

**ANA TEREZA DURÃO GALÃO**

**INCREMENTO MÉDIO ANUAL, ANATOMIA E PROPRIEDADES FÍSICAS E  
MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. COM  
SEMENTES DE DUAS PROCEDÊNCIAS**

**Botucatu**

**2017**

**ANA TEREZA DURÃO GALÃO**

**INCREMENTO MÉDIO ANUAL, ANATOMIA E PROPRIEDADES FÍSICAS E  
MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. COM  
SEMENTES DE DUAS PROCEDÊNCIAS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

Orientador: Eduardo Luiz Longui

**Botucatu**

**2017**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

G147i Galão, Ana Tereza Durão, 1990 -  
Incremento médio anual, anatomia e propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. com sementes de duas procedências / Ana Tereza Durão Galão. - Botucatu: : [s.n.], 2017  
61 p.: il., color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2017  
Orientador: Eduardo Luiz Longui  
Inclui bibliografia

1. Madeira - Anatomia. 2. Madeira - Propriedades mecânicas. 3. Madeira - Propriedades físicas. I. Longui, Eduardo Luiz. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

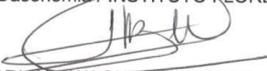
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: INCREMENTO MÉDIO ANUAL, ANATOMIA E PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. COM SEMENTES DE DUAS PROCEDÊNCIAS

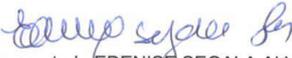
AUTORA: ANA TEREZA DURÃO GALÃO

ORIENTADOR: EDUARDO LUIZ LONGUI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:

  
Pesquisador Científico EDUARDO LUIZ LONGUI  
Divisão de Dasonomia / INSTITUTO FLORESTAL DE SÃO PAULO

  
Prof. Dr. ADRIANO WAGNER BALLARIN  
Depto de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

  
Profa. Dra. Aposentada EDENISÉ SEGALA ALVES  
Núcleo de Pesquisa em Anatomia / Instituto de Botânica/São Paulo

Botucatu, 24 de agosto de 2017

*Aos meus pais, Leopoldo Galão e Madalena Galão pela vida, exemplo, educação, carinho, incentivo e todo amor. Ao meu irmão Achilles (Neto), pela amizade, paciência, companheirismo e disponibilidade em ouvir e ajudar. Muito obrigada!*

**AMO VOCÊS!**

## AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pela minha vida e por sempre proteger e guiar meus passos.

Ao pesquisador Dr Eduardo Longui, meu orientador, que me recebeu no Instituto Florestal para estagiar em 2011, confiou no meu trabalho e foi um dos incentivadores para a realização do mestrado.

Ao Instituto Florestal, por ceder o material para a realização do estudo e toda a equipe do Laboratório de Madeira pela dedicação, ajuda e atenção, especialmente a Dirceu, Juraci, Yara e Sonia.

Ao professor Dr Adriano Wagner Ballarin que me auxiliou e acompanhou o desenvolvimento do projeto, pela disponibilidade e confiança para uso do laboratório, além de um grande exemplo de professor.

Ao técnico Ailton (Laboratório de ensaio de materiais) pela ajuda nos ensaios mecânicos, análises física e companhia e ao funcionário da manutenção, Silvio pela ajuda na confecção dos corpos de prova.

À professora Dra Carmen Regina Marcati, por me receber desde o primeiro dia, preocupar-se com a minha formação, incentivar o meu trabalho e disponibilizar o laboratório e os materiais.

À equipe do Laboratório de Madeira da FCA, pela ajuda e também pela amizade e companhia de todos os dias, especialmente a Liliane Pereira, Jane, Natália, Paulinha, Olivia, Marcela e Thais.

Aos funcionários e professores da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, campus Botucatu, por toda dedicação e aprendizado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Aos amigos da III Turma de Engenharia Florestal da UFSCar, pelos ótimos momentos que passamos juntos, especialmente a Gabriela, Ana Larissa, Bruno (Zela) e Paula.

Às minhas grandes amigas Mariama, Thaisa, Gabriela e Giulia pela amizade, por sempre me incentivarem e também pelos momentos de descontração.

À minha mãe, Madalena Durão Galão, pelo incentivo, amor, paciência, preocupação, educação e conselhos.

Ao meu pai, Leopoldo de Assis Galão, pelo apoio e grande exemplo de honestidade e amor pelo trabalho.

Ao meu irmão, Achilles José Galão Neto, pelo carinho e amizade.

À minha avó Ana que esta sempre rezando e torcendo por mim.

À minha Tia Ana Maria Durão pela amizade, apoio e exemplo de amor, alegria e dedicação àquilo que se faz.

A toda a minha família, meus tios e primos, especialmente a Maria Fernanda, Maria Catarina, Leonardo, Renato, Ana Cecilia, Marilia, Samuel, Leticia e Pedro pelo amor de irmãos e por sempre torcerem por mim.

Ao meu amigo e namorado, Gustavo Bataglioni, pela paciência, companheirismo, incentivo, carinho e dedicação.

## RESUMO

*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. é uma espécie nativa considerada promissora por apresentar valor econômico comprovado, em função da qualidade de sua madeira. Esta é empregada em diversos setores da indústria madeireira, da construção civil ao uso na produção de papel e é considerada uma espécie de rápido crescimento, com altos níveis de sobrevivência e acúmulo de biomassa. O objetivo foi estudar o incremento médio anual, as variações nas características anatômicas, propriedades físicas e mecânicas da madeira de *P. dubium* plantadas em Luis Antônio – SP com sementes de duas procedências (Alvorada do Sul – PR e Bauru – SP). Cortamos 30 árvores com 32 anos, sendo 15 de sementes procedentes de Alvorada do Sul (ASPAS) e as outras 15 com sementes procedentes de Bauru (ASPBA). Retiramos o pranchão central das 30 árvores das toras basais do tronco, desse pranchão retiramos sarrafos com dimensões 3,5x3,5 em três diferentes regiões do raio (PM - próximo à medula, I - intermediário e PC - próximo à casca) e dos sarrafos confeccionamos corpos de prova para caracterização anatômica (macerado e cortes histológicos), propriedades físicas (densidade básica e aparente a 12% de umidade e retração volumétrica) e mecânicas (resistência a compressão paralela às fibras, resistência à flexão, módulo de elasticidade e resistência ao cisalhamento). De acordo com os resultados não há diferença no incremento médio anual entre as procedências. As procedências diferiram apenas na densidade de raios. Foi observado um aumento do comprimento do elemento de vaso, diâmetro de vaso, largura do raio, espessura da parede das fibras, comprimento das fibras, densidades, fator de anisotropia, módulo de elasticidade, resistência à flexão estática, à compressão e ao cisalhamento no sentido medula-casca e uma diminuição da densidade de vasos e largura e densidade de raios no mesmo sentido. A madeira das árvores com sementes provenientes de Alvorada do Sul (ASPAS), especialmente da região próxima à casca, é mais densa e com propriedades mecânicas mais elevadas, porém é mais heterogênea radialmente quando comparada às árvores com sementes provenientes de Bauru (ASPBA). A madeira de *P. dubium* do presente trabalho apresentou classe de resistência C20, a menor das classes de resistência para uso estrutural.

**Palavras-chave:** *Peltophorum dubium*, variação radial, anatomia, propriedades físicas e mecânicas da madeira.

## ABSTRACT

*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. is a native species considered promising because it presents a proven economic value, due to the quality of its wood. It is used in many sectors of the timber industry, from civil construction to use in paper production and is considered a species of rapid growth, with high levels of survival and accumulation of biomass. The aim of this research was to study the average annual increment, variations in the anatomical characteristics, physical and mechanical properties of *P. dubium* wood planted in Luiz Antônio - SP with seeds from two sources (Alvorada do Sul - PR and Bauru - SP). We cut 30 trees of 32 years old, where 15 of seeds were from Alvorada do Sul (ASPAS) and the other 15 coming from Bauru (ASPBA). We removed the central board from the 30 trees of the basal logs of the trunk, from this plank we removed 3,5x3,5, dimensions in three different regions of the radius (PM - near the medulla, I - intermediate and PC - close to the bark) and from the battens we made test specimens for anatomical characterization (Basic and apparent density at 12% moisture content and volumetric retraction) and mechanical (resistance to compression parallel to fibers, flexural strength, modulus of elasticity and shear strength). According to the results, there is no difference in the average annual increase among provenances. The provenances differed only in radius density. It was observed an increase in vessel length, vessel diameter, ray width, fiber wall thickness, fiber length, densities, coefficient of anisotropy, modulus of elasticity, resistance to static bending, compression and shear strength, at the medulla-bark direction, and a decrease in vessel density and width and density of rays in the same direction. The wood of the trees with seeds originated from Alvorada do Sul (ASPAS), especially in the region near the bark, is denser and with higher mechanical properties, but it is more heterogeneous radially when compared to the trees with seeds from Bauru (ASPBA). The wood of *P. dubium* showed resistance class C20, the lowest of the resistance classes for structural use.

**Keywords:** *Peltophorum dubium*, radial variation, anatomy, physical and mechanical properties of wood.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. OBJETIVO</b> .....	13
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
3.1. <i>Peltophorum dubium</i> .....	13
3.1.1. A madeira de <i>Peltophorum dubium</i> .....	15
3.2. Anatomia da Madeira.....	16
3.3. Propriedades Físicas .....	18
3.3.1. Densidades básica e aparente.....	18
3.3.2. Retratibilidade .....	19
3.4. Propriedades Mecânicas.....	20
3.5. Variação radial nas propriedades da madeira .....	21
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
4.1. Obtenção do material experimental.....	22
4.1.1. Desdobro e obtenção dos corpos de prova .....	26
4.2. Cálculo do volume e Incremento médio anual.....	28
4.3. Quantificação de cerne e alborno e orientação da grã.....	29
4.4. Caracterização Anatômica .....	30
4.5. Propriedades Físicas .....	31
4.5.1. Densidade 12%.....	31
4.5.2. Densidade básica .....	31
4.5.3. Retratibilidade .....	32
4.6. Propriedades Mecânicas.....	33
4.6.1. Ensaio de compressão paralela às fibras ( $f_{c0}$ ).....	33
4.6.2. Ensaio de flexão estática .....	33
4.6.3. Resistência ao cisalhamento ( $f_{v0}$ ) .....	34
4.7. Análise Estatística .....	34
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	35
5.1. Cálculo do volume e Incremento médio anual.....	35
5.2. Quantificação de cerne e alborno e orientação da grã.....	37

5.3. Anatomia da Madeira.....	38
5.3.1. Elementos de vasos.....	38
5.3.2. Raios.....	40
5.3.3. Fibras.....	42
5.4. Propriedades Físicas .....	44
5.5. Propriedades Mecânicas.....	47
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>52</b>
REFERÊNCIAS .....	53
APÊNDICE .....	60

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira é um excelente material de construção, pois alia diversas qualidades como resistência e estética, além de incorporar na sua estrutura quantidade considerável de carbono evitando que este se acumule na atmosfera, o que é determinante no cenário atual das mudanças climáticas (FALK, 2010).

As florestas nativas atenderam as demandas do setor florestal por muitos anos, porém o uso incorreto dessas florestas fez com que fortes pressões nacionais e internacionais criassem diversas restrições quanto ao uso da madeira nativa, além da própria escassez da mesma. A maior parte dessas pressões refere-se aos efeitos climáticos advindos dos processos de extração dos produtos florestais, de queimadas e do próprio desmatamento. Como consequência da alta demanda de produtos florestais e de forma a minimizar os danos ambientais citados, ocorreu o aumento de florestas de espécies exóticas plantadas no país (FISCHER, 2009).

A partir de 1960 houve aumento da demanda de madeira para celulose e papel, energia, madeira sólida e seus derivados que exigiam fornecimento continuado e com qualidade padronizada. A década de 70 foi marcada pela política de incentivos fiscais para o reflorestamento (BRACELPA, 2009). Ocorreu aumento no cultivo e pesquisa de espécies exóticas no país, havendo hoje, como consequência, grande conhecimento acumulado de sua silvicultura e manejo, sobretudo para *Eucalyptus* e *Pinus*. Nesse contexto, algumas espécies nativas com potencial madeireiro apresentam relativamente menor conhecimento sobre sua silvicultura; além disso, o incentivo em programas de melhoramento e para cultivo dessas espécies é baixo (BERTOLINI et al., 2015).

Independente da espécie ou do sistema de plantio, para que a madeira seja usada de forma otimizada é necessário atestar a sua qualidade, que é definida como o grau de excelência em relação à aplicação destinada. Embora não exista uma medida exata da qualidade, é possível estabelecer alguns parâmetros indicativos madeira e o seu uso mais apropriado (SAVIDGE, 2003). Esse procedimento é primordial, principalmente em países tropicais, onde a variedade e o número de espécies de madeiras existentes na floresta são expressões da sua biodiversidade (ZENID et al., 2009).

A qualidade da madeira para fins específicos é condicionada, em grande parte, pelas suas características anatômicas, já que elas influenciam diretamente as

propriedades físicas e mecânicas e suas variações ao longo do tronco (WIEDENHOEFT, 2010). É comprovado que a correta utilização de um material está associada às suas características e a madeira não foge à regra, tornando-se importante o conhecimento de suas variações, a fim de prognosticar seu comportamento em diferentes situações de uso (PAES et al., 2010).

O conhecimento das espécies potencialmente produtoras de madeira de qualidade é necessário para a ampliação da base florestal, que, por sua vez, é uma maneira de baixo custo, segura e de menor impacto ambiental para gerar emprego e renda (MELCHIORETTO; ELEOTÉRIO, 2003). Algumas espécies nativas possuem crescimento rápido aliado à alta produtividade de madeira por isso a importância de conhecer mais a respeito da silvicultura dessas espécies nativas visando sua utilização não somente na indústria madeireira, mas para fins diversos como energia e extração de subprodutos (BERTOLINI et al., 2015).

Nesse contexto destaca-se o *Peltophorum dubium*, espécie nativa, heliófila, com boa resistência ao frio. É considerada promissora por apresentar valor econômico comprovado, em função da qualidade da madeira. A madeira é usada na construção civil, em indústrias de móveis, em construção naval, marcenaria e carpintaria, sendo viável também para a produção de papel. O *P. dubium* além de possuir aplicabilidade em diversos setores da indústria madeireira, é considerada uma espécie de rápido crescimento, apresenta elevados níveis de sobrevivência e acúmulo de biomassa quando comparada a outras espécies nativas como o louro-pardo (*Cordia trichotoma* Vellozo Arrabida ex Steudel), pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl.), ipê-amarelo (*Handroanthu chrysotrichus* (Mart. ex A.DC) Mattos) e outras (CARVALHO, 1994; REVISTA DA MADEIRA, 2007; BERTOLINI et al., 2015).

## 2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo principal caracterizar a madeira de *Peltophorum dubium* a partir da determinação do incremento médio anual, de análises anatômicas e também das propriedades físicas e mecânicas conforme preconizado pela IAWA (1989) e NBR 7190/97 (ABNT, 1997).

Buscou-se responder as seguintes questões:

- Existe influência da procedência das sementes nas características anatômicas e propriedades físicas e mecânicas?
- Existe variação radial nas características anatômicas e nas propriedades físicas e mecânicas (PM - região próxima à medula, I - intermediária e PC - próxima à casca)?
- Qual o enquadramento estrutural (classe de resistência) da madeira de *P. dubium*?

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1. *Peltophorum dubium*

O *Peltophorum dubium* (canafístula ou guarucaia) pertence à família das leguminosas (Fabaceae) e subfamília Caesalpinioideae, é nativa, não endêmica (Argentina e Paraguai), ocorrendo naturalmente nas regiões Nordeste (Alagoas, Bahia, Paraíba, Pernambuco, Sergipe), Centro-Oeste (Distrito Federal, Mato Grosso do Sul), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina); nos tipos de vegetação: Caatinga, Cerrado, Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila e Floresta Ombrófila Mista (Figura 1) (REITZ et al., 1978; CARVALHO, 2003; SILVA et al., 2017).

É uma espécie heliófila, caducifólia, de crescimento rápido e tolerante ao clima frio, pode atingir 40 metros de altura 120 cm de diâmetro na sua maturidade (CARVALHO, 2003). É muito utilizada para recuperação de áreas degradadas, área de preservação permanente, arborização e paisagismo (LORENZI, 2002). O fruto é um legume do tipo vagem e podem possuir de uma a duas sementes. A dispersão dos frutos é feita por anemocoria (REITZ et al., 1978).

Portela et al. (2001) avaliando a influência do sombreamento na produção de mudas de *P. dubium*, recomendam plantio à pleno sol ou até com 50% de

sombreamento. Meneghello e Mattei (2004) encontraram bons resultados para o *P. dubium* com semeadura direta em campo abandonado, em estudo com 16 espécies florestais nativas plantadas a pleno sol, na região sudoeste do Paraná, aos sete meses de idade. Os autores verificaram que *P. dubium* foi a segunda melhor espécie em crescimento em altura, com 2,12 metros, terceira em relação ao diâmetro inicial, taxa de sobrevivência alta e fuste classificado como reto para 82,4% das árvores (BERTOLINI et al., 2015).

