente e da ação antrópica (BOTOSSO; MATTOS, 2002).

A utilização das técnicas dendrocronológicas nos diferentes ecossistemas florestais do Brasil tem como objetivo: a determinação da idade das árvores, a construção da taxa e da dinâmica do crescimento do tronco das árvores, da resposta aos eventos climáticos e indicadores ambientais (chuvas, secas, incêndios, EL NIÑO), etc (TOMAZELLO FILHO; BOTOSSO, 2001).

Um avanço significativo na análise dos anéis de crescimento foi atingido após o desenvolvimento da metodologia de densitometria de raios X por Polge (1965).

A densidade é uma das mais importantes propriedades e parâmetro de qualidade da madeira e de seus produtos (HUGHES, 1968; BRASIL; FERREIRA, 1979; FONSECA; LOUSADA, 1986; KLOCK, 1989; LOUSADA et al., 1994; LOUSADA, 2000;), relacionando-se com a resistência mecânica, retratibilidade, biodegradação e quantificação do teor de matéria-prima da madeira, etc. (PANSHIN; DE ZEEUW, 1980; SHIMOYAMA, 1990).

Segundo Spurr & Hyvarinem (1954), a densidade do lenho apresenta variabilidade nos sentidos radial e longitudinal no tronco das árvores e entre árvores de uma mesma espécie em função das características anatômicas e da composição química, não existindo um padrão único para todas as espécies.

Na caracterização da madeira, a determinação de sua densidade e principalmente de sua variação dentro da árvore, tanto na direção radial, da medula para a casca, quanto no sentido base-topo, é fundamental como subsídio ao entendimento de sua qualidade (OLIVEIRA et al. 2005).

A técnica da densitometria de raios X em madeiras para a determinação da sua densidade aparente foi implantada no Brasil por Amaral (1994), sendo importante ferramenta na avaliação da qualidade do lenho das árvores submetidas aos tratamentos silviculturais e variações climáticas, bem como para a caracterização tecnológica da madeira. A técnica possibilita, da mesma forma, a determinação da produção anual da biomassa do lenho e a sua relação com a estrutura anatômica; a aplicação na genética e melhoramento florestal e na avaliação do efeito da fertilização, irrigação, desrama, ataque de fungos e insetos, etc (HUGHES; SARDINHA, 1975; MOTHE et al., 1998; POLGE, 1965; TOMAZELLO FILHO et al., 2005; ARIZAPANA-ALMOCINAD, 2013).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo determinar a densidade aparente da madeira pelo método de densitometria de raios X e pelo método estereométrico de 19 espécies e mostrar o potencial dendrocronológico de sete espécies com ocorrência natural na Floresta Ombrófila Mista do Planalto Catarinense.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as espécies que possuem potencial dendrocronológico;
- Determinar a idade e o Incremento Radial Médio Anual (IRMA) do tronco das árvores, que possuem potencial dendrocronológico;
- Determinar a densidade aparente das espécies estudadas, por meio da metodologia de Densitometria de raios X e pelo Método estereométrico.

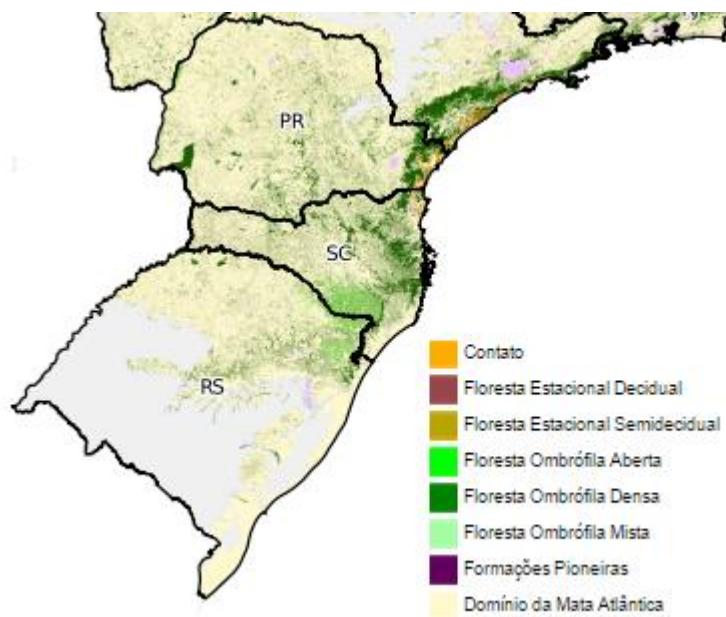
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 OCORRÊNCIA DE ESPÉCIES DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) está inserida na área de domínio da Mata Atlântica, representando cerca de 169 mil km² (CAPOBIANCO, 2002), caracterizada, principalmente, pela presença de araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze).

No mundo possui ocorrência natural entre os paralelos 21 e 30° de latitude Sul e entre os meridianos 44 e 54° de longitude Oeste (OLIVEIRA, 1948). No Brasil, remanescentes da FOM são encontrados nos Estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná, Minas Gerais e São Paulo (Figura 1) (INOUE, RODERJAN & KUNIYOSHI, 1984). Sua área de ocorrência coincide com o clima quente e úmido, sem período biologicamente seco, com temperaturas anuais em torno de 18°C, mas com 3 a 6 meses em que as temperaturas se mantêm abaixo dos 15°C (IBGE, 1997, citado por CARVALHO, 2010).

Figura 1 - Distribuição da Floresta Ombrófila Mista no Brasil.



Fonte: IBGE (2012).

Na Floresta Ombrófila Mista, a *Araucaria angustifolia*, que constitui o dossel superior dessa tipologia florestal, é uma espécie que apresenta um caráter dominante na vegetação, representando uma grande porcentagem das árvores do estrato superior e ocorrendo como

espécie emergente, atingindo grandes alturas e diâmetros (LONGHI, 1980; LEITE & KLEIN, 1990). Embora a *A. angustifolia* apresente predominância no estrato superior da floresta, os estratos médio e inferior possuem grande diversidade de espécies que se regeneram nesse ambiente. Esses estratos são importantes centros de dispersão de um grande número de espécies, principalmente, das pertencentes às famílias Myrtaceae e Lauraceae, como descrevem RAMBO (1951) e KLEIN (1984).

Maack (1968) considerou como espécies importantes da Floresta Ombrófila Mista, a imbuia (*Ocotea porosa* (Nees & C. Mart.) Barroso) e a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Além destas, esse autor destacou as diversas espécies que se associam regularmente à araucária, como: as canelas (dos gêneros *Nectandra* e *Ocotea*), as leguminosas (dos gêneros *Dalbergia* e *Machaerium*), as meliáceas (principalmente *Cedrela fissilis* Vell.), as mirtáceas (como *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg.), *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Eichler e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman.

3.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ESPÉCIES

São descritas a seguir as características gerais das espécies estudadas, sendo estas: *Allophylus edulis* (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl, *Casearia decandra* Jacq., *Cupania vernalis* Cambess., *Eugenia pyriformis* Cambess., *Inga vera* Willd., *Lithraea brasiliensis* Marchand, *Lonchocarpus campestris* Mart. ex Benth., *Luehea divaricata* Mart. & Zucc., *Machaerium paraguariense* Hassl., *Ocotea indecora* (Schott) Mez, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees, *Picrasma crenata* (Vell.) Engl., *Piptocarpha angustifolia* Dusén ex Malme, *Prunus myrtifolia* (L.) Urb., *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm., *Styrax leprosus* Hook. & Arn., *Vernonanthura discolor* (Spreng.) H.Rob. e *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke.

3.2.1 *Allophylus edulis* (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.

A espécie *Allophylus edulis* pertence à família Sapindaceae e é conhecida como vacum, vacunzeiro, chal-chal, baga-de-morcego, fruta-de-pombo, murta-vermelha, entre outros (REITZ, 1980; SANCHOTENE, 1989; LORENZI, 1998; KUERA, 2002).

Sua ocorrência vai da Região Amazônica até o Ceará e do Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul, ocorrendo ainda nas Guianas, Paraguai, Bolívia, Uruguai e Argentina (REITZ, 1980; LORENZI, 1998).

A sua madeira (Figura 2) possui densidade básica de 0,670-0,690 g/cm³, sendo macia, de pouca durabilidade em ambientes externos e própria para marcenaria, esteios, moirões, lenha, carvão e cabos de ferramentas (SANCHOTENE, 1989; LORENZI, 1998; KUERA, 2002).

Figura 2 – A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Allophylus edulis*.



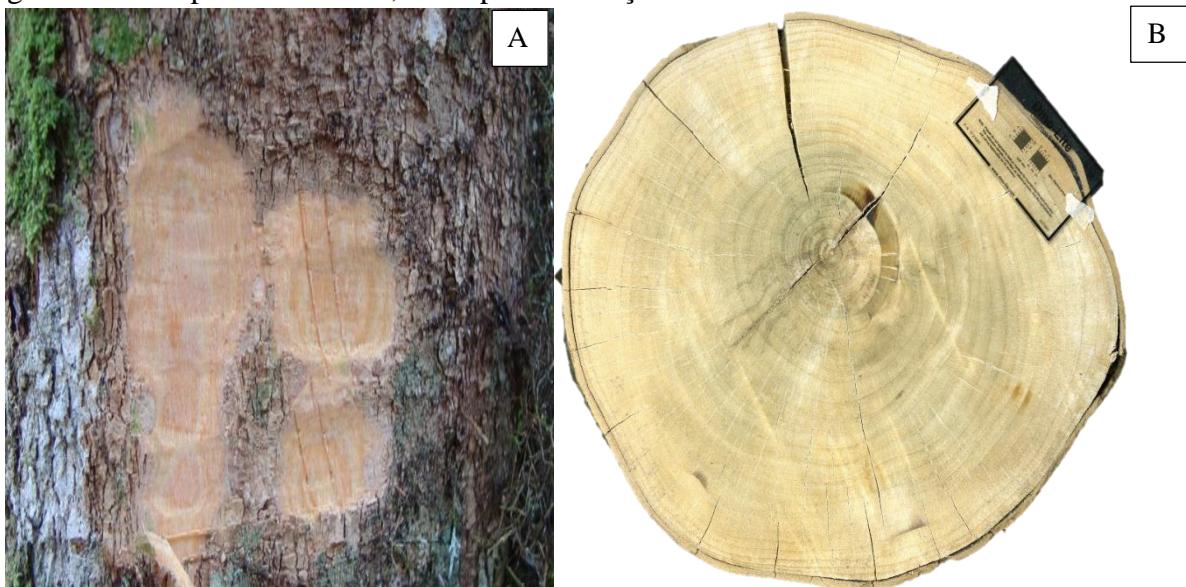
Fonte: A: Cepan (2015); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.2 *Casearia decandra* Jacq.

A espécie *Casearia decandra* pertence à família Salicaceae e é conhecida popularmente como cambroé, pitumba, cafezeiro-do-mato ou guaçatonga (LORENZI, 2006). É encontrada em todas as regiões do Brasil e destaca-se pela utilização na medicina popular como antitérmica, antiofídica ou cicatrizante (GONÇALVEZ et al., 2009).

A madeira (Figura 3) é útil na marcenaria e carpintaria, podendo servir para construção civil, tornos, tacos, tábuas para assoalho, lenha e carvão (MARQUETE, 2010).

Figura 3 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Casearia decandra*.



Fonte: A: UFRGS (2010); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.3 *Cupania vernalis* Cambess.

A espécie *Cupania vernalis* Camb. pertence à família Sapindaceae e é conhecida popularmente como camboatá, camboatá-vermelho ou arco-de-peneira. Característica da floresta semidecídua de altitude e da mata pluvial atlântica (LORENZI, 2000).

Sua madeira (Figura 4) é utilizada para diversos fins madeireiros, como na produção de esteios, moirões, tacos, carvão e lenha, devido à alta qualidade tecnológica da madeira (SOMMER et al., 2009).

Figura 4 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Cupania vernalis*.



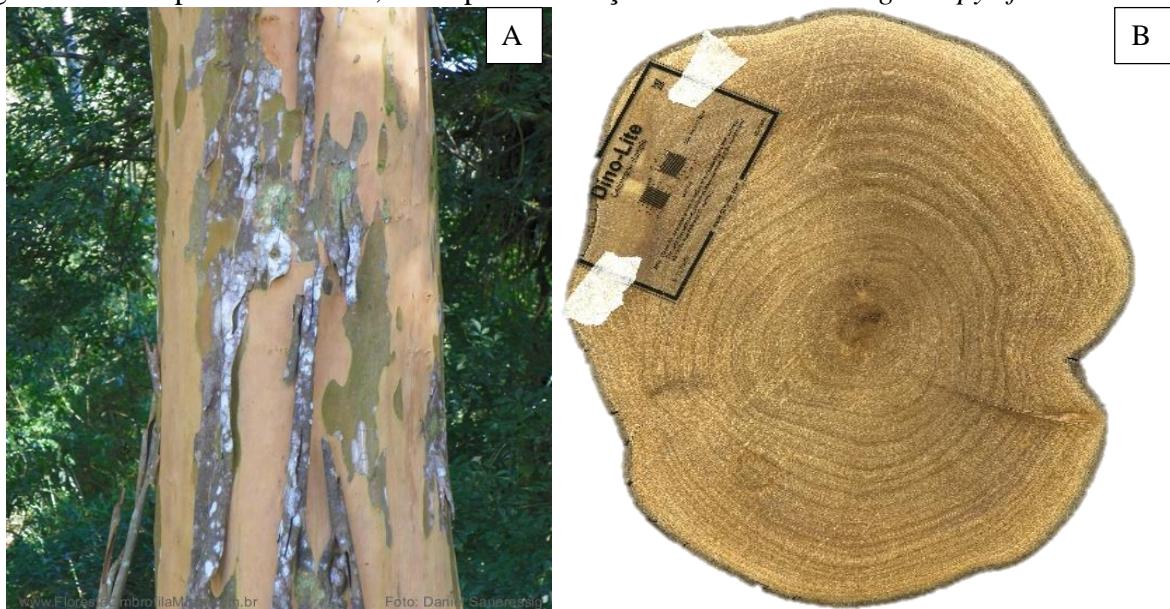
Fonte: A: SIDOL (2012); Danielli e Vieira (2016).

3.2.4 *Eugenia pyriformis* Cambess.

A espécie *Eugenia pyriformis* Cambess pertence à família Myrtaceae e é popularmente denominada como uvaieira, uvalha ou uvalheira. De ocorrência no Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, São Paulo e Minas Gerais (REITZ et al., 1988).

Sua madeira (Figura 5) apresenta anéis de crescimento distintos e é considerada de alta qualidade (RASEIRA et al., 2004). É uma espécie altamente valiosa pela sua madeira dura, resistente às doenças, frutos comestíveis apreciados pelo homem e pela avifauna, úteis à industrialização na produção de sucos, licores, doces e geleias (MATTOS, 1956).

Figura 5 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Eugenia pyriformis*.



Fonte: A: SIDOL (2012); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.5 *Inga vera* Willd.

A espécie *Inga vera* pertence à família Fabaceae e a sub-família Mimosoideae, é conhecida popularmente como ingá, ingá pequeno, ingá do brejo ou angá (CARVALHO, 2014).

Segundo Lorenzi (2009) sua madeira (Figura 6) é moderadamente pesada, pouco resistente e de baixa durabilidade, em geral é utilizada para confecção de caixotaria, brinquedos, em obras internas e para lenha.

Figura 6 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Inga vera*.



Fonte: SIDOL (2012); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.6 *Lithraea brasiliensis* Marchand

A espécie *Lithraea brasiliensis* pertence à família Anacardiaceae e é conhecida popularmente como aroeira, aroeira-braba ou aroeira-preta (LORENZI, 2009).

Segundo Gomes et al. (2013), a madeira (Figura 7) é bastante durável podendo ser utilizada para a produção de moirões e postes, também se destaca pela possibilidade da utilização para fins energéticos.

Figura 7 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Lithraea brasiliensis*.



Fonte: A: Unicentro (2012); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.7 *Lonchocarpus campestris* Mart. ex Benth.

A espécie *Lonchocarpus campestris* pertence à família Fabaceae, é conhecida popularmente como rabo-de-bugio. No Rio Grande do Sul, ocorre na encosta inferior da floresta do Alto Uruguai e no leste da depressão central (SOBRAL et al., 2006).

A madeira (Figura 8) apresenta boas características físicas e mecânicas e os anéis de crescimentos são considerados distintos (SILVA et al., 2012).

Figura 8 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Lonchocarpus campestris*.



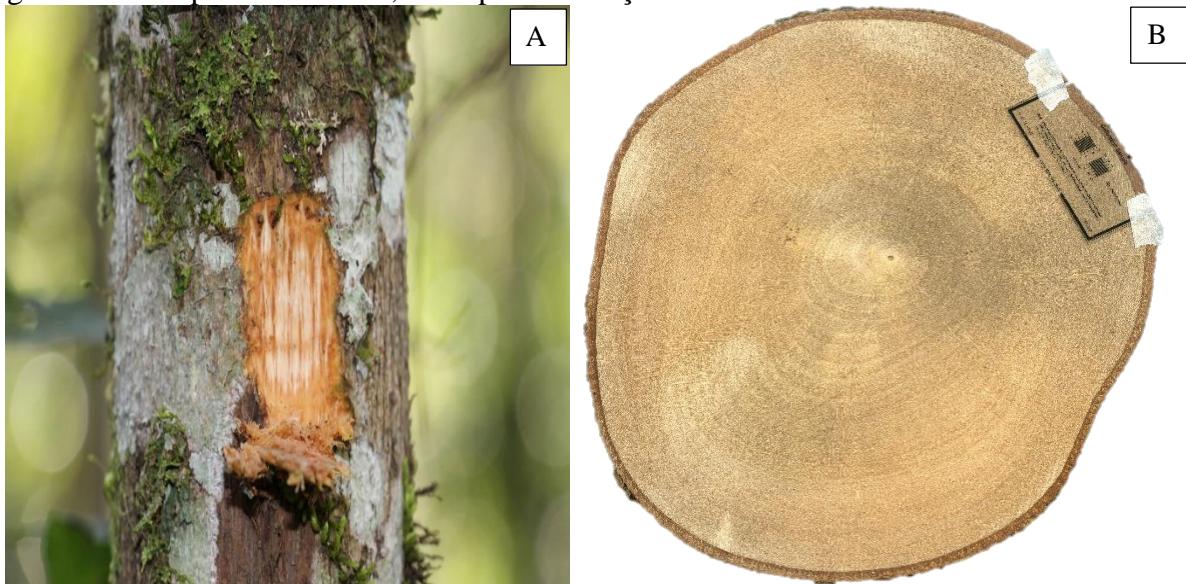
Fonte: A: SIDOL (2012); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.8 *Luehea divaricata* Mart. & Zucc.

A espécie *Luehea divaricata* pertencente à família Malvaceae é conhecida popularmente como açoita-cavalo (CARVALHO, 2008).

Possui madeira (Figura 9) com textura média, grã direta, resistente, flexível e de baixa resistência ao ataque de xilófagos. A madeira é empregada na confecção de móveis curvados, na construção civil, caixotaria e coronha de armas (LORENZI, 1992).

Figura 9 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Luehea divaricata*.



Fonte: A: Dendrologia Paic (2017); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.9 *Machaerium paraguariense* Hassl.

A espécie *Machaerium paraguariense* pertence à família Fabaceae e é conhecida popularmente como farinha-seca, sapuva, canela-do-brejo, jacarandá-branco, bico-de-pato cateretê ou pau-de-malho (DIAS et al., 1998).

A madeira (Figura 10) é de boa qualidade, não apresenta distinção entre cerne e alburno, sendo indicada para construção civil (CARVALHO, 2014).

Figura 10 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Machaerium paraguariense*.



Fonte: A: Dendrologia Paic (2017); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.10 *Ocotea indecora* (Schott) Mez

A espécie *Ocotea indecora* pertence à família Lauraceae, sendo estas conhecidas popularmente como canela, canela pimenta ou canelinha (ASSIS e SILVA, 2010).

As madeiras (Figura 11) das espécies do gênero *Ocotea* apresentam boas características físicas e mecânicas. Com anéis de crescimento distintos, cerne e alburno pouco distinto e presença de forte odor característico (ASSIS, 2009).

Figura 11 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Ocotea indecora*.



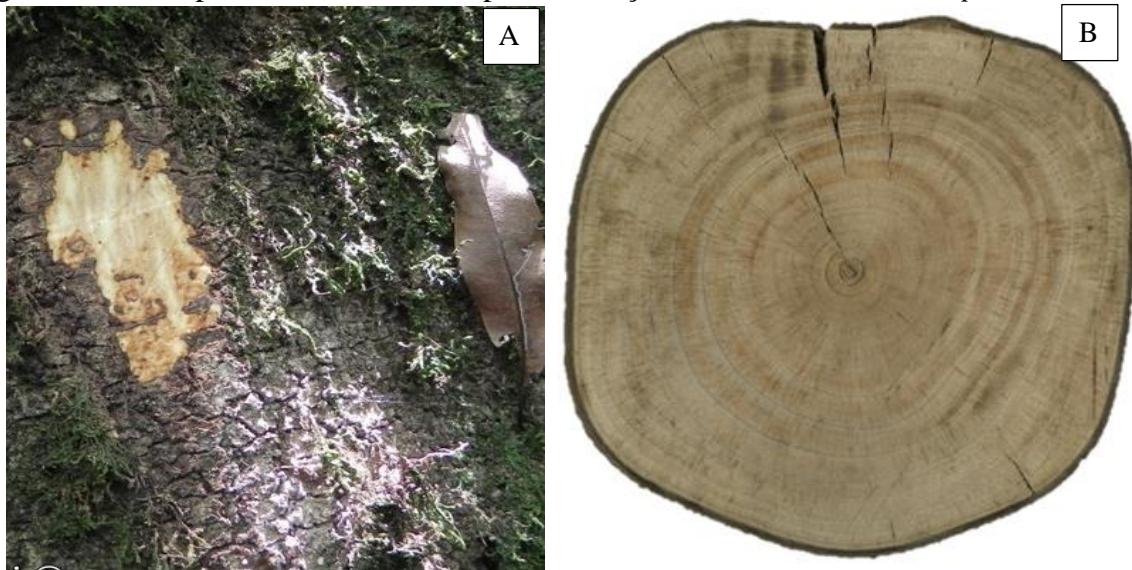
Fonte: A: Dendrologia Paic (2017); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.11 *Ocotea puberula* (Rich.) Nees

A espécie *Ocotea puberula* pertence à família Fabaceae e é conhecida popularmente como amansa-bestas, canela, canela-guaiaca ou canelão (CARVALHO, 2014). É uma espécie arbórea nativa, comum no planalto meridional, principalmente em florestas com araucárias (LORENZI, 1998).

A madeira não possui distinção entre cerne e alburno (Figura 12) e é utilizada para marcenaria, carpintaria, produção de móveis, portas, forro, tabuado, compensados e revestimento de interiores (MAINIERI, 1973).

Figura 12 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Ocotea puberula*.



Fonte: A: UFRGS (2012); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.12 *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.

A espécie *Picrasma crenata* pertence à família Simaroubaceae e é conhecida popularmente como quina, pau-tenente ou pau-amargo (BEGNINI et al., 2010).

A espécie é utilizada principalmente como ornamental ou para a arborização urbana de parques e praças. A madeira (Figura 13) apresenta distinção entre cerne e alburno e é de baixa qualidade (CARVALHO, 2014).

Figura 13 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Picrasma crenata*.



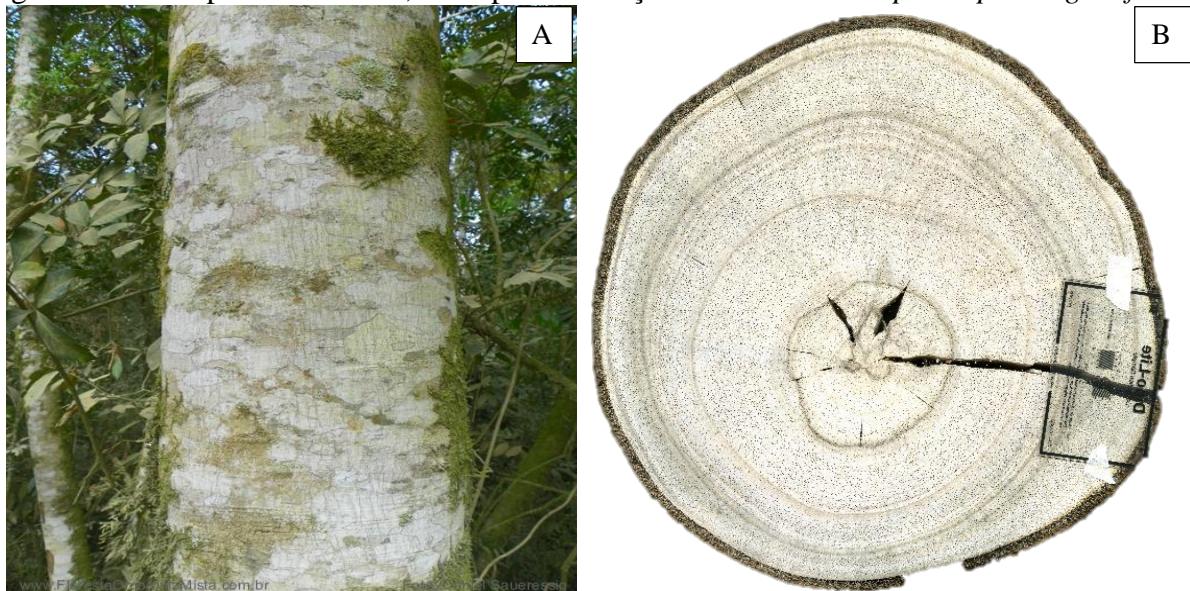
Fonte: A: Unicentro (2012); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.13 *Piptocarpha angustifolia* Dusén ex Malme

A espécie *Piptocarpha angustifolia* pertence à família Asteraceae e é conhecida popularmente como vassourão-de-branco, vassourão ou vassoura-branca (CARVALHO, 2014). Ocorre do Rio de Janeiro ao Rio Grande do Sul, em altitudes que variam de 300 (Santa Catarina) a 1.200 metros (Santa Catarina) é uma espécie característica da Floresta Ombrofila Mista (Floresta com araucária), ocorrendo também na mata ciliar (KLEIN, 1978).

A madeira é leve (0,40 a 0,57g/cm³), a 15% de umidade. A cor do alburno (bege) não se diferencia do cerne, podendo ser usada na construção civil, em obras internas, na confecção de caixotes e chapas de madeira compensada e aglomerada (CARVALHO, 2003) (Figura 14).

Figura 14 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Piptocarpha angustifolia*.



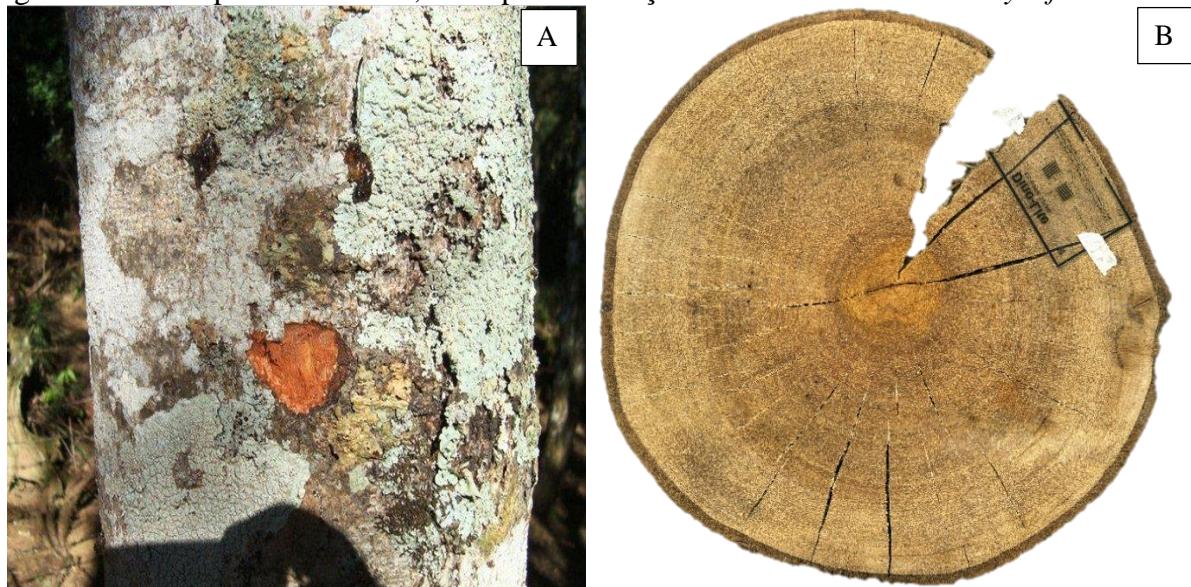
Fonte: A: SIDOL (2012); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.14 *Prunus myrtifolia* (L.) Urb.

A espécie *Prunus myrtifolia* pertence à família Rosaceae, conhecida popularmente como pessegueiro-bravo ou pessegueiro-do-mato. Tem ocorrência na Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa, de Minas gerais ao Rio Grande do Sul (CARVALHO, 2008).

Madeira levemente pesada, cerne róseo-amarelado-claro (Figura 15), com estrias longitudinais, geralmente curtas e avermelhadas, correspondentes aos canais secretores axiais, textura fina, grã direita. A madeira é considerada de moderada resistência ao ataque de organismos xilófagos (MAINIERI & CHIMELO, 1989).

Figura 15 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Prunus myrtifolia*.



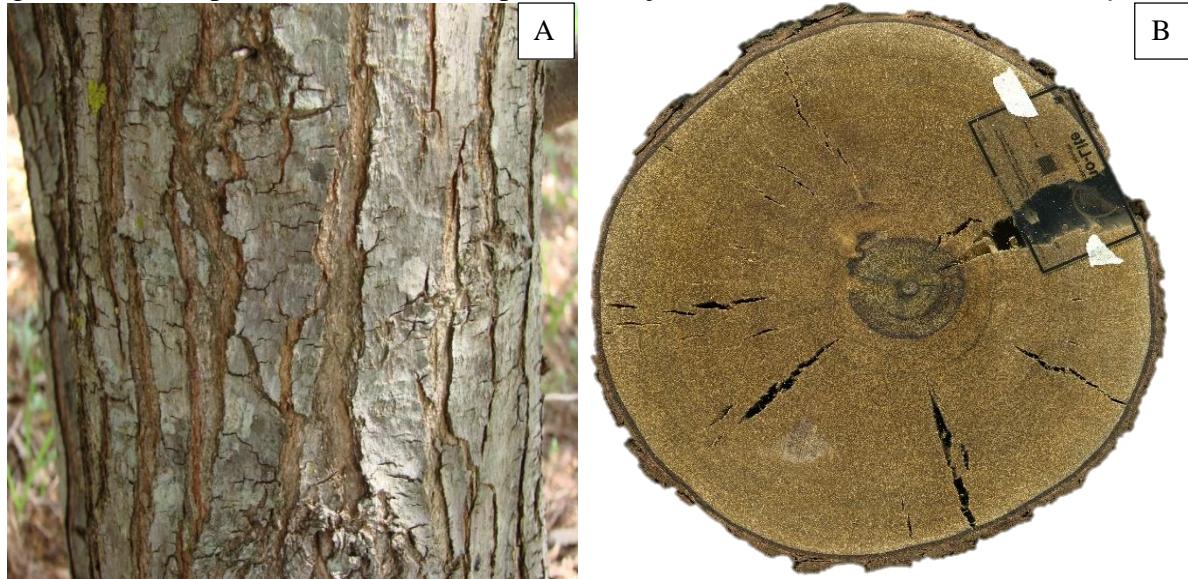
Fonte: A: Unicentro (2012); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.15 *Schinus terebinthifolius* Raddi

A espécie *Schinus terebinthifolius* pertence à família Anacardiaceae e é conhecida como aroeira, aroeira-vermelha, aroeira-mansa, aroeira-branca, aroeira-pimenteira, entre outros (REITZ; KLEIN; REIS, 1988; REITZ, 1989; SANCHOTENE, 1989; CARVALHO, 1994; LORENZI, 1998; BACKES; IRGANG, 2002). Ocorre de Pernambuco até o Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul em várias formações vegetais (LORENZI, 1998; BACKES; IRGANG, 2002).

Sua madeira (Figura 16) é de grande durabilidade natural, podendo ser utilizada para moirões, esteios, lenha e carvão (SANCHOTENE, 1989; CARVALHO, 1994; LORENZI, 1998; BACKES; IRGANG, 2002).

Figura 16 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Schinus terebinthifolius*.



Fonte: A: SIDOL (2012); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.16 *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm.

A espécie *Sebastiania commersoniana* pertence à família Euphorbiaceae, conhecida popularmente como branquinho, é uma espécie arbórea característica das planícies aluviais da Floresta Ombrófila Mista, sendo um dos elementos que melhor caracteriza o estrato arbóreo das florestas ciliares encontradas em várzeas planas do primeiro e do segundo planalto paranaense (SILVA et al., 1992).

Lorenzi (1992) relata o uso desta espécie como madeira serrada para caixotaria, como planta medicinal e, destaca o seu valor ecológico para a recuperação de áreas úmidas degradadas (Figura 17).

Figura 17 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Sebastiania commersoniana*.



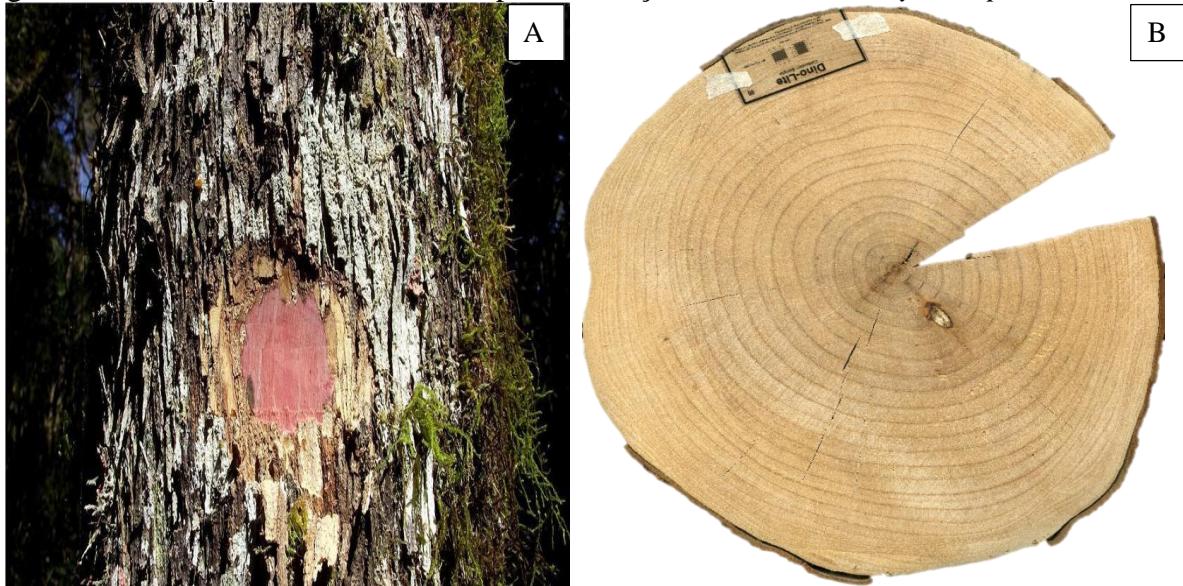
Fonte: A: Dendrologia Paic (2017); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.17 *Styrax leprosus* Hook. & Arn.

A espécie *Styrax leprosus* pertence à família Styracaceae e é conhecida popularmente como canela-seiva, benjoeiro, carne-de-vaca, jaguatinga, maria-mole-graúda, pau-de-remo (LORENZI, 2009). Tem ocorrência em Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (FRITSCH, 2010).

A madeira (Figura 18) desta espécie é leve, macia ao corte e de textura grossa, portanto é pouco resistente ao ataque de organismos xilófagos, podendo ser utilizada para obras internas, forro, lâmina e caixaria (LORENZI, 2009).

Figura 18 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Styrax leprosus*.



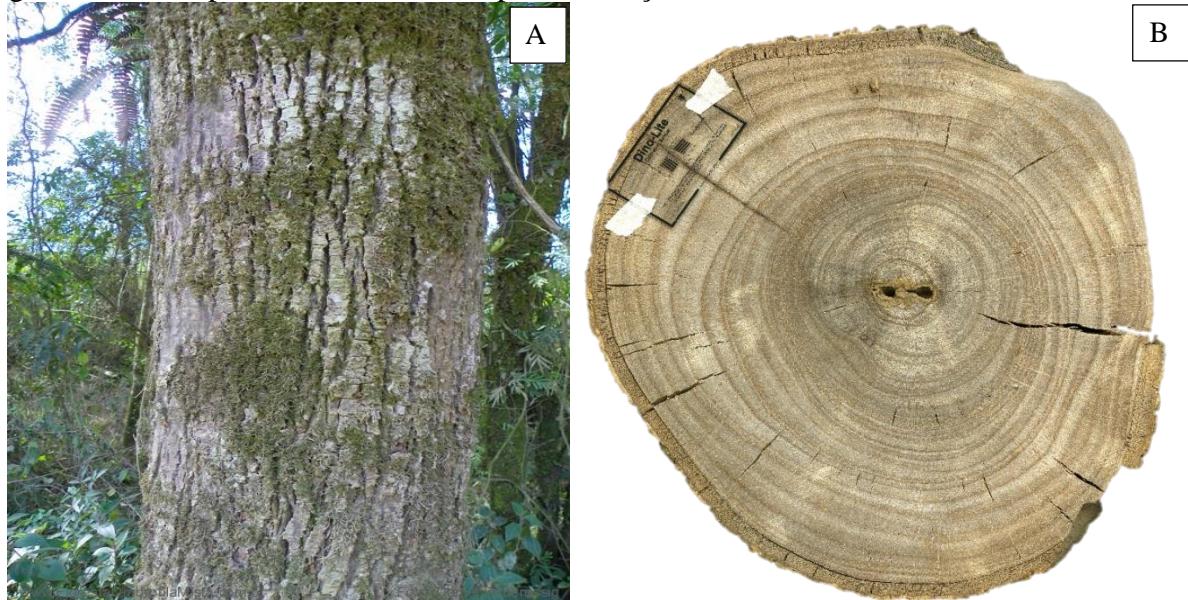
Fonte: A: Unicentro (2012); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.18 *Vernonanthura discolor* (Spreng.) H.Rob.

A espécie *Vernonanthura discolor* pertence à família Asteraceae e é popularmente conhecida como vassourão-preto ou pau-toucinho. Tem ocorrência na Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul é uma espécie característica da Floresta Ombrófila Mista, podendo ser encontrada também em regiões de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Decidual e Semidecidual (KLEIN, 1978).

Apresenta madeira (Figura 19) com alburno e cerne indistintos de cor branca medianamente macia (REITZ, KLEIN & REIS, 1983). A madeira pode ser utilizada para caixotaria, aglomerados, tacos de sapatos e tamancos. Potencialidade de uso em painéis industrializados de madeira como o MDF (Medium-density fiberboard), em substituição a madeira maciça. O rápido crescimento da espécie, aliado a existência de um mercado produtor e consumidor de MDF, especialmente com a indústria moveleira de Santa Catarina, torna o vassourão-preto uma boa alternativa ao plantio de espécies exóticas com esta finalidade (SALOME, 2002).

Figura 19 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Vernonanthura discolor*.



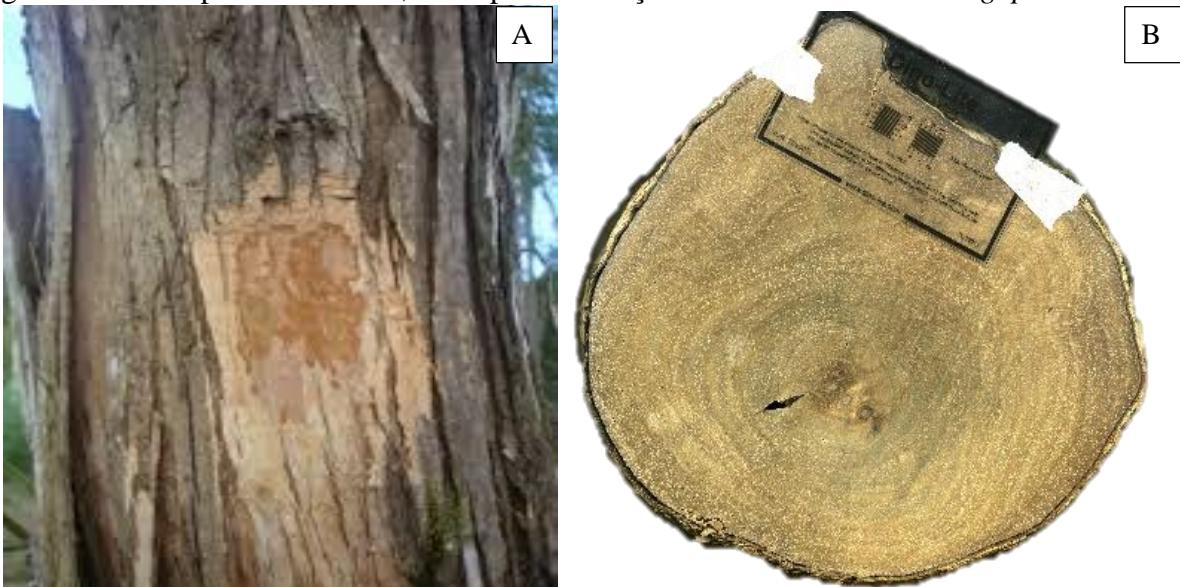
Fonte: A: SIDOL (2012); B: Danielli e Vieira (2016).

3.2.19 *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke

A espécie *Vitex megapotamica* pertence à família Verbenaceae, conhecida popularmente como tarumã azeitona, tarumã ou azeitona-do-mato. Ocorre sobre uma vasta área, desde os estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul, e ainda na Argentina, Paraguai e Uruguai. No estado do Paraná, ocorre na Floresta Ombrófila Mista e na Floresta Estacional Semideciduval (CARVALHO, 2006).

Sua madeira (Figura 20) é bastante procurada devido à sua resistência mecânica e durabilidade elevada quando exposta ao ambiente externo e em contato com o solo, motivo pelo qual se recomenda a espécie para o desdobro em postes, moirões e vigas (LORENZI, 2002).

Figura 20 - A: Aspecto do tronco; B: Aspecto da seção transversal de *Vitex megapotamica*.



Fonte: A: Useful Tropical Plants 2013) B: Danielli e Vieira (2016).

3.3 ANÉIS DE CRESCIMENTO

Anéis de crescimento anuais são camadas de células, formados durante uma estação de crescimento no xilema e floema secundário do tronco e raízes de espécies que apresentam crescimento secundário e podem ser vistos em seção transversal (KAENNEL E SCHWEINGRUBER, 1995; EVERET, 2006).

A formação dos anéis de crescimento é resultado das mudanças da atividade cambial devido à temperatura, fotoperíodo, precipitação e fatores endógenos que controlam o ritmo de crescimento de uma árvore (FAHN *et al.*, 1981). Podem ser visíveis a olho nu ou através do

microscópio, devido a diferenças nas propriedades físicas dos elementos do xilema, produzidos durante o crescimento cíclico (BROWN, 1974).

A formação de anéis anuais também pode ser causada por inundação de grandes rios nos trópicos. Um longo período de duração da inundação e elevação do nível do espelho d'água resulta em condições de anoxia sobre os sistemas radiculares das plantas e a redução da atividade da raiz pode provocar dormência cambial e consequentemente a formação dos anéis de crescimento (WORBES, 1985).

Em locais de solos mais secos as variações em anéis anuais estão correlacionadas mais fortemente à temperatura e à precipitação (TRENARD, 1982). Onde ocorre pequena variação de temperatura média anual, a umidade é o principal fator do crescimento cíclico em árvores (WORBES, 1985). Em regiões com estação seca definida, a largura dos anéis anuais de crescimento está correlacionada com o período de disponibilidade de água (ASH, 1983; DÉTIENNE, 1989).

Os limites dos anéis de crescimento podem ser marcados por uma ou mais mudanças estruturais das células, como: células das fibras com paredes espessadas e diâmetro radial menor no sentido radial; diferenças de diâmetro dos vasos entre o lenho inicial e o lenho tardio; presença de parênquima marginal; elementos de vasos ou traqueídeos vasculares muito estreitos e numerosos, presentes no lenho tardio e ausentes no lenho inicial; e alargamento dos raios (IAWA, 1989).

Entretanto, em espécies que não têm uma periodicidade de crescimento conhecida, o estudo dos anéis de crescimento é mais complicado, pois há a formação de anéis falsos (WORBES, 1985). Esses anéis falsos podem formar-se em períodos prolongados de seca ou chuva, além de outros fenômenos climáticos nas regiões tropicais, que contribuem para interrupção temporária da atividade cambial, propiciando a formação de mais de um anel de crescimento no intervalo de um ano (COSTA, *et al.*, 2006).

Nas angiospermas com porosidade difusa, os anéis de crescimento nem sempre são de fácil visualização, especialmente aqueles cuja única marca entre camadas sucessivas é o achatamento radial dos últimos elementos formados. No entanto, muitas espécies de poros difusos produzem mais fibras que vasos perto do limite do anel de crescimento, o que facilita sua visualização (BROWN, 1974; ZHANG; BAAS; ZANDEE, 1992).

Nas pesquisas dendrocronológicas em árvores de espécies tropicais e subtropicais, é fundamental a aplicação de metodologias e de exames acurados para a determinação e caracterização dos anéis de crescimento presentes no lenho, bem como a identificação dos fatores climático-ambientais que induzem a periodicidade da atividade cambial, a formação dos

anéis de crescimento e a determinação da idade das árvores (TOMAZELLO FILHO; BOTOSSO, 2001).

Palermo et al. (2002) destacam que os principais métodos para a investigação dos anéis de crescimento e do ritmo de crescimento em diâmetro do tronco das árvores sub-tropicais e tropicais são classificados em dinâmico e estático.

No método dinâmico de análise das árvores, destacam-se as metodologias aplicadas aos (i) eventos fenológicos, (ii) contínua avaliação do crescimento em diâmetro do tronco aplicando dendrômetros de faixa de aço, (iii) aplicação de injúrias cambiais (janelas de Mariaux) e exame das cicatrizes no lenho e da (iv) avaliação da atividade cambial com a coleta de amostras do lenho e/ou aplicação de equipamentos (ex.: Shigometer).

No método estático utilizam-se as metodologias da anatomia do lenho e de dendrocronologia como (i) caracterização da estrutura anatômica, demarcação, contagem e mensuração dos anéis de crescimento de amostras do lenho das árvores extraídas por métodos não destrutivos e destrutivos, (ii) datação dos anéis de crescimento por rádio carbono, (iii) datação de cicatrizes no lenho provocadas por incêndios, (iv) determinação da variação radial da densidade do lenho por densitometria de raios X e demarcação dos anéis de crescimento, (v) isótopos estáveis, etc.

3.4 DENDROCRONOLOGIA DE ESPÉCIES NATIVAS

A análise dos anéis de crescimento originou uma ciência, que possibilita a datação das árvores de espécies arbóreas e de peças de madeira, denominada de Dendrocronologia (do grego: *dendro* = árvores, *chronos* = tempo e *logus* = estudo). A dendrocronologia baseia-se no princípio do qual as árvores que se desenvolveram em condições semelhantes ao longo de um período de anos deveriam apresentar sincronismo na variação da largura dos seus anéis de crescimento, permitindo a datação cruzada. A datação cruzada de amostras do lenho de árvores vivas permite determinar o ano de formação dos anéis de crescimento, coincidindo-os com os anos do calendário (BROWN, 2003).

No início do século XX a dendrocronologia se consolidou como ciência, principalmente, pelas pesquisas realizadas por Andrew E. Douglass, pioneiro no desenvolvimento de metodologias para a análise da relação das séries temporais dos anéis de crescimento e as variáveis do clima (SCHWEINGRUBER 1988, 1996).

Para determinadas espécies de regiões tropicais, existe a dificuldade de se determinar com exatidão a idade das árvores por meio dos anéis de crescimento, pois muitas vezes, esses

anéis são indistintos e, mesmo quando aparentes, podem não expressar a idade real da árvore (PALERMO *et al.*, 2002).

Em regiões de clima temperado os anéis de crescimento geralmente representam o incremento anual das árvores. Em um anel distinguem-se normalmente duas partes: o lenho inicial e o lenho tardio. O lenho inicial corresponde ao crescimento da árvore no período vegetativo, quando as plantas despertam do tempo de dormência e reassumem suas atividades fisiológicas. O lenho tardio, formado durante o período de dormência, quando as células diminuem paulatinamente a sua atividade fisiológica, apresenta células com parede secundária mais espessa e lúmen menor, o que gera uma tonalidade mais escura que permite distingui-lo do lenho inicial. É essa alternância de cores que evidencia os anéis de crescimento de muitas espécies, principalmente das Gimnospermas. Para Angiospermas, os anéis de crescimento podem destacar-se por diferentes padrões de características anatômicas na madeira, proporcionando-lhes uma maior complexidade e variação na formação das camadas de crescimento (BOTOSSO; MATTOS, 2002).

A dendrocronologia reúne uma grande quantidade de dados de alto valor para a tomada de decisões no manejo florestal, como registros de crescimento, qualificação e acompanhamento dos volumes de madeira produzidos, assim como a estimativa da biomassa e do CO₂ fixado na madeira, sendo uma fonte importante de informação à respeito da sua qualidade ao permitir observar sua heterogeneidade, formação e defeitos. Admite a realização de estudos de autoecologia, avaliação ou resposta de atividades silviculturais e de reconstrução de eventos climáticos, entre outros (CORREA, 2003).

Conforme Corona (1986), a dendrocronologia tem sua aplicação em múltiplos eventos ambientais, estudados pelas disciplinas de dendroclimatologia, dendroecologia, dendroclimatografia, dendroquímica, dendrohidrologia, dendrogeomorfologia, dendrosismologia, dendroglaciologia, dendroarqueologia, entre outras, consideradas as mais exploradas no campo científico.

A metodologia de extração das amostras do lenho do tronco das árvores pode ser pelo método destrutivo e não destrutivo. O primeiro, comprehende a extração das amostras do lenho pelo corte das árvores. O método não destrutivo consiste na extração de amostras do lenho do tronco das árvores utilizando sondas metálicas manuais ou acopladas a equipamentos motorizados, permitindo a análise das propriedades e características do lenho, tendo como principal vantagem a manutenção da integridade da árvore em seu ecossistema natural ou plantio (ROSS *et al.*, 1998; CASTRO, 2011).

Santarosa et al. (2007) avaliaram a sazonalidade do crescimento da *Araucaria angustifolia* no município de São Francisco de Paula, estado do Rio Grande do Sul. Concluíram que os 12 indivíduos amostrados formaram dois anéis por ano, indicando a sazonalidade na formação dos anéis de crescimento. Ainda foi possível determinar o padrão interanual da atividade cambial, ou seja, durante os meses de primavera e verão ocorreu a formação de lenho inicial, enquanto nos meses de outono e inverno ocorreu a formação de lenho tardio. Uma vez que neste local a precipitação é bastante regular durante todo o ano, as variações anuais de temperatura explicam o padrão observado.

Mattos et al. (2010) estudaram o crescimento passado de seis espécies nativas da Floresta Ombrófila Mista (*Araucaria angustifolia*, *Ocotea porosa*, *Ilex paraguariensis*, *Cedrela fissilis*, *Ocotea puberula* e *Ocotea pulchella*), na Reserva Florestal EMBRAPA/EPAGRI (Caçador, estado de Santa Catarina) a partir da análise dos anéis de crescimento. O número de amostras de cada espécie variou de 6 a 10. Foram comparados os crescimentos médios de cada espécie por classe de diâmetro de 20 cm de amplitude, médio individual e médio por década do período 1917 a 2006, utilizando para isso, a análise de variância e o teste Tukey a 1%. Concluíram que houve diferença no crescimento médio das classes diamétricas de *Ocotea porosa*, *Cedrela fissilis*, *Ocotea puberula* e *Ocotea pulchella*.

Spathelf et al. (2001) procederam a uma análise do crescimento de quatro espécies da Floresta Ombrófila Mista/Estacional Decidual (*Ilex brevicuspis*, *Erythroxylum deciduum*, *Cytharexylum montevidense* e *Rapanea ferruginea*) no município de Itaára, estado do Rio Grande do Sul. Foram coletadas amostras destrutivas de uma árvore dominante de cada espécie estudada, demonstrando haver viabilidade do emprego da técnica de análise de tronco para o estudo de crescimento das quatro espécies consideradas.

Andreacci (2012) avaliou os aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos da atividade cambial, fenologia vegetativa e ritmo de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em áreas de Floresta Ombrófila Mista e Densa no estado do Paraná. Concluiu que a espécie apresenta potencial para estudos dendrocronológicos, mas alguns cuidados devem ser tomados no método de amostragem das árvores. Também concluiu que sinais climáticos podem ser observados nas séries temporais de crescimento, fazendo desta uma espécie potencial para estudos dendroecológicos e dendroclimatológicos.

3.5 DENSITOMETRIA DE RAIOS X

A densidade do lenho das árvores é uma das propriedades físicas mais estudadas nas áreas de ciência e tecnologia pela sua relação com as demais propriedades da madeira, incluindo a caracterização dos anéis de crescimento (SCHINKER et al., 2003).

Basicamente, a densidade representa a medida da quantidade de material da parede celular de um dado volume de uma peça de madeira, ou seja, a massa do material lenhoso por unidade de volume.

As variações da densidade de uma amostra de madeira é resultado da disposição e das dimensões dos seus elementos anatômicos. A análise microdensitométrica da madeira indica, desta forma, a cronologia da produção anual de massa lenhosa de uma árvore, importante informação e relacionada com a sua estrutura anatômica (MOTHE et al., 1998).