Segundo a Embrapa (2007), o cultivo florestal homogêneo do *P. dubium* é recomendado puro e a pleno sol. Nos plantios há 80% de sobrevivência, porém ocorre heterogeneidade no crescimento em altura, diâmetro e forma. Os ramos podem ser evitados devido aos tratamentos silviculturais da prática da desrama, melhorando a qualidade do fuste das árvores, agregando maior valor a madeira e a qualidade do povoamento (CARVALHO, 2003).

Shimizu et al. (1987) avaliaram a produtividade de *P. dubium* com sementes de diferentes procedências. As sementes foram coletadas em Bauru (SP), Maringá (PR), Terra Boa (PR), Campo Mourão (PR) e Tenente Portela (RS), e os locais de plantio foram Assis (SP), Laranjeiras do Sul e Toledo (PR). De acordo com os autores não ficou evidenciado a interação entre genótipo e ambiente em *P. dubium*; dessa forma a procedência da semente não influenciou na produtividade.

**Figura 1. Distribuição geográfica da espécie *Peltophorum dubium* entre os estados do Brasil. Os estados com cor escura representam a ocorrência da espécie.**



Fonte: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>

### 3.1.1. A madeira de *Peltophorum dubium*

Em *P. dubium*, o lenho é a parte da árvore mais empregada nas propriedades rurais (BERTOLINI et al., 2015). Carvalho (2003) estudando o de *P. dubium*, caracterizando seu lenho como denso ( $0,75$  a  $0,90\text{g cm}^{-3}$ ). O albúrnio é de cor róseo–claro levemente amarelado, já o cerne com alternâncias irregulares de colorido róseo–acastanhado e de bege rosado–escuro, frequentemente com veios escuros irregulares.

A planta produz madeira de alto valor econômico, indicada em construção civil para vigas, caibros, ripas, marcos de portas, janelas, assoalhos, forros, paredes divisórias internas; em usos externos como mourões, “coxos” para animais (quando oca); dormentes, cruzetas; em indústria de móveis e guarnições; em construção naval e militar; em marcenaria e carpintaria para fabricar carroçarias, chapas e peças para decorações de interiores (REITZ, et al., 1978; CARVALHO, 2003).

O *P. dubium*, por ser uma espécie de crescimento rápido, é considerado muito promissor, pois apresenta valor econômico comprovado devido à qualidade da sua madeira (MATTEI; ROSENTHAL, 2002). De acordo com a Embrapa Florestas, *P. dubium* tem um Incremento Médio Anual (IMA) de  $19,60\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  com espaçamento de  $3 \times 2\text{m}$ , portanto, superior à média de  $14\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , para ser

considerada de crescimento rápido. Na Tabela 1 é possível observar alguns plantios de *P. dubium* nos estados de São Paulo e Paraná que possuem IMA superiores a  $14\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  (REVISTA DA MADEIRA, 2007).

Além de possuir alta aplicabilidade nos diversos setores da indústria madeireira, *P. dubium* apresenta elevados níveis de sobrevivência, crescimento e acumulação de biomassa, quanto comparada a outras espécies nativas como o *Guazuma ulmifolia* (mutambo) e *Calycophyllum spruceanum* (mulateiro) (MORAES et al., 2003), pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl.) e ipê-amarelo (*Handroanthu chrysotrichus* (Mart. ex A.DC) Mattos) (BERTOLINI et al., 2015), entre outras citadas pelos autores.

**Tabela 1: Plantios experimentais de *Peltophorum dubium* em algumas cidades dos estados do Paraná e São Paulo. São representados também idade, espaçamento, plantas vivas, altura, diâmetro a altura do peito (DAP) e incremento médio anual (IMA) do plantio.**

Local	Idade (anos)	Espaçamento (mxm)	Plantas vivas (%)	Altura média (m)	DAP médio (cm)	IMAv (a)	Fonte
Assis-SP	7	3x2	68,9	4,9	6,9	2,9	Nogueira et al., 1982
Campo Mourão-PR	11	3x1	73,2	8,86	9,3	7,5	Embrapa Florestas
Cascavel-PR	10	3x2	96	12,11	13,7	14,3	Embrapa Florestas
Cianorte-PR	7	3x3	100	9,12	13	-	Embrapa Florestas
Concórdia-PR	4	3x2	66,4	1,61	-	-	Embrapa Florestas
Cosmópolis-PR	20	-	-	28,4	39,5	-	Nogueira, 1997
Dois Vizinhos-PR	10	2,5x2,5	97,6	6,45	8,9	3,15	Silva & Torres, 1992
Foz do Iguaçu-PR	9	4x2,5	100	10,41	16,3	12,1	Embrapa Florestas
Laranjeiras do Sul-PR	6	3x3	90	7,08	10,8	5,4	Embrapa Florestas
Luiz Antonio-SP	7	3x2	91	11,53	13,8	19,6	Nogueira et al., 1982
Mandaguari-PR	8	2x1,5	90	11	10,9	19,25	IAP
Mogi Guaçu-SP	8	3x2	-	6,25	6,1	-	Nogueira et al., 1982
Pinhão-PR	10	2,5x2,5	96	9,01	14,6	11,6	Silva & Torres, 1992
Quedas do Iguaçu-PR	8	4x3	84,6	11,13	18	-	Embrapa Florestas
Santa Rita do Passa Quatro-SP	26	-	41,7	21,19	21,4	14	Gurgel Filho et al., 1982
Toledo-PR	7	4x4	-	12,4	19	-	Embrapa Florestas

**Fonte: EMBRAPA, 2007, modificado pelo autor excluindo-se o tipo de solo detalhado na versão original. IMAv = Incremento médio anual (volume,  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ).**

### 3.2. Anatomia da Madeira

O lenho das árvores é constituído por diferentes tipos de células. Segundo Costa et al. (2006), o comprimento de elementos de vasos e fibras e as células do parênquima axial são influenciados diretamente pelas divisões das células iniciais fusiformes no câmbio e os elementos dispostos no sentido radial (raios) são

originados pelas células radiais. O processo de desenvolvimento é dividido em cinco etapas; 1) divisão celular, 2) diferenciação, 3) crescimento em área, 4) espessamento da parede e 5) lignificação que são responsáveis por definirem o comprimento, largura, espessura e diâmetro do lume das células (EVERT, 2013).

Depois de certo tempo ao longo do raio as células cambiais passam a produzir elementos com maiores dimensões, até que atingem a sua estabilização, em idades mais avançadas. Em função disso ocorre aumento no comprimento das fibras no sentido medula-casca; fibras das camadas de crescimento mais próximas à medula apresentam menores dimensões do que as localizadas nas camadas de crescimento mais próximas à casca (TOMAZELO FILHO, 1985; TRUGILHO et al., 1996).

De acordo com Burger e Richter (1991), a anatomia da madeira estuda os diversos tipos de células que constituem o lenho, suas funções, organização e peculiaridades estruturais com o objetivo de identificar espécies, por meio da distinção de madeiras aparentemente idênticas e predizer utilizações adequadas de acordo com suas características anatômicas.

O conhecimento da estrutura anatômica da madeira é fundamental para qualquer emprego industrial, levando em conta que seu comportamento mecânico, secagem, adesão e trabalhabilidade estão intimamente associados à sua estrutura celular. Sabe-se que os fatores geográficos e ambientais (temperatura, precipitação, disponibilidade hídrica) e os fatores genéticos são determinantes na formação do lenho, e as propriedades físicas e mecânicas são influenciadas pelas características anatômicas (MARCATI et al., 2001).

Alguns estudos compararam a anatomia da madeira de árvores plantadas em um mesmo local, mas com sementes provenientes de diferentes procedências. Longui et al. (2011) comparando árvores com sementes oriundas de três procedências distintas de *Galesia integrifolia* plantadas em um mesmo local, observaram forte conservação genética de algumas características anatômicas do lenho. LIMA et al. (2011) na mesma linha de pesquisa com *Cariniana legalis* observaram que o comprimento dos elementos de vaso, altura e largura dos raios, comprimento de fibras, espessura da parede da fibra e densidade básica diferiram entre as procedências o que foi interpretado pelos autores como influencia genética do local de origem das sementes sobre a estrutura da madeira.

### 3.3. Propriedades Físicas

#### 3.3.1. Densidades básica e aparente

A densidade da madeira é uma das propriedades mais utilizadas para avaliar a qualidade da madeira e outras propriedades de resistência, devido à sua relação com as propriedades anatômicas, físicas, mecânicas, químicas e de utilização (LARSON et al., 2001). É uma propriedade de grande interesse para indústrias como as que produzem celulose, painéis, papel e também para a produção de madeira em florestas (TSOUMIS, 1991).

A densidade, por ser de fácil determinação, possuir alta herdabilidade e relação com outras propriedades, é a propriedade mais analisada nos laboratórios de tecnologia da madeira e produtos florestais. Considerada um dos mais importantes índices de qualidade da madeira, a densidade influencia a higroscopicidade, a retratibilidade e as propriedades de resistência mecânica, elétricas e acústicas (PANSWIN; ZEEUW, 1980).

Geralmente à medida que aumenta a densidade, aumenta a resistência mecânica e durabilidade natural da madeira, em sentido inverso, diminuem a permeabilidade às soluções preservantes, acabamentos e trabalhabilidade (CARDIN, 2011).

Para melhor rendimento e qualidade no produto final é desejável que a madeira tenha densidade mais homogênea possível (VALE et al., 1995). Segundo Kollman & Côte (1968) as variações na densidade da madeira resultam das diferenças anatômicas nas fibras, vasos, canais resiníferos e raios.

Devido à importância da densidade para os estudos tecnológicos da madeira é possível por meio desse valor enquadrar a espécie estudada em uma das classes de resistência, definidas na NBR 7190 (ABNT, 1997), e assim estimar o uso estrutural dessa madeira (LOGSDON; FINGER, 2007).

A densidade básica de *P. dubium* é relatada na literatura com o valor de 460 kg.m<sup>-3</sup> (LIMA et al., 2015) a 500 kg.m<sup>-3</sup> (XAVIER, 2016) e a densidade aparente a 12% de umidade de 640 kg.m<sup>-3</sup> (VIVIAN et al, 2010) a 770 kg.m<sup>-3</sup> (PEDROSO; MATTOS, 1987). Tais variações podem estar relacionadas à idade, posição no tronco ou ao local de coleta das amostras de madeira.

### 3.3.2. Retratibilidade

A madeira pode aumentar ou reduzir o volume em razão do ganho ou perda de água até o ponto de saturação das fibras. A retração ocorre devido à aproximação das cadeias de celulose e ou das microfibrilas. As variações dimensionais (retração ou expansão) vão depender de fatores como a densidade da madeira e teor de umidade. A retração apresenta diferentes valores nas três direções principais (radial, tangencial e longitudinal). A diferença entre a retratibilidade tangencial e radial pode ser explicada pela influência restritiva dos raios na direção radial e também pelo arranjo helicoidal diferente das microfibrilas nas paredes tangenciais e radiais (KOLLMAN; CÔTÉ, 1968).

Na posição radial da amostra na árvore também ocorre variação na retração. As amostras localizadas nas regiões próximas à medula apresentam menor retração do que as localizadas próximas à casca. Essa mudança está associada à rápida redução do ângulo microfibrilar na parede celular e também ao aumento do comprimento da célula e ao teor de celulose da madeira (PANSIN; DE ZEEUW, 1980).

A razão entre retração tangencial e radial da madeira é chamada de coeficiente de anisotropia e varia de 1,2 a 2,5 (NOCK, 1975). Este coeficiente é importante para determinar a qualidade da madeira, quanto maior o valor, maior será a tendência ao fendilhamento e empenamento da mesma. Dessa forma é interessante que as madeiras apresentem menor coeficiente de anisotropia, pois terão maior estabilidade dimensional.

Nock (1975) cita a seguinte classificação da madeira em função dos seus coeficientes de anisotropia:

- 1,2 a 1,5 - considerada excelente, indicada para móveis finos, esquadrias, barcos, aparelhos musicais, aparelhos de esporte, etc.
- 1,5 a 2,0 - considerada normal, indicada para estantes, mesas, armários, usos que permitam pequenos empenamentos.
- acima de 2,0 – considerada como ruim, indicada para construção civil (observadas as características mecânicas), carvão, lenha, etc

Na literatura são reportados diferentes valores de fator de anisotropia para *P. dubium*, como exemplos citam-se os estudos de Vivian et al. (2010) que encontraram coeficiente de 1,94 e Pedroso e Mattos (1987) com valor de 2,84.

### 3.4. Propriedades Mecânicas

A determinação das propriedades mecânicas da madeira auxilia no conhecimento de sua estrutura e na sua utilização, sobretudo para seu emprego como material de construção e na indústria moveleira (MOTTA, 2011).

Nos ensaios de determinação das propriedades mecânicas são normalmente usados corpos de prova, que devem ser isentos de defeitos, sem ocorrência de nós e com as fibras bem orientadas, deve-se tomar cuidado com peças que apresentem desvios de grã (OLIVEIRA, 2007).

As propriedades mecânicas são a expressão do comportamento de um material, quando submetido a uma força. Sempre que a madeira se quebra ou se deforma, isso ocorreu pela ação de alguma força e, portanto, expressa alguma propriedade mecânica (WANGAARD, 1950). Tais propriedades são avaliadas em duas direções principais: paralela e perpendicular às fibras, e geralmente mensuradas considerando-se a resistência (aptidão em suportar solicitações mecânicas) e a rigidez (expressa pelo módulo de elasticidade), que reporta a proporcionalidade existente entre tensões e respectivas deformações específicas na fase de comportamento elástico linear (ATHANÁZIO-HELIODORO, 2015).

Muitas pesquisas têm sido feitas para identificar quais os fatores que afetam as propriedades físicas e mecânicas da madeira e os que podem ser inerente a própria madeira, como por exemplo, o meio no qual a árvore se desenvolveu (LOBÃO et al., 2004). A determinação das propriedades mecânicas da madeira permite o correto dimensionamento dos diversos componentes que formam o conjunto estrutural.

É essencial a avaliação das características mecânicas da madeira para assim poder explicar e entender seu comportamento e garantir correta destinação para esse material assegurando segurança e qualidade ao produto final.

As propriedades mecânicas são dependentes principalmente da densidade, porcentagem de madeira juvenil, ângulo das microfibrilas, largura dos anéis, quantidade de extrativos, inclinação da grã, teor de umidade, quantidade de nós da intensidade do ataque de insetos, dentre outros fatores (LOBÃO et al., 2004).

Dentre as propriedades mecânicas mensuradas na madeira, a compressão paralela às fibras é considerada a propriedade mais importante no enfoque nacional.

Esse ensaio é considerado puro e possui boa correlação com quase todas as demais propriedades mecânicas da madeira. É o parâmetro usado para classificar a madeira estruturalmente (ATHANÁZIO-HELIODORO, 2015).

A resistência à flexão e o módulo de elasticidade à flexão são propriedades de fácil determinação em condições de campo com auxílio de equipamentos portáteis (ATHANÁZIO-HELIODORO, 2015). Por essa razão, são consideradas pela norma americana (ASTM) como determinantes para a classificação da madeira em classes de resistência.

A resistência ao cisalhamento paralelo às fibras é um importante parâmetro no projeto de estruturas para construção civil, além de ser condicionante nas operações de desdobro da madeira (SANTANA et al., 2001).

### 3.5. Variação radial nas propriedades da madeira

A madeira é um material heterogêneo. As variações nas características anatômicas e propriedades físicas e mecânicas são grandes entre espécies e também ocorrem entre indivíduos da mesma espécie e dentro de um mesmo indivíduo. Neste último caso, ocorrem variações significativas principalmente na direção radial da medula até a casca. Além disso, existem diferenças entre o cerne e o alburno, entre os lenhos de início e fim de estação de crescimento e, em escala microscópica, entre células individuais (TRUGILHO; SILVA, 2004).

A variação que ocorre nas propriedades da madeira no sentido radial é a mais importante fonte de variação que ocorre no tronco, é determinada, principalmente, pela presença de madeira juvenil e adulta, pela sua proporção relativa no tronco e também pelas características físico-químicas e anatômicas (MALAN, 1992; PÁDUA, 2009). A densidade, o comprimento e espessura da parede das células, o teor de celulose, a resistência e a rigidez são maiores na madeira adulta do que na juvenil (BENDTSEN, 1978).

Lachenbruch et al. (2011) estudando a variação radial afirmam que a região próxima à medula possui células menores com menores diâmetros e paredes mais finas, quando comparadas as células mais próximas da casca. Os autores afirmam ainda que a produção de madeira jovem (mais próximo à medula) é uma estratégia do padrão típico radial devido à necessidade do câmbio jovem amadurecer antes que ele possa produzir madeira com células mais homogêneas e com melhores

propriedades físicas e mecânicas. Esta visão sugere que uma restrição de desenvolvimento impede o meristema de produzir a madeira “boa” desde o início e comece a produzir somente quando o mesmo amadurece. Esta hipótese pode explicar todas as características que se alteram ao longo do raio e reflete o controle intrínseco decrescente e o aumento de produção de madeira ideal para a árvore.

A determinação da densidade e a sua variação na direção radial auxilia no entendimento da sua qualidade. Madeiras mais homogêneas se comportam melhor nas operações de processamento, refletindo maior uniformidade nas demais propriedades tecnológicas (OLIVEIRA et al, 2005).