A técnica da densitometria de raios X da madeira constitui-se em uma acurada ferramenta de análise dos anéis de crescimento, propiciando a determinação dos valores pontuais micrométricos da densidade aparente do lenho, representativas das variações inter e intra-anéis de crescimento (TOMAZELLO FILHO et al., 2005). Além disso, a mesma possibilita a determinação da produção anual da biomassa e carbono fixado nos anéis de crescimento do lenho e sua relação com a estrutura anatômica (MOTHE et al., 1998).

Esta metodologia consiste na obtenção de imagens do lenho através de um filme radiográfico, revelando o contraste das zonas dos anéis de crescimento de diferentes massas específicas. Pode, também, ser explicada pela determinação da variação da densidade dos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento anuais do lenho das árvores pela medição da absorção dos raios X “moles” ou de longo comprimento de onda e que atravessam as seções finas da madeira (POLGE, 1965; FERRAZ & TOMAZELLO FILHO, 1978). A técnica utiliza uma fina seção transversal de madeira, disposta sobre um filme radiográfico, é exposto a uma fonte de raios X, com a passagem da radiação através da amostra de madeira, formando uma imagem de sua estrutura transversal (CHAGAS et al., 2005).

Dentre as principais vantagens da aplicação desta metodologia para o estudo do lenho das árvores destacam-se o registro radiográfico do lenho, alta sensibilidade e resolução, velocidade de processamento dos dados e interpretação dos perfis radiais de densidade (CASTRO, 2011).

A densitometria de raios X pode ser interessante em árvores com anéis de crescimento pouco visíveis, com a diferença da densidade aparente permitindo a demarcação do limite de cada anel de crescimento (TOMAZELLO FILHO et al., 2012). Porém, em árvores de espécies

com anéis de crescimento bem definidos como de *Tectona grandis* e de *Pinus caribaea*, a metodologia tem um potencial para estimar acúmulo anual de massa de lenho e de carbono (LISI, 2009). Possibilita também determinar a produção anual da biomassa de lenho e a relação com a sua estrutura anatômica; pode ser aplicada nos estudos da relação da genética, fertilização, irrigação, desrama, ataque de fungos e insetos, fatores climáticos e do solo, com a estrutura e qualidade da madeira (POLGE 1965; HUGHES; SARDINHA, 1975; MOTHE et al., 1998; TOMAZELLO FILHO et al., 2005).

Polge (1978) destaca que a aplicação desta técnica em amostras do lenho permite construir, com alta precisão, o perfil da variação radial da densidade aparente de uma seção transversal do lenho e até de anéis de crescimento. A significativa quantidade de valores pontuais de densidade aparente do lenho, ao longo da direção medula-casca, necessita ser condensada e, na sequência, confeccionados os gráficos do perfil densitométrico para a sua interpretação, com possibilidade de correlacioná-los com parâmetros anatômico-físico-químico, bem como com o efeito de variáveis, de origem climática, de manejo silvicultural ou tecnológica (KANOWSKI, 1985).

4 REFERÊNCIAS

- AMARAL, A.C.B. **Implantação da metodologia de densitometria de raios X em madeira.** 1994. 143 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- ANDREACCI, F. **Atividade cambial, fenologia vegetativa e ritmo de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em áreas de florestas ombrófilas mista e densa no estado do Paraná: aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos.** 2012. 59 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná.
- ARIZAPANA-ALMONACID, M. A. **Avaliação do crescimento e da qualidade do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla*, de 8 anos, de teste de progêneres, visando a produção de carvão vegetal.** 2013. 159 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais - Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- ASH, J. **Tree rings in tropical *Callitris macleayana* F. Muell.** Australian Journal of Botany, Victoria, v.31, p.277-281, 1983.
- ASSIS, L. C. S. **Sistemática e filosofia: filogenia do complexo Ocotea e revisão do grupo *Ocotea indecora* (Lauraceae).** Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo (USP). Instituto de Biociências São Paulo. 2009.
- ASSIS, L. C. S.; SILVA, R. **Two New Species of *Ocotea* (Lauraceae) from the Brazilian Restinga.** NOVON, v. 20, n. 2, p. 123-128, 2010.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul:** guia de identificação e interesse ecológico. As principais espécies nativas sul-brasileiras. Instituto Souza Cruz, 2002. 326 p.
- BEGNINI, R. M. et al. **Fitossociologia de três áreas com diferentes graus de perturbação no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC, Brasil.** Ecologia de Campo na Lagoa do Peri 2009, p. 79, 2010.
- BOTOSO, P. C.; MATTOS, P. P. **Conhecer a idade das árvores: importância e aplicações.** Colombo: Embrapa Florestas, 2002.

BOTOSO, P. C.; VETTER, R. E.; TOMAZELLO-FILHO, M. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareúba (*Calophyllum angulare* AC Smith, Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Mart. ex Benth, Leg. Caesalpinoideae) de floresta de terra firme, em Manaus AM. Dendrocronología en América Latina, p. 357-380, 2000.

BRASIL, M.A.M.; FERREIRA M. Características das fibras de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, aos 3 anos de idade. IPEF, Piracicaba, n.19, p.80-97, 1979.

BROWN, C.L. Secondary growth. In: ZIMMERMANN, M.H.; BROWN, C L. **Trees structure and function.** New York: Springer-Verlag, 1974. p.67-123.

BROWN, P.M. **Introduction to dendrochronology lecture 1:** Basic terminology and concepts. Tucson: Rocky Mountain Tree-ring Research, 2003. p. 21.

CARVALHO, P. E. R. **Açoita-Cavalo (*Luehea divaricata*)**. Colombo: Circular técnica; Colombo: Embrapa Florestas, 2008.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Técnica, 2003, 1039 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Paulo Ernani Ramalho Carvalho. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2010. 644p. il. Color.; (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, v. 4).

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras:** recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: Embrapa-Florestas, 1994. 640 p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras** - Brasília, DF: Embrapa informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2014. 634 p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol. 2. Brasília, DF: Embrapa informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2006. 627 p.

CASTRO, V.R. **Aplicação de métodos não destrutivos na avaliação das propriedades físicas do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. e *Tectona grandis* (L.f.)** 2011. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CHAGAS, M. P. et al. **Manual de aplicação densitometria de raios-X em amostras de madeira, Crad e Cerd.** 2005. 32 f. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CAPOBIANO, J. P. R. **Mata Atlântica: conceito, abrangência e areal original.** In: SCHAFFER, W. B.; PROCHNOW, M. A Mata Atlântica e você. Brasília, DF: Apremavi. 202. p. 111-124.

CORONA, E. **Dendrochronologia: principi e applicazioni.** Verona: Intituti Italiano de Dendrochronologia, 1986. 103p.

CORREA, J.E. **Dendrocronología, buscando las edades del árbol tropical.** Revista el Mueble y La Madera, 2003. Disponível em: <<http://www.revista-mm.com/rev41/art11.htm>>. Acesso em: 04 abril. 2016.

COSTA, C. G. et al. Xilema. In: APEZZATO-DA-GLÓRIA, B. E CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal.** (2 Ed. atual). Viçosa: Editora UFV, p. 129-154, 2006.

DÉTIENNE, P. **Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods.** IAWA Journal, Utrecht, v. 10, n.2, p. 123-132, 1989.

DIAS, M. C. et al. **Composição florística e fitossociologia do componente arbóreo das florestas ciliares do rio Iapó, na bacia do rio Tibagi, Tibagi, PR.** Brazilian Journal of Botany, v. 21, n. 2, p. 183-195, 1998.

DICKISON, W. C. **Integrative Plant Anatomy.** Harcourt Academic Press, San Diego. 533p., 2000.

EVERT, R. F. **Esau's Plant Anatomy.** Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: Their Structure, Function and Development. 3 ed, Madison, 601p., 2006.

FAHN, A. et al. **Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees.** In: F.H. Bormann e G. Berlyn (eds.): Age and growth rate of tropical trees: new directions for research: 83–100 (Bull. 94), Yale University, New Haven. 1981.

FERRAZ, E.S.B.; TOMAZELLO FILHO, M. **Uso de métodos nucleares nos estudos da qualidade da madeira.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., 1978, Manaus. Anais... Manaus: Ed. SBS, v. 2, 1978. p.17-27.

FONSECA, F.M.A.; LOUSADA, J.L.P.C. **Variação da densidade e diferenciação das madeiras de 14 espécies de pinheiros com 8 anos de idade, cultivados em Angola.** Vila Real: UTAD, 1986. 27p.

FRITSCH, P.W. 2010. Styracaceae *in Lista de Espécies da Flora do Brasil.* Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

GOMES, C. G. et al. **Árvores da Serra dos Tapes: Guia de Identificação com Informações Ecológicas, Econômicas e Culturais.** Distrito Federal: Embrapa, 2013. 171 p.

GONÇALVES, T.O. et al. **Hidroquinona:** Princípio antioxidante e tóxico de *Casearia decandra* (Salicaceae). Reunião Anual da SBQ, 1 cd-rom, Fortaleza, Brasil, 2009.

HUGHES J. F.; ESAN D. **Variation in some structural feature and properties of Gmelina arborea.** Tropical Science, Chichester v.11, n.1, p.23-37, 1969.

HUGHES, J. F.; SARDINHA, R. M. A. **The application of optical densitometry in the study of wood structure and properties.** Journal of Microscopy, Oxford, v. 104, n. 1, p. 91-103, 1975.

INOUE, M. T.; RODERJAN, C.V.; KUNIYOSHI, Y.S. **Projeto madeira do Paraná.** Curitiba: FUPEF/UFPR, 260 p. 1984.

IBGE - INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE – Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1997.208p.

IAWA COMMITTEE - INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS List of microscope features for hardwood identification. IAWA Bulletin New Series, Leiden, v. 10, n. 3, p. 219 – 332, 1989.

KAENNEL, M.; SCHWEINGRUBER. F.H. **Multilingual glossary of dendrochronology: terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian.** Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research; Berne. 1995.

KANOWSKI, P. **Densitometric analysis of large number of wood samples.** Journal of the Institute of Wood Science, London v.10, n.4, p.145-151, 1985.

KLEIN, R. M. **Importância sociológica das mirtáceas nas florestas riograndenses.** In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 34., 1984, Manaus. Anais... Manaus: Sociedade Botânica do Brasil, 1984. p. 367-275.

KLEIN, R.M. 1978. Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina. In: Reitz, R. (ed.). **Flora Ilustrada Catarinense.** Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí. 24p.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira de *Pinus oocarpa* Shiede e *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr e Golf.** 1989. 132p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

KUERA, N. Y. M. **Árboles comunes del Paraguay.** Paraguai: Mercúrio, 2002. 458 p.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. **Geografia do Brasil:** Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE – Diretoria de Geociências, 1990. p. 113-150. (vol.2).

LISI, C.S. **Estudo dendrocronológico e da biomassa do carbono em anéis de crescimento do tronco de árvores da Mata Atlântica:** relatório técnico. Rio de Janeiro: IBAMA, 2009. 26p.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze., no Sul do Brasil.** Curitiba: UFPR. 1980. 198 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1980.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum, v.1, 1998. 352 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil., 3. ed., Editora Plantarum, Nova Odessa, vol. 1, 2000. 352p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009. v. 2, 384 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 342 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarium, 2002. p. 360.

LORENZI, H. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**: De consumo *in natura*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640 p.

LOUSADA, J.L.P.C. **Variação fenotípica e genotípica em características estruturais na madeira de *Pinus pinaster* Ait: parâmetros genéticos na evolução juvenil-adulto dos componentes densidade da madeira**. 2000. Vila Real: UTAD, 2010. (Série Didática n.143).

LOUSADA, J.L.P.C.; FONSECA, F.M.A.; SILVA, M.E.C.M. **Relações entre componentes da densidade da madeira no lenho juvenil e lenho adulto em *Pinus pinaster* Ait**. In: CONGRESSO FLORESTAL NACIONAL; 3., 1994, Vila Real. Vila Real: Anais... Vila Real: UTAD, 1994. p.393-405.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Olympio, 1968. 450 p.

MAINIERI, C. **Madeiras do Litoral Sul**: São Paulo, Paraná e Santa Catarina. São Paulo: Instituto Florestal, 1973. 86 p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.

MARQUETE, N. et al. Combretaceae. **Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://floradobrasil. jbrj. gov. br/jabot/floradobrasil/FB90> (25/10/2016), 2010.

MATTOS, J. R. **Estudo pomológico dos frutos indígenas do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SIPA, 1956. 82p. (Fascículo, 2).

MATTOS, P. P. et al. **Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos**. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v.30, n. 64, p. 319-326, nov./dez. 2010.

MOTHE, F. et al. **Localisation de la transition bois initial - bois final dans un cerne de chêne par analyse microdensitométrique**. Annales des Sciences Forestières, Champenoux, Institut national de la recherche agronomique, équipe de recherches sur la qualité des bois, v. 4, n. 55, p. 437 - 449, 1998.

OLIVEIRA, B.: **As Regiões de Ocorrência Normal de Araucária**. An. Bras. Econ. Flor, v. 1, n. 1, p. 185-199, 1948.

OLIVEIRA, J.T.S.; HELLMEISTER, J.C.; TOMAZELLO FILHO, M. **Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto.** Revista Árvore, Viçosa, v.29, n.1, p.115- 127, 2005.

PALERMO, G. P. M. et al. **Métodos e técnicas de diagnose de identificação dos anéis de crescimento de árvores tropicais.** Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 165-175. 2002.

PANSHIN, A.J.; ZEEUW, C. **Structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the U. S. and Canadá.** Textbook of Wood Technology. 4ed. Boston: McGraw-Hill College, 1980.

POLGE, H. **Fifteen years of Wood radiation densitometry.** Wood Science and Technology, Berlin, v.12p. 187-196, 1978.

POLGE, H. **Study of wood density variations by densitometric analysis of X-ray negatives of samples taken with a Presslet Auger.** In: SYMPOSIUM OF I.U.F.R.O., 1965, Melbourne. Proceedings... Melbourne: IUFRO, 1965. Section 41, 19 p.

RAMBO, B. **O elemento andino do pinhal riograndense.** Na. Bot. Herb. Barbosa Rodrigues, Itajaí, v. 3, n. 3, p. 3-39, 1951.

RASEIRA, M. C. B. et al. **Especies frutíferas do sul do Brasil.** Pelotas: Embrapa clima Temperado, 2004. 122p.

REITZ, R. Anacarciáceas. In: **Flora Ilustrada Catarinense.** Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1989. 64p.

REITZ, R. Sapindáceas. In: **Flora Ilustrada Catarinense.** Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1980. 160 p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul.** [Porto Alegre]: SUDESUL, 1988. 525 p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: CORAG, 1983. 525 p.

ROSS, R.J. et al. **Nondestructive evaluation of wood.** Forest Products Journal, Madison, v. 48, n. 1, p. 14-19, 1998.

SALOMÈ, J . A. Levantamento e fenologia de plantas apícolas do estado de Santa Catarina. 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

SANCHOTENE, M.C.C. Frutíferas nativas úteis à fauna na arborização urbana. Porto Alegre: SAGRA, 1989. 306 p.

SANTAROSA, E. et al. Crescimento sazonal em *Araucaria angustifolia*: Evidências Anatômicas. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v.5, supl. 1, p 618-620, jul. 2007.

SCHINKER, M.G. et al. High-Frequency densitometry – a new method for the rapid evaluation of wood density variations. IAWA Journal, Leiden, v.24, n.3, p.231-239, 2003.

SCHWEINGRUBER, F. H. Tree Rings and Environment: Dendroecology. Hall Haupt Publishers, Berne and Stuttgart, Vienna, 609 p, 1996.

SCHWEINGRUBER, F. H. Tree rings: basics and applications of dendrochronology. Dordrecht: Reidel, 1988. 276 p.

SHIMOYAMA, V.R. Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp. 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo; 1990.

SILVA, M. J. et al. Phylogeny and biogeography of *Lonchocarpus* sensu lato and its allies in the tribe Millettiae (Leguminosae, Papilionoideae). Taxon, v.61, p. 93-108. 2012.

SILVA, S.M. et al. Composição florística e fitossociologia do componente arbóreo das florestas ciliares da Bacia do Rio Tibagi, Paraná: 2. várzea do rio Bitumirim, Município de Ipiranga, PR. Revta Inst. Flor. 4:192-198. 1992.

SOBRAL, M.; et al. Flora Arbórea e Arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil. São Carlos: RiMa Editora. 2006.

SOMMER, G. V. et al. (Ed.). Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Botânica: FAPESP, 2009. v. 6, p. 202-207.

SPATHELF, P. et al. Crescimento de espécies nativas de uma Floresta Estacional Decidual/Ombrófila Mista do Rio Grande do Sul. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 11, n. 2, 2001. p. 103-119.

SPURR, S.H.; HYVARINEN, M.J. **Wood fiber length as related to position in tree and growth.** Botanical Review, Lancaster, v.20, p.561-575, 1954.

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

TOMAZELLO FILHO, M. et al. **Manual de aplicação de densitometria de raios-X em amostras de madeira, CRAD e CERD.** Piracicaba, 2005, 32 p.

TOMAZELLO FILHO, M. et al. **Dendrocronologia e densitometria de raios x:** metodologias complementares para a análise dos anéis de crescimento de árvores de plantações e de florestas nativas. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA: DENDROECOLOGIA, 63., 2012, Joinville. Anais... Joinville: CNBOT, 2012. p. 14-33.

TOMAZELLO FILHO, M.; ROIG, F.; ZEVALLOS, P. **Dendrocronología y dendroecología tropical: Marco histórico y experiencias exitosas en los países de América Latina.** Ecología en Bolivia, La Paz, v. 44, n. 2, p. 73-82, 2009.

TRENARD, Y. **Making wood speak: an introduction to dendrochronology.** Forestry Abstracts, Sydney, v.43, n.12, p.729-759, 1982. Traduzido por K.E. Langdon.

WORBES, M. **Structural and Other Adaptations to Long-term Flooding by Trees in Central Amazonia.** Amazoniana, Vol.9:459-484, 1985.

ZHANG, S.Y.; BAAS, P.; ZANDEE, M. **Wood structure of the Rosaceae in relation to ecology, habit and phenology.** IAWA Journal, Utrecht, v. 13, n.3, p.307-349, 1992.

CAPÍTULO 1

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DA MADEIRA DE DEZENOVE ESPÉCIES DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

RESUMO

A densidade é uma das mais importantes propriedades e parâmetro de qualidade da madeira e de seus produtos. O presente trabalho teve como objetivo determinar a densidade aprente da madeira por meio da análise de densitometria de raios X e pelo método estereométrico de 19 espécies de ocorrência natural na Floresta Ombrófila Mista do Planalto Catarinense. A coleta do material foi feita de forma destrutiva de cada uma à altura do peito, com aproximadamente 5,0 cm de espessura, dos quais foram retiradas amostras de 2,0 mm de espessura, acondicionadas em câmara de climatização até o teor de umidade de equilíbrio de 12%. Em seguida, foram transferidas para a câmara de irradiação do equipamento de densitometria de raios X e expostas à varredura em um feixe colimado de raios X, sendo realizada a avaliação da densidade do lenho, que possibilita determinar a distribuição espacial da densidade em seu perfil radial. Para determinação da densidade aprente pelo método estereométrico, foram confeccionados seis corpos-de-prova de cada disco no sentido medula-intermediário-casca, sendo utilizada a norma NBR 7190. Foi possível estabelecer os valores médios da densidade aprente para cada espécie e ainda comparar os dois métodos de determinação utilizados. Assim, auxiliam na observação dos anéis de crescimento no lenho das árvores, estes são distinguíveis nas espécies que apresentaram as menores densidades aparentes, apresentar os valores médios de densidade aprente para as espécies estudadas, sendo que das 19 espécies, 10 foram classificadas como de alta densidade, cinco de média densidade e quatro de baixa densidade aprente. Os resultados obtidos através do uso dos dois métodos de determinação da densidade aprente foram semelhantes quando observados os valores médios e a alta correlação obtida.

Palavras-chave: Densidade. Densitometria de raios X. Método estereométrico.

1 INTRODUÇÃO

A densidade é uma das propriedades mais importantes da madeira, pois é a que melhor expressa sua qualidade para fins tecnológicos e industriais, determinando o uso mais adequado para cada espécie (NOGUEIRA & VALE, 1997; KLOCK, 2000). Esta propriedade está diretamente ligada com as propriedades físicas da madeira (AMARAL, 1994).

A densidade aprente da madeira é expressa pela razão entre a massa e volume da madeira, na condição de 12 % de umidade, de acordo com a ABNT (1997). O uso da densidade aprente se justifica devido à influência das diferenças de contração entre as espécies.

Existe uma grande amplitude quanto aos valores de densidade entre as madeiras, variando de valores próximos a 0,20 g/cm³ até 1,40 g/cm³. (KOLLMANN; CÔTÉ JUNIOR, 1968; KLITZKE, 2007). As variações da densidade de uma amostra de madeira são resultados da disposição e das dimensões dos seus elementos anatômicos (MOTHE et al., 1998), ocorrendo principalmente, devido à variação na espessura da parede celular e às alterações no volume de espaços vazios existentes no interior da madeira (DINWOODIE, 1981; PANSIN & ZEEUW, 1980).

A maior variabilidade da densidade do lenho das árvores ocorre no anel de crescimento anual devido à formação do lenho inicial (largo e de baixa densidade) e do tardio (mais estreito e de alta densidade). Existe também um padrão de densidade do lenho, da base para o topo e no sentido medula-casca (DADSWELL, 1960; POLGE; ILLY, 1967; SLUDER, 1972).

Essas variações são frequentemente causadas por tratamentos silviculturais, fatores genéticos, condições ambientais e a própria idade da árvore (WANGAARD, 1950; DELLA LUCIA et al., 1980; VITAL et al., 1980; DINWOODIE, 1981; NOGUEIRA & VALE, 1997; LATORRACA & ALBUQUERQUE, 2000;).

A densidade aparente da madeira pode ser determinada por métodos convencionais, que são aplicados para corpos-de-prova obtidos, de modo geral, por métodos destrutivos, não permitindo avaliações intra-inter anéis de crescimento e por métodos nucleares, como a técnica de densitometria de raios X que permite a determinação da densidade da madeira em intervalos micrométricos (CASTRO, 2011).

A técnica de densitometria de raios X consiste na obtenção de radiografias de uma fina seção transversal de madeira sobre um filme radiográfico. Esse filme exposto à fonte de raios X e a passagem da radiação pela amostra de madeira, forma-se a imagem da sua estrutura transversal (AMARAL, 1994).

Esta metodologia aplicada no estudo do lenho das árvores apresenta, como uma das principais vantagens, o registro radiográfico permanente das amostras do lenho e a alta sensibilidade e resolução, aliadas à velocidade de processamento dos dados de densidade e a interpretação através dos perfis radiais de densidade (SILVA; LOUZADA, 2001).

A importância da determinação do perfil densitométrico da madeira, segundo Polge (1966), Dupont (1978), Moschler et al. (1989) e Amaral (1994), é essencial para a definição dos métodos de manejo de povoamentos florestais, de análise da produtividade, da qualidade da madeira, além de outros fatores que afetam o crescimento das árvores como ataque de pragas, poluição, fogo, dentre outros.

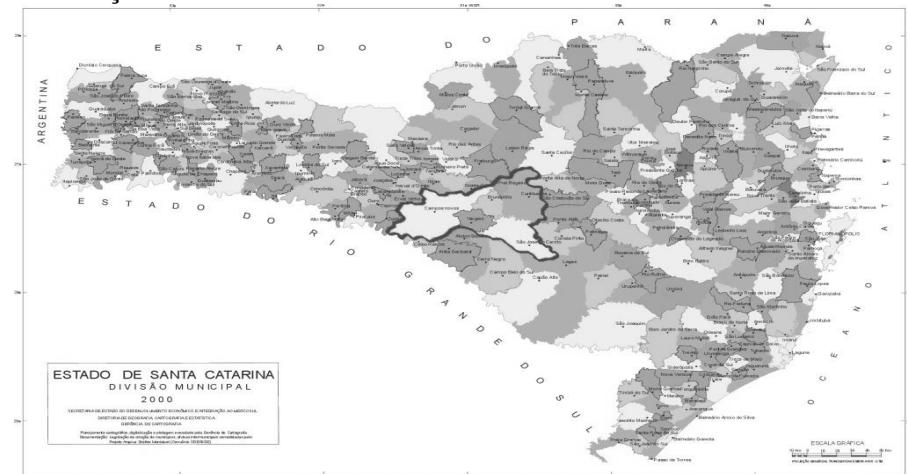
Portanto, o presente trabalho teve como objetivo a determinação da densidade aparente e obtenção do perfil radial do lenho de 19 espécies ocorrentes na Floresta Ombrófila Mista do estado de Santa Catarina, por meio da metodologia de Densitometria de raios X e compará-la com o Método Estereométrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E COLETA DO MATERIAL PARA ANÁLISE

Para as análises, as amostras das árvores foram coletadas no estado de Santa Catarina, abrangendo os municípios de Campos Novos, Brunópolis, Curitibanos, Frei Rogério, São José do Cerrito e Vargem onde esta localizada a Usina Hidrelétrica de São Roque (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área de coleta no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Adaptado IBGE, (2014).

As coletas das amostras foram realizadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), no ano de 2014. De cada espécie foram selecionadas aleatoriamente três árvores. De cada árvore retirou-se material botânico para a identificação, registro no Herbário de Lages, da Universidade do Estado de Santa Catarina (LUSC) e um disco de madeira.

A coleta do material foi feita de forma destrutiva, selecionando-se três árvores de cada espécie, sendo retirado um disco de cada uma à altura do peito (1,30 m do solo), com espessura de aproximadamente 5,0 cm cada disco. Os discos foram levados para a Universidade do Estado de Santa Catarina, Campus de Lages/SC (CAV-UDESC) para as posteriores análises.

2.2 ESPÉCIES FLORESTAIS SELECIONADAS

Foram utilizadas as madeiras de 19 espécies. A seguir estão listadas as espécies analisadas com suas respectivas informações taxonômicas e de coleta.

Tabela 1 – Espécies analisadas, informações taxonômicas e de coleta.

Espécie	Nome popular	Família	Disco	Número do Registro	DAP (cm)	Coordenada	Altitude (m)
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. <i>et al.</i>) Hieron. <i>ex</i> Niederl	Vacum	Sapindaceae	3-1	LUSC 6176	20	lat: -27.486717 long: -50.808372 WGS84	778
			3-2	LUSC 6177	16	lat: -27.483556 long: -50.80835 WGS84	708
			3-3	LUSC 6178	*	lat: -27.493744 long: -50.811817 WGS84	735
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Guaçatonga	Salicaceae	11-1	LUSC 6191	15	lat: -27.483619 long: -50.808639 WGS84	768
			11-2	LUSC 6192	20,1	lat: -27.486694 long: -50.806517 WGS84	786
			11-3	LUSC 6193	31,7	lat: -27.486706 long: -50.806533 WGS84	787
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Camboatá-vermelho	Sapindaceae	20-1	LUSC 6213	30	lat: -27.484189 long: -50.805719 WGS84	699
			20-2	LUSC 6214	24	lat: -27.484019 long: -50.806042 WGS84	703
			20-3	LUSC 6215	23	lat: -27.484042 long: -50.806008 WGS84	701
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	Uvaia	Myrtaceae	22-1	LUSC 6219	18	lat: -27.489200 long: -50.975007 WGS84	*
			22-2	LUSC 6220	15	lat: -27.482667 long: -50.811278 WGS84	750,9
			22-3	LUSC 6221	15	lat: -27.482761 long: -50.811514 WGS84	752,7
<i>Inga vera</i> Willd.	Ingá	Fabaceae	25-1	LUSC 6225	26	lat: -27.484728 long: -50.805003 WGS84	701
			25-2	LUSC 6226	18	lat: -27.484378 long: -50.805603 WGS84	851
			25-3	LUSC 6227	17,5	lat: -27.484228 long: -50.805753 WGS84	731
<i>Lithrea brasiliensis</i> Marchand	Aroeira-brava	Anacardiaceae	28-1	LUSC 6234	20	lat: -27.485989 long: -50.805428 WGS84	752
			28-2	LUSC 6235	19	lat: -27.485842 long: -50.804944 WGS84	745
			28-3	LUSC 6236	17	lat: -27.482867 long: -50.810547 WGS84	746
<i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. <i>ex</i> Benth.	Pau-canzil	Fabaceae	29-1	LUSC 6237	31,2	lat: -27.496892 long: -50.810606 WGS84	692
			29-2	LUSC 6238	25,1	lat: -27.497081 long: -50.810536 WGS84	696
			29-3	LUSC 6239	15	lat: -27.483572 long: -50.808342 WGS84	740
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo	Malvaceae	30-1	LUSC 6240	22	lat: -27.485931 long: -50.805131 WGS84	748
			30-2	LUSC 6241	21,5	lat: -27.483358 long: -50.807542 WGS84	737
			30-3	LUSC 6242	15	lat: -27.483675 long: -50.808847 WGS84	732
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	Jacaranda-branco	Fabaceae	31-1	LUSC 6243	18,3	lat: -27.489997 long: -50.805392 WGS84	734
			31-2	LUSC 6244	12,9	lat: -27.489997 long: -50.805417 WGS84	734
			31-3	LUSC 6245	11	lat: -27.490006 long: -50.805433 WGS84	734

Continua...

Tabela 1 – Cont...

<i>Ocotea indecora</i> (Schott) Mez	Canela	Lauraceae	41-1	LUSC 6267	41,2	lat: -27.493097 long: -50.807286 WGS84	680
			41-2	LUSC 6268	34,1	lat: -27.493061 long: -50.807292 WGS84	680
			41-3	LUSC 6269	17,5	lat: -27.49305 long: -50.807239 WGS84	679
			43-1	LUSC 6273	33,7	lat: -27.482531 long: -50.811214 WGS84	695
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Canela-sebo	Lauraceae	43-2	*	32,1	*	*
			43-3	LUSC 6275	29	lat: -27.482614 long: -50.811158 WGS84	746
			47-1	LUSC 6285	16,1	lat: -27.49095 long: -50.808708 WGS84	764
			47-2	LUSC 6286	10	lat: -27.49095 long: -50.8087 WGS84	765
<i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Engl.	Pau-amargo	Simaroubaceae	47-3	LUSC 6287	20,7	lat: -27.490636 long: -50.810522 WGS84	776
			48-1	LUSC 6288	19	lat: -27.487481 long: -50.813036 WGS84	797,1
			48-2	LUSC 6289	17	lat: -27.487458 long: -50.813125 WGS84	797,3
			48-3	LUSC 6290	22	lat: -27.487069 long: -50.810558 WGS84	766,4
<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme	Vassourão-branco	Asteraceae	50-1	LUSC 6294	25	lat: -27.486278 long: -50.806428 WGS84	777
			50-2	LUSC 6295	20	lat: -27.486242 long: -50.80272 WGS84	774
			50-3	LUSC 6296	28	lat: -27.489897 long: -50.805397 WGS84	729
			52-1	LUSC 6300	22	lat: -27.4834 long: -50.808819 WGS84	729
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira	Anacardiaceae	52-2	LUSC 6301	26	lat: -27.483308 long: -50.808906 WGS84	732
			52-3	LUSC 6302	25	lat: -27.482844 long: -50.809469 WGS84	732
			53-1	LUSC 6303	20,7	lat: -27.487325 long: -50.824008 WGS84	796
			53-2	LUSC 6304	21	lat: -27.487214 long: -50.812572 WGS84	796
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs	Branquilho	Euphorbiaceae	53-3	LUSC 6305	20	lat: -27.487236 long: -50.812503 WGS84	795
			55-1	LUSC 6309	18,3	lat: -27.48285 long: -50.810539 WGS84	74
			55-2	LUSC 6310	22	lat: -27.482792 long: -50.810456 WGS84	743
			55-3	LUSC 6311	17,1	lat: -27.482756 long: -50.810742 WGS84	744
<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	Carne-de-vaca	Styrecaceae	57-1	LUSC 6315	26	lat: -27.486772 long: -50.808183 WGS84	777
			*			lat: -27.487236 long: -50.812503 WGS84	
			57-3	LUSC 6317	35	lat: -27.486739 long: -50.807664 WGS84	779
			58-1	LUSC 6318	18	lat: -27.483717 long: -50.808158 WGS84	745
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	Tarumã	Verbenaceae	58-2	LUSC 6319	12	lat: -27.482675 long: -50.808981 WGS84	731
			58-3	LUSC 6320	11,5	lat: -27.482644 long: -50.808997 WGS84	732

*Sem registro

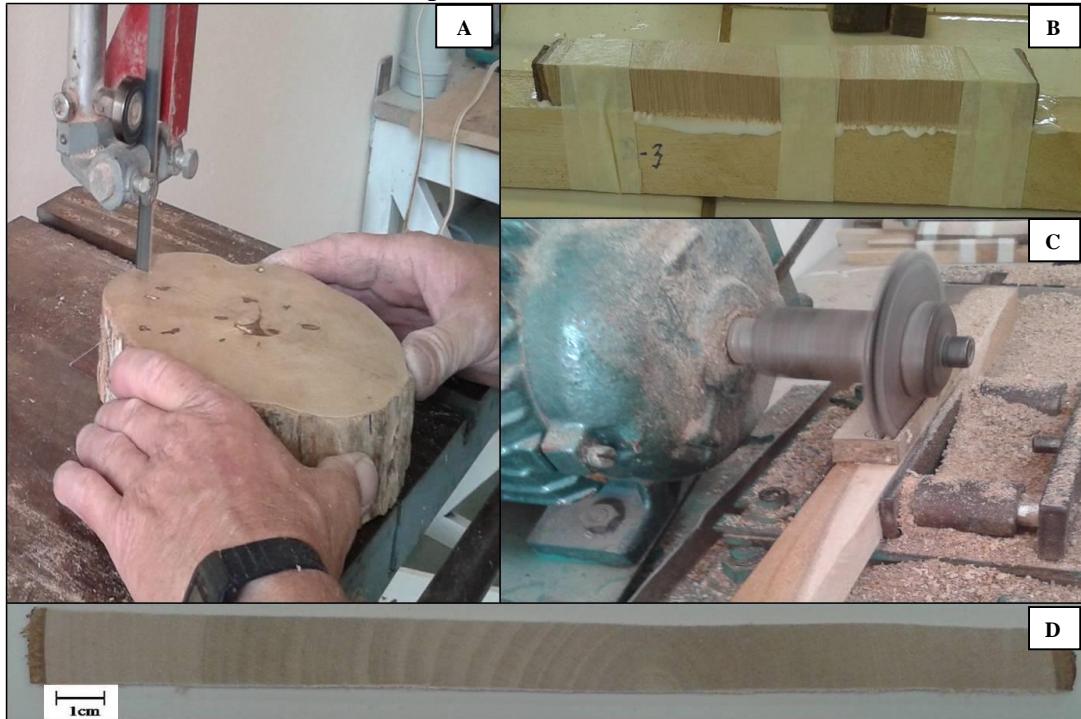
2.3 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DO LENHO POR DENSITOMETRIA DE RAIOS X.

A Densitometria de raios X foi aplicada com a finalidade de caracterizar a madeira e os anéis de crescimento por esta técnica. Esta análise foi realizada no Laboratório de Anatomia, Identificação e Densitometria de Raios X em Madeira, do departamento de Ciências Florestais, da Esalq/USP em Piracicaba – SP.

Para a determinação da densidade do lenho por esta técnica, foram demarcadas e cortadas amostras diametrais do lenho (1,0 cm de largura) passando pela medula, coladas em suporte de madeira, seccionadas em equipamento de serra circular paralela, no sentido transversal (2,0 mm, espessura) e acondicionadas em câmara de climatização (24 h, 20°C, 50% de UR) até atingir 12% de umidade (Figura 2).

Essas amostras foram fixadas em suporte metálico, transferidas para a câmara de irradiação do equipamento e expostas à varredura em um feixe colimado de raios X. Os valores de intensidade de raios X que atravessam a amostra do lenho são transformados em densidade aparente através do software QUINTEK MEASUREMENT SYSTEMS (QMS). Os valores pontuais de densidade são observados na tela do monitor, simultaneamente ao processo de escaneamento pelo feixe de raios X, construindo o perfil radial de densidade aparente do lenho juntamente com a sua imagem transversal (QMS, 1999) (Figura 3). Os valores radiais de densidade aparente do lenho obtidos pelo software QMS originam um arquivo DAN (relatório da análise com os valores pontuais de densidade aparente do lenho a cada 40 µm). Na sequência, o arquivo DAN foi lido pelo software Excel, construindo-se os perfis radiais de densidade aparente do lenho que serão relacionados com o crescimento do tronco das árvores. (QMS, 1999).

Figura 2 - Preparo do material para densitometria de raios X. (A) corte dos discos para retiradas da amostra do lenho; (B) colagem da amostra do lenho em suporte de madeira; (C) corte das amostras do lenho em equipamento de dupla serra; (D) amostra diametral do lenho com 2,0 mm de espessura.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Figura 3 - Obtenção dos perfis de densidade. (A, B) equipamento de raios X QTRS-01X com o suporte metálico e encaixe com a amostra do lenho no compartimento de análise; (C) seção transversal do lenho e perfil de densidade aparente no monitor.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

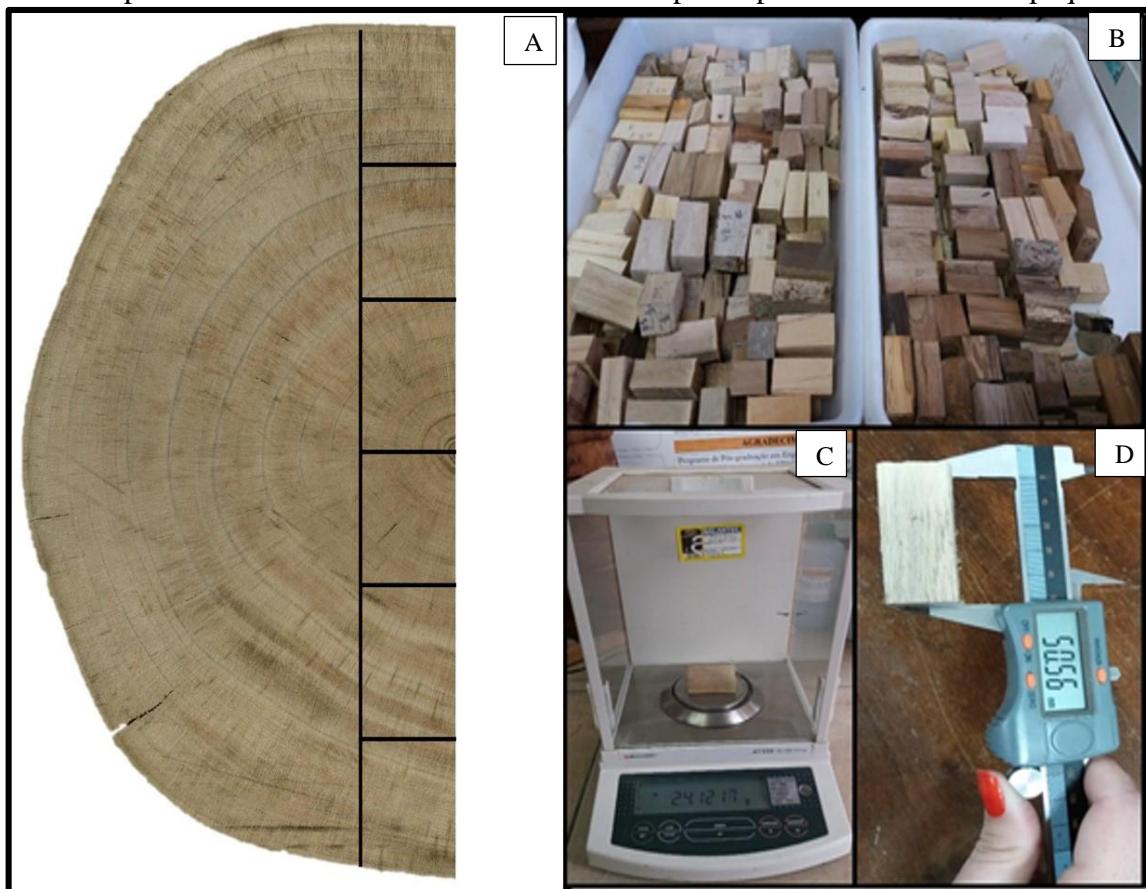
2.4 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE PELO MÉTODO ESTEREOOMÉTRICO

A análise foi realizada no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV – UDESC), em Lages - SC.

Para determinação da densidade aparente foram retirados 6 corpos-de-prova de cada disco, no sentido radial (medula-intermediário-casca), obtendo 342 corpos-de-prova no total. Posteriormente, estes foram acondicionados em uma sala de climatização com 20°C e 65% de umidade relativa do ar até atingir 12% de umidade, seguindo as normas da NBR 7190, (1997).

A massa foi obtida diretamente em uma balança de precisão e o volume foi determinado pelo método estereométrico, utilizando o instrumento paquímetro (Figura 4).

Figura 4 - Obtenção da densidade aparente pelo método estereométrico. (A, B) Corpos-de-prova; (C) Obtenção da massa com balança de precisão; (D) Obtenção do volume pelas medidas de todas as dimensões do corpo-de-prova com auxílio de paquímetro.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Com a obtenção destes dados a densidade aparente da madeira foi calculada através da seguinte fórmula:

$$\rho = m_{12\%} / V_{12\%} (\text{g/cm}^3)$$

Sendo:

ρ : densidade a 12% umidade;

$m_{12\%}$: massa da madeira a 12% de umidade;

$V_{12\%}$: volume de madeira a 12% de umidade.

Para determinar as correlações existentes entre a densidade aparente da madeira obtida pela metodologia de Densitometria de raios X e Método estereométrico foi empregado o coeficiente de correlação de Pearson a 5 % de significância, que mede o grau de associação linear entre duas variáveis quantitativas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DENSIDADE APARENTE DO LENHO DAS ÁRVORES POR DENSITOMETRIA DE RAIOS X E MÉTODO ESTEREOMÉTRICO.

Baseado nos estudos de Melo et al. (1990), Vale et al. (2002), Coradin et al. (2010) e Silveira et al. (2013), as madeiras foram classificadas de acordo com a densidade aparente em: baixa densidade aquelas que apresentam valores abaixo de 0,550 g/cm³, média densidade aquelas entre 0,550 e 0,720 g/cm³, e madeiras de alta densidade aquelas com valores superiores a 0,730 g/cm³.

Das 19 espécies estudadas quatro apresentaram baixa densidade, cinco média densidade e 10 alta densidade aparente (Figura 5, 6 e 7).

3.1.1 Densitometria de raios X para espécies de alta densidade

Os perfis radiais e os valores absolutos classificados como de alta densidade aparente das amostras do lenho das árvores estão apresentados na Figura 5 e Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios das 10 espécies que apresentam alta densidade aparente pelo método de densitometria de raios X e método estereométrico e erro relativo (%).

Espécies	DA densitometria de raios X (g/cm ³)	DA método estereométrico (g/cm ³)
<i>Casearia decandra</i>	0,991	0,733
<i>Lithrea brasiliensis</i>	0,922	0,82
<i>Vitex megapotamica</i>	0,882	0,773
<i>Lonchocarpus campestris</i>	0,873	0,828
<i>Eugenia pyriformis</i>	0,87	0,811
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,858	0,663
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,833	0,79
<i>Cupania vernalis</i>	0,831	0,79
<i>Luehea divaricata</i>	0,821	0,774
<i>Prunus myrtifolia</i>	0,777	0,759

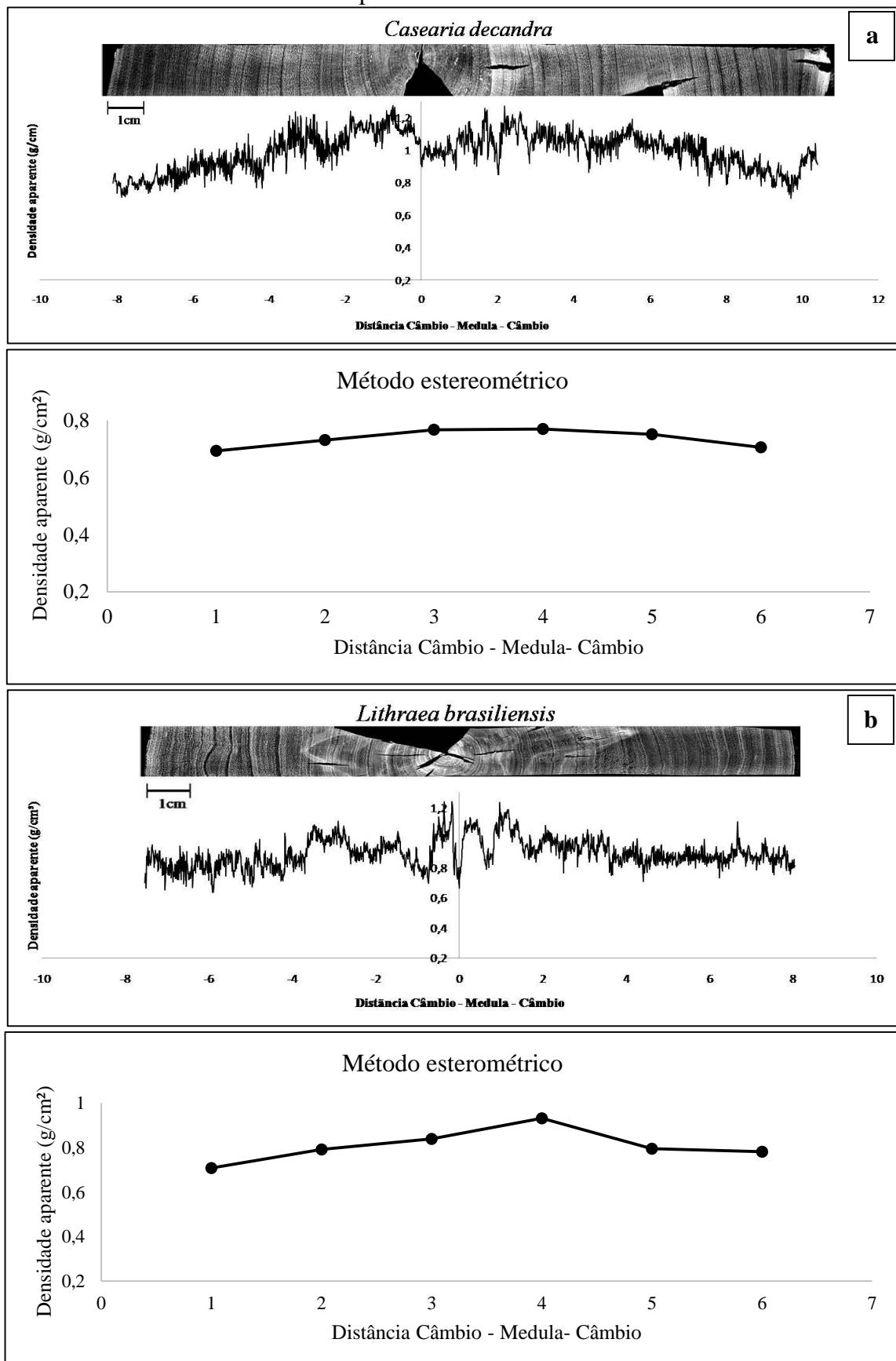
Os resultados de densidade obtidos na literatura para as mesmas espécies ou gêneros estão representados na Tabela 3.

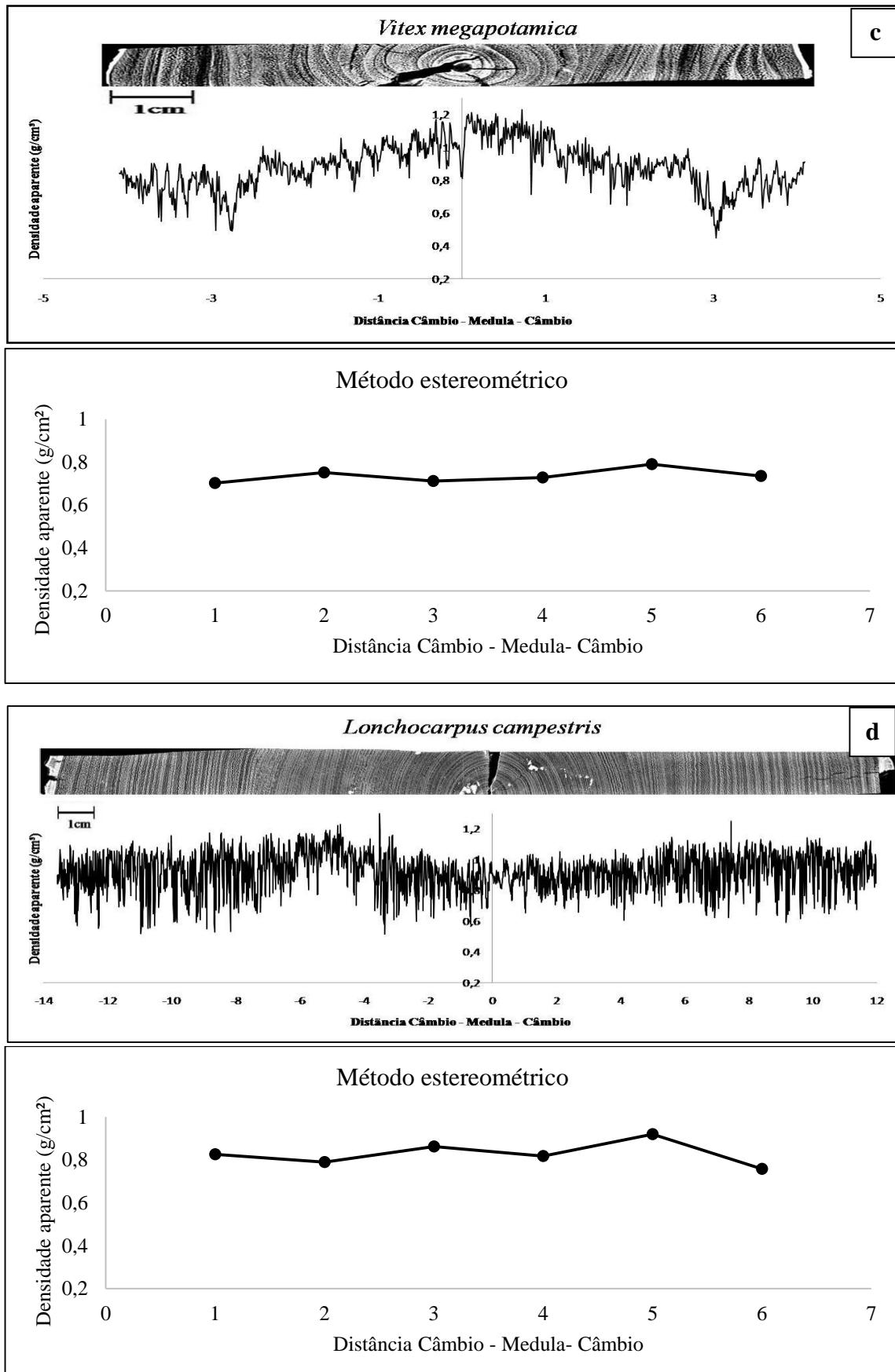
Tabela 3 - Resultados de densidade obtidos na literatura para as mesmas espécies ou gêneros estudadas neste trabalho.

Espécie	Literatura	Densidade (g/cm ³)
<i>Casearia sylvestris</i>	Lorenzi (1992)	B: 0,84
	Backes & Irgang (2004)	B: 0,84
<i>Vitex megapotamica</i>	Carvalho (2007)	B: 0,67
<i>Luehea divaricata</i>	Carvalho (2003)	A: 0,56 a 0,70
<i>Eugenia florida</i>	Arantes (2012)	A: 0,75
<i>Schinus terebentifoliuns</i>	Sanchotene (1989)	B: 0,84
<i>Sebastiania commersoniana</i>	Dias e Lahr (2000)	A: 0,81
	Reitz et al. (1983)	B: 0,63 a 0,77
<i>Prunus myrtifolia</i>	Blagitz et al. (2013)	B: 0,74
<i>Prunus subcoriacea</i>	Melo et al. (2013)	B: 0,80
<i>Cupania vernalis</i>	Rocha et al. (2014)	A: 0,82
<i>Lithraea brasiliensis</i>	-----	-----
<i>Lonchocarpus campestris</i>	-----	-----

Legenda: B = Básica; A = Aparente.

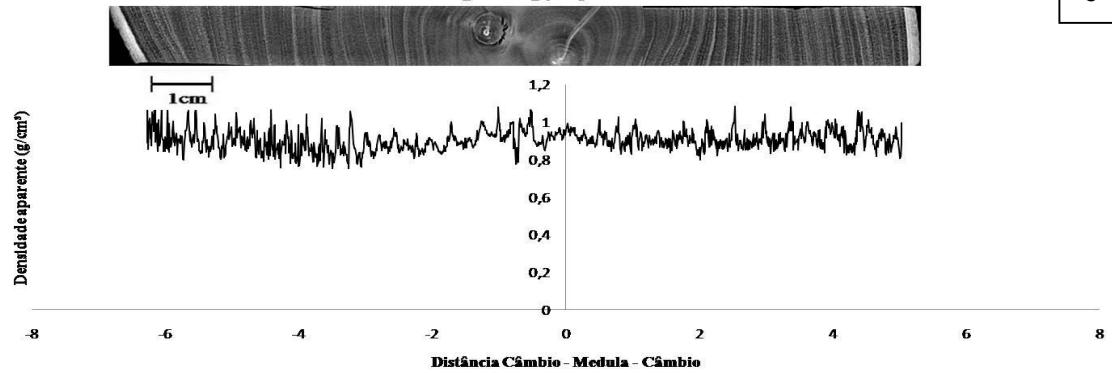
Figura 5 - Perfis radiais obtidos por Densitometria de Raios X das espécies que apresentaram madeira de alta densidade aparente.