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

##### **4.1. Obtenção do material experimental**

As árvores estudadas foram plantadas em 1982 na Estação Experimental de Luis Antônio do Instituto Florestal de São Paulo, na cidade de Luis Antônio (Figura 2). O plantio foi estabelecido inteiramente casualizado em espaçamento 3x2m, a partir de sementes coletadas nas cidades de Bauru-SP e Alvorada do Sul-PR. Quando as árvores foram coletadas o plantio possuía um total de 471 árvores (227 com sementes provenientes de Alvorada do Sul (ASPAS) e 244 com sementes provenientes de Bauru (ASPBA)) (Figura 3).

Para o estudo foram cortadas 30 árvores de *Peltophorum dubium*, aos 32 anos de idade, sendo 15 com sementes procedentes de Alvorada do Sul (ASPAS) e outras 15 com sementes procedentes de Bauru (ASPBA).

Figura 2: Visão geral do plantio de *Peltophorum dubium* na Estação Experimental de Luis Antônio, SP plantado em 1982, as árvores foram plantadas com sementes de duas procedências (Alvorada do Sul, PR e Bauru, SP).

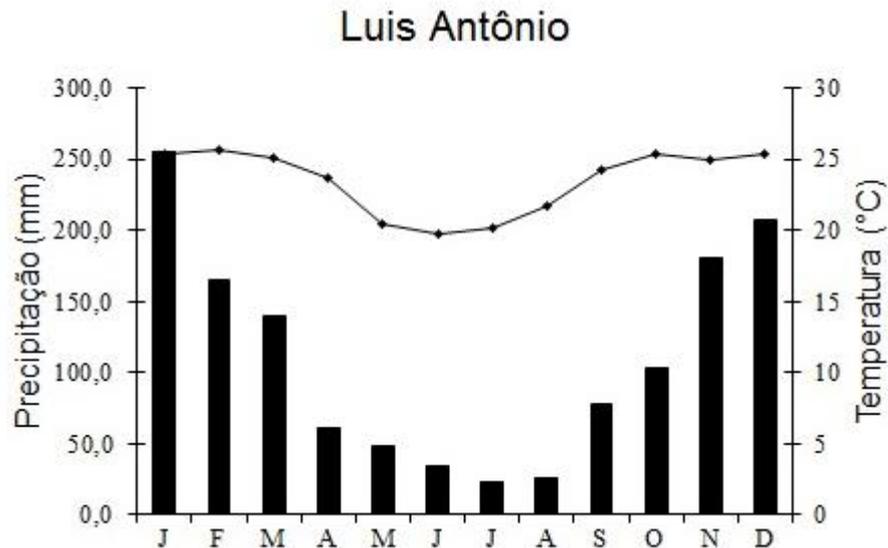


Figura 3: Localização das áreas de coleta das sementes, Alvorada do Sul (AS) no estado do Paraná e Bauru (BA) no estado de São Paulo e local do plantio, Luis Antônio (SP) no estado de São Paulo.



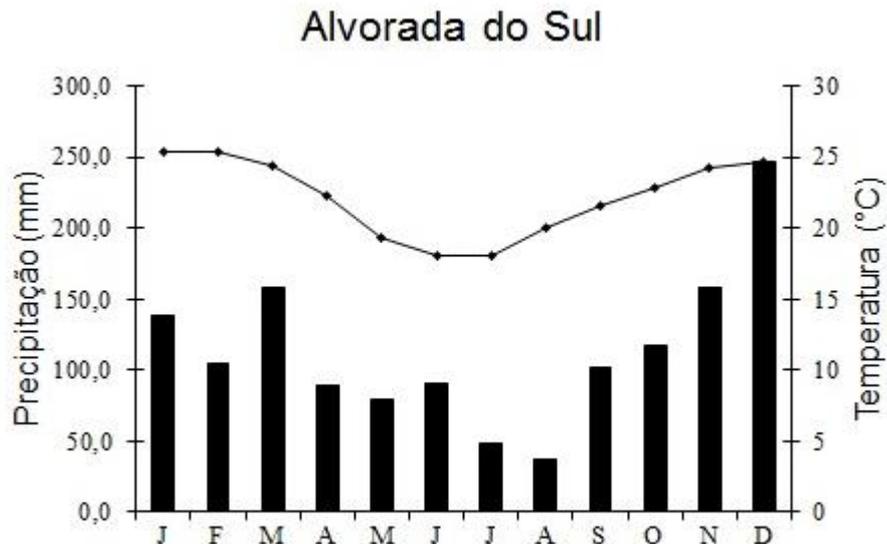
A Estação Experimental de Luis Antônio, SP está localizada nas coordenadas 21°40'S, 47°49'W, na cidade de Luis Antônio, altitude de 550m, precipitação média anual de 1.280mm. O relevo do local é plano, com declividade em torno de 5% (FREITAS et al., 2006). O solo é do tipo Latossolo Roxo e, segundo a classificação de Koppen (1948), o clima é tropical (Cwa) e inverno seco, com temperatura anual do mês mais quente de 22,7°C e do mês mais frio de 17,2°C (FREITAS et al., 2006) (Figura 4).

**Figura 4: Diagrama climático (metodologia de Walter, 1986) com médias mensais de precipitação e temperatura para a cidade de Luis Antônio, SP, Brasil (normal climatológica de janeiro/2005 até setembro/2015. Fonte CIAGRO – Centro Integrado de Informações Balanço hídrico de acordo com <http://www.ciiagro.sp.gov.br/>.**



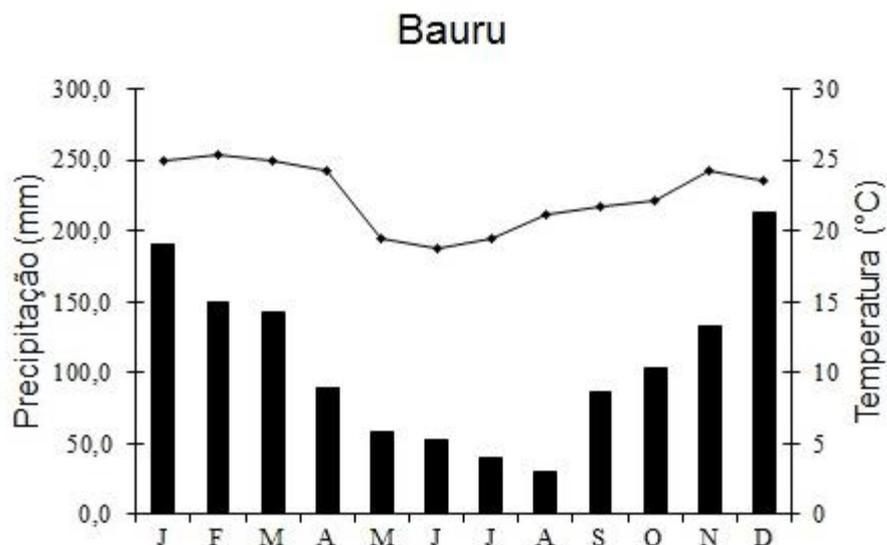
A cidade de Alvorada do Sul, PR possui clima tropical com chuvas de verão (Aw) segundo classificação de Koppen (1948) com temperaturas médias de 22,2°C e precipitação média anual de 1.295mm (Climate-Data.Org, 2017) (Figura 5).

Figura 5: Diagrama climático (metodologia de Walter, 1986) com médias mensais de precipitação e temperatura para a cidade de Alvorada do Sul, PR, Brasil (normal climatológica de janeiro/2005 até setembro/2015. Fonte CIAGRO – Centro Integrado de Informações Balanço hídrico de acordo com <http://www.ciiagro.sp.gov.br/>.



A cidade de Bauru, SP possui clima tropical de altitude (Cwa) com inverno seco segundo classificação de Köppen (1948). A temperatura média anual de 22,6°C e do mês mais frio de 19°C. A precipitação anual é de aproximadamente 1.170mm (FREITAS et al., 2006) (Figura 6).

Figura 6: Diagrama climático (metodologia de Walter, 1986) com médias mensais de precipitação e temperatura para a cidade de Bauru, SP, Brasil (normal climatológica de janeiro/2005 até setembro/2015. Fonte CIAGRO – Centro Integrado de Informações Balanço hídrico de acordo com <http://www.ciiagro.sp.gov.br/>.



Para todas as 471 árvores (227 com sementes procedentes de Alvorada do Sul (ASPAS) e 244 com sementes procedentes de Bauru (ASPBA)) do plantio os dados de altura foram obtidos com hipsômetro Vertex IV e o diâmetro à altura do peito (1,30m do solo - DAP) com suta. Na tabela 2 são apresentados os dados silviculturais das 30 árvores coletadas do plantio de Luís Antônio e que tiveram volume, anatomia e propriedades estudadas. Foram anotadas as taxas de mortalidade do plantio em cada procedência.

**Tabela 2: Valores de DAP, fuste e altura total das árvores de *Peltophorum dubium*, de cada procedências (Alvorada do Sul e Bauru), cortadas na estação experimental de Luis Antônio.**

ASPAS				ASPBA			
Árvore	DAP (cm)	Fuste (m)	Altura total (m)	Árvore	DAP (cm)	Fuste (m)	Altura total (m)
1	20,5	7,2	13,2	1	21	10,1	20,1
2	19	11,8	14	2	19,5	9,8	20,6
3	19	12,3	22,7	3	16	10,8	19,6
4	17,5	7,4	10,7	4	15,5	9	17,9
5	17	2,2	19,1	5	15,5	2,9	13,2
6	17	5,3	14,6	6	15,5	1,7	10,5
7	17	2,3	17,9	7	15,5	7,6	20
8	16,5	12,3	23,3	8	15,5	9,5	13,6
9	15,5	8,8	15,5	9	15,5	12,2	14,9
10	14	10,1	19,4	10	15	1,5	13,8
11	14	5,7	12,7	11	14,5	1,5	10,1
12	14	14,1	17,6	12	14,5	12,6	17,3
13	14	10	17,6	13	14,5	10,3	16,8
14	13	2,3	19,2	14	14,5	4,3	15
15	11	9,7	16,2	15	12,5	9,6	15,9
Média	15,933	8,10	16,913	Média	15,667	7,56	15,953

#### 4.1.1. Desdobro e obtenção dos corpos de prova

As toras foram desdobradas com uso de motosserra para a obtenção do pranchão central, na sequência foram retirados três sarrafos com dimensões 3,5 x 3,5 cm, em três regiões distintas ao longo do raio: próxima à casca (PC), intermediária (I) e próxima à medula (PM).

O diâmetro reduzido das árvores forçou a retirada dos sarrafos da seguinte forma: sarrafos das regiões próximos da medula e da casca foram retirados de um

mesmo raio, enquanto que o sarrafo da posição intermediária foi retirado do raio oposto (Figura 7).

Os sarrafos foram levados para climatização em câmara do Laboratório de Ensaio de Materiais – DenR até atingirem a umidade de equilíbrio de 12%.

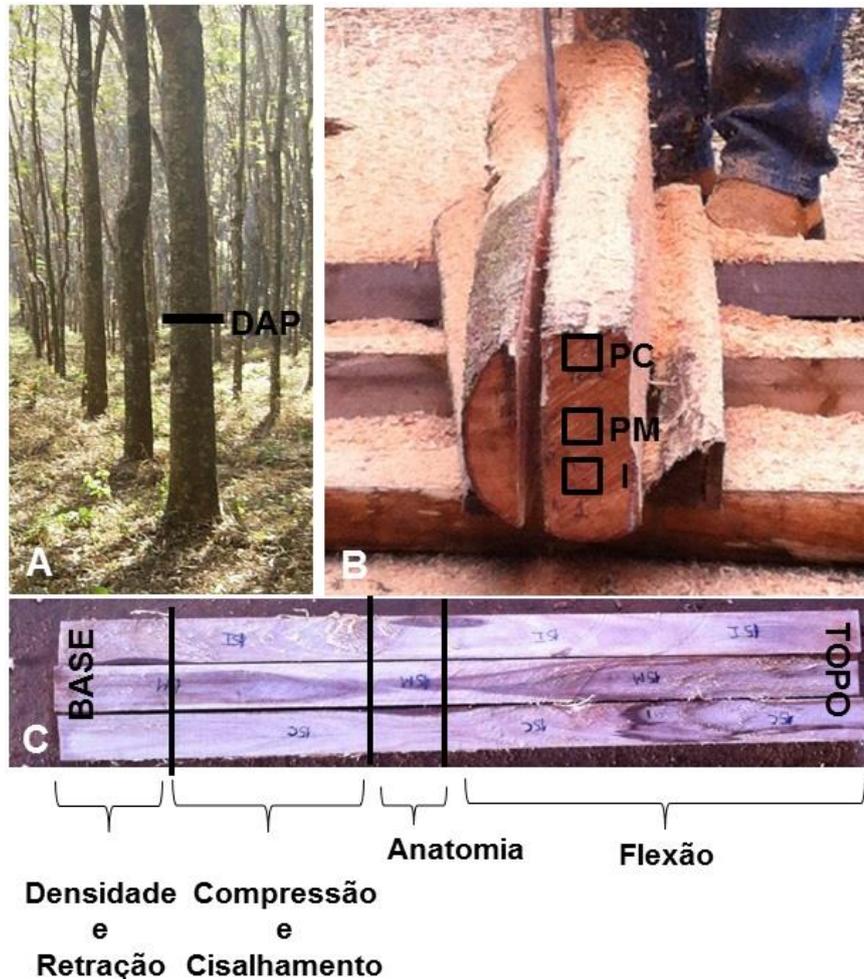
De cada sarrafo foram retirados os corpos de prova para estudos anatômicos, propriedades físicas (densidade básica, densidade e retração) e propriedades mecânicas (resistência à compressão, resistência à flexão e módulo de elasticidade e resistência ao cisalhamento) Figura 7.

A anatomia foi realizada no Laboratório de Anatomia da Madeira do Departamento de Ciência Florestal da Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA, UNESP de Botucatu e seguiram os procedimentos recomendados pela IAWA Commitee (1989).

Os ensaios das propriedades mecânicas e físicas foram realizados no Laboratório de Ensaio de Materiais do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA, UNESP de Botucatu e seguiram os procedimentos recomendados pelo anexo B da norma brasileira NBR 7190 (ABNT, 1997).

Nos ensaios mecânicos utilizou-se a máquina universal de ensaios modelo DL30000 da marca EMIC. As dimensões dos corpos de prova foram avaliadas com paquímetro com sensibilidade de 0,01mm. Os resultados de resistência e rigidez foram corrigidos para a umidade de 12 % (umidade de referência) com uso de expressões de correção apresentadas na norma brasileira NBR7190 (ABNT, 1997).

Figura 7: Sequência de operações para obtenção dos corpos de prova para análise das características anatômicas e propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Peltophorum dubium* com sementes de duas procedências. A) Corte das árvores na altura do DAP, B) retirada do pranchão central e marcações para retirada dos sarrafos, C) desdobro dos sarrafos para obtenção das amostras para estudo da anatomia, propriedades físicas e mecânicas.



#### 4.2. Cálculo do volume e Incremento médio anual

Para o cálculo do volume comercial com casca de cada árvore empregou-se a equação proposta por Higuchi (1978) para o *Peltophorum dubium*, na forma da variável combinada de SPURR, ( $V = a + b D^2 h$ ) (Eq 1).

$$\text{Várvore} = 0,210 + 0,259 D^2 H \quad (1)$$

Onde:

Várvore = volume por árvore ( $m^3$ )

D = diâmetro a altura do peito (cm)

H = altura do fuste (m)

Após obtido o volume por árvore e sabendo que o espaçamento entre elas era 3x2 (o que fornece um total próximo de 1.665 árvores) e a idade de corte 32 anos, foi possível estimar o volume por hectare (Eq. 2) e o incremento médio anual para o plantio (Eq. 3).

$$V_{\text{hectare}} = 1.665 * V_{\text{árvore}} \quad (2)$$

Onde:

$V_{\text{hectare}}$  = volume por hectare ( $\text{m}^3$ )

$V_{\text{árvore}}$  = volume por árvore ( $\text{m}^3$ )

$$\text{IMA} = V_{\text{hectare}} / 32 \quad (3)$$

Onde:

IMA = Incremento médio anual ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ )

$V_{\text{hectare}}$  = volume por hectare ( $\text{m}^3$ )

#### 4.3. Quantificação de cerne e alborno e orientação da grã

O *P. dubium* caracteriza-se por apresentar cerne avermelhado dessa forma as porcentagens de cerne e alborno foram avaliadas por observação visual das superfícies dos discos, mensuração dos raios e cálculos das áreas relativas foram feitos com régua e os resultados estão apresentados na Tabela 5.

Os corpos de prova foram analisados para determinação dos tipos de grã com auxílio de um aparato de madeira com prego na ponta, o qual era passado no sentido longitudinal da madeira (corpos de provas usados para ensaio de flexão antes do ensaio) para evidenciar a orientação das células a partir do comportamento do prego durante a passagem do mesmo pelo material analisado.

Quando o prego deslizava paralelamente ao sentido longitudinal do corpo de prova era considerado como grã direita, se ele formasse um ângulo maior que  $12^\circ$  durante o deslizamento do prego no sentido longitudinal do corpo de prova era considerado grã inclinada.

Após obtidos os resultados com o total de 90 corpos de prova analisou a proporção de grã direita e inclinada.

#### 4.4. Caracterização Anatômica

Foi analisado vasos: comprimento do elemento de vaso, diâmetro e densidade, fibras: comprimento e espessura da parede e raios: altura, largura e densidade.

Para dissociação dos elementos celulares foram retirados pequenos fragmentos na lateral de cada amostra e colocados em frascos de vidro contendo solução de ácido acético glacial e água oxigenada 30 volumes, na proporção 1:1, seguindo o método de Franklin (1945, modificado por KRAUS; ARDUIM, 1997). Cada frasco foi fechado e levado à estufa a 60°C por cerca de 20 horas, ou até que a solução se apresente transparente e os fragmentos esbranquiçados. Após resfriar, o material foi cuidadosamente lavado em água corrente. Para a montagem de lâminas semipermanentes, o material foi corado com safranina 1% em etanol 50% (BERLYN; MIKSCHE, 1976). Essas lâminas foram montadas em glicerina diluída em água destilada (50%) para a mensuração das seguintes características anatômicas: comprimento do elemento de vaso, comprimento, diâmetro, lume e espessura da parede das fibras. A análise anatômica seguiu as normas do IAWA COMMITTEE (1989). Foi adotado n=30.

Ainda nas análises anatômicas, foram feitos cortes histológicos com auxílio de micrótomo de deslize, de cada amostra foram retiradas secções de 15µm dos três planos da madeira (transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial), segundo as técnicas de Johansen (1940). Os cortes histológicos foram clarificados com hipoclorito de sódio 50%, em seguida lavados em água acética 1% e corados com safranina aquosa 1% (BUKATSCH, 1972) e azul de astra 1% (ROESER, 1972), para o contraste das estruturas celulares. Após a coloração, os cortes foram desidratados em série graduais de concentração de álcoois (30%, 50%, 70%, 90%, 95% e 100%). A fixação do corante foi feita com acetato de butila e as lâminas foram montadas permanentemente em Entellan<sup>®</sup>.

Foram avaliados quantitativamente vasos (comprimento do elemento, diâmetro e densidade), fibras (comprimento e largura da parede) e raios (altura e largura) com auxílio das recomendações propostas pela IAWA Committee (1989). Foram capturadas imagens das lâminas com câmera acoplada em um microscópio de luz da Zeiss<sup>®</sup> e para as medições utilizou o Programa Image Pro Plus 6.0<sup>®</sup>.

#### 4.5. Propriedades Físicas

##### 4.5.1. Densidade 12%

A densidade foi determinada à umidade de equilíbrio do ar (cerca de 12%) pela relação entre massa e volume (Eq. 4). A massa foi avaliada diretamente pela pesagem dos corpos de prova e o volume a partir do volume de água deslocada pela imersão dos corpos de prova (GLASS; ZELINKA, 2010). Os corpos de prova com dimensões (2x3x5)cm.

$$\rho_{12} = M/V \quad (4)$$

Onde:

$\rho_{12}$  = densidade 12% ( $\text{kg.m}^{-3}$ )

M = massa da amostra a 12% de umidade (kg)

V = volume da amostra a 12% de umidade ( $\text{m}^{-3}$ )

##### 4.5.2. Densidade básica

A densidade básica foi determinada pela relação entre a massa seca e volume saturado (Eq. 5). Foi utilizado o método de imersão que determina o volume por meio da variação do peso do líquido, relatado em Vital (1984). Os corpos estavam saturados e tinham dimensões (2x3x5)cm. Após determinação do volume eles foram secados em estufa a 100°C até a estabilização da massa e pesados em balança digital com sensibilidade de 0,01g para obtenção da “massa seca”.

$$\rho_{bas} = M_{seca}/V_{sat} \quad (5)$$

Onde:

$\rho_{bas}$  = densidade básica ( $\text{kg.m}^{-3}$ )

M = massa seca da amostra (kg)

$V_{sat}$  = volume saturado da amostra ( $\text{m}^{-3}$ )

#### 4.5.3. Retratibilidade

Para avaliação da retratibilidade de *P. dubium* seguindo-se o prescrito na NBR 7190 (ABNT, 1997). Os corpos de prova foram produzidos com dimensões nominais de 2 cm na direção tangencial, 3cm na direção radial e 5 cm na direção longitudinal.

Os corpos de prova foram secos em estufa seguindo um programa de secagem para amenizar possíveis danos ao material, foram feitas novas determinações das dimensões nas três direções, na nova condição de umidade. Para a determinação dos valores de retratibilidade dos corpos de provas nas três direções usou a equação de retração da madeira apresentadas na norma NBR 7190 (ABNT, 1997). As variações dimensionais durante a secagem foram avaliadas com o uso do micrômetro (sensibilidade de 0,001 mm) fazendo-se três medições por direção (Figura 8).

Avaliaram-se também o coeficiente de anisotropia (C.A) (Eq. 6), desempenho (Des) (Eq. 7) e a variação volumétrica ( $\Delta V$ ) (Eq. 8). Esses parâmetros são importantes, pois auxiliam na destinação da madeira.

$$C.A = \frac{\varepsilon_{r,3}}{\varepsilon_{r,2}} \quad (6)$$

$$Des = \frac{\varepsilon_{r,2}}{\varepsilon_{r,3} * \Delta V} \times 100 \quad (7)$$

$$\Delta V = \frac{V_{sat} - V_{seco}}{V_{seco}} \quad (8)$$

Onde:

CA = coeficiente de anisotropia

M = massa da amostra a 12% de umidade (kg)

V<sub>sat</sub> = volume saturado da amostra (m<sup>-3</sup>)

V<sub>seco</sub> = volume seco (m<sup>-3</sup>).

$\varepsilon_{r, 2}$  = retração radial (%),

$\varepsilon_{r, 3}$  = retração tangencial (%),

Des = desempenho

$\Delta V$  = variação volumétrica

#### 4.6. Propriedades Mecânicas

Nesses ensaios os corpos de prova tiveram dimensões proporcionalmente menores que as sugeridas pela NBR7190 (1997) para os ensaios convencionais para assim poder amostrar uma maior quantidade deles ao longo do raio da árvore, representando melhor a variação radial de cada propriedade. Esse procedimento encontra explicado na própria norma.

##### 4.6.1. Ensaio de compressão paralela às fibras ( $f_{c0}$ )

Para os ensaios de compressão paralela utilizaram-se corpos de prova com dimensões nominais de (2x2x6)cm ensaiados com célula de carga de 100kN. O script de ensaio objetivou apenas a captura de dados de força de ruptura para cálculo de resistência a compressão paralela as fibras ( $f_{c0}$ ), sem obtenção do módulo de elasticidade.

A NBR 7190, da ABNT (1997), determina que a classificação de um lote de madeira somente deverá ser feito a partir da resistência característica à compressão paralela às fibras ( $f_{c0k}$ ). Usando a fórmula dos valores característicos da norma (Anexo B.3 da NBR 7190). Com os resultados obtidos é possível classificar a madeira quanto a sua classe de resistência (Tabela 3).

**Tabela 3 Classe de resistência da madeira de eudicotiledôneas.**

<b>EUDICOTILEDÔNEAS - Valores na condição de referência U=12%</b>					
<b>Classes</b>	<b><math>f_{c0k}</math> (MPa)</b>	<b><math>f_{v0k}</math> (MPa)</b>	<b><math>E_{c0m}</math> (Mpa)</b>	<b><math>\rho</math> bas (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\rho</math> 12 (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
C20	20	4	9.500	500	650
C30	30	5	14.500	650	800
C40	40	6	19.500	750	950
C60	60	8	24.500	800	1000

**Fonte: NBR 7190 (ABNT, 1997).**

##### 4.6.2. Ensaio de flexão estática

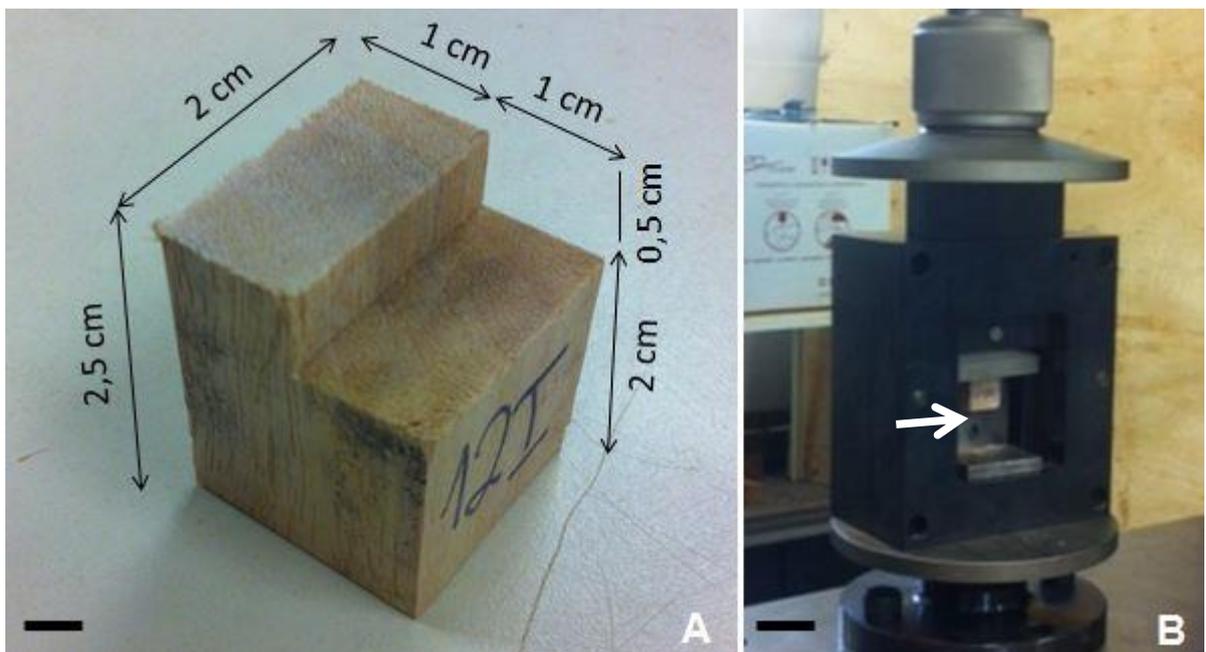
As amostras de (2x2x46)cm foram posicionadas entre dois apoios, com vão de 42cm, em seguida foi aplicada uma carga no centro das mesmas. A carga de 20kN foi aplicada em incrementos, medindo-se concomitantemente a força aplicada e a deformação apresentada pela amostra, estabelecendo-se o ponto onde o material deixou de apresentar um comportamento elástico e passou a apresentar um

comportamento plástico (limite de proporcionalidade). A aplicação da carga continuou até a ruptura, obtendo-se assim, a resistência do material. Nesse ensaio foi possível obter o módulo de elasticidade (EM) e a resistência à flexão (fm).

#### 4.6.3. Resistência ao cisalhamento ( $f_v0$ )

Os corpos de prova foram preparados com o formato geral sugerido pela NBR 7190/97 com as dimensões nominais representadas na Figura 8. A área potencial de cisalhamento foi ensaiado com célula de carga de 20kN. Devido a menor dimensão do corpo de prova foi usado um aparato que proporcionou melhor acomodação do mesmo durante o ensaio.

**Figura 8: Representação do A) corpo de prova usado no ensaio de cisalhamento com suas dimensões e B) aparato em que o corpo de prova foi acoplado para receber a força durante o ensaio. Barra de escala = 0,5cm**



#### 4.7. Análise Estatística

Foi realizada análise estatística descritiva e elaboração de gráficos Box Plot para detectar a presença de outliers. Para a comparação de cada variável foi empregada análise de variância, quando a distribuição normal foi observada aplicou-se diretamente estatística paramétrica (One Way Analysis of Variance), em alguns casos nos quais a distribuição não foi normal, os dados foram transformados (raiz quadrada) e os resultados expressos pela média. Quando uma diferença significativa foi observada empregou-se o teste de Tukey para identificar os pares

determinantes das diferenças. Foi analisada a variação radial dentro da mesma árvore e também os resultados analisados conjuntamente comparando-se as procedências. Foram feitas análise de regressão entre todas as variáveis para testar a relação entre elas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Cálculo do volume e Incremento médio anual

Não foi observada diferença entre as duas procedências para incremento médio anual (Tabela 4), na qual também são mostrados os valores de volume por árvore e por hectare para as árvores do estudo (30 árvores) e todas as árvores do plantio (471 árvores, sendo 227 com sementes procedentes de Alvorada do Sul (ASPAS) e 244 com sementes procedentes de Bauru (ASPBA)).

**Tabela 4 Volume e incremento médio anual para a madeira de *Peltophorum dubium* plantadas em Luis Antonio, SP com sementes de duas procedências (Alvorada do Sul, PR e Bauru, SP) aos 32 anos e para o plantio total. ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).**

		Árvores estudadas		Plantio total		
		ASPAS	ASPBA	ASPAS	ASPBA	
Volume	Por árvore (m <sup>3</sup> )	mínimo	0,220	0,218	0,210	0,210
		máximo	0,325	0,325	0,562	0,544
		médio	0,264 (A)	0,260(A)	0,264 (A)	0,255(A)
		n	15	15	227	244
	Por hectare (m <sup>3</sup> )	440,7	433,4	440,7	424,8	
	IMA(m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	13,77	13,54	13,77	13,27	

A ausência de variação entre as procedências mostrou que a origem das sementes não influenciou no volume das árvores. No presente estudo encontramos valor médio de 13,6 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para incremento médio anual (IMA) das árvores estudadas. Nogueira et al. (1982) em experimento com *P. dubium* aos sete anos de idade e mesmo espaçamento (3x2m), também em Luis Antônio reportaram incremento médio anual de 19,6 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. A diferença entre os estudos pode estar relacionada à idade, uma vez que as árvores aqui avaliadas tinham 32 anos de idade. Este resultado pode ser explicado devido ao crescimento mais rápido nos primeiros anos de vida.

Segundo Revista da Madeira (2007) uma espécie é considerada de crescimento rápido quando apresenta produtividade superior a  $14\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , os autores estudaram 100 espécies nativas e destacam que *P. dubium* está entre as 32 consideradas de crescimento rápido. No presente trabalho encontramos valores de IMA próximos a  $14\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  corroborando o resultado de (Revista da Madeira, 2007).

É possível ver na Tabela 4 que as médias dos volumes do plantio total e das árvores estudadas são as mesmas para ASPAS e com uma variação mínima para ASPBA, ressaltando que a amostragem com menos árvores representou o plantio como um todo. Adicionalmente aos dados de volume destacamos que a taxa de mortalidade do plantio foi baixa, 12,24% para ASPAS e 9,28% para ASPBA, assim *P. dubium* alia rápido crescimento com baixa taxa de mortalidade. Segundo KOHLER et al. (2001) os valores típicos das taxas médias de mortalidade em árvores de florestas tropicais primárias são de 1% a 2% ao ano, com uma significativa taxa mais alta para espécies pioneiras. Dessa forma a taxa (porcentagem de morte dividida pela idade do plantio) para ASPAS foi de 0,38% ao ano e para ASPBA 0,29%.

Dentre os usos da madeira de *P. dubium* estão principalmente a construção civil como vigas, caibros, ripas, marcos de portas, janelas, assoalhos, forros e paredes divisórias (REITZ, et al., 1978; CARVALHO, 2003). Segundo Sobral et al. (2002) o consumo de madeira serrada amazônica pela construção civil, no estado de São Paulo, em 2001 foi de  $1.783.300\text{m}^3$  mostrando que o *P. dubium* possui mercado para os produtos da sua madeira. O grande problema no uso da madeira em construção civil são os resíduos gerados. Segundo Zenid et al. (2009) uma vertente de interesse crescente tem sido a utilização de resíduos de processamento mecânico ou químico de madeiras na produção de painéis, dentro do princípio de reuso ou mesmo de reciclagem de materiais. Modes, et al. (2012) afirmam que as partículas da madeira de *P. dubium* quando unidas com adesivo a base de tanino formaldeído produziram chapas com ótimas características tecnológicas fazendo dessa espécie uma fonte alternativa para produção de painéis. Além disso, *P. dubium* possui bom poder calorífico ( $4.755\text{ kcal kg}^{-1}$ ) mostrando que é uma espécie

com bom potencial para biomassa energética, sendo essa possível destinação para esses resíduos.

## 5.2. Quantificação de cerne e alburno e orientação da grã

Não ocorreu diferença estatística na porcentagem de cerne e alburno entre as procedências. Observamos maior porcentagem de alburno (58,96%) do que cerne (41,04%), valores médios entre as duas procedências. Os valores de cada árvore e as médias são mostrados na Tabela 5.

**Tabela 5** Porcentagem de cerne e alburno no lenho de *Peltophorum dubium* plantadas em Luis Antônio, SP com sementes de duas procedências (Alvorada do Sul, PR e Bauru, SP). ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).