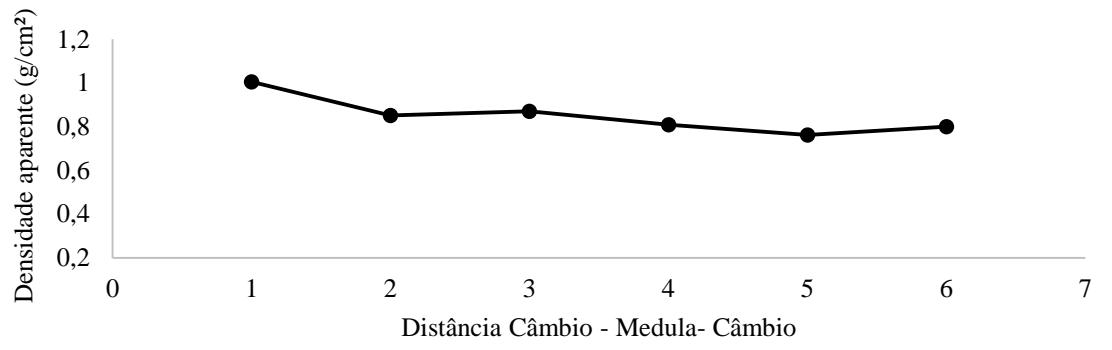


Eugenia pyriformis

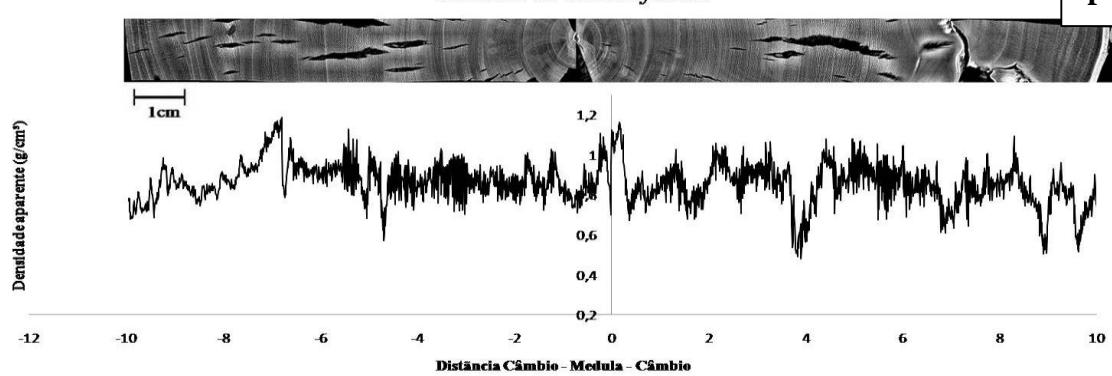
e



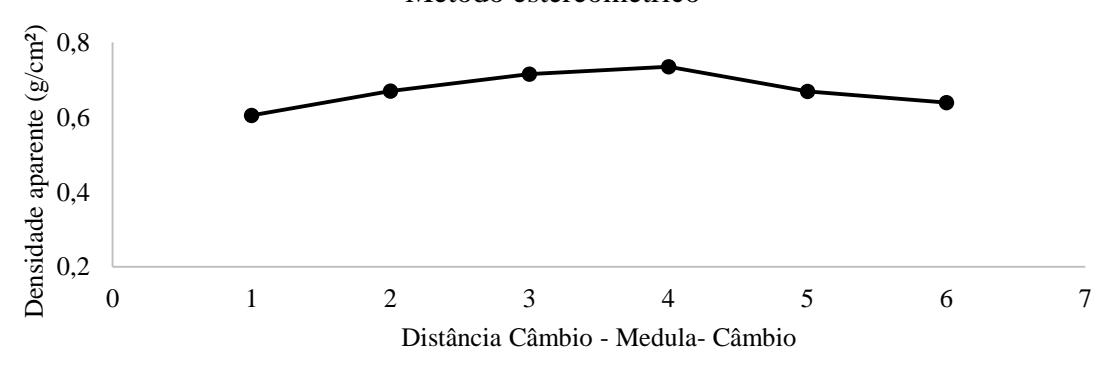
Método estereométrico

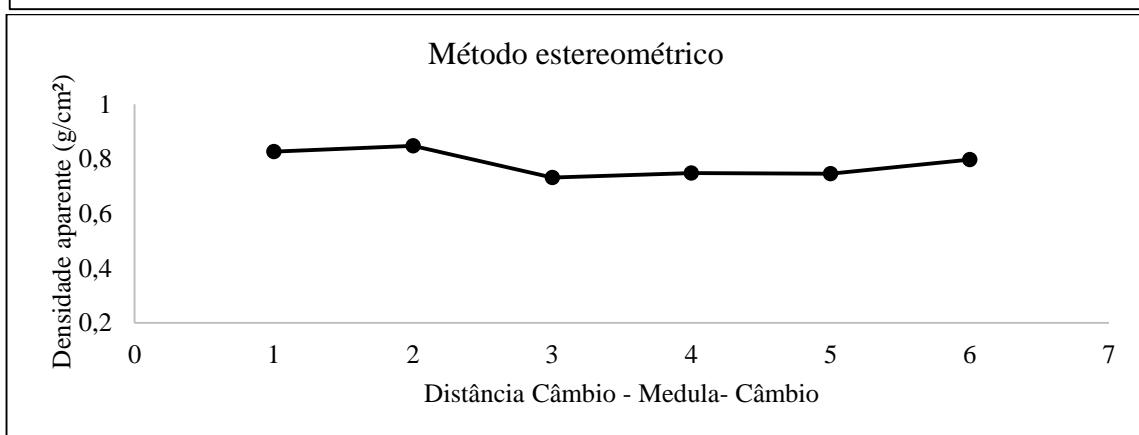
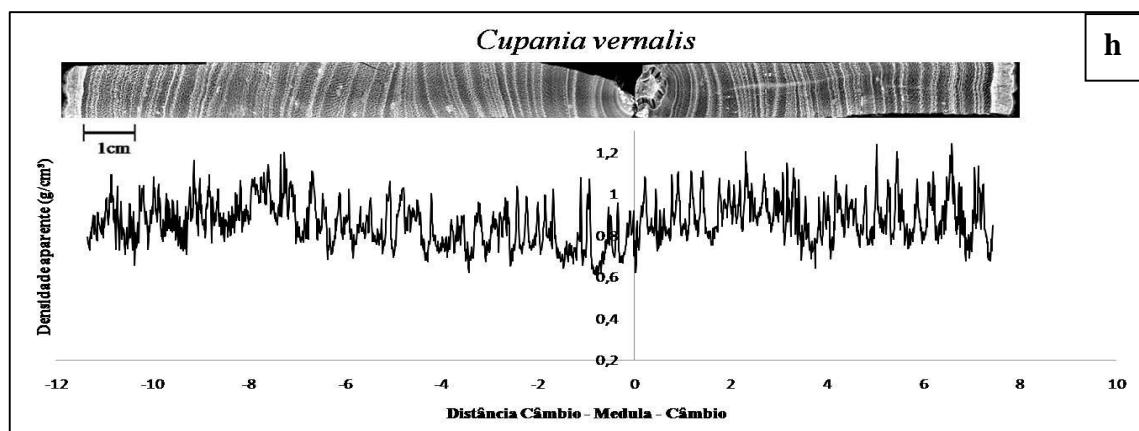
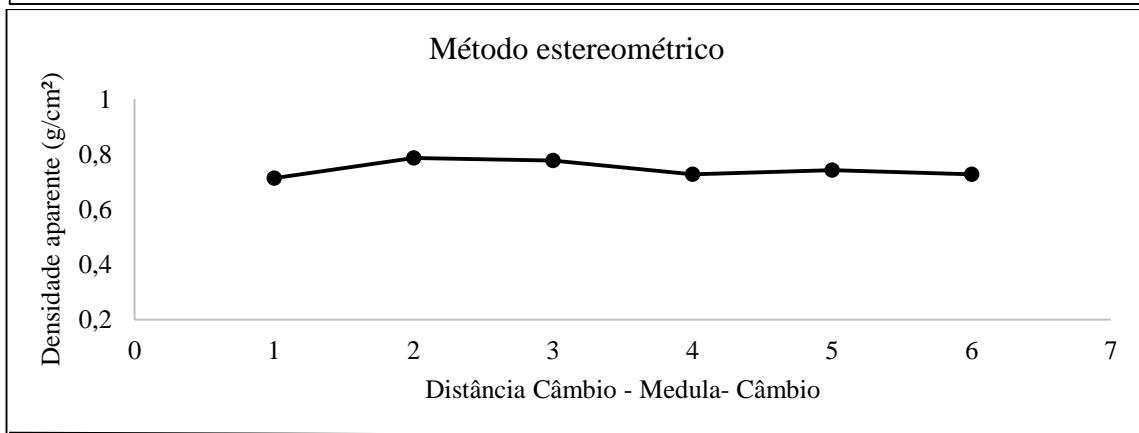
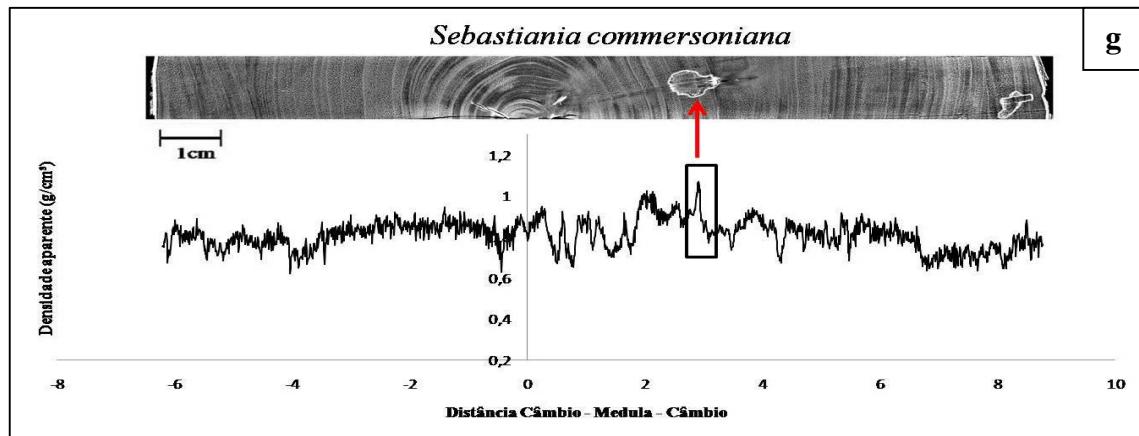
*Schinus terebinthifolius*

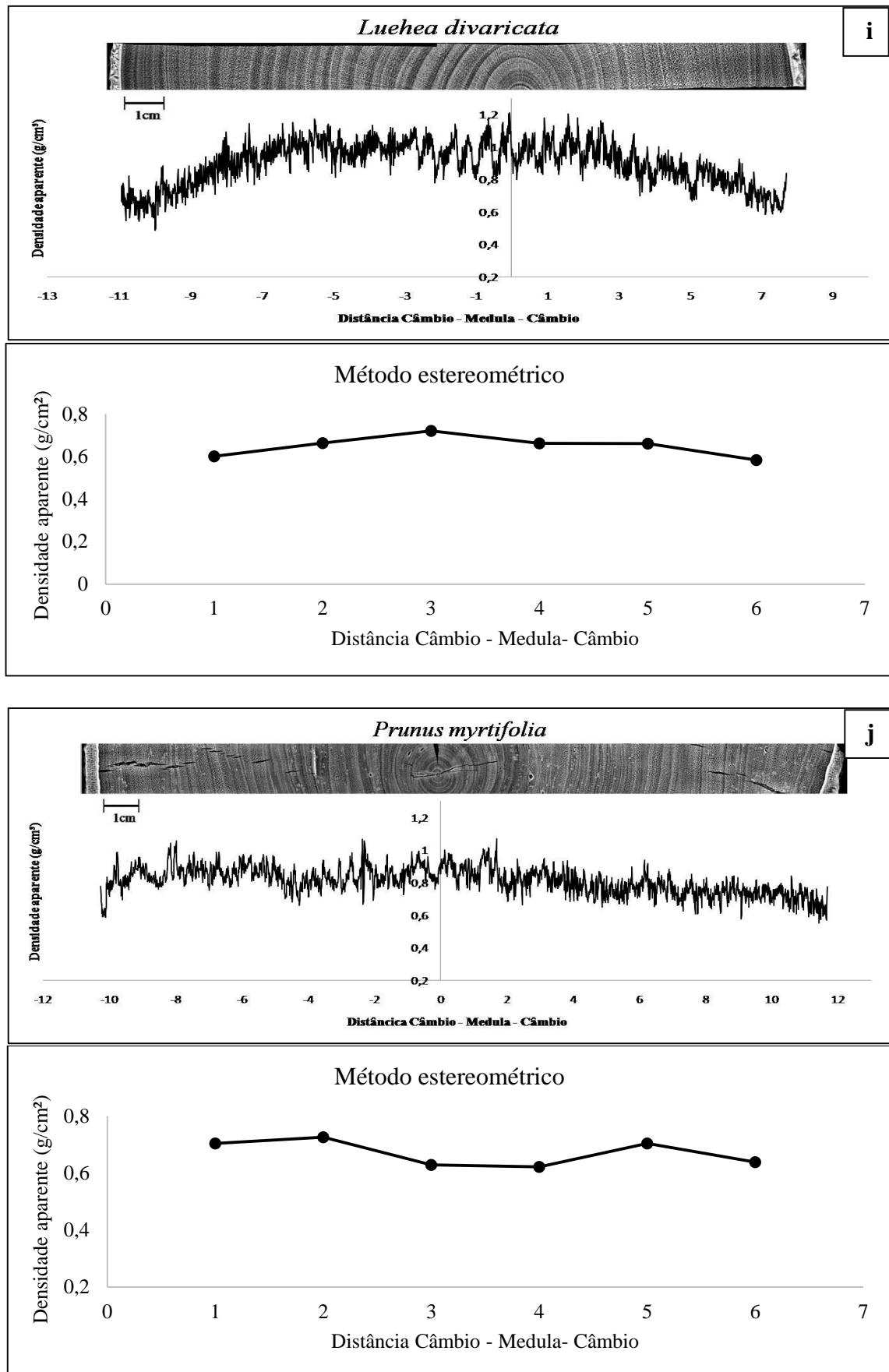
f



Método estereométrico







Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Através do perfil radial de densidade aparente do lenho das árvores de *Casearia decandra* (5a), *Vitex magapotamica* (5c) e *Luehea divaricata* (5i) foi possível observar que sua densidade vai diminuindo conforme se aproxima do câmbio, para a espécie (5a) os valores de densidade vão de 0,710 g/cm³ no câmbio à 1,270 g/cm³ na medula, na espécie (5c) os valores foram de 0,800 g/cm³ do câmbio até 1,160 g/cm³ para medula, a espécie (5i) os valores foram de 0,480 g/cm³ à 1,20 g/cm³ do câmbio para a medula, respectivamente.

A espécie *Casearia sylvestris* possui madeira moderadamente pesada, com densidade básica de 0,84 g/cm³, dura e de baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos é utilizada na construção civil, tabuas de assoalhos, tacos, marcenaria e carpintaria, lenha conforme Lorenzi (1992). Que corrobora com o resultado apresentado por Backes & Irgang (2004), que encontraram o mesmo valor de densidade para esta espécie.

Carvalho (2007), estudando a densidade da madeira da espécie *Vitex megapotamica*, observou densidade básica igual a 0,67 g/cm³. Esta espécie, segundo Lorenzi (2002), pode ser empregada com sucesso em projetos de paisagismo, arborização urbana e também na produção de postes, moirões, vigas e carpintaria devido a sua madeira pesada, a qual possibilita resistência mecânica e durabilidade elevada, quando exposta ao ambiente externo e em contato com o solo. Além disso, é uma das principais espécies recomendadas em planos de recuperação de matas ciliares degradadas (CURCIO et al., 2007).

Segundo Carvalho (2003), a madeira da *Luehea divaricata* é moderadamente densa. Possui cor clara, às vezes, com tonalidade rósea, superfície sem brilho, lisa ao tato, sem cheiro nem gosto distintos, trabalhabilidade boa e de acabamento delicado (REITZ et al., 1988).

Possui boa aparência, com retratibilidade e resistência mecânica variando entre média e baixa, é indicada para confecção de estrutura de móveis, para caixas, embalagens, artefatos de madeira, saltos para calçados e peças torneadas. Na construção civil, é recomendada para ripas, molduras, rodapés, etc. Por causa da sua boa trabalhabilidade, a madeira tem sido aplicada na fabricação de coronhas de armas, sendo própria para a confecção de peças curvadas. Por ser de baixa durabilidade natural e de boa permeabilidade ao tratamento preservativo, não deve ser aplicada mesmo após tratamento preservativo, em condições excessivamente favoráveis à deterioração biológica (RIZZINI, 1995; REITZ et al. 1988).

Os perfis radiais de densitometria de raios X das espécies *Eugenia pyriformis*, *Schinus terebinthifolius*, *Sebastiania commersoniana* e *Prunus myrtifolia* se mostraram uniformes no sentido câmbio – medula – câmbio. O surgimento de picos que refletem uma maior densidade

e se sobressaem entre os demais, em alguns perfis de densidade, indica a presença de defeitos na madeira e o possível acúmulo de extrativos, como pode ser observado na Figura 5g.

Eugenia pyriformis é uma espécie altamente valiosa pela sua madeira dura, resistente às doenças, frutos comestíveis apreciados pelo homem e pela avifauna, úteis à industrialização na produção de sucos, licores, doces e geleias (MATTOS, 1956).

Para as madeiras do gênero *Eugenia*, Record & Hess (1949), citam densidade básica de 0,80 a 1,05 g/cm³, textura média a fina e grã irregular, com tendência à deformação e rachamento durante a secagem.

Para a madeira de *Schinus terebinifolius* o valor ficou próximo ao encontrado por Sanchotene (1989), mostrando que a madeira é considerada pesada e de grande durabilidade natural, podendo ser utilizada para moirões, esteios, lenha e carvão, devido à sua durabilidade prolongada.

A densidade aparente da espécie *Sebastiania commersoniana* ficou próximo ao valor encontrado no estudo da determinação de correlações entre a densidade aparente e as propriedades de resistência da madeira de Dias e Lahr (2004). A madeira tem alburno amarelado a esbranquiçado, com cerne pouco diferenciado, pouco durável quando exposta às intempéries, porém apresenta madeira de densidade considerada alta (REITZ et al., 1983; CARVALHO, 2003). Pode ser utilizada como madeira serrada, para caixotaria, como planta medicinal e tem valor ecológico para a recuperação de áreas úmidas degradadas (LORENZI, 1992).

Mainieri & Chimelo, (1989) consideraram a espécie *Prunus myrtifolia* como tendo madeira levemente pesada, cerne róseo-amarelado-claro, com estrias longitudinais, geralmente curtas e avermelhadas, correspondentes aos canais secretores axiais, textura fina, grã direita. A madeira é considerada de moderada resistência ao ataque de organismos xilófagos. Por apresentar vasos do cerne parcialmente obstruídos por óleo-resina, em tratamentos sob pressão deve ser pouco permeável ou impermeável à soluções.

A madeira desta espécie é apropriada para acabamentos internos em construção civil, para confecção de móveis, laminados, artigos de esportes, cabos de ferramentas, folhas fagueadas decorativas, peças torneadas, etc (LORENZI, 2009).

O perfil radial da madeira de *Cupania vernalis* (Figura 5h) mostrou os anéis de crescimento mais nítidos. Rocha et al. (2014), em seu estudo com objetivo de descobrir as possíveis combinações de espécies de madeiras diferentes com base na relação densidade x cor para a aplicação em pisos, encontrou valor de densidade aparente próximo ao valor obtido neste trabalho.

A *C. vernalis* é considerada também como uma espécie de importância econômica, pois sua madeira pode ser utilizada na marcenaria, na produção de tanino e como fonte medicinal, além de apresentar interesse ecológico (RODRIGUES & CARVALHO, 2001).

Para a densidade da madeira de *Lithraea brasiliensis* e *Lonchocarpus campestris* não foram encontradas referências em literatura.

A madeira da espécie *Lithraea brasiliensis* é bastante durável, sendo usada para moirões e postes, além de fins energéticos (LORENZI, 2002).

Lonchocarpus muehlbergianus produz madeira indicada para laminados e carpintaria geral, após prévio tratamento preservativo, devido à baixa resistência a insetos xilófagos (DIMITRI et al., 2000).

3.1.2 Densitometria de raios X para espécies de média densidade

Os perfis radiais e os valores absolutos classificados como de média densidade aparente das amostras do lenho das árvores estão apresentados na Tabela 4 e Figura 6.

Tabela 4 - Valores médios das 5 espécies que apresentaram média densidade aparente pelo método de densitometria de raios X e método estereométrico.

Espécies	DA densitometria de raios X (g/cm ³)	DA método estereométrico (g/cm ³)
<i>Machaerium paraguariense</i>	0,713	0,612
<i>Allophylus edulis</i>	0,682	0,606
<i>Ocotea indecora</i>	0,653	0,592
<i>Picrasma crenata</i>	0,648	0,556
<i>Inga vera</i>	0,614	0,584

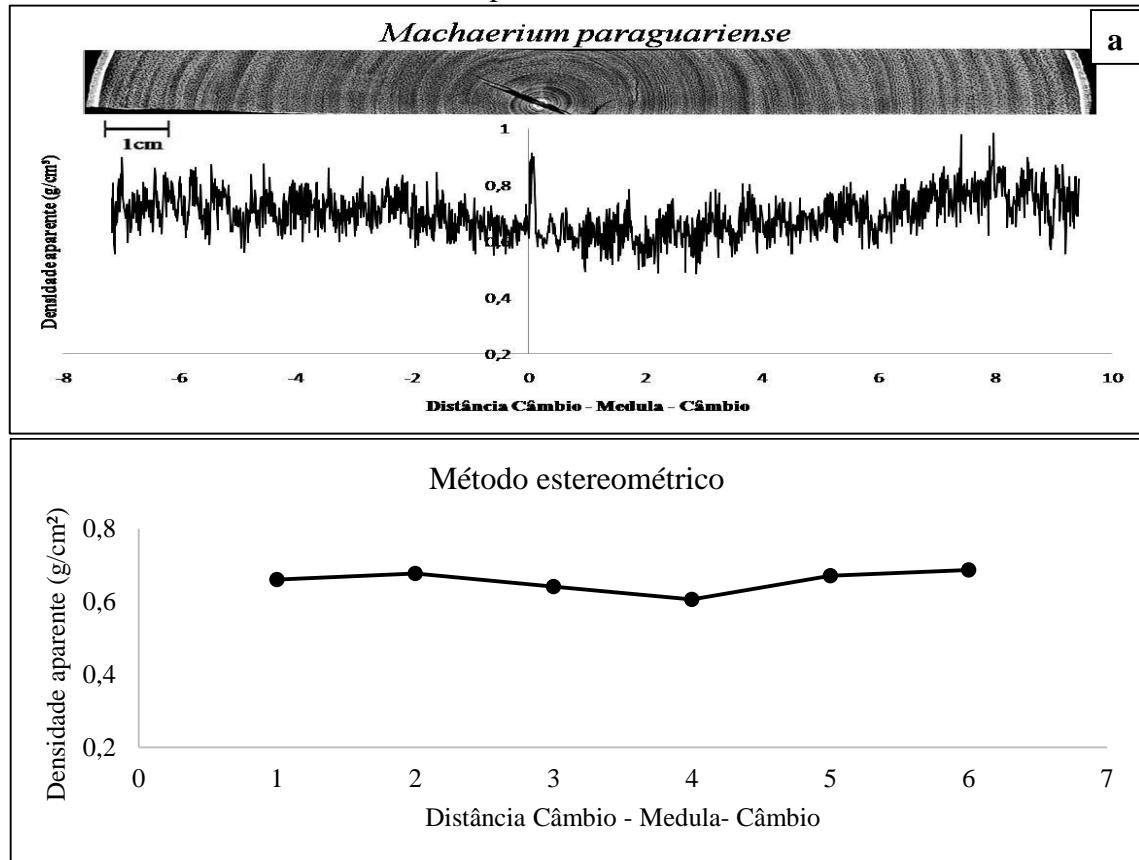
Os resultados de densidade obtidos na literatura para as mesmas espécies ou gêneros estão representados na Tabela 5.

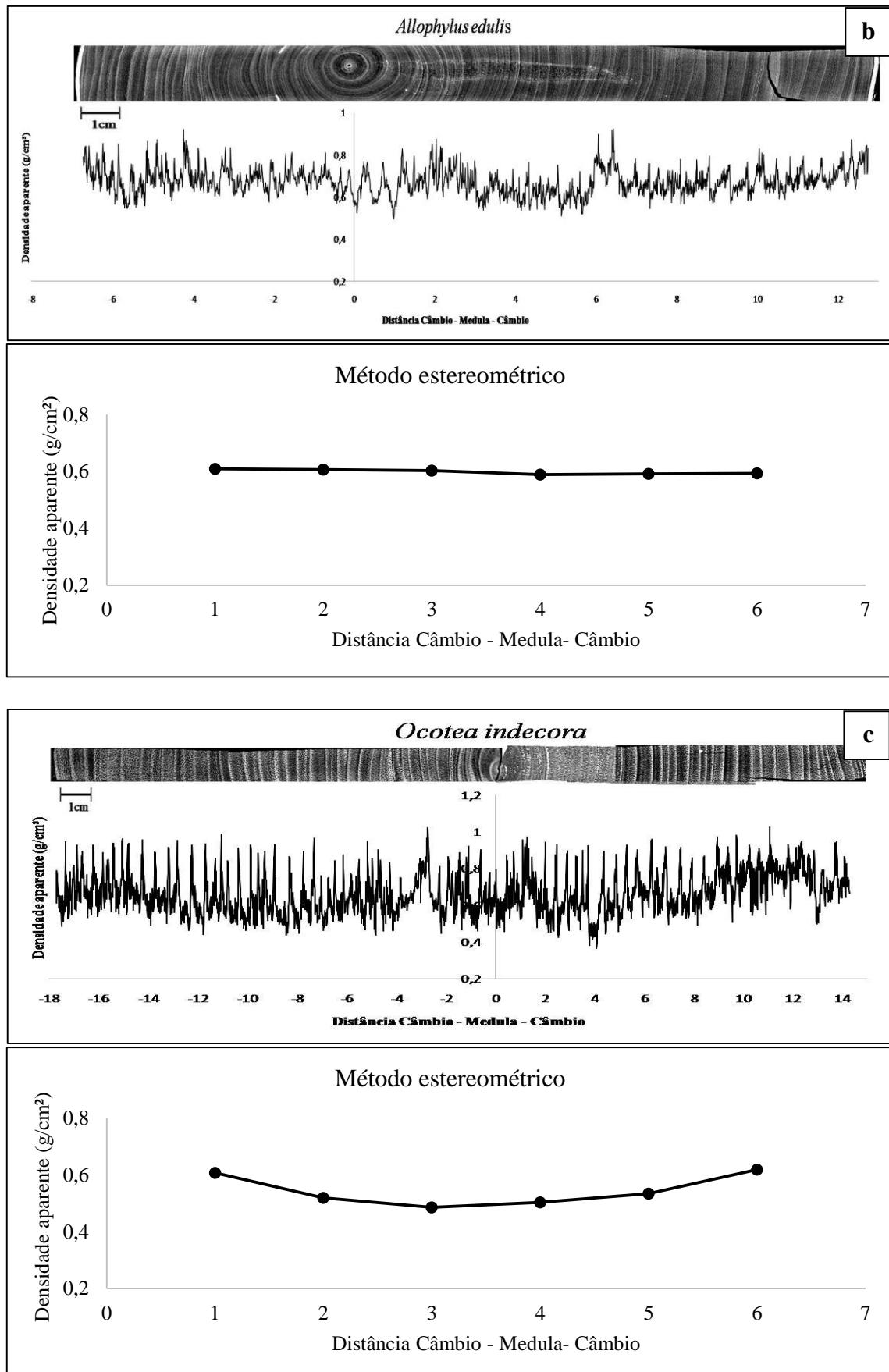
Tabela 5 - Resultados de densidade obtidos na literatura para as mesmas espécies ou gêneros estudadas neste trabalho.

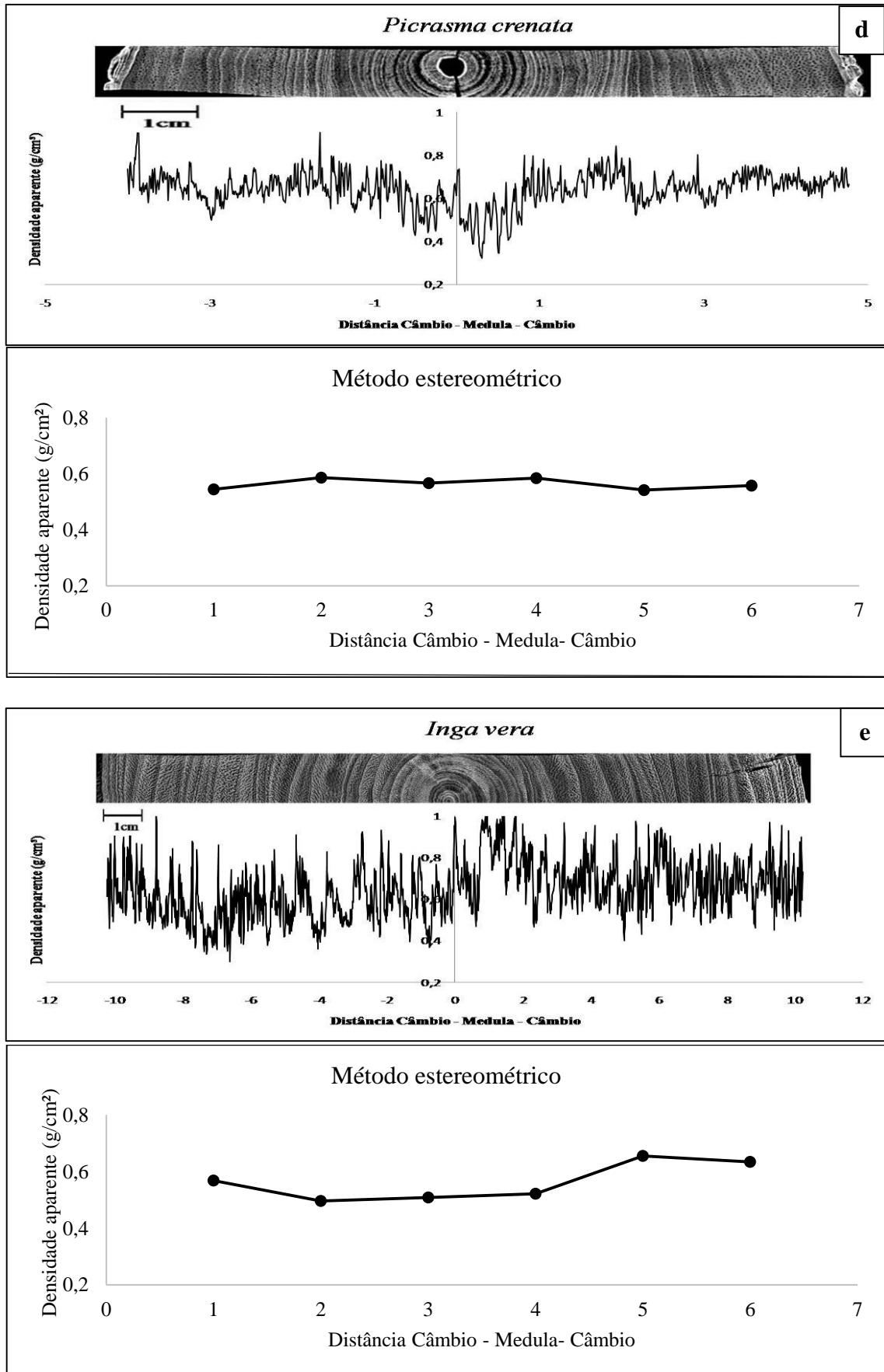
Espécie	Literatura	Densidade (g/cm ³)
<i>Machaerium floridum</i>	Oliveira (2014)	B: 0,798
<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	Mendonça et al. (1998)	A: 0,85 e 0,95
<i>Allophylus edulis</i>	Sanchotene (1989)	A: 0,670 - 0,690
	Rabelo et al. (2015)	A: 0,608
<i>Ocotea indecora</i>	Oliveira (2014)	A: 0,663
<i>Picrasma crenata</i>	-----	-----
<i>Inga</i> sp.	Cerqueira Neto et al. (2013)	B: 0,836

Legenda: B = Básica; A = Aparente.

Figura 6 - Perfis radiais obtidos por Densitometria de Raios X das espécies que apresentaram madeira de média densidade aparente.







Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Os perfis da densidade aparente do lenho das espécies *Machaerium paraguariense* e *Allophylus edulis* possibilitaram verificar que a densidade destas madeiras é homogênea ao longo da distância entre o câmbio – medula – câmbio.

Oliveira (2014), ao verificar o comportamento geral de espécies arbóreas frente a diferentes condições ambientais, classifica a madeira de *Machaerium paraguariense* como sendo de média densidade. Para Mendonça et al. (1998), a *Machaerium scleroxylon* Tul. mesmo gênero estudado neste trabalho, possui madeira com grande utilização na construção civil para lambris e painéis, por apresentar elevada resistência mecânica. Conforme Mainieri & Chimelo (1989), a madeira desse gênero também é utilizada para moirões e outras finalidades em contato com o solo, pois apresenta alta resistência natural e os vasos são obstruídos por tilos e óleo resinas.

De acordo com Sanchotene (1989), a madeira de *Allophylus edulis* pode ser caracterizada macia, de pouca durabilidade em ambientes externos e própria para marcenaria, esteios, moirões, lenha, carvão e cabos de ferramentas. Rabelo et al. (2015), ao estudarem a mesma espécie, encontraram valores de densidade aparente próximo aos deste trabalho.

Nos perfis de densidade aparente das espécies *Ocotea indecora* e *Inga vera* foi possível observar os anéis de crescimento com maior nitidez quando comparados com as outras espécies classificadas como de média densidade.

Oliveira (2014), ao estudar a densidade aparente da *Ocotea indecora* encontrou valores semelhantes ao deste trabalho. A madeira é moderadamente pesada (densidade 0,65 g/cm³), de cor muito variada, superfície irregularmente lustrosa e lisa, medianamente resistente e é uma das mais procuradas para confecção de mobiliário de luxo, principalmente por sua beleza (BROTO, 2009).

Oliveira (2014) encontrou valor de densidade aparente semelhante ao encontrado neste estudo para a espécie *Ocotea indecora*. Para Assis (2009), as madeiras das espécies do gênero *Ocotea* apresentam boas características físicas e mecânicas. Para Carvalho (1994), a *O. puberula* possui madeira própria para construção interna, construção civil em geral e para fabricação de papel. A madeira *O. porosa* é utilizada para mobiliário de luxo, carpintaria e marcenaria (REITZ et al., 1979).

Considerando as madeiras do gênero *Inga*, Cerqueira Neto et al. (2013) determinaram que a densidade varia entre as diferentes espécies. Por isso, pode ser amplamente utilizada na fabricação de caixotarias, brinquedos, lápis e obras internas.

A madeira da espécie *Picrasma crenata* é utilizada principalmente como ornamental ou para a arborização urbana de parques e praças (CARVALHO, 2014). Para esta espécie não foram encontrados referências em literatura da sua densidade.

3.1.3 Densitometria de raios X para espécies de baixa densidade

Os perfis de densidade aparente do lenho das espécies de *Vernonanthura discolor*, *Styrax leprosus*, *Ocotea puberula* e *Piptocarpha angustifolia* possibilitaram observar com maior clareza a variação da densidade, onde os anéis de crescimento são mais nítidos, foi possível também observar as variações da estrutura anatômica do lenho, podendo ser evidenciados os anéis de crescimento, formados pelo lenho inicial, apresentando poros grandes e numerosos, e pelo lenho tardio, com poros pequenos e escassos (FREITAS, 1958).

Os perfis radiais e os valores absolutos classificados como de baixa densidade aparente das amostras do lenho das árvores estão apresentados na Tabela 6 e Figura 7.

Tabela 6 - Valores absolutos das 4 espécies que apresentaram baixa densidade aparente pelo método de densitometria de raios X e método estereométrico.

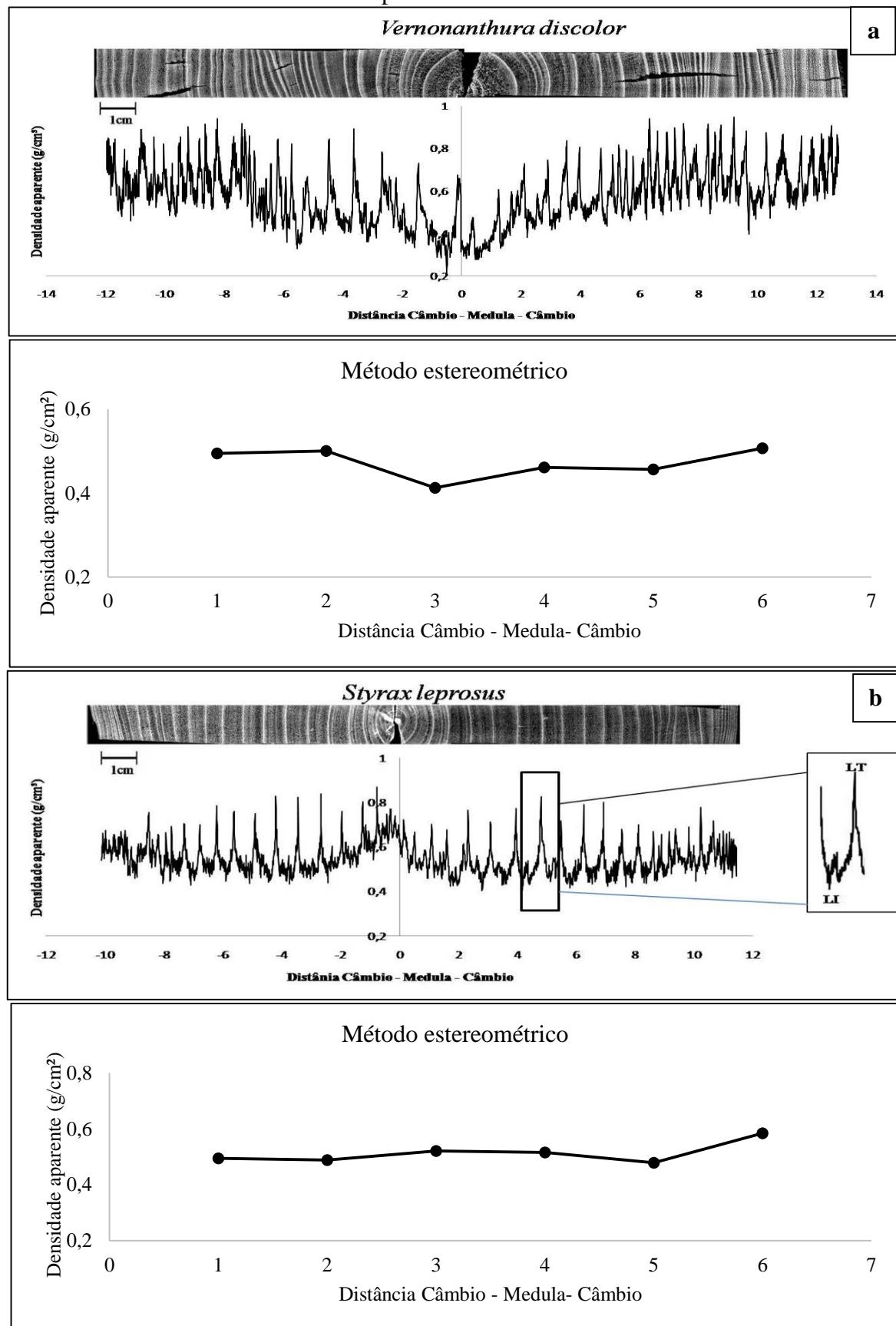
Espécies	Densitometria de raios X (g/cm ³)	Método estereométrico (g/cm ³)
<i>Vernonanthura discolor</i>	0,532	0,465
<i>Styrax leprosus</i>	0,529	0,480
<i>Ocotea puberula</i>	0,525	0,477
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	0,448	0,393

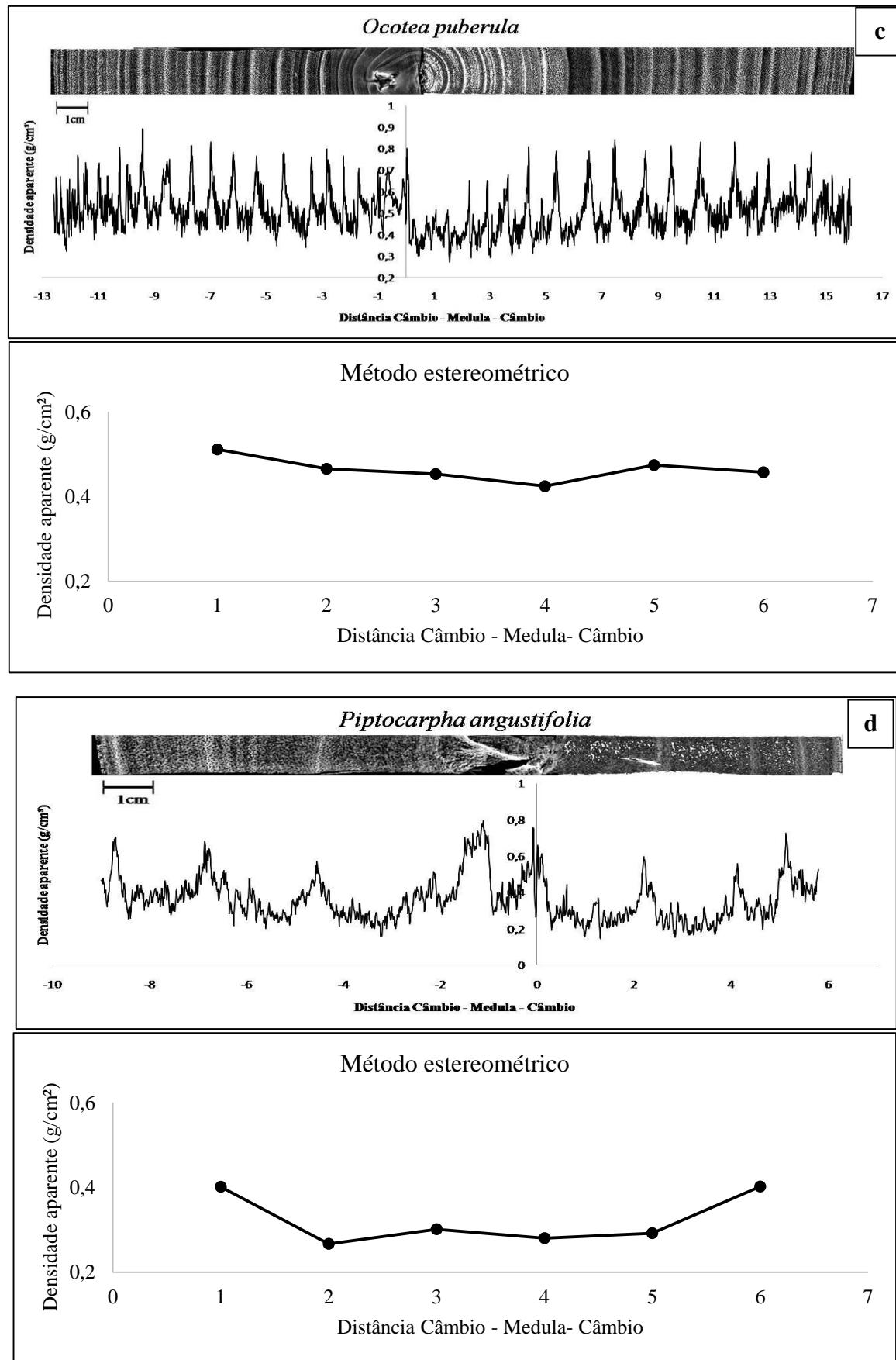
Os resultados de densidade obtidos na literatura para as mesmas espécies ou gêneros estão representados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados de densidade obtidos na literatura para as mesmas espécies ou gêneros estudadas neste trabalho.

Espécie	Literatura	Densidade (g/cm ³)
<i>Vernonanthura discolor</i>	-----	-----
<i>Styrax leprosus</i>	Silva et al. (2015)	B: 0,59
<i>Styrax comporun</i>	Arantes (2012)	A: 0,38
<i>Ocotea puberula</i>	Castiglioni (1975); Labate (1975) e Paraná (1979)	A: 0,39 a 0,49
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	Carvalho (2006)	A: 0,40 a 0,57

Figura 7 - Perfis radiais obtidos por Densitometria de Raios X das espécies que apresentaram madeira de baixa densidade aparente.





Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Para a espécie *Styrax leprosus* Arantes (2012), caracterizando algumas espécies florestais, encontrou densidade aparente da madeira menor do que a observada neste trabalho para a espécie de *Styrax comporun*. A madeira da espécie *Styrax leprosus* é leve, macia ao corte e de textura grossa, porém é pouco resistente ao ataque de organismos xilófagos, podendo ser utilizada para obras internas, forro, lâmina e caixaria (LORENZI, 2009).

Para a espécie *Ocotea puberula* Santos et al. (2008) considera a madeira como leve e de baixa resistência. Castiglioni (1975), Labate (1975) e Paraná (1979) também consideram a madeira desta espécie como sendo leve.

Por apresentar baixa resistência mecânica, a madeira da *O. puberula* é indicada principalmente para construções interna e construção civil leve, também é usada em marcenaria e carpintaria, estrutura de móveis, caixas, móveis populares, portas, painéis, uso doméstico em geral, forro, tabuado, embalagens em geral, compensado de base para lâminas nobres e revestimento para interiores (MAINIERI, 1973).

A menor densidade aparente encontrada neste estudo foi da espécie *Piptocarpha angustifolia*. É uma madeira considerada leve e que pode ser utilizada em construção civil, tabuado, caixotaria e em obras internas; chapas de madeira compensada e aglomerada; mourões de curta duração (CARVALHO, 2006).

Reitz et al. (1983) descreveram a madeira da espécie *Vernonanthura discolor* com alburno e cerne de cor brancamediamente macia. Pode ser utilizada para caixotaria, aglomerados, tacos de sapatos, madeira serrada e roliça (LORENZI, 2009). Carvalho, (2008) também indica esta espécie na recuperação de áreas degradadas em consórcio com outras essências florestais nativas. Para esta espécie não foram encontradas referências em literatura da sua densidades.

3.2 COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS PARA A DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DA MADEIRA

A fim de se verificar a equivalência de ambos os métodos, a partir dos dados obtidos, foi realizada a Correlação de Pearson e feito o cálculo de Erro Relativo (Tabela 8) cuja representação gráfica é mostrada na Figuras 8 e 9.

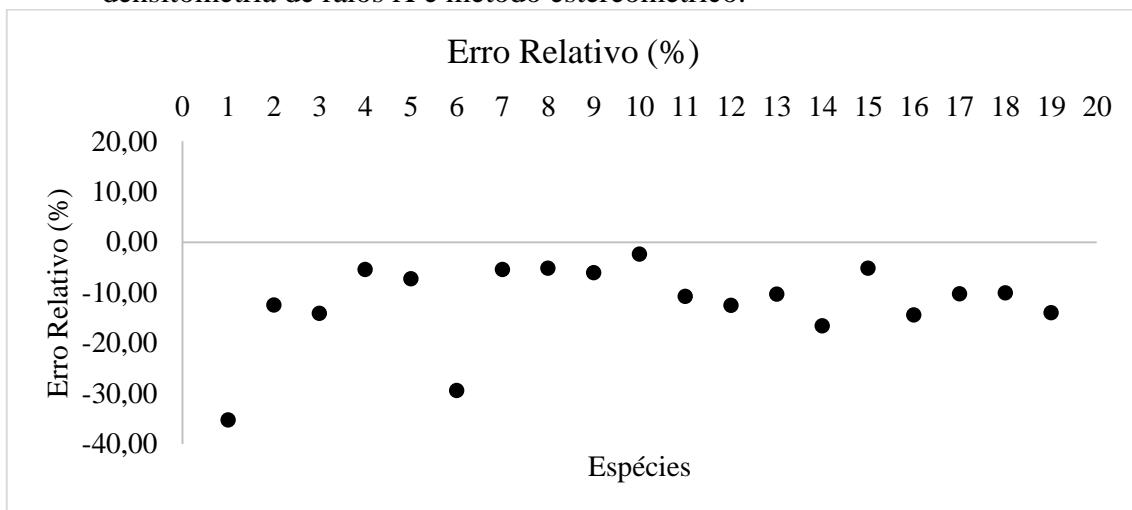
Os valores de erro relativo variaram de -2,37 % a -35,20 %, sendo que todas as espécies obtiveram valores negativos, caracterizando o padrão de superestimação dos valores de densidade aparente determinados pelo método de densitometria de raios X.

Com exceção das espécies *Casearia decandra* e *Schinus terebinthifolius*, todas as outras espécies estudadas apresentaram valores sem diferença significativa da porcentagem de erro, estabelecendo um padrão entre as espécies. Este comportamento pode ser melhor visualizado no gráfico da Figura 9.

Tabela 8 – Erro relativo da densidade aparente das 19 espécies determinadas pelo método de densitometria de raios X e método estereométrico.

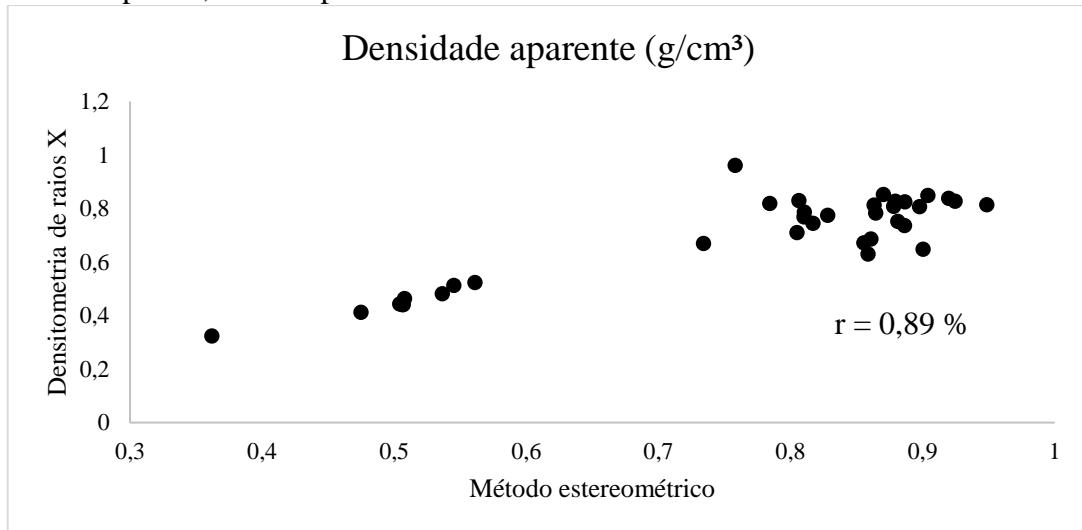
	Espécies	Erro Relativo (%)	Classificação da densidade
1	<i>Casearia decandra</i>	-35,20	
2	<i>Lithrea brasiliensis</i>	-12,44	
3	<i>Vitex megapotamica</i>	-14,10	
4	<i>Lonchocarpus campestris</i>	-5,43	
5	<i>Eugenia pyriformis</i>	-7,27	Alta
6	<i>Schinus terebinthifolius</i>	-29,41	
7	<i>Sebastiania commersoniana</i>	-5,44	
8	<i>Cupania vernalis</i>	-5,19	
9	<i>Luehea divaricata</i>	-6,07	
10	<i>Prunus myrtifolia</i>	-2,37	
11	<i>Machaerium paraguariense</i>	-10,71	
12	<i>Allophylus edulis</i>	-12,54	
13	<i>Ocotea cf. indecora</i>	-10,30	Média
14	<i>Picrasma crenata</i>	-16,55	
15	<i>Inga vera</i>	-5,14	
16	<i>Vernonanthura discolor</i>	-14,41	
17	<i>Styrax leprosus</i>	-10,21	
18	<i>Ocotea puberula</i>	-10,06	Baixa
19	<i>Piptocarpha angustifolia</i>	-13,99	
Média		-11,94	

Figura 8 - Erro relativo da densidade aparente das 19 espécies determinadas pelo método de densitometria de raios X e método estereométrico.



A correlação de Pearson para os valores médios de densidade aparente do lenho das árvores estudadas obtidos pelos métodos de densitometria de raios X e estereométrico se mostrou positiva, com coeficiente de Pearson de 0,89 (Figura 8), indicando assim a correlação entre os valores médios da densidade aparente do lenho.

Figura 9 - Correlação de Pearson para os valores de densidade aparente do lenho das 19 espécies, obtidos pela densitometria de raios X e método estereométrico.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

4 CONCLUSÃO

Os perfis densitométricos de algumas das espécies estudadas permitem discriminar os anéis de crescimento no lenho das árvores. Estes são perfeitamente distinguíveis nas espécies que apresentaram as menores densidades aparentes.

As 19 espécies estudadas foram classificadas em três grupos de densidade, sendo:

- **Alta densidade:** *Casearia decandra*, *Lithraea brasiliensis*, *Vitex megapotamica*, *Lonchocarpus campestris*, *Eugenia pyriformis*, *Schinus terebinthifolius*, *Sebastiania commersoniana*, *Cupania vernalis*, *Luehea divaricata* e *Prunus myrtifolia*, obtendo densidade aparente média do grupo de 0,866g/cm³.
- **Média densidade:** *Machaerium paraguariense*, *Allophylus edulis*, *Ocotea indecora*, *Picrasma crenata* e *Inga vera* obtendo densidade aparente média do grupo de 0,662g/cm³.
- **Baixa densidade:** *Vernonanthura discolor*, *Styrax leprosus*, *Ocotea puberula* e *Piptocarpha angustifolia* obtendo densidade aparente média do grupo de 0,508g/cm³.

Conforme a comparação dos métodos utilizados para determinação da densidade aparente da madeira, pode-se concluir que foram semelhantes quando observados os valores médios e pela alta Correlação de Pearson obtida, contudo observou-se Erro Relativo médio de aproximadamente -12% indicando superestimação dos valores de Densitometria de Raios X.

5 REFERÊNCIAS

AMARAL, A.C.B. **Implantação da metodologia de densitometria de raios X em madeira.** Piracicaba. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 143p. (1994).