ASPAS			ASPBA		
Árvore	Cerne (%)	Alburno (%)	Árvore	Cerne (%)	Alburno (%)
1	52,97	47,03	1	43,30	56,70
2	42,00	58,00	2	52,68	47,32
3	35,82	64,18	3	32,02	67,98
4	29,41	70,59	4	25,95	74,05
5	50,28	49,72	5	55,70	44,30
6	58,47	41,53	6	49,06	50,94
7	38,89	61,11	7	26,45	73,55
8	29,22	70,78	8	60,13	39,87
9	31,15	68,85	9	32,90	67,10
10	64,97	35,03	10	31,01	68,99
11	37,82	62,18	11	31,98	68,02
12	39,16	60,84	12	27,67	72,33
13	46,88	53,13	13	51,19	48,81
14	34,67	65,33	14	36,67	63,33
15	44,85	55,15	15	37,97	62,03
Média	42,44 (A)	57,56 (a)	Média	39,65 (A)	60,35 (a)

*P. dubium* apresentou maior proporção de alburno (58,96%) quando comparada com o cerne (41,04%). Segundo Pereira et al. (2013) para madeiras empregadas na construção civil, ou na produção de móveis, que é o caso do *Peltophorum dubium*, é interessante que a mesma possua maior porcentagem de cerne do que alburno o que não se verificou no presente estudo, esse fator pode estar relacionado com a idade de 32 anos das árvores estudadas. É possível que com o avanço da idade, a proporção de cerne torne-se maior do que a de alburno.

Na prática, a maior parte do alburno é comprometida com a retirada das costaneiras, mas esse material pode ser utilizado, segundo Vieira (2003) no Rio Grande do Sul as costaneiras de eucalipto são empregadas como paredes de revestimento externo (quiosques, galpões e construções rústicas) o autor ainda cita que as costaneiras são produtos de baixo valor agregado devido a sua degradação mais rápida, mas pode ser uma forma de utilização desse material evitando-se a perda.

Além disso, como citado no item anterior, a madeira de *P. dubium* apresentou ótimos resultados na montagem de painéis e tem potencial como biomassa energética (MODES, 2012), o que seria uma alternativa para o material descartado durante o desdobro e processamento.

Com relação ao tipo de grã, ASPAS apresentou grã inclinada em 88% e grã direita em 12% dos corpos de prova. Para ASPBA a porcentagem de grã inclinada foi de 90% e direita 10%.

### 5.3. Anatomia da Madeira

#### 5.3.1. Elementos de vasos

Radialmente observamos maior comprimento de elementos de vasos na região próxima à casca e na região intermediária para as duas procedências. Para ASPAS as regiões próximas à casca e intermediária apresentaram vasos com maior diâmetro e para ASPBA foi apenas à região próxima à casca. As duas procedências apresentaram maior densidade de vaso na região próxima à medula (Figura 9 (a-c)). A média das três posições (PM, I e PC) não apresentou diferença entre as duas procedências (Figura 9 (d-f)).

Lachenbruch et al. (2011) afirmam que a região próxima à medula possui células menores com menores diâmetros e paredes mais finas, quando comparadas as células mais próximas da casca. Os autores afirmam ainda que a produção de madeira jovem é uma estratégia devido à necessidade do câmbio jovem amadurecer antes que ele possa produzir madeira com células mais homogêneas e com melhores propriedades físicas e mecânicas, explicando a variação celular ao longo do raio.

É possível observar aumento do diâmetro e comprimento dos elementos de vasos no sentido medula casca e diminuição da densidade de vasos (Figura 10). Esse mesmo padrão foi observado para outras espécies nativas, como nos estudos

de Longui et al. (2009) com *Luehea divaricata*, Dünisch et al. (2004) com *Ilex paraguariensis* e também em espécies exóticas, como citado em Florsheim et al. (2009) para populações de *Eucalyptus dunnii* e Ishiguri et al. (2009) para *Paraserianthes falcataria*.

**Figura 9** Características quantitativas de elementos de vaso da madeira de *Peltophorum dubium* em três posições no sentido radial: próximo à medula (PM), região intermediária (I) e próximo a casca (PC) de árvores plantadas em Luis Antônio com sementes provenientes de Alvorada do Sul (PR) e Bauru (SP). Em a-c, letras maiúsculas comparam a variação radial em cada posição, enquanto que letras minúsculas em d-f comparam as procedências. Letras distintas diferem estatisticamente em  $P < 0,05$  pelo Teste de Tukey. ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).

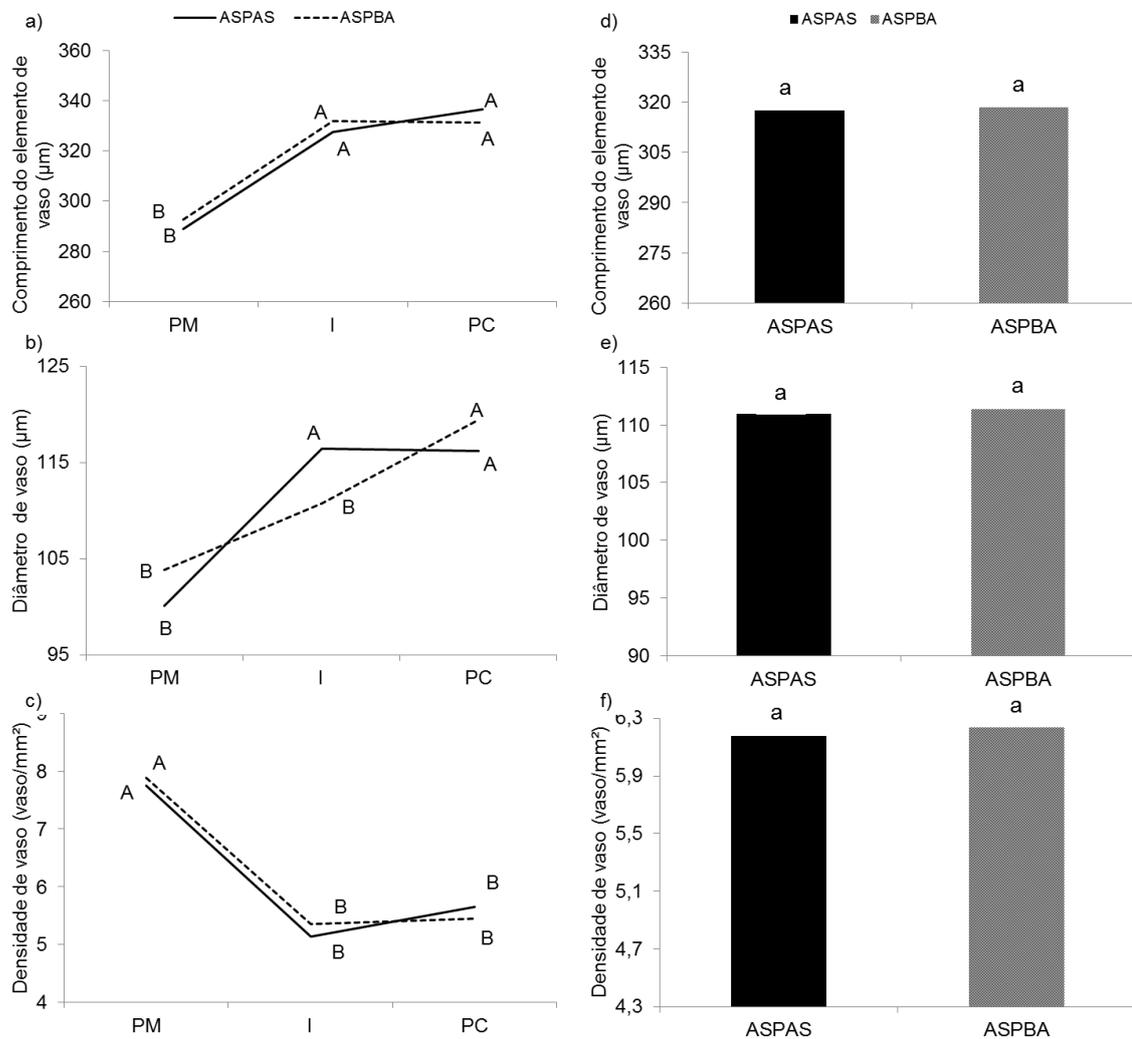
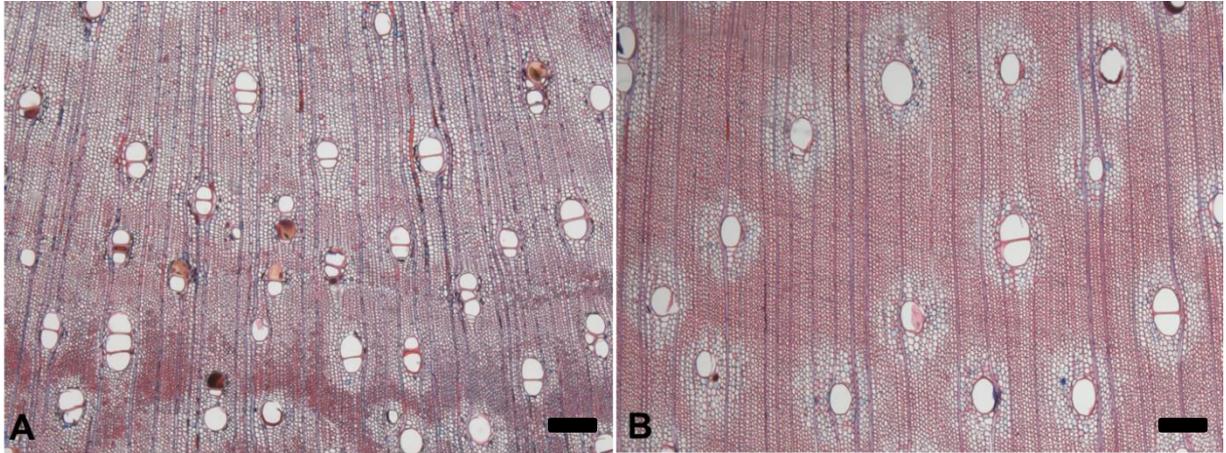


Figura 10 Fotomicrografias de seções transversais da região A) próxima à medula e B) próxima à casca da madeira de *Peltophorum dubium* com sementes de duas procedências (Alvorada do Sul, PR e Bauru, SP). As imagens são das pro árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul. Barra de escala = 200 $\mu$ m.

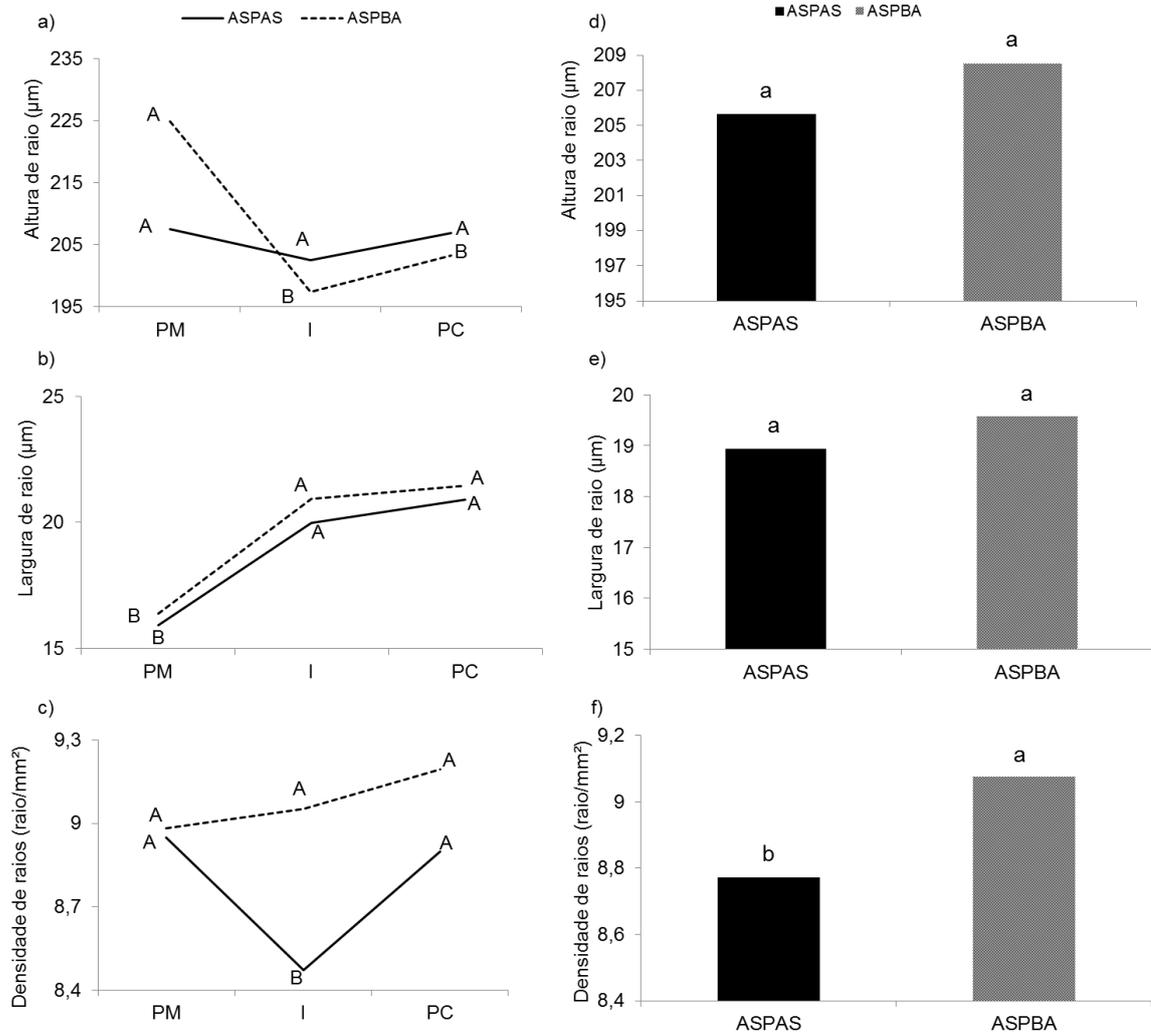


### 5.3.2. Raios

A altura de raio não apresentou diferença estatística nas três posições para ASPAS, enquanto que em ASPBA, raios mais altos ocorreram na região próxima à medula. As duas procedências apresentaram raios mais largos próximos à casca e na região intermediária. ASPAS apresentou maior densidade de raio nas regiões próximas à medula e a casca e ASPBA não teve diferença significativa para essa característica (Figura 11 (a - c)) diferente de Urbinati et al. (2003) estudando *Terminalia ivorensis* e Lima et al. (2011) estudando *Cariniana legalis* que verificaram a tendência da densidade de raio diminuir no sentido medula-casca.

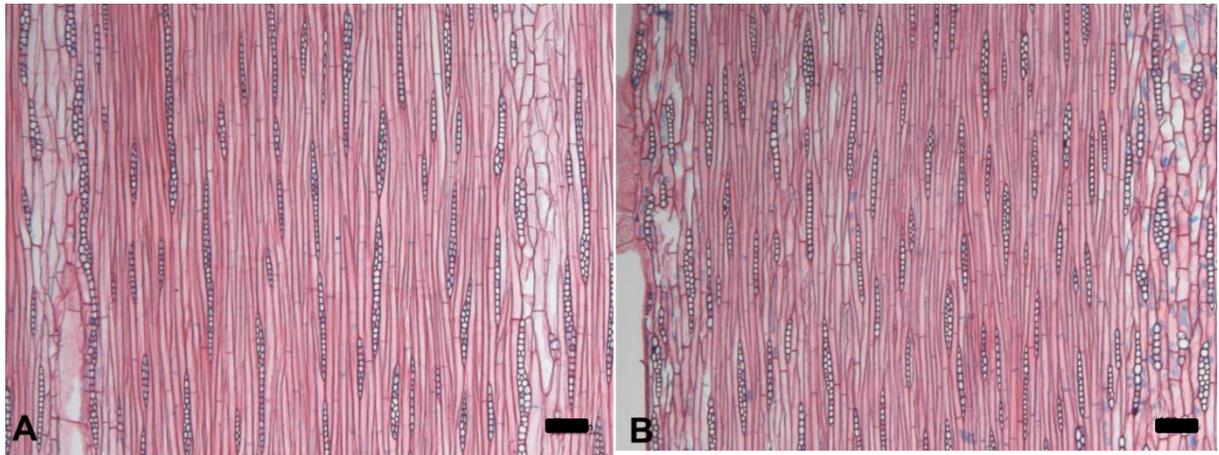
Quando comparamos a média das três posições entre as procedências, ASPBA apresentou maior média e diferiu significativamente das ASPAS, o que influenciou essa diferença foi à baixa densidade de raios que ocorreu na região intermediária em ASPAS (Figura 11 (d - f)).

**Figura 11** Características quantitativas de raios da madeira de *Peltophorum dubium* em três posições no sentido radial: próximo à medula (PM), região intermediária (I) e próximo a casca (PC) de árvores plantadas em Luis Antônio com sementes provenientes de Alvorada do Sul (PR) e Bauru (SP). Em a-c, letras maiúsculas comparam a variação radial em cada posição, enquanto que letras minúsculas em d-f comparam as procedências. Letras distintas diferem estatisticamente em  $P < 0,05$  pelo Teste de Tukey. ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).