ARANTES, S., C. **Colonização de ambientes abertos do Cerrado por espécies arbóreas florestais: a ação facilitadora de *Bowdichia virgilioides* Kunth.** 2012. 13 p. Dissertação (Ecologia e Conservação de Recursos Florestais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

ASSIS, L. C. S. **Sistemática e filosofia: filogenia do complexo Ocotea e revisão do grupo *Ocotea indecora* (Lauraceae).** Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo (USP). Instituto de Biociências São Paulo. 2009.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projetos de estruturas de madeira – NBR 7190. Rio de Janeiro: 1997. 107p.

BACKES, P. & IRGANG, B. 2004. **Árvores cultivadas no Sul do Brasil: Guia de identificação e interesse paisagístico das principais espécies exóticas.** Porto Alegre. Ed. Paisagem do Sul. 204p.

BLAGITZ, M. et al. **Crescimento radial do tronco e densidade da madeira de espécies arbóreas da floresta estacional semideciduado sul do Brasil.** In: 64º Congresso Nacional de Botânica, Belo Horizonte, p. 1, 2013.

BROTTO, M. L.; SANTOS, É. P.; BAITELLO, J. B. **Lauraceae no Morro dos Perdidos (Floresta Atlântica), Paraná, Brasil.** Rodriguésia 60 (2): 445-459. 2009.

CARVALHO, P. E. R. **Açoita-Cavalo (*Luehea divaricata*).** Colombo: Circular técnica; Colombo: Embrapa Florestas, 2008.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2007. v. 2. No prelo.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Técnica, 2003, 1039 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras:** recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: Embrapa-Florestas, 1994. 640 p.

CARVALHO, P. E.R. **Espécies arbóreas brasileiras** - Brasília, DF: Embrapa informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2014. 634 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol. 2. Brasília, DF: Embrapa informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2006. 627 p.

CASTIGLIONI, J. A. **Descripcion botanica, forestal y tecnologica de las principales especies indigenas de la Argentina.** In: COZZO, D. Arboles forestales, maderas y silvicultura de la Argentina. Buenos Aires: Acme, 1975. p.38-60. (Enciclopédia Argentina de Agricultura y Jardineria, 2).

CASTRO, V. R. **Aplicação de métodos não destrutivos na avaliação das propriedades físicas do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. e *Tectona grandis* (L.f.).** 2011. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CERQUEIRA S. N., J. et al. **Densidade Básica Da Madeira Para Quantificação De Biomassa Em Vegetação De Mata Atlântica.** In: Mudanças climáticas globais: atuação e perspectivas da Engenharia Florestal no Nordeste, 2013, Vitória da Conquista. 2013. p.3.

CORADIN, V. T. R. et al. **Madeiras comerciais do Brasil:** chave interativa de identificação baseada em caracteres gerais e macroscópicos. 2010. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/introducao.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

CURCIO, G. R. et al. **Recomendação de espécies arbóreas nativas, por tipo de solo, para recuperação ambiental das margens da represa do rio Iraí, Pinhais.** Floresta. Curitiba, v. 37, n. 1, jan./abr. 2007. 10 p.

DADSWELL, H.E.. **Tree growth wood property interrelationship.** Raleigh: North Carolina State University, 1960. 86 p.

DELLA LUCIA, R.M. & VITAL, B.R. **Características físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.** Rev. Árvore, v.4, n.1, p.70-74. 1980.

DIAS M., F.; LAHR R. F. A.. **Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente.** Scientia Forestalis, Piracicaba, p. 108, jun. 2004.

DIMITRI, M.J.; LEONARDIS, REJ.; BILONI, I.S. **El nuevo libro del arbol.** Buenos Aires: El Ateneo, 2000. v. 2. 124 p.

DINWOODIE, J.N. **Timber its nature and behavior.** New York: Reinhold, 190p. 1981.

DUPONT, P. **Étude de la densité du bois par analyse radiographique et application à l'Epicea de l'est de la Belgique.** Gembloux. Faculte de Sciences Agronomiques de L'Etat, 1978. 81p.

FREITAS, M. C. P. G. **Estudo das madeiras de Timor.** II Contribuição, Junta de Investigação, Lisboa, 1958.

FUJII, T.; MARSOEM, S.N.; FUJIWARA, T. **Annual growth rings in mahogany - *Swietenia macrophylla* - grown in Java.** IAWA Journal, Leiden, v.19, n.4, p.256-264, 1998.

KLOCK, U. **Qualidade da Madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore.** Curitiba, 2000. 291f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

LABATE, J. **Características tecnologicas de las maderas indigenas y cultivadas argentinas.** In: COZZO, D. Arboles forestales, maderas y silvicultura de la Argentina. Buenos Aires: Acme, 1975. p.121-130. (Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardineria, 2).

LATORRACA, J.V.F. & ALBUQUERQUE, C.E.C. **Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira.** Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro, v.7, p.279-291, 2000.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 342 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009. v. 2, 384 p.

MAINIERI, C. **Madeiras do Litoral Sul:** São Paulo, Paraná e Santa Catarina. São Paulo: Instituto Florestal, 1973. 86 p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras.** São Paulo: IPT, 1989. 418 p.

MATTOS, J. R. **Estudo pomológico dos frutos indígenas do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: SIPA, 1956. 82p. (Fascículo, 2).

MELO, J. E.; CORADIN, V. R.; MENDES, J. C. **Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. Anais... Campos do Jordão, 1990. v. 3. p. 695-705.

MELO, R. R. et al. **Uso das características tecnológicas da madeira para o agrupamento de espécies florestais.** Nativa, Sinop, v. 01, n. 01, p. 01-07, out./dez. 2013.

MENDONÇA, R.; et. al. **Flora vascular do Cerrado.** In: SANO, S.; ALMEIDA, S. (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1998. p.287-556.

MOSCHLER, W.W.; DOUGAL, E.F. McRAE, D.D. **Density and growth ring characteristics of *Pinus taeda* L. following thinning.** Wood and fiber science, v. 21, n.3, p. 313-319, 1989.

MOTHE, F. et al. **Localisation de la transition bois initial - bois final dans un cerne de chêne par analyse microdensitométrique.** Annales des Sciences Forestières, Champenoux, Institut national de la recherche agronomique, équipe de recherches sur la qualité des bois, v. 4, n. 55, p. 437 - 449, 1998.

NOGUEIRA, M.V.P. & VALE, A.T. **Densidade básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* proveniente de cerrado:** relação com a densidade básica média e variação radial e axial. Rev. Árvore, Viçosa, v.21, n.4, p. 547-554, 1997.

OLIVEIRA, V. G. M. **Densidade da madeira em Minas Gerais: Amostragem, espacialização e relação com variáveis ambientais.** 2014. 47p. Tese (Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

PANSHIN, A.J. & ZEEUW, C.E. **Textbook of wood technology.** 4 th. ed. New York McGraw Hill, 722p, 1980.

POLGE, H. **Établissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique de radiographies d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants.** Application dans les domaines technologique et physiologique. Ann. Sci. For., Paris, v. 23, n.1,1966.

POLGE, H.; ILLY, J. **Observations sur l'anisotropie du Pin maritime des Landes.** Annales Sciences Forestieres, Versalles, v. 26, n. 1, p. 45-64, 1967.

QUINTEK MEASUREMENT SYSTEMS. **Tree ring analyzer users guide:** model QTRS-01X. Knoxville, 1999. 72 p.

RABELO, F. R. de C. et al. **Dinâmica da vegetação em um fragmento de Mata Atlântica no nordeste do Brasil.** 2015.

RECORD, S.J., HESS R.W. **Timbers of the New World**. New Haven: Yale University Press, 1949. 640p.

REITZ, P.; KLEIN, R.M.; REIS, A. **Projeto madeira do RS**. Porto Alegre : Sudesul/HBR, 1988. 528p.

REITZ, R.; KLEIN, M. R. & REIS, A. **Madeiras do Brasil (Santa Catarina)**. Lunardelli, Florianópolis, 320 p., 1979.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CORAG, 1983. 525 p.

RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**. Manual de Dendrologia Brasileira. 2. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1995. 296p.

ROCHA, L. C. et al. **Madeiras tropicais quanto à densidade e cor para uso em pavimentação**. 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, Gramado – RS, p. 6, 2014.

RODRIGUES, V. E. G. & CARVALHO, D. A. (2001) **Plantas medicinais no domínio dos cerrados**. UFLA, Lavras, 180 pp.

SANCHOTENE, M.C.C. **Frutíferas nativas úteis à fauna na arborização urbana**. Porto Alegre: SAGRA, 1989. 306 p.

SANTOS, R. T. et al. **Determinação da densidade básica da madeira de Grandiuva d'anta (*Psychotria cf. sessilis* (Vell.) Muell. Arg.) ao longo do fuste**. Revista Caatinga Universidade Federal Rural do Semi-Árido Mossoró, Brasil, vol. 21, núm. 3, julio-septiembre, pp. 49-53, 2008.

SILVA, M. E. C. M.; LOUZADA, J. L. P. C. **Utilização da microdensitometria por raios X na avaliação qualitativa da madeira de chopo (*Populus x euramericana*.cv I.214)**. In: SIMPÓSIO DEL CHOPO, 1., 2001, Zamora. Proceedings... Zamora, 2001. p. 469-478.

SILVEIRA, L. H. C., REZENDE, A. V., VALE, A. T. **Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas**. Acta Amazonica. VOL. 43(2) p.179 – 184, 2013.

SLUDER, E.R. **Variation in specific gravity of yellow-poplar in the southern Appalachians**. Journal of Institute of Wood Science. London, v. 5, p. 132-138, 1972.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSO, P.C.; LISI, C. **Potencialidade da família Meliaceae para estudos dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais.** In: ROIG, F.A. (Comp.). *Dendrocronología en América Latina*. Mendoza: Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo, 2000. p.381-434.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Centro de Pesquisas Florestais. Estudo das alternativas técnicas, econômicas e sociais para o setor florestal do Paraná: sub-programa tecnologia. Curitiba: SUDESUL 1 UFPR, 1979. 335p.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. **Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado.** Ciência Florestal, Santa Maria, RS, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002.

VITAL, B.R. & DELLA LUCIA, R.M. **Procedência de sementes e qualidade de madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.** Revista Árvore, Viçosa, v.4, n.2, p.170-178, 1980.

WANGAARD, F.F. **The mechanical properties of wood.** New York, John Wiley.377p, 1950.

CAPITULO 2

POTENCIAL DENDROCRONOLÓGICO DE ESPÉCIES DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

RESUMO

A análise dos anéis de crescimento das árvores possibilita a identificação e reconstrução das alterações ambientais naturais. O presente trabalho teve como objetivos mostrar o potencial dendrocronológico, determinar a idade e taxa de crescimento do tronco das árvores pelos anéis de crescimento anuais de sete espécies com ocorrência natural na FOM do estado de SC. A coleta do material foi feita de forma destrutiva, de três árvores selecionadas de cada espécie, sendo retirado um disco de cada árvore à altura do peito, com espessura de aproximadamente 5,0 cm cada. As superfícies transversais foram polidas com lixas de diferentes granulometrias para a caracterização macroscópica dos anéis de crescimento utilizando um microscópio digital portátil (DinoLite). Para análise dendrocronológica, as amostras polidas foram digitalizadas, a largura dos anéis de crescimento mensurados utilizando-se o software de análise de imagens Image ProPlus. Os dados foram exportados para o Microsoft Office Excel, sendo feitas as primeiras avaliações das séries de medidas radiais dos anéis de crescimento. Em seguida foi feita a datação-cruzada das árvores, possibilitando a construção de uma série cronológica de anéis de crescimento, e realizado o teste da qualidade da sincronização do crescimento entre as amostras de cada espécie, utilizando o software COFECHA, obtendo-se a série média. Com os resultados obtidos foi possível construir as cronologias e estabelecer a idade das árvores e também realizar a caracterização macroscópica dos anéis de crescimento, sendo que os caracteres observados confirmam as descrições já feitas das espécies ou gênero. As espécies *Allophylus edulis*, *Eugenia pyriformis*, *Ocotea indecora*, *Ocotea puberula*, *Vernonanthura discolor*, apresentam correlação significativa da série cronológica, já as espécies *Piptocarpha angustifolia* e *Styrax leprosus* não obtiveram correlação significativa. Em relação ao Incremento Radial Médio Anual (IRMA), as espécies *Ocotea puberula* e *Vernonanthura discolor* apresentaram os maiores valores e os menores IRMA foram para as espécies *Allophylus edulis* e *Piptocarpha angustifolia*.

Palavras – chave: Dendrocrologia. Anéis de crescimento. Floresta de Araucária.

1 INTRODUÇÃO

As árvores tem mostrado respostas diversas às variáveis ambientais, tais como temperatura, pluviosidade e umidade relativa do ar, na dinâmica dos seus processos fisiológicos, podendo refletir na atividade cambial e na formação dos anéis de crescimento (TOMAZELLO FILHO; BOTOSO, 2001).

Cada vez que o câmbio retoma sua atividade antes interrompida, deixa um sinal representado pela diferença entre as células formadas antes da dormência e as que se

desenvolvem após a reativação (COSTA *et al.*, 2006). Se esse conjunto de células formadas antes da dormência e após a reativação representar uma estação de crescimento (lenho inicial e lenho tardio) ele é chamado de anel anual de crescimento (COSTA *et al.*, 2006; EVERT, 2006). Nas regiões tropicais, períodos prolongados de seca ou chuva podem contribuir para a interrupção temporária da atividade cambial (COSTA *et al.*, 2006).

Anéis de crescimento anuais são camadas de células formadas no xilema e no floema secundários de caules e raízes durante uma estação de crescimento e podem ser vistos em seção transversal (KAENNEL E SCHWEINGRUBER, 1995; EVERT, 2006). Sua formação é resultado das mudanças da atividade cambial devido a temperatura, fotoperíodo, precipitação e fatores endógenos que controlam o ritmo de crescimento de uma árvore (FAHN *et al.*, 1981).

Podem ser demarcados por uma ou mais mudanças estruturais das células, como: células das fibras com paredes espessadas e achatadas no sentido radial; diferenças de diâmetro dos elementos de vaso entre o lenho inicial e o lenho tardio; presença de parênquima marginal; elementos de vasos ou traqueídeos vasculares muito estreitos e numerosos, presentes no lenho tardio e ausentes no lenho inicial; e alargamento dos raios (IAWA, 1989).

A ciência que possibilita a datação dos anéis de crescimento do lenho, incluindo a aplicação das informações registradas para estudos ambientais e históricos chama-se Dendrocronologia (KAENNEL; SCHWEINGRUBER, 1995).

A dendrocronologia baseia-se no princípio do qual as árvores que se desenvolveram em condições semelhantes ao longo de um período de anos devem apresentar sincronismo na variação da largura dos seus anéis de crescimento, permitindo a datação cruzada. A datação cruzada de amostras do lenho de árvores vivas permite determinar o ano de formação dos anéis de crescimento, coincidindo-os com os anos do calendário (BROWN, 2003).

A análise dos anéis de crescimento das árvores possibilita a identificação e reconstrução das alterações ambientais naturais, da dinâmica de populações florestais e da variação dos recursos hídricos e edáficos, a avaliação dos efeitos dos ventos, de ataques de insetos e microrganismos, da presença de metais pesados no ambiente e da ação antrópica (BOTOSO; MATTOS, 2002).

Pelo exposto, este estudo teve como objetivos verificar o potencial dendrocronológico, determinar a idade e taxa de crescimento do tronco das árvores pelos anéis de crescimento anuais das espécies: *Allophylus edulis* (A.St.-Hil. *et al.*) Hieron. ex Niederl, *Eugenia pyriformis* Cambess., *Ocotea indecora* (Schott) Mez, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees, *Piptocarpha angustifolia* Dusén ex Malme, *Styrax leprosus* Hook. & Arn. e *Vernonanthura discolor*

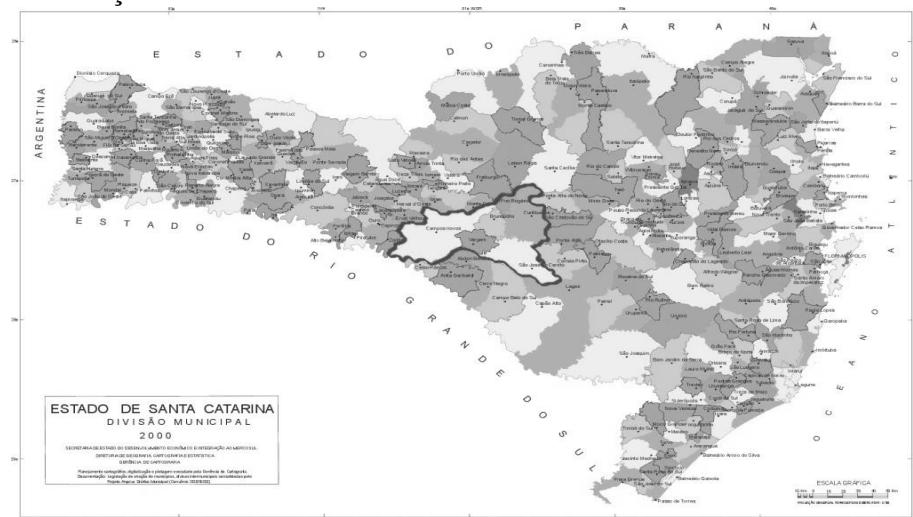
(Spreng.) H. Rob. com ocorrência natural na Floresta Ombrófila Mista do Estado de Santa Catarina.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E COLETA DO MATERIAL PARA ANÁLISE

Para as análises, as espécies foram coletadas no estado de Santa Catarina, nos municípios de Campos Novos, Brunópolis, Curitibanos, Frei Rogério, São José do Cerrito e Vargem, onde está localizada a Usina Hidrelétrica de São Roque, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Localização da área de coleta no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Adaptado IBGE (2014).

As coletas das amostras foram realizadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), no ano de 2014. De cada espécie foram selecionadas aleatoriamente três árvores, das quais foram coletados ramos férteis para identificação, registro no Herbário de Lages, da Universidade do Estado de Santa Catarina (LUSC) e um disco de madeira.

A coleta das amostras de madeira foi feita de forma destrutiva, sendo retirado um disco de cada árvore à altura do peito (1,30 m do solo), com espessura e aproximadamente 5,0 cm. Os discos foram levados para a Universidade do Estado de Santa Catarina, Campus de Lages/SC (CAV-UDESC) para as posteriores análises.

2.2 ESCOLHA DAS ESPÉCIES PARA O ESTUDO DENDROCRONOLÓGICO

Observando os perfis radiais obtidos com a Densitometria de raios X apresentados nas Figuras 5, 6 e 7, pode-se indicar algumas espécies (Tabela 1) com potencial para utilização desta metodologia, que auxilia na delimitação dos anéis de crescimento anuais e assim determinar suas cronologias. Segundo a bibliografia consultada no presente trabalho, poucos estudos foram encontrados sobre anéis de crescimento destas espécies, tornando potencial o desenvolvimento de cronologias úteis na interpretação do crescimento das espécies, visando a interpretação de mudanças climáticas, ecologia das espécies, etc.

Tabela 1 - Resultados da sincronização entre as séries cronológicas dos anéis de crescimento e o Incremento Radial Médio Anual (IRMA) das 7 espécies estudadas.

Espécies	Densidade
<i>Eugenia pyriformis</i>	Alta
<i>Allophylus edulis</i>	Média
<i>Ocotea indecora</i>	Média
<i>Vernonanthura discolor</i>	Baixa
<i>Styrax leprosus</i>	Baixa
<i>Ocotea puberula</i>	Baixa
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	Baixa

Segundo Tomazello Filho et al. (2000) e Fujii et al. (1998), a demarcação dos anéis de crescimento no lenho de algumas espécies florestais através do perfil radial de densidade por densitometria de raios X pode apresentar um maior grau de precisão quando comparada com a imagem da respectiva seção transversal polida, pela visualização e correspondência dos anéis de crescimento. Esta metodologia permite descrever os limites dos anéis de crescimento usando estes valores na datação e elaboração de cronologias relacionáveis com variáveis climáticas e outras aplicações.

2.2 ESPÉCIES FLORESTAIS SELECIONADAS

Foram utilizadas a madeira de 7 espécies, como pode ser observada na Tabela 2 onde estão listadas as espécies analisadas com suas respectivas informações taxonômicas e de coleta.

Tabela 2 - Espécies analisadas, informações taxonômicas e de coleta.

Espécie	Nome popular	Família	Disco	Número do Registro	DAP (cm)	Coordenada	Altitude (m)
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl	Vacum	Sapindaceae	3-1	LUSC 6176	20	lat: -27.486717 long: -50.808372 WGS84	778
			3-2	LUSC 6177	16	lat: -27.483556 long: -50.80835 WGS84	708
			3-3	LUSC 6178	*	lat: -27.493744 long: -50.811817 WGS84	735
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	Uvaia	Myrtaceae	22-1	LUSC 6219	18	lat: -27.489200 long: -50.975007 WGS84	*
			22-2	LUSC 6220	15	lat: -27.482667 long: -50.811278 WGS84	750,9
			22-3	LUSC 6221	15	lat: -27.482761 long: -50.811514 WGS84	752,7
<i>Ocotea indecora</i> (Schott) Mez	Canela	Lauraceae	41-1	LUSC 6267	41,2	lat: -27.493097 long: -50.807286 WGS84	680
			41-2	LUSC 6268	34,1	lat: -27.493061 long: -50.807292 WGS84	680
			41-3	LUSC 6269	17,5	lat: -27.49305 long: -50.807239 WGS84	679
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Canela-sebo	Lauraceae	43-1	LUSC 6273	33,7	lat: -27.482531 long: -50.811214 WGS84	695
			43-2	*	32,1	*	*
			43-3	LUSC 6275	29	lat: -27.482614 long: -50.811158 WGS84	746
<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme	Vassourão-branco	Asteraceae	48-1	LUSC 6288	19	lat: -27.487481 long: -50.813036 WGS84	797,1
			48-2	LUSC 6289	17	lat: -27.487458 long: -50.813125 WGS84	797,3
			48-3	LUSC 6290	22	lat: -27.487069 long: -50.810558 WGS84	766,4
<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	Carne-de-vaca	Styrecaceae	55-1	LUSC 6309	18,3	lat: -27.48285 long: -50.810539 WGS84	74
			55-2	LUSC 6310	22	lat: -27.482792 long: -50.810456 WGS84	743
			55-3	LUSC 6311	17,1	lat: -27.482756 long: -50.810742 WGS84	744
<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.	Vassourão-preto	Asteraceae	57-1	LUSC 6315	26	lat: -27.486772 long: -50.808183 WGS84	777
			*			lat: -27.487236 long: -50.812503 WGS84	
			57-3	LUSC 6317	35	lat: -27.486739 long: -50.807664 WGS84	779

*Sem registro

2.3 CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

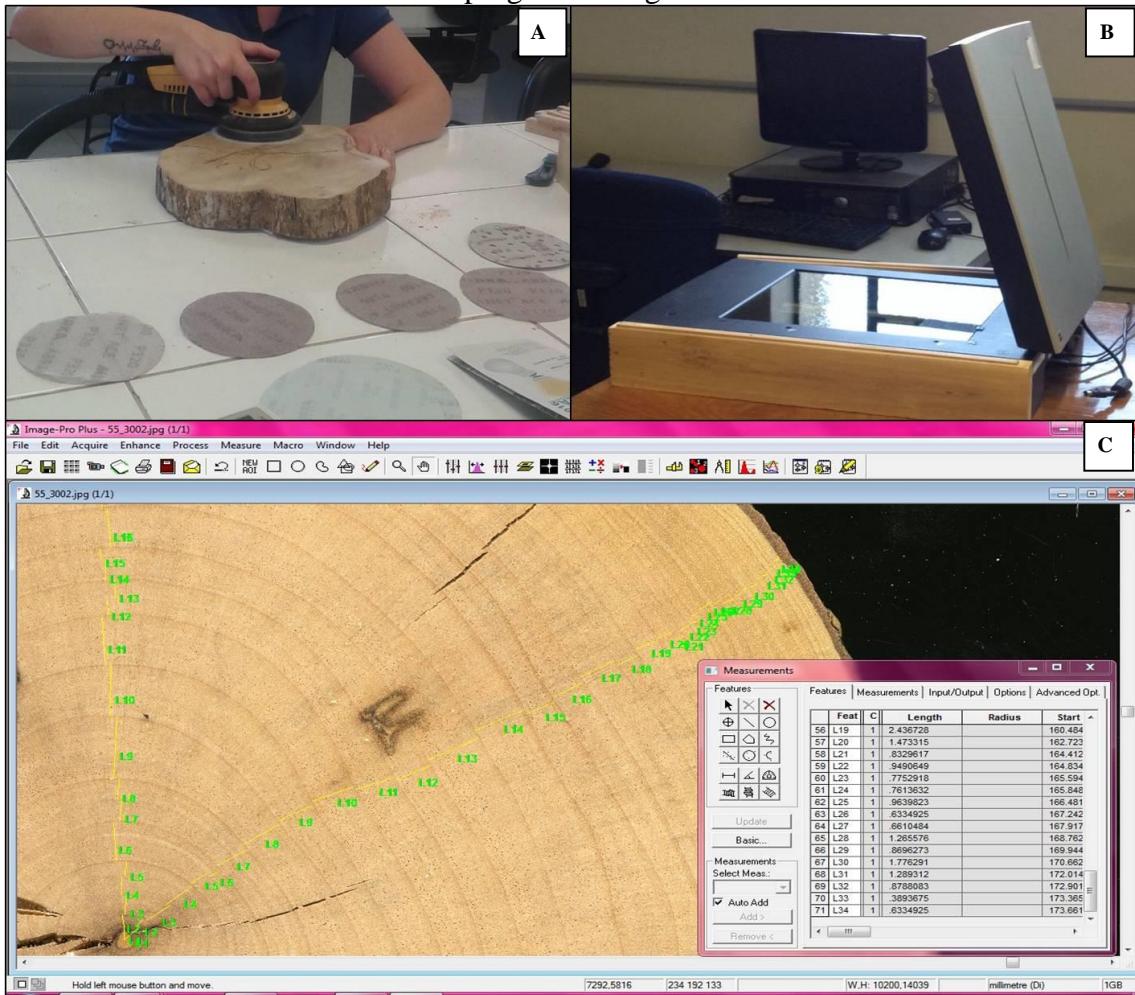
Para a caracterização macroscópica dos anéis de crescimento foi realizado o polimento das superfícies dos lenhos com lixas de diferentes granulometrias (80 a 1200 grãos/cm²). Com auxílio de um microscópio digital portátil (DinoLite) foram obtidas imagens do lenho para definição dos limites dos anéis de crescimento.

A terminologia utilizada para a caracterização da estrutura macroscópica dos anéis de crescimento do lenho das árvores seguiu a recomendação do IAWA *Committee* (1989).