Ainda em relação aos raios percebe-se na Figura 12 que a região próxima à medula possui raios mais heterogêneos quando comparada a região próxima à casca, que apresenta raios mais homogêneos. Essa heterogeneidade na região próxima à medula está relacionada à maior presença de lenho juvenil quando comparada a região próxima à casca. Esta diferença pode ter influência na trabalhabilidade da madeira, uma vez que maior heterogeneidade pode dificultar procedimentos como corte e acabamento, pois os raios e as regiões adjacentes possuem maior propensão para lascamento (BOAK, 1992).

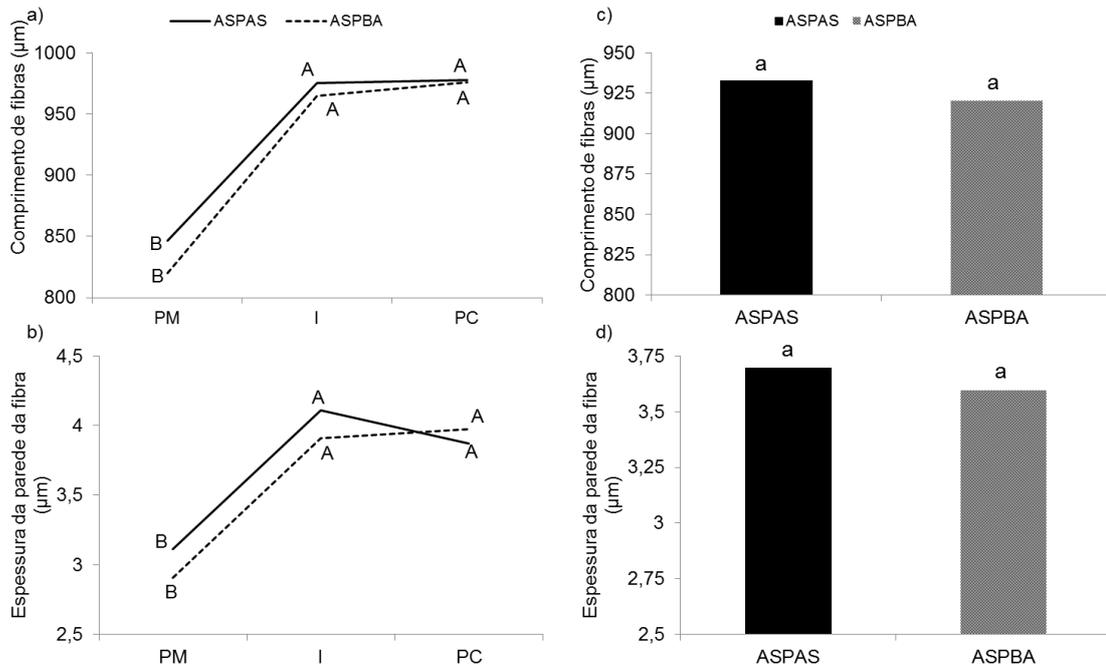
Figura 12 Corte longitudinal tangencial da região A) próxima à medula e B) próxima à casca da madeira de *Peltophorum dubium* com sementes de duas procedências (Alvorada do Sul, PR e Bauru, SP). As imagens são das árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul. Barra de escala = 100 $\mu$ m



### 5.3.3. Fibras

Na anatomia das fibras maior comprimento e espessura de fibras foram encontrados nas regiões próximos à casca e intermediária para as duas procedências (Figura 13 (a-b)). A média das três posições entre as procedências não apresentou diferença significativa nas duas características (Figura 13 (c-d)).

Figura 13 Características quantitativas de fibras da madeira de *Peltophorum dubium* em três posições no sentido radial: próximo à medula (PM), região intermediária (I) e próximo a casca (PC) de árvores plantadas em Luís Antonio com sementes provenientes de Alvorada do Sul (PR) e Bauru (SP). Em a-b, letras maiúsculas comparam a variação radial em cada posição, enquanto que letras minúsculas em c-d comparam as procedências. Letras distintas diferem estatisticamente em  $P < 0,05$  pelo Teste de Tukey. ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).



Para espessura da parede das fibras encontrou-se valores de 3,01µm na região próxima à medula a 3,92µm região próxima à casca. Lima et al. (2015) estudando o mesmo plantio de *P. dubium* (árvores diferentes) aos 28 anos encontraram valores de 3,40µm próximos à medula e 4,23µm próximos à casca, valores mais altos do que os observados neste estudo. As diferenças entre estes dois estudos também foram notadas para o comprimento das fibras, sendo que em Lima et al. (2015), as fibras apresentam 812µm próximas da medula e 942µm próximas à casca, em nosso estudo os valores foram mais altos (823 e 976µm, respectivamente). As variações encontradas podem estar relacionadas a diferenças no diâmetro das árvores, uma vez que no estudo de Lima, o diâmetro médio do tronco a altura do peito (1,30m) foi de 16,90cm e no presente estudo 15,8cm.

Em ambas as procedências, o comprimento das fibras aumentou da região próxima à medula para intermediária, esta por sua vez não diferiu da casca. Essa tendência de aumento no comprimento das fibras e uma estabilização a partir de

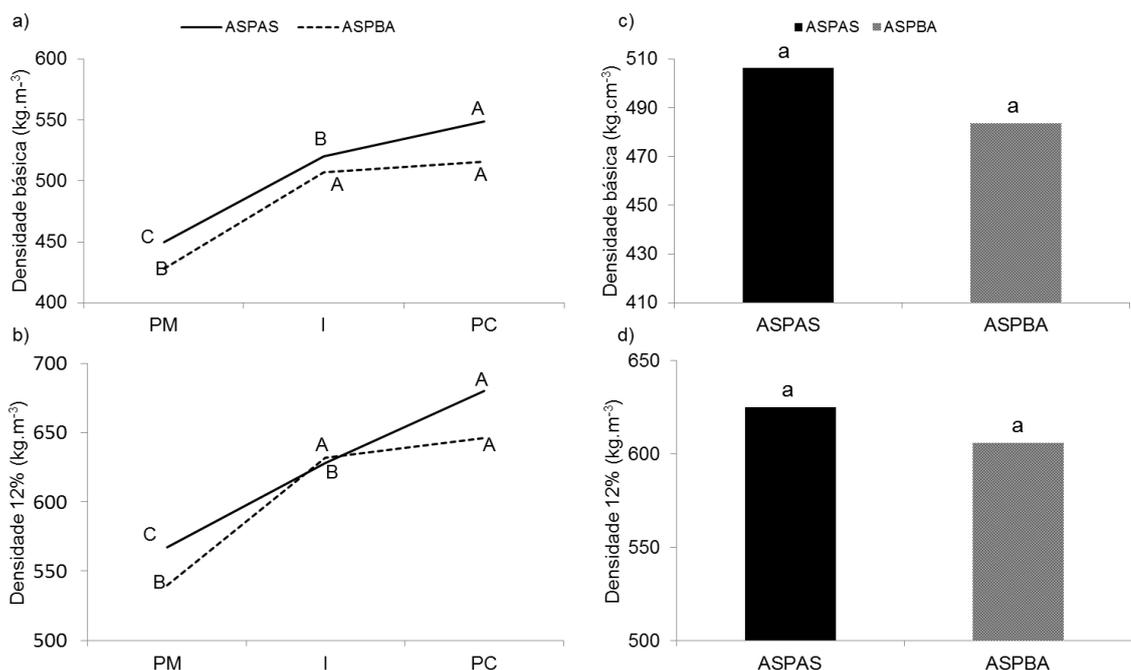
certo ponto pode ser um indício de mudança de região de madeira juvenil para madeira adulta (MALAN, 1992). Adicionalmente à variação no comprimento das células, a madeira juvenil caracteriza-se por apresentar menor densidade, maior ângulo das microfibrilas na camada S2 da parede celular, menor porcentagem de lenho tardio e paredes celulares mais finas (ZOBEL, 1984).

#### 5.4. Propriedades Físicas

ASPAS apresentou diferença estatística entre as três posições para densidade básica ( $\rho_{bas}$ ) e aparente a 12% de umidade ( $\rho_{12}$ ) sendo que as menores densidades estão próximas à medula e as maiores próximas à casca. Para ASPBA as regiões próximas à casca e intermediária apresentaram maiores densidades do que a região próxima à medula (Figura 14 (a – b)).

A média das três posições para cada procedência não apresentou diferença significativa para nenhuma das duas densidades (básica e a 12% de umidade) (Figura 14 (c-d)).

**Figura 14** Densidade básica e a 12% de umidade da madeira de *Peltophorum dubium* em três posições no sentido radial: próximo à medula (PM), região intermediária (I) e próximo a casca (PC) de árvores plantadas em Luis Antônio com sementes provenientes de Alvorada do Sul (PR) e Bauru (SP). Em a-b, letras maiúsculas comparam a variação radial em cada posição, enquanto que letras minúsculas em c-d comparam as procedências. Letras distintas diferem estatisticamente em  $P < 0,05$  pelo Teste de Tukey. ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).



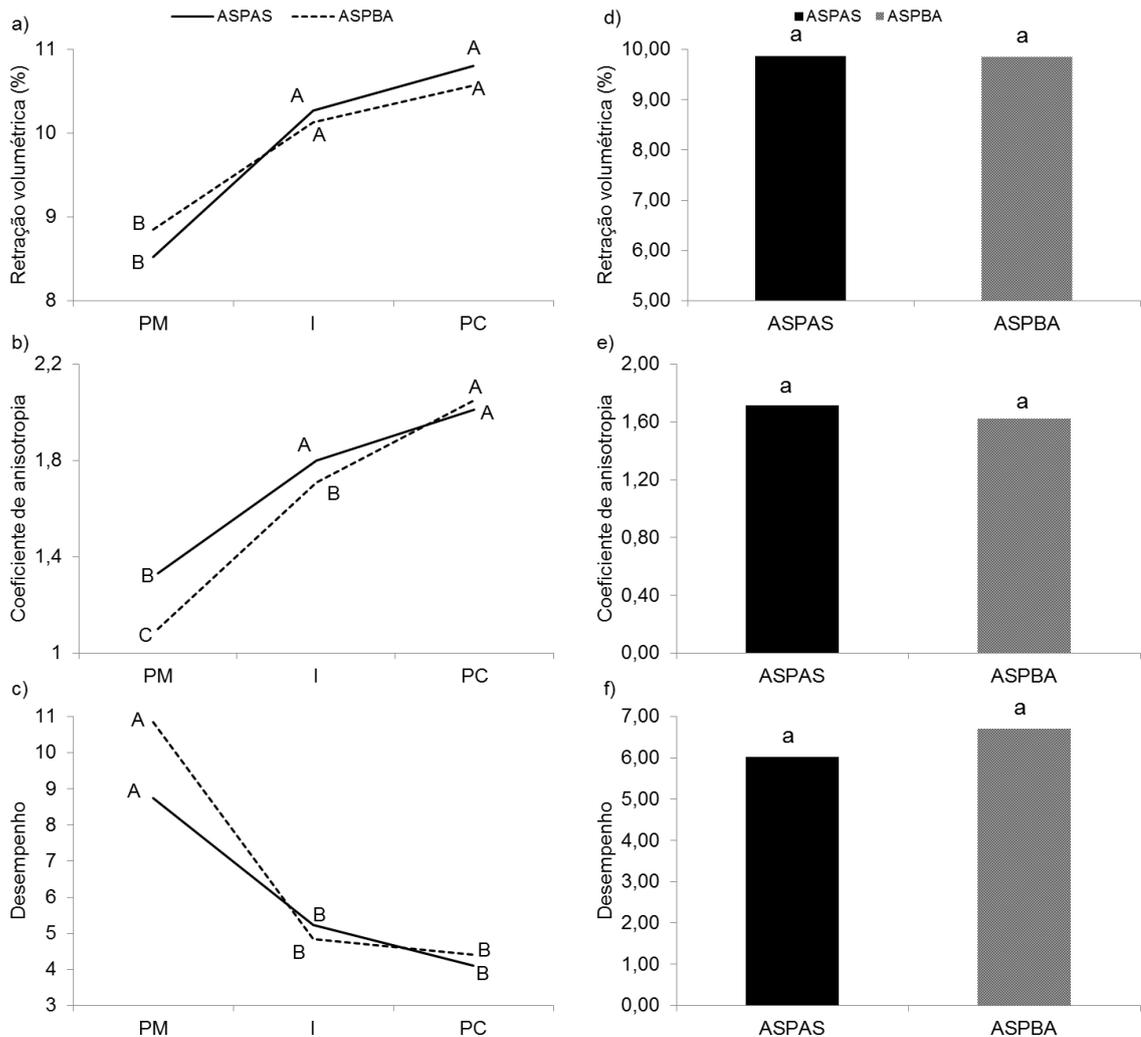
A densidade básica em ASPAS quando comparada a ASPBA foi maior nas três posições (Figura 14a). Outros estudos também encontraram diferenças na densidade com relação à procedência da semente, cita-se Longui et al. (2011) que estudou três diferentes procedências de *Galesia integrifolia* também plantadas em Luis Antônio.

Em geral, as densidades foram mais altas na casca do que na medula, esse padrão também foi reportado por LIMA et al. (2015) para o *P. dubium* em árvores de 28 anos de idade e também observado em outras espécies nativas, ex. *Balfourodendron riedelianum* aos 24 anos de idade (LIMA et al., 2011), *Schizolobium parahyba* (ATHANÁZIO-HELIODORO, 2015) e *Cordia trichotoma* (MELO et al., 2006).

*P. dubium* apresentou valores para densidade básica e a 12% de umidade, respectivamente de 430 (medula) a 530kg.m<sup>-3</sup> (casca) e 550 (medula) a 660kg.m<sup>-3</sup> (casca), resultados semelhantes aos encontrados por alguns autores como Vivian et al. (2010) estudando *P. dubium* com 10 anos, os quais encontraram densidade de 640kg.m<sup>-3</sup> a 12% de umidade, embora não tenham disponibilizados informações precisas sobre posição no tronco e sobre o espaçamento de plantio, sabidamente dois fatores que interferem nos valores de densidade. Lima et al. (2015) reportaram densidade básica de *P. dubium* no mesmo plantio aos 28 anos de 430kg.m<sup>-3</sup> próximo de medula e 500 kg.m<sup>-3</sup> próximo da casca. Os valores da medula não diferiram dos nossos valores, enquanto que os da casca foram levemente superiores. Essa pequena diferença pode estar relacionado aos quatro anos a mais nas árvores aqui estudadas (32 anos).

As duas procedências apresentaram maior retração volumétrica nas regiões próximas à casca e intermediária. O coeficiente de anisotropia aumentou no sentido medula à casca em ASPBA e foi maior nas posições intermediária e casca em ASPAS. Enquanto que o desempenho foi maior na medula para as duas procedências. Não ocorreu diferença significativa entre as procedências (Figura 15(d-f)).

**Figura 15** Características físicas (retração volumétrica, coeficiente de anisotropia e desempenho) da madeira de *Peltophorum dubium* em três posições no sentido radial: próximo à medula (PM), região intermediária (I) e próximo a casca (PC) de árvores plantadas em Luis Antônio com sementes provenientes de Alvorada do Sul (PR) e Bauru (SP). Em a-c, letras maiúsculas comparam a variação radial em cada posição, enquanto que letras minúsculas em d-f comparam as procedências. Letras distintas diferem estatisticamente em  $P < 0,05$  pelo Teste de Tukey. ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).



As amostras localizadas nas regiões próximas à medula apresentam menor retração do que as localizadas próximas à casca. Essa mudança está associada à redução do ângulo microfibrilar na parede celular e também ao aumento do comprimento da célula e ao teor de celulose em direção à casca (PANSHIN; DE ZEEUW, 1980).

O coeficiente de anisotropia apresentou valores médios de 1,21 mais próximos à medula e 2,03 na região mais próxima à casca (média das duas procedências). Segundo a classificação estabelecida por Nock et al. (1975),

este fator é considerado ótimo até 1,50, normal entre 1,50 e 2,00 e ruim, quando superior a 2,00. Com base nesta avaliação, a madeira próxima à casca apresenta alta retração e, portanto, deve-se levar isto em consideração em seu emprego em peças encaixadas. Vivian et al. (2010) estudando *P. dubium* aos 10 anos encontrou valores de 1,94, valor próximo ao encontrados na região da casca do nosso estudo com árvores de 32 anos. Já Pedroso e Mattos (1987) encontraram valor de 2,84, mostrando madeira mais instável do que as do nosso estudo.

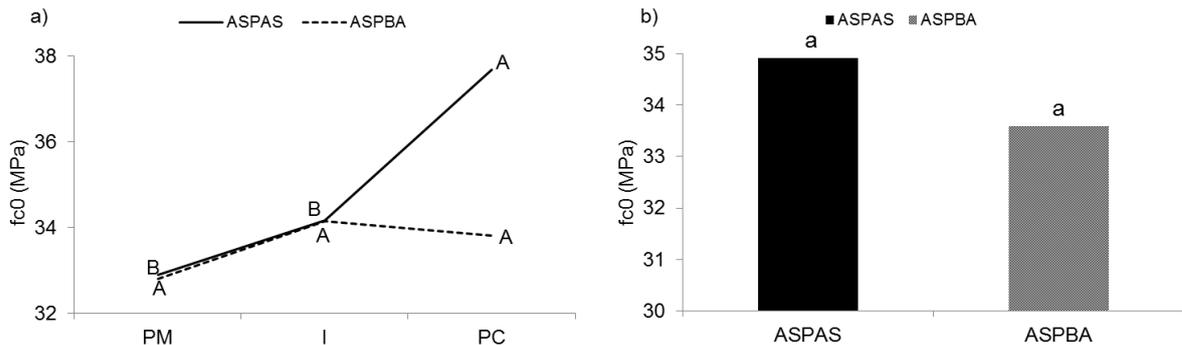
A madeira de *P. dubium* apresentou desempenho maior na região próxima à medula e menor na região próxima à casca para as duas procedências. Este índice contabiliza a qualidade da madeira por meio de um baixo fator de anisotropia associado a uma baixa retratibilidade volumétrica. Quanto maior for o índice, melhor será o desempenho da madeira. Dessa forma o comportamento inverso era esperado, já que seu valor é maior, quanto menor forem os valores de retratibilidade volumétrica (ATHANÁZIO-HELIODORO, 2015). Reforçando o que foi mencionado acima, para o coeficiente de anisotropia, com base no índice de desempenho, a madeira próxima à casca possui menor qualidade quando comparada às outras duas posições (intermediária e medula)

#### 5.5. Propriedades Mecânicas

Em ASPAS a região próxima à casca apresentou maior resistência à compressão paralela as fibras ( $f_{c0}$ ) e em ASPBA não ocorreu diferença entre as três posições radiais (Figura 16 a).

Não ocorreu diferença significativa entre as procedências (Figura 16 b).

**Figura 16 Resistência paralela da madeira de *Peltophorum dubium* em três posições no sentido radial: próximo a medula (PM), região intermediária (I) e próximo a casca (PC) de árvores plantadas em Luis Antonio com sementes provenientes de Alvorada do Sul (PR) e Bauru (SP). Em a, letras maiúsculas comparam a variação radial em cada posição, enquanto que letras minúsculas em b comparam as procedências. Letras distintas diferem estatisticamente em  $P < 0,05$  pelo Teste de Tukey. ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).**



ASPAS apresentou maior resistência à compressão paralela na região próxima a casca quando comparada a ASPBA, o que pode estar relacionada com a densidade básica que também diferiu nessa região para as duas procedências. Panshin e De Zeeuw (1980) afirmam que a variabilidade da maior parte das propriedades mecânicas da madeira pode ser estimada com base na variação da densidade.

Encontramos valores médios das procedências de 32,84MPa na região próxima à medula e 35,75MPa na região próxima à casca. Vivian et al. (2010) estudando *P. dubium* aos 10 anos de idade encontraram valor menor para essa mesma propriedade de 30,3MPa, embora não tenham disponibilizado informações sobre o espaçamento de plantio, fator que pode interferir no valor de resistência. Pedroso e Mattos (1987) em estudo com árvores adultas, encontraram valores de 50,5MPa, porém não temos dados de idade e espaçamento para comparar com nossos resultados. No entanto, é possível notar que a espécie pode apresentar maiores valores de resistência à compressão.

Usando a fórmula dos valores característicos da norma NBR 7190, da ABNT (1997) (Anexo B.3 da NBR 7190), as resistências características obtidas no ensaio de compressão paralela as fibras ( $fc_{0,k}$ ) estão representadas na Tabela 6.

**Tabela 6 Resistência característica do ensaio de compressão paralela às fibras do *Peltophorum dubium* plantando em Luis Antônio, SP com sementes provenientes de diferentes procedências (Alvorada do Sul, PR e Bauru, SP) para classificação da madeira em classes de resistência. ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru)**

Resistência Característica (fc0,k) (MPa)		
Regiões C.P	Alvorada do Sul	Bauru
Próximo à medula (PM)	26,9	29,4
Intermediário (I)	29,7	30,9
Próximo à casca (PC)	36,2	30,5
Média	30,93	30,27

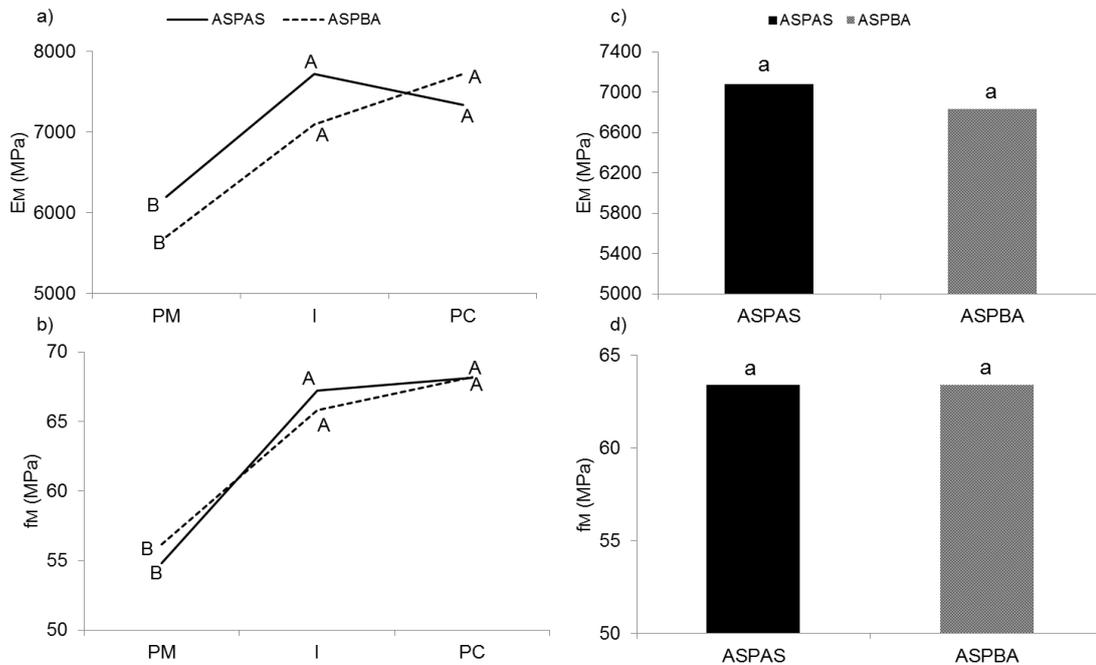
As ASPBA mostra-se mais homogêneas, com pequena variação da região próxima à medula para a casca, já em ASPAS é possível notar madeira mais heterogênea radialmente. Em ASPAS, a região da medula e intermediária são classificadas como C20 e região próxima à casca como C30, em ASPBA a região da medula está enquadrada na classe C 20 e as outras duas regiões como C30. Com base nesta avaliação, as árvores com sementes procedentes de Bauru possuem maior quantidade de madeira com maior resistência, quando comparada com as árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul.

Madeira mais homogênea poderá se comportar melhor nas operações de processamento e também refletir maior uniformidade nas demais propriedades tecnológicas, essas podem ser destinadas para usos que exijam menor variabilidade nas propriedades físicas e mecânicas (OLIVEIRA, 2005).

As procedências mostram maiores módulos de elasticidade (EM) e resistência à flexão (fM) nas regiões próximas à casca e posição intermediária (Figura 17(a-b)).

Não ocorreu diferença significativa entre as procedências nas duas características analisadas (Figura 17 (c-d)).

**Figura 17** Características mecânicas (módulo de elasticidade e resistência a flexão estática) da madeira de *Peltophorum dubium* em três posições no sentido radial: próximo a medula (PM), região intermediária (I) e próximo a casca (PC) de árvores plantadas em Luis Antonio com sementes provenientes de Alvorada do Sul (PR) e Bauru (SP). Em a-b, letras maiúsculas comparam a variação radial em cada posição, enquanto que letras minúsculas em c-d comparam as procedências. Letras distintas diferem estatisticamente em  $P < 0,05$  pelo Teste de Tukey. ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).



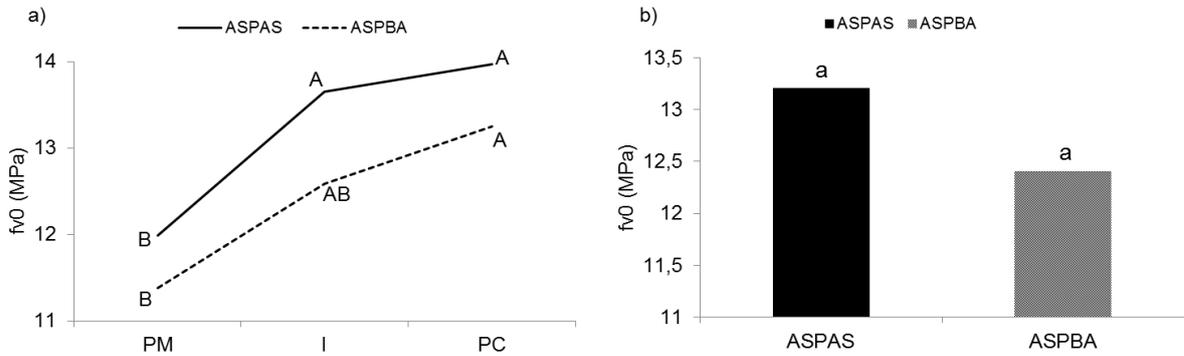
Na flexão estática o módulo de elasticidade (EM) variou de 5947 MPa na região mais próxima à medula a 7524 MPa na região próxima à casca. Stangerlin et al. (2010) encontrou valores de módulo de elasticidade (EM) para *P. dubium* com 10 anos de 5738,81MPa, valor semelhante ao encontrado na região da medula do nosso estudo com *P. dubium* de 32 anos, o que pode estar relacionada com maior quantidade de madeira juvenil nessa região e no estudo do autor citado.

A resistência a flexão (fm) apresentou valores de 55,49MPa a 68,18MPa, valores inferiores ao encontrado por Stangerlin et al (2010) de 77,38MPa.

Maiores valores de cisalhamento ( $f_v0$ ) ocorreram nas regiões próximas à casca e intermediária para ASPAS, e para ASPBA apenas na região próxima à casca (Figura 18 a).

Não ocorreu diferença significativa entre as procedências (Figura 18 b).

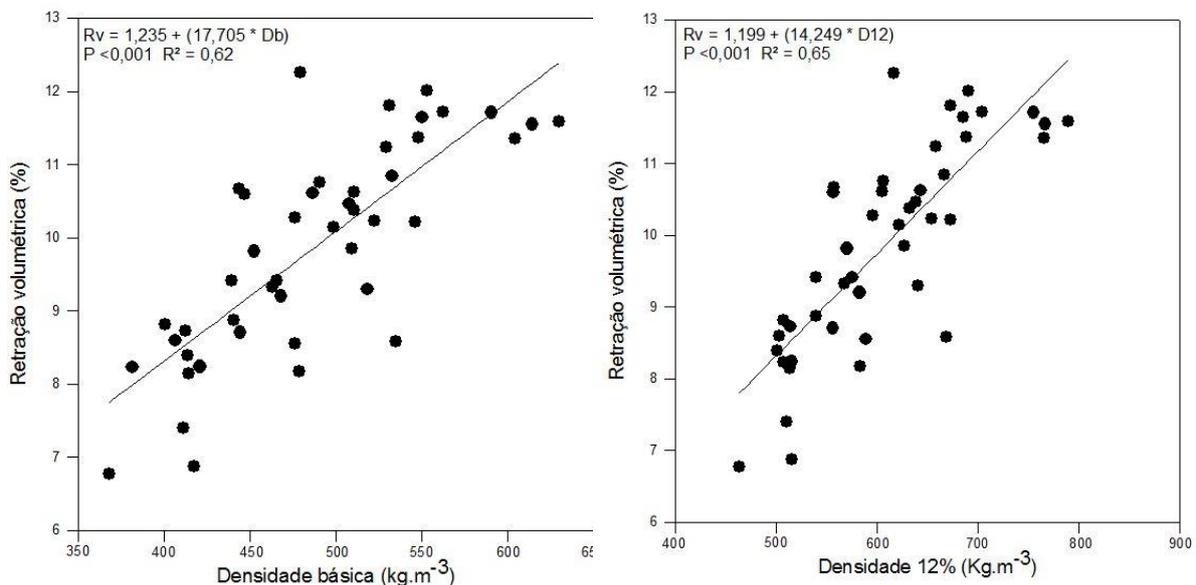
**Figura 18 Resistência ao cisalhamento da madeira de *Peltophorum dubium* em três posições no sentido radial: próximo a medula (PM), região intermediária (I) e próximo a casca (PC) de árvores plantadas em Luis Antonio com sementes provenientes de Alvorada do Sul (PR) e Bauru (SP). Em a letras maiúsculas comparam a variação radial em cada posição, enquanto que letras minúsculas em b comparam as procedências. Letras distintas diferem estatisticamente em  $P < 0,05$  pelo Teste de Tukey. ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).**



O valor encontrado para cisalhamento variou de 11,68MPa na região próxima à medula a 13,61MPa região próxima à casca. Vivian et al. (2010) encontraram valores de 13,14 para *P. dubium* aos 10 anos e Pedroso e Mattos (1987) valores de 11,14MPa.

Foram feitas análises de regressão e diversas variáveis apresentaram relações significativas, porém apenas serão consideradas aquelas mais expressivas (acima de 0,6), que foram as relações da retração volumétrica com a densidade básica e aparente na procedência Bauru (Figura 19).

**Figura 19 Gráficos de regressão entre a retração volumétrica e as densidades (básica e aparente 12% de umidade) para madeira de *Peltophorum dubium* plantadas em Luis Antonio, SP com sementes de duas procedências (Alvorada do Sul, PR e Bauru, SP). ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).**



A retração volumétrica é influenciada por algumas variáveis, mas é mais fortemente relacionada positivamente com a densidade (GLASS e ZELINKA, 2010). De maneira geral, madeiras com alta densidade possuem proporcionalmente células com paredes mais espessas e menor lume comparado com madeiras de menor densidade. Assim retraem e incham em maior proporção (WALKER, 2006). Além disso, segundo Nakano (2008), na relação da densidade com a retração volumétrica deve se levar em conta peculiaridades da microestrutura e não apenas a espessura da parede e a quantidade de lume.

## 6. CONCLUSÃO

As procedências diferiram apenas na densidade de raios. Assim, sugerimos que não há influência da origem das sementes na anatomia e propriedades da madeira, para essa espécie, quando se analisam os valores médios.

A madeira de *P. dubium* variou radialmente e em geral seguiu o padrão típico de variação: em termos anatômicos com elementos de vaso mais longos e largos e com menor densidade de células, além de fibras mais longas e com paredes mais espessas próximos da casca. As apresentaram maiores valores próximo a casca e com maiores valores nas propriedades na região próxima da casca e em alguns casos sem diferença para a posição intermediária.

Em termos de seleção de matrizes para uso da madeira, embora a diferença de densidade seja pequena entre as duas procedências, as ASPAS, especialmente na região da casca, em geral apresenta madeiras mais densas e com maiores valores nas propriedades mecânicas, porém mostram-se mais heterogêneas radialmente quando comparada a madeira das ASPBA. A maior espessura da parede das fibras encontradas em ASPAS podem ter contribuído para a diferença de densidade encontrada entre as duas procedências.

Segundo a NBR7190 (NBR 7190, 1997), a madeira de *P. dubium* está classificada na classe de resistência C20, a menor entre as classes de resistência definidas na norma para eudicotiledôneas. Porém em algumas posições mostrou valores que podem ser enquadrados como C30. Além disso, com base em outros estudos que relataram valores mais altos do que os nossos, supõem-se que madeiras com mais idade possam atingir maiores classes de resistência.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 71/90**: Projeto em estruturas de madeira. Projeto de revisão NBR 7190. Rio de Janeiro, p. 107. 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF ano base 2009**. Brasília, DF: ABRAF, 2010. 136 p.
- ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D143-94 (2007). **Standard test methods for small clear specimens of timber**. West Conshohocken, 2007 Reapproved, PA.
- ATHANÁZIO-HELIODORO, J. C. **Qualidade da madeira de árvores de Guapuruvu (*Schizolobium Parahyba* (Vell.) BLAKE) com 15 anos provenientes de área de recuperação florestal**. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, SP. 2015.
- BENDTSEN, B. A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forest Products Journal**. v. 28, n.10, p. 61-71. 1978.
- BERLYN, G. P.; MIKSCHE, J. P. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. The Iowa State University Press, Ames, Iowa. 1976.
- BERTOLINI, I. C; DEBASTIANI, A. B; BRUN, E. J. Caracterização silvicultural da *P. dubium* (*Peltophorum dubium*. (Sprengel) Taubert). **Scientia Agraria Paranaensis**, v.14, n.2, abr/jun., p.67-76, 2015.
- BOAK, D. 1992. Wood facts: Lacewood. *American woodworker*. v. 5, p. 62.
- BUKATSCH, F. **Bermerkungen zur Doppelfärbung Astrablau-Safranin**. *Mikrokosmos*. 61: 255. 1972
- BURGER, L. M; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 154 p. 1991.
- CARDIN, V. de S. **Ensaio não destrutivo aplicado à madeira serrada e estruturas: técnicas potenciais para uso no Brasil**. 2011. 116 p. **Dissertação** (Mestrado em construção civil) -- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP. 2011.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA– SPI, 1994. 640 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039p. (Coleção espécies arbóreas brasileiras, v. 1).
- CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEREOLÓGICAS (CIAGRO). Disponível em <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/>> Acessado em 05/04/2017.