2.4 CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DA ANÁLISE DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO: DENDROCRONOLOGIA

Para esta análise, os discos tiveram sua seção transversal polida manualmente com papel abrasivo (série de lixas com diferentes granulometrias: 80, 120, 180, 240, 320, 500, 800 e 1200 grãos/cm² para facilitar a observação dos anéis de crescimento. Em seguida, os discos foram digitalizados em um scanner do modelo Epson V750 Perfection Photocom resolução de 1200dpi. A mensuração da largura dos anéis de crescimento foi realizada com precisão de 0,001 mm através do software de análise de imagens Image Pro Plus, previamente calibrado através de escala digitalizada, sendo medidos quatro raios em cada disco (Figura 2).

Figura 2 - (A) Polimento dos discos; (B) Scanner para digitalização dos discos; (C) Medição dos anéis de crescimento no programa Image Pro Plus.



Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

Os dados de largura dos anéis de crescimento gerados no software foram exportados para o Microsoft Office Excel, onde foram feitas as primeiras avaliações das séries de medidas radiais dos anéis de crescimento, permitindo o ajuste inicial dos raios de cada árvore.

Em seguida foi feita a datação-cruzada das árvores (*cross dating*), que consiste na identificação de padrões de crescimento que podem ser sincronizados entre as amostras de uma mesma árvore e entre árvores, possibilitando a construção de uma série cronológica de anéis de crescimento, datados no ano exato de sua formação. Desta forma, é realizada a construção das cronologias da largura ou outra variável dos anéis de crescimento do lenho das árvores das espécies.

Após a datação-cruzada, realizou-se o teste da qualidade da sincronização do crescimento entre as amostras de cada espécie, utilizando o software COFECHA, obtendo-se a série média – denominada de série máster – a partir de todas as séries cronológicas (HOLMES

et al., 1986). Para identificar a existência de falsos anéis de crescimento analisou-se estatisticamente a correlação entre as porções da série flutuante (a datar) e séries máster independentemente datadas e verificadas.

A série “máster” gerada pelo COFECHA é uma média representativa de todas as séries cronológicas individuais e os valores médios obtidos são transformados em logaritmos, gerando índices que representam a série “máster”. A transformação desses valores em logaritmos tornam as diferenças nas medidas da largura dos anéis de crescimento mais homogêneas (GRISSINO-MAYER, 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO MACROSCÓPICA DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

As características observadas dos anéis de crescimento das 7 espécies estudadas podem ser observadas na Tabela 3 e Figura 3.

Tabela 3 - Características macroscópicas da delimitação dos anéis de crescimento das 7 espécies estudadas.

Espécie	Delimitação dos anéis de crescimento				Observação dos anéis de crescimento
	Fibras com paredes espessas no lenho tardio	Fibras com paredes espessas no lenho tardio e faixas de parênquima marginal	Zona fibrosa	Fibras com paredes espessas no lenho tardio e vasos com arranjo tangencial no início do lenho inicial	
<i>Allophylus edulis</i>		X			Figura 3. A
<i>Eugenia pyriformis</i>			X		Figura 3. B
<i>Ocotea indecora</i>	X				Figura 3. C
<i>Ocotea puberula</i>	X				Figura 3. D
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	X				Figura 3. E
<i>Styrax leprosus</i>	X				Figura 3. F
<i>Vernonanthura discolor</i>			X		Figura 3. G

A maioria das espécies apresentam camadas de crescimento distintas demarcadas pela presença de fibras com parede mais espessa no lenho tardio. Segundo Callado et al. (2001); Marcati et al. (2006), indicam que essa é a marcação anatômica mais frequentemente observada em estudos que caracterizaram anéis de crescimento realizados no Brasil.

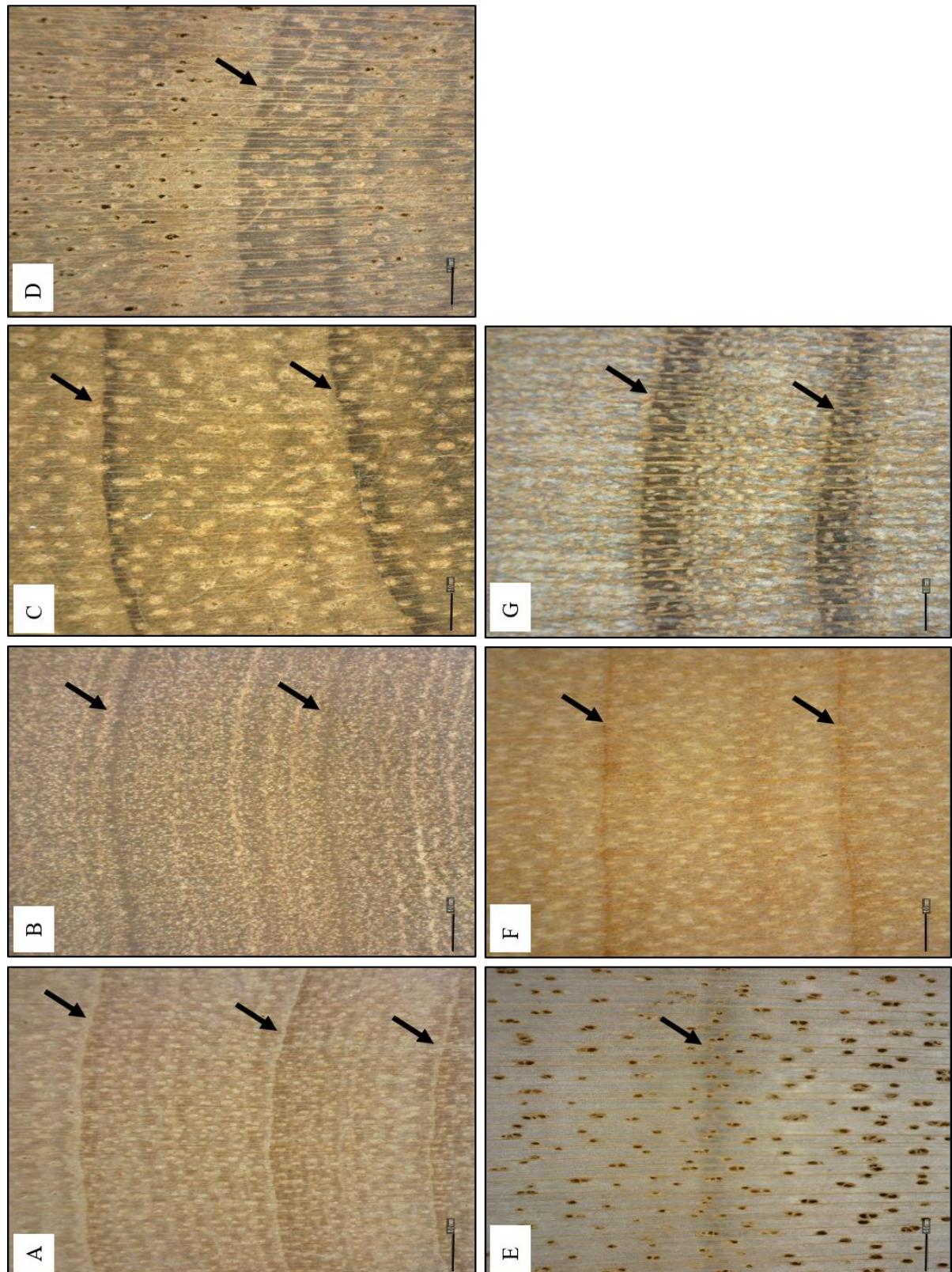
Conforme Siegloch et al. (2014), os anéis de crescimento da espécie *Allophylus guaraniticus* são marcados, geralmente, por camada de fibras em espessura.

A espécie *Eugenia uniflora* da família Myrtaceae apresenta anéis de crescimento distintos marcados por zonas fibrosas tangenciais mais escuras (CURY, 2002).

Rondon (2003), estudando os limites dos anéis de crescimento presentes nas espécies de *Ocotea porosa* e *Ocotea puberula*, identificou que estes são visíveis ao olho nu, delimitados por uma linha tangencial mais escura, formada pelo espessamento e achatamento das paredes das fibras no lenho tardio.

Para a espécie de *Piptocarpha angustifolia* os anéis de crescimento são delimitados por fibras com paredes espessas (VIEIRA et al., submetido).

Figura 3 - Estrutura anatômica macroscópicas da madeira nas seções transversais das sete espécies estudadas. - A: *Allophylus edulis* - B: *Eugenia pyriformis* - C: *Ocotea indecora* - D: *Ocotea puberula* - E: *Piptocarpha angustifolia* - F: *Styrax leprosus* - G: *Vernonanthura discolor*.



Legenda: Setas indicam os limites dos anéis de crescimento; Barra de escala = 1,0mm
Fonte: Elaborado pela autora, 2016.

De acordo com Oliveira (2006), as espécies *Styrax ferrugineus* e *Styrax camporum* apresentam delimitação dos anéis de crescimento com fibras do lenho tardio com paredes espessadas e achatadas radialmente.

Oliveira (2014) observou espessura da parede das fibras no lenho tardio como delimitação dos anéis de crescimento da espécie *Vernonanthura discolor*. Conforme Metcalfe and Chalk (1950), vasos em arranjo tangencial no início do lenho inicial são características da delimitação dos anéis de crescimento de espécies pertencentes a família Asteraceae.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO E SUA APLICAÇÃO: DENDROCRONOLOGIA

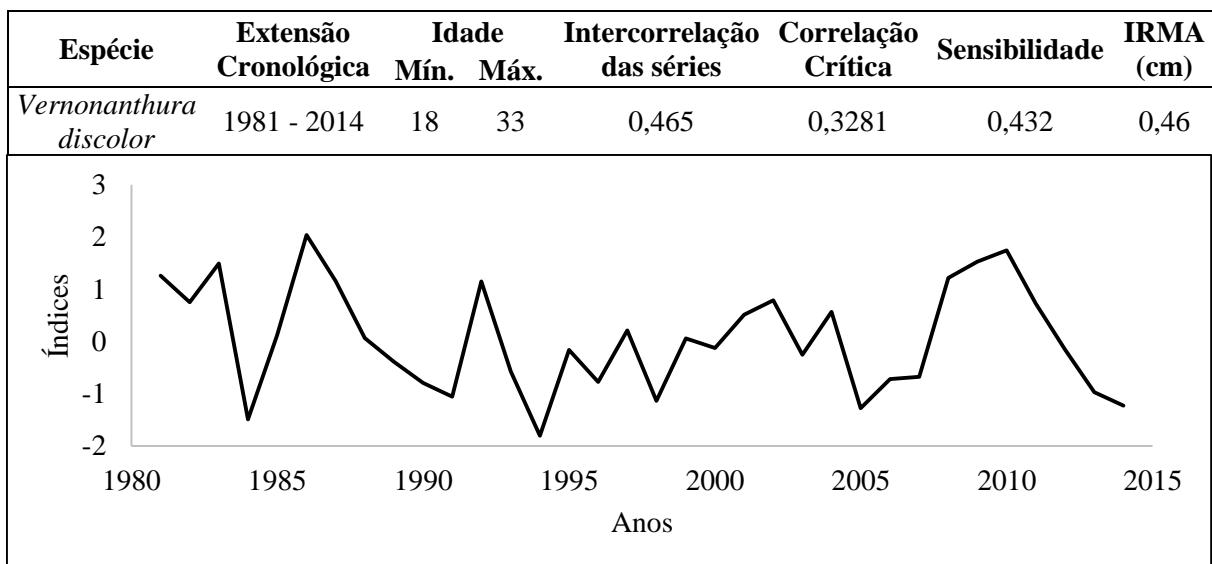
Para o controle da qualidade da largura dos anéis de crescimento foi utilizado um total de 12 series (raios) provenientes dos 3 árvores, para compor a cronologia foram aproveitados 6 series das 3 árvores de cada espécie.

Os raios dos discos não utilizados para a construção da cronologia foram considerados desproporcionais em relação aos usados, uma vez que os anéis de crescimento de algumas das árvores estudadas não estavam tão evidentes e bem demarcados em todos os raios.

As cronologias e as correlações construídas pelo software COFECHA das 7 espécies estudadas podem ser observadas na Figura 4.

Foram montadas séries ‘máster’ de 132 anos para *Allophylus edulis* (1882 - 2014), 38 anos para *Eugenia pyriformis* (1976 – 2014), 51 anos para *Ocotea indecora* (1963 – 2014), 30 anos para *Ocotea puberula* (1984 – 2014), 9 anos para *Piptocarpha angustifolia* (2005 – 2014), 31 anos para *Styrax leprosus* (1983 – 2014) e 33 para *Vernonanthura discolor* (1981 – 2014).

Figura 4 - Resultados da sincronização entre as séries cronológicas dos anéis de crescimento e o Incremento Radial Médio Anual (IRMA) das 7 espécies estudadas.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

As espécies *Allophylus edulis*, *Eugenia pyriformis*, *Ocotea indecora*, *Ocotea puberula*, *Vernonanthura discolor* apresentaram correlação significativa da série cronológica, sendo que os valores encontrados para intercorrelação das séries foi maior que os valores de correlação crítica, indicando o potencial dessas espécies para futuros estudos dendrocronológicos.

Esta significância indica que houve características comuns observadas entre as sequências cronológicas dos anéis de crescimento, o que representa uma resposta similar das árvores a um mesmo ciclo sazonal de crescimento, provavelmente influenciado por um fator ambiental (ALVORADO, 2009; LOBÃO, 2011).

Para as espécies *Piptocarpha angustifolia* e *Styrax leprosus* o valor de intercorrelação das séries foi de 0,222 e 0,346, respectivamente, ficando abaixo dos valores encontrados de correlação crítica, sendo 0,3281 e 0,4226, respectivamente, não havendo uma correlação significativa entre as séries cronológicas. Porém, não se descarta essas espécies para estudos dendrocronológicos, pois todas formam anéis de crescimento bem demarcados, sendo que uma quantidade maior de amostras e uma seleção mais rigorosa de árvores a serem estudadas, incluindo homogeneidade de copas e de microclimas onde estão inseridos podem melhorar a correlação entre as séries cronológicas (ANDREACCI, 2012).

A sensibilidade média indica a variabilidade inter-anual entre largura dos anéis de crescimento. Os valores acima de 0,30 indicam alta sensibilidade as mudanças ambientais (GRISSINO-MAYER, 2001). No presente trabalho, os valores médios de sensibilidade foram sempre superiores a 0,30, ou seja, significam alta sensibilidade.

Segundo Grissino-Mayer (2001), o nível de correlação pode variar entre as espécies, área geográfica, homogeneidade do sítio, competição e grau de distúrbio, considerando que, em

geral, valores acima de 0,5 são considerados desejáveis, principalmente para espécies com anéis bem marcados e crescimento homogêneo, como as coníferas de clima temperado. Para espécies de clima tropical e subtropical, com delimitação dos anéis de crescimento não tão distinta, valores menores que 0,5 podem ser considerados de alta intercorrelação, mostrando que as espécies analisadas, nos diferentes ambientes, tem alta sensibilidade a variações ambientais.

Stepka et al. (2013), estudando a dendrocronologia da espécie *Ocotea porosa* do município de Caçador – Santa Catarina, encontrou correlação significativa de 0,424 com a série máster. Ainda o mesmo autor, em estudos na região de Irati, PR, encontrou valores de intercorrelação para a araucária entre 0,33 e 0,5, com uma média de 0,452.

Figueiredo Filho et al. (2017), estudando o crescimento e idade de 5 espécies da FOM, obteve resultados positivos para o potencial dendrocronológico, encontrando correlações significativas para a *Araucaria angustifolia* (0,403), *Cedrela fissilis* (0,307), *Clethra scabra* (0,367), *Ilex paraguariensis* (0,311) e *Ocotea puberula* (0,241).

Ainda existem poucos estudos dendrocronológicos em áreas de Floresta Ombrófila Mista, comparado com a importância e abrangência dessa unidade fitoecológica (WATZLAWICK et al., 2005; MATTOS et al., 2007a; MATTOS et al., 2007b; OLIVEIRA, 2007; COSMO, 2008; MATTOS et al., 2010; ANDREACCI, 2012; LONGHI-SANTOS, 2013).

A determinação da idade utilizando anéis de crescimento em espécies arbóreas de florestas tropicais é um assunto bastante discutido, uma vez que pode ocorrer interferência devido à formação de anéis falsos, quando forma-se mais de uma camada de crescimento por período, e também de anéis descontínuos, aqueles que não se completam em toda a circunferência do tronco (ROZENDAAL & ZUIDEMA 2011).

A estimativa da idade das árvores e a avaliação dos ritmos de crescimento são fundamentais para as Ciências Florestais, pois auxiliam na determinação dos ciclos de corte, regimes de desbastes e na estimativa dos cortes e dos volumes admissíveis para uma exploração sustentável (BRIENEN & ZUIDEMA, 2005, 2007; ROSA 2008; FONSECA JUNIOR et al. 2009);

Tratando-se do incremento radial médio anual (IRMA), as espécies *Ocotea puberula* e *Vernonanthura discolor* apresentaram os maiores valores, sendo 0,46 e 0,55 cm/ano, respectivamente. Os menores valores de IRMA foram encontrados para as espécies *Allophylus edulis* (0,17 cm/ano) e *Piptocarpha angustifolia* (0,13 cm/ano).

Para a espécie *A. edulis*, Profumo (2010) encontrou incremento de 0,22 cm/ano, ficando próximo ao valor encontrado neste estudo. Carvalho (2006) diz que existem poucos dados sobre o crescimento desta espécie, salientando que o mesmo é lento, mencionando 2,7 cm de DAP aos quatro anos de idade, com uma altura de 3,25 m.

Em estudo com *Ocotea pulchella* Pathelf et al. (2000) obteve um IRMA de 0,44 cm/ano, aproximadamente, ficando próximo ao encontrado neste trabalho para a espécie do mesmo gênero *O. puberula* que foi de 0,55 cm/ano.

Orellana (2014), estudando o IRMA de diferentes espécies da FOM, encontrou valores que corroboram com os resultados obtidos neste estudo *Eugenia involucrata* (0,217 cm/ano), *Styrax leprosus* (0,263 cm/ano), *Vernonanthura petiolaris* (0,258 cm/ano), *Ocotea indecora* (0,295 cm/ano) e *Vernonanthura discolor* (0,369 cm/ano).

O crescimento das árvores depende de fatores como a disponibilidade de recursos ambientais (por exemplo, luz, água e nutrientes), condições locais (competição e distância entre árvores, proximidade de cursos d'água, tipo de solo etc.), tamanho e constituição genética da árvore, bem como sua história de desenvolvimento, cada um desses podendo afetar sozinho ou em conjunto o crescimento das árvores (POORTER; BONGERS, 1993).

Segundo Chambers et al. (1998), informações sobre o crescimento e a idade das árvores são ferramentas importantes para o estudo sobre a dinâmica de populações, a determinação de perturbações recorrentes no ecossistema ao longo do tempo e também sobre práticas de manejo florestal, visando ao desenvolvimento sustentável e até sobre o ciclo de carbono na floresta.

4 CONCLUSÃO

Na caracterização macroscópica dos anéis de crescimento, os caracteres confirmam as descrições já feitas das espécies ou gênero. Assim, de uma forma geral todas as características propostas para as famílias ou gêneros apresentados estão de acordo com a literatura encontrada contribuindo para a identificação dos anéis de crescimento.

A formação de cronologias para as 7 espécies estudadas como um dos objetivos deste estudo foi possível, mostrando que as espécies *Allophylus edulis*, *Eugenia pyriformis*, *Ocotea indecora*, *Ocotea puberula*, *Vernonanthura discolor*, apresentaram correlação significativa da série cronológica, reflexo de uma boa sincronização entre as séries temporais amostradas.

Para as espécies *Piptocarpha angustifolia* e *Styrax leprosus* não houve correlação significativa entre as séries cronológicas, mas mesmo assim não se descartam essas espécies para estudos dendrocronológicos, já que todas formam anéis de crescimento distintos, sendo

este um fator essencial para esse tipo de estudo. Assim, sugere-se analisar uma maior quantidade de exemplares de cada espécie, para que se tenha uma melhor correlação das séries cronológicas dos anéis de crescimento.

Tratando-se do IRMA, as espécies *Ocotea puberula* e *Vernonanthura discolor* apresentaram os maiores valores e os menores IRMA foram observados para as espécies *Allophylus edulis* e *Piptocarpha angustifolia*, ficando de acordo com as referências de literatura encontradas. Pelo fato de que o crescimento das árvores podem variar conforme a disponibilidade de recursos ambientais e suas condições locais.

5 REFERÊNCIAS

- ALVORADO, J.R. 2009. **Dendrocronologia de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru.** Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- ANDREACCI, F. 2012. **Atividade cambial, fenologia vegetativa e ritmo de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em áreas de Florestas Ombrófilas Mista e Densa do Estado do Paraná:** aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- ANDREACCI, F. **Atividade cambial, fenologia vegetativa e ritmo de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em áreas de Florestas Ombrófilas Mista e Densa do Estado do Paraná:** aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos. 51 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- BOTOSO, P. C.; MATTOS, P. P. **Conhecer a idade das árvores: importância e aplicações.** Colombo: Embrapa Florestas, 2002.
- BRIENEN, R. J. W. & P.A. ZUIDEMA. 2005. **Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis.** Oecol. 146: 1 -- 12.
- BROWN, P. M. **Introduction to dendrochronology lecture 1:** Basic terminology and concepts. Tucson: Rocky Mountain Tree-ring Research, 2003. p. 21.
- CALLADO, C.H. et al. 2001. **Anatomical features of growth rings in flood-prone trees of the Atlantic rain forest in Rio de Janeiro, Brazil.** IAWA J. 22: 29 -- 42.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas. V. 2. 2006^a. 627 p.

CHAMBERS, E. et al. 1998. **The war for talent.** The McKinsey Quarterly 3, 44–57.

COSMO, N. L. **Anatomia ecológica e crescimento do lenho de Sebastiania commersoniana (Baillon) Smith & Downs, em diferentes condições geomorfológicas e pedológicas da planície do rio Iguaçu-PR.** 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

COSTA, C. G. at al. **Anatomia Vegetal.** Viçosa: Editora UFV, p. 129-154, 2006.

CURY, G. **Descrição da estrutura anatômica do lenho e sua aplicação na identificação de espécies arbóreas do cerrado e da mata atlântica do Estado de São Paulo.** 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

EVERT, R. F. **Esau's Plant Anatomy.** Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: Their Structure, Function and Development. 3 ed, Madison, 601p., 2006.

FAHN, A.; BURLEY, J.; ONGMAN, K.A. L; MARIAUX, A. **Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees.** In: F.H. Bormann e G. Berlyn (eds.): Age and growth rate of tropical trees: new directions for research: 83–100 (Bull. 94), Yale University, New Haven. 1981.

FIGUEIREDO FILHO, A. et al. **Crescimento e Idade de Espécies Nativas Regenerantes Sob Plantio de Araucaria angustifolia no Paraná.** Revista Floresta e Ambiente. 2017.

FONSECA JUNIOR, S.F, M.T.F PIEDADE & J. SCHÖNGART. 2009. **Wood growth of *Tabebuia barbata* (E. Mey.) Sandwith (Bignoniaceae) and *Vatairea guianensis* Aubl.(Fabaceae) in Central Amazonian black-water (igapó) and white-water (várzea) flood plain forests.** Trees. 23: 127 – 134.

GRISSINO-MAYER, H. D. **Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA.** Tree-Ring Research, Tucson, v. 57, n. 2, p. 205- 221, 2001.

HOLMES, R.L; ADAMS, R. K.; FRITTS, H.C. **Quality control of crossdating and measuring: a user's manual for program COFECHA.** In: (Ed.). Tree-ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin. Tucson: University of Arizona, 1986. p. 41-49.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS COMMITTEE List of microscope features for hardwood identification. IAWA Bulletin New Series, Leiden, v. 10, n. 3, p. 219 – 332, 1989.

KAENNEL, M.; SCHWEINGRUBER, F.H. **Multilingual glossary of dendrochronology: terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian.** Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research; Berne. 1995.

LOBÃO, M. S. 2011. **Dendroconologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parayba* var *amazonicum* Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil.** Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

LONGHI-SANTOS, T. **Dendroecologia de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná, Brasil.** 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MARCATI, C.R.; J.S OLIVEIRA & S.R. MACHADO. 2006. **Growth rings in Cerrado woody species: occurrence and anatomical markers.** Biota Neotropica. 6: 1 -- 31.

MATTOS, P. P.; OLIVEIRA, M. F.; AGUSTINI, A. F.; BRAZ, E. M.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. **Aceleração de crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos.** Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 30, n. 64, p. 319-326, 2010.

MATTOS, P. P.; SANTOS, A. T. dos; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D. **Dendrocronologia de espécies da Floresta Ombrófila Mista do município de Candói, PR.** Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, n. 54, p. 153-156, 2007a.

MATTOS, P. P.; SANTOS, A. T. dos; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. **Crescimento de *Araucaria angustifolia* na Reserva Florestal Embrapa/Epagri, Caçador, SC.** Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, n. 55, p. 107-114, 2007b.

METCALFE, C. R. et al. **Anatomy of the dicotyledons, v. 1 & 2,** 1950.

OLIVEIRA, F. **Camadas de crescimento de espécies arbóreas e arbustivas em um ecótono campo-floresta no sul do Brasil.** 2014.

OLIVEIRA, J. M. de. **Anéis de crescimento de Araucaria angustifolia (Bertol.) O. Kuntze: Bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil.** 139 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Centro de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2007.

ORELLANA, E. **Sucessão florestal, regimes de manejo e competição avaliados por modelos de árvore individual em um fragmento de Floresta de Araucária.** 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

POORTER, L.; BONGERS, F.; **Ecology of Tropical Forests.** Wageningen: Agricultural University; 1993.

PROFUMO, L. A. **Estudo de anéis de crescimento de espécies arbóreas de ambientes fluviais da Bacia do Rio Tacuarembó.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Unoversidade Federal do Paraná, Curitiba 2010.

RONDON, R. M. **Análise do histórico silvicultura. De quatro espécies de uma floresta ombrófila mista com auxílio da dendrocronologia.** 2003. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.

ROSA, S.A. 2008. **Modelos de crescimento de quatro espécies madeireiras de Floresta de Várzea da Amazônia Central por meio de métodos dendrocronológicos.** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/ Botânica). Instituto de Pesquisa da Amazônia, Manaus.

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

SIEGLOCH, A. M.; MARCHIORI, J. N. C.; DOS SANTOS, S. R. **Anatomia do lenho de Allophylus guaraniticus (St.-Hil.) Radlk. (Sapindaceae).** Balduinia, n. 39, p. 19-23, 2014.

SPATHELF, P. et al. **Análise dendroecológica de Ocotea pulchella Ness et Mart. ex. Nees (Canela lageana) na Serra Geral de Santa Maria, RS, Brasil.** Ciência Florestal, v. 10, n. 1, p. 95-108, 2000.

STEPKA, T. F. **Modelagem do crescimento e dendrocronologia em árvores nativas de Araucaria angustifolia, Cedrela fissilis e Ocotea porosa no sul do Brasil.** 2013.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSO, P.C. **Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia.** In:

MAIA, N.B.; MARTOS, H.L.; BARRELLA, W. (Org). Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC; COMPED; INEP, 2001. p. 117-143.

WATZLAWICK, L. F.; VULCANIS, L.; SAQUETTA, C. R.; NUTTO, L. **Perspectivas de manejo de capororoca (*Myrsine umbellata* Mart.) utilizando análise retrospectiva.** Ambiência, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 71-82, 2005.