CLIMATE-DATA.ORG. Dados climáticos para cidades mundiais. Disponível em: <<http://pt.climatedata.org/location/313031/>>. Acessado em: 02/03/2017.

COSTA, C.G.; CALLADO C.H.; CORADIN V.T.R.; CARMELLO-GUERREIRO S.M. 2006. Xilema. In: Appezato-Da-Glória. B; Carmello-Guerreiro, S.M. Anatomia Vegetal. Editora UFV. Brasil.

DÜNISCH, O.; REISSMANN, C. B.; OLISZESKI, A.V. Variability of vessel characteristics in xylem of *Ilex paraguariensis* (mate-tree) from south Brazil. **Iawa Journal**, Leiden, v. 25, n. 4, p. 449-458, 2004.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Locais de ocorrência natural de P. dubium**: mapa. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

EVERT, R. F. Anatomia das Plantas de Esau. Meristemas, Células e Tecidos do Corpo da Planta: sua Estrutura, Função e Desenvolvimento. Tradução da Terceira Edição Espanhola. ed. São Paulo: Blucher, 2013. 728 p.

FALK, R.H. Wood as a Sustainable Building Material. In: **Wood Handbook** – Wood as an Engineering Material: chapter 3. Centennial ed. General technical report FPL; GTR-190. 2010.

FISCHER, A. O fomento na Indústria de Base Florestal. **Informe Gepec**, Toledo, v. 13, n. 2, p. 6-19, jul./dez. 2009.

FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z.; LIMA, I. L.; LONGUI, E. L. Variação nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos sete anos de idade. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 79-91, 2009.

FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M.; MORAIS, E.; ZANATTO, A. C. S.; VERARDI, C. K.; PINHEIRO, A. N. Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Cordia trichotoma* (Vell.) ex Steud. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 18, p. 95- 102, 2006.

GLASS, S.; ZELINKA, S.L. Moisture relations and physical properties of wood. In: ROSS, R. (Ed.). Wood handbook – wood as an engineering material. 100th ed. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. 508 p. (General Technical Report FPL-GTR-190).

HIGUCHI, N. **Tabelas de volume para povoamentos nativos de canafístula (Leguminosae), cedro (Meliaceae), pau marfim (Rutaceae) e canelas (Lauraceae), no extremo oeste paranaense**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Curso de pós graduação em Engenharia Florestal do setor de ciências agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Março 1978.

IAWA COMMITTEE (International Association of Wood Anatomists Committee). List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bull.**, Utrecht, n. s. 10, p.219-332. 1989.

ISHIGURI, F. et al. Radial variation of anatomical characteristics in *Paraserianthes falcataria* planted in Indonesia. **IAWA Journal**, v. 30, n. 3, p. 343-351, 2009.

- JOHANSEN, S. A. **Plant microtechnique**. Mcgraw\_Hill Book Co, New York. 1940.
- KÖHLER, P.; DITZER, T.; ONG, R. C.; HUTH, A. Comparison of measured and modelled growth on permanent plots in Sabahs rain forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 144, n. 1-3, p. 101-111, 2001.
- KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. Principles of wood science and technology. Berlim: Springer-Verlag, v. 1, 592p. 1968.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Fondo de Cultura Económica, 317 p., 1948.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR. 198p., 1997.
- LACHENBRUCH, B; MOORE, J. R; EVANS, R. Radial Variation in wood structure and function in wood plants, and hypotheses for its occurrence. In: Size and Age Related changes in tree structure and function: capítulo 5. Ed. Springer Sciencie B.V 2011. 121-164
- LARSON, P. R.; KRETSCHMANN, D. E.; CLARK, A.; ISEBRANDS, J. G. Formation and properties of juvenil wood in Southern pines. **Forest service**; 46 p. 2001.
- LIMA, I. L de; MASTELIN, S. M.; LONGUI, E. L.; FREITAS, M. L. M.; ROMEIRO, D.; ZANATTO, A. C. S.; FLORSHEIM, S. M. B. Densidade básica e dimensões celulares da madeira de *Balfourodendron riedelianum* em função da procedência e posição radial. **Revista Instituto Florestal**, v. 23, n. 2, p. 217–230, 2011.
- LIMA, I. L. de; LONGUI, E. L.; CERATO, C.; FREITAS, M. L. M.; FLORSHEIM, S. M. B.; ZANATTO, A. C. S. Basic specific gravity and anatomy of *Peltophorum dubium* wood as a function of provenance and radial position. **Revista Instituto Florestal**. v. 27 n. 1 p. 19-29. 2015.
- LOBÃO, M. S.; DELLA LUCIA, R. M.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeirada de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p. 889-894, 2004.
- LOGSDON, N. B.; FINGER, Z. **Caracterização da madeira de Cambará, *Voshysia guianensis*** Aubl. Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2007.
- LONGUI, E. L.; LIMA, I. L.; FLORSHEIM, S. M. B.; BUFOLO, A. Variação anatômica radial do lenho de açoita cavalo (*Luehea divaricata*) e sua influência na densidade aparente. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 181-190, 2009.
- LONGUI, E.L.; LIMA, I.L.; ANDRADE, I.M.; FREITAS, M.L.M.; FLORSHEIM, S.M.B.; ZANATTO, A.C.S.; SILVA JÚNIOR, F.G. 2011. Seed provenance influences the wood structure of *Gallesia integrifolia*. **IAWA Journal** 32 (3): 361-374.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: **Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.1, p.368. 2002.

MALAN, F. S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n.163, n.1, p. 13-20. 1992.

MARCATI, C. R., ANGYALOSSY-ALFONSO, V., BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.24, n.3, p.311-320, 2001.

MATTEI, V. L.; ROSENTHAL, M. D. Semeadura direta de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. no enriquecimento de capoeiras. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, nov. – dez, p.649-654. Ano 2002

MELCHIORETTO, D.; ELEOTÉRIO, J.R. Caracterização, classificação e comparação da madeira de *Pinus patula*, *P. elliottii* e *P. taeda* através de suas propriedades físicas e mecânicas. In: **Congresso regional de iniciação científica e tecnológica**, 18., 2003, Blumenau. Anais... Blumenau: FURB. 5p. 2003.

MELO, R. R. de; PAES J. B.; LIMA, C. R. de; FERREIRA, A. G. Estudo da variação radial da densidade básica de sete madeiras do semi-árido. **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**. Ano IV, n. 07, 2006.

MENEGHELO, G.E.; MATTEI, V.L. Semeadura direta de Timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), Canafístula (*Peltophorum dubium*) e Cedro (*Cedrela fissilis*) em campos abandonados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.2, 2004.

MODES, K. S; VIVIAN, M.A; LILGE, D. S; MELO, R. R, SANTINI, E. J; HASELEIN, C. R. Utilização da madeira de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.) na confecção de chapas de madeira aglomeradas. **Ciência Florestal**. V.22, n.1. 2012.

MORAES, M.L.T.; MORI, E.S.; RODRIGUES, C.J. Delineamento de pomar multiespécies. In: HIGA, A.R. & SILVA, L.D. Pomar de sementes de espécies florestais nativas. FUPEF: Curitiba, p.183-202. 2003.

MOTTA, J. P. **Propriedades tecnológicas da madeira de *Tectona grandis* L. F. Proveniente do Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

NAKANO, T. Analysis of cell wall swelling on the basis of a cylindrical model. *Holzforschung* 62 (2008), 352-356.

NOCK, H. P.; RICHTER, H. G.; BURGER, L. M. **Tecnologia da madeira**. Curitiba: UFPR, 1975. 21p

NOGUEIRA, J.C.B.; SIQUEIRA, AC.M.F.; MORAIS, E.; COELHO, L.C.C.; MARIANO, G.; KAGEVAMA, P.V.; ZANATTO, AC.; FIGLIOLIA, M.B. Conservação genética de essências nativas através de ensaios de progênie e procedência. In: Congresso Nacional Sobre Essências Nativas, 1982, Campos do Jordão. Anais. São Paulo: Instituto Florestal, 1982. p.957-969. Publicado na Silvicultura em São Paulo, v.16 A, parte 2, 1982.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil. São Paulo**,. 2v., 429p. Tese (Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo). 1997.

OLIVEIRA, J. T. D. 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**, v. 29, n. 1, p. 115–127, 2005.

OLIVEIRA, J. T. S. Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro. Vitória: Aquarius, p. 129-163, 2007.

PÁDUA, F. A., **Amostragem para avaliação da densidade básica da madeira de um híbrido de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake**. 2009. 87p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2009.

PAES, J. B.; FONSÊCA, C. M. B.; LIMA, C. R.; SOUZA, A.D. Eficiência do óleo de candeia na melhoria da resistência da madeira de sumaúma a cupins. **Cerne**, Lavras, v.16, n.2, p. 217-225, 2010.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. Text book of wood technology. 4. ed. New York: Mc. Graw Hill, 722p. 1980.

PEDROSO, O.; MATTOS, J. R. **Estudo sobre madeiras do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas de Recursos Naturais Ataliba Paz, 1987. 181p. (Publicação IPRNR, n.20).

PEREIRA, B. L. C; OLIVEIRA, A. C; CARVALHO, A. M. L; CARNEIRO, A. C. O. C; VITAL, B. R; SANTOS, L. C. Correlação entre a relação cerne e alburno da madeira de eucalipto rendimento e propriedades do carvão vegetal. *Scientia Florestalis*. Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 217-225. 2013.

PORTELA, R.C.Q.; SILVA, I.L.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchidiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub em diferentes condições de sombreamento. **Ciência Florestal**, v.11, n.2, p. 163-170. 2001.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, n. 28/30, p. 3-320, 1978.

REVISTA DA MADEIRA Espécies tropicais promissoras. **Revista da Madeira**, ano 18, n.108, p.98-106. 2007.

ROESER, K. R. Die Nadel der Schwarzkiefer. Massenprodukt und kunstwerk der Natur. *Mikrokosmos*. 61: 33-36. 1972.

SANTANA, M. A. E.; EIRAS, K. M. M.; PASTORE, T. C. M. Avaliação da madeira de quarto clones de *Hevea brasiliensis* por meio de sua caracterização físico-mecânica. **Brasil Florestal**, n.70, p. 61-68, 2001.

SAVIDGE, R.A. Tree growth and wood quality. In: BARNETT, J.R e JERONIMIDIS, G. (editores). **Wood Quality and its Biological Basis**. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, p. 1-26, 2003.

SHIMIZU, J.Y.; GARRIDO, L.M.A.G. GARRIDO, M.A.; CARVALHO, P.E.R.; CARPANEZZI, A.A. Variações inter e intrapopulacionais em Canafístula. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n.14, p.19-27, jun. 1987.

SILVA, T.S.; RANDO, J.G.; CARVALHO, D.A.S. Peltophorum na Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB83567>>. Acesso em: 02/03. 2017

SOBRAL, L. et. al. Acertando o alvo 2: consumo de madeira amazônica e certificação florestal no Estado de São Paulo. Belém: Imazon, 2002. 72p.

STANGERLIN, D.M.; GATTO, D.A.; MELO, R.R.; CALEGARI, L.; VIVIAN, M.A.; CASTELO, P.A.R.;BELTRAME,R. Uso do ultrassom para estimativa das propriedades mecânicas da madeira de Peltophorum dubium. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v.1, n.2, p.44-53, 2010.

TOMAZELO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de Eucalyptus saligna e Eucalyptus grandis. IPEF, Piracicaba, SP, v.29, p. 37-45, 1985.

TRUGILHO, P. F. Influencia da idade e das características físico-químicas e anatômicas da madeira de Eucalyptus saligna. CERNE, Lavras, MG v. 2, n.1, p.94-111, 1996.

TRUGILHO, P.; SILVA, D. da. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão vegetal de jatobá (*Himenea courbaril* L.) **Scientia Agraria**. Piracicaba, v. 2, n. 27, 2004.

TSOUMIS, G. Science and technology of Wood: structure, properties, utilization. New York: **Chapman & Hall**, 1991. P. 309-339.

URBINATI, C.; AZEVEDO, A. A.; SILVA, E. A. M.; LISBOA, P. L. Variação estrutural quantitativa no lenho de *Terminalia ivorensis* A. CHEV, Combretaceae. Acta Botanica Brasilica, São Paulo, v. 17, n. 3. 421-437, 2003.

VALE, A. T.; MOURA,V. P. G.; MARTINS, I. S; REZENDE, D. C. A. Densidade básica média em função da produtividade e da penetração do pino Pilodyn e da classe diamétrica e variação axial da densidade básica em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden. **Árvore**, v. 19, n. 1, p.80-91, 1995.

VIEIRA, H. A. F. Diagnostico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2003.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG: Sociedade de investigações florestais, 1984. 21p. (Boletim Técnico, 1).

VIVIAN, M.A.; MODES, K.S.; BELTRAME, R.; MORAIS, C.W.; SOUZA, J.T.; MACHADO, W.G.; SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R. Resistência da madeira de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub) ao PSF e a umidade de equilíbrio. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v.1, n.1, p. 11-24, 2010.

VIVIAN, M.A.; MODES, K.S.; BELTRAME, R.; SOUZA, J.T.; SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R. Propriedades físico-mecânicas da madeira de canafístula aos 10 anos de idade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n.5, p. 1097-1102. 2010.

WALKER, J.C.F. Primary Wood Processing – Principles and Practice, 2<sup>nd</sup> ed, Springer, 2006, p.98

WANGAARD, F. F. The mechanical properties of wood. London: Chapman & Hall, 1950. 377p.

WIEDENHOEFT, A. Structure and function of Wood. In: **Wood Handbook** – Wood as an Engineering Material: chapter 3. Centennial ed. General technical report FPL ; GTR-190. Madison, WI: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, p. 3.1-3.18, 2010.

XAVIER, C.N. Avaliação não destrutiva da qualidade da madeira e do fuste da árvore de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub em área de restauração florestal. Dissertação (Ciências Florestais e Ambientais) na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2016.

ZENID G.J.; ROMAGNANO, L.F.T.; NAHUZ, M.A.R.; MIRANDA, M.J.A.C.; FERREIRA, O.P.; BRAZOLIN, S. 2009. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2 (1): 1-103.

ZOBEL, B. J. The changing quality of the world wood supply. **Wood Science and Technology**, New York, v. 18, n.1, p. 1 - 17, 1984.

# APÊNDICE

**Tabela 1 Resultados das características anatômicas de *Peltophorum dubium* para cada árvore. Espaços em branco representam outliers retirados durante a análise estatística. ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).**

Procedência	Árvore	Compr. Vaso ( $\mu\text{m}$ )			Diâmetro vaso ( $\mu\text{m}$ )			Densidade vaso			Compr. fibra( $\mu\text{m}$ )			Esp. parede fibra( $\mu\text{m}$ )		
		PM	I	PC	PM	I	PC	PM	I	PC	PM	I	PC	PM	I	PC
ASPAS	1	262,720	288,310	332,620	102,772	109,390		3,30	6,07	4,00	829,060	664,720	1025,190	3,424	3,388	3,433
	2	291,270	346,450		103,760	114,650	109,800	9,33	5,03	4,57	797,740	1034,100	911,990	2,614	3,679	3,214
	3	283,220	353,840	344,760	91,240	126,900	114,110		6,53	6,23	890,970	1028,300	966,660	3,249	4,344	4,270
	4	273,230	292,080	320,060	100,950	108,570	124,400	6,70	4,60	5,67	897,600	954,820		3,535	4,016	3,996
	5	295,210	361,870	346,310	93,970	115,830	129,690	7,80	4,87	6,00	815,670	1027,750	1061,910	3,450	4,323	3,990
	6	309,540	323,870	336,300	113,260	120,320	121,950	7,97	4,03	6,00	841,920	944,980	1057,150	3,083	3,413	4,422
	7		311,020	362,900	100,720	113,460	105,540	9,97	6,57	6,00	819,510	978,800	1099,270	3,279	4,414	4,831
	8	261,330		370,600	119,330	115,640	110,450	7,50	4,37	6,00	937,520	1066,500	933,170	3,334	3,613	3,421
	9	316,750	301,990	342,890	95,760	130,030	124,610	13,43	4,73	7,83	807,400	943,410	988,600	2,612	3,942	3,365
	10	259,360	367,660	358,090	90,120	128,970	115,930	5,10	7,10	7,70	848,990	1085,280	1017,380	3,717	4,439	4,007
	11	321,280	348,790	319,600	95,030	113,890	118,420	10,07	5,37	6,20	863,280	1015,900	884,930	2,855	4,435	3,588
	12	306,680	318,470	327,860	106,510	106,130	108,790	4,63	5,97	4,00	786,040	883,310	949,440	2,859	4,517	4,807
	13	299,750	353,080	313,430	87,520	110,360	119,500	13,13	4,23	5,07	785,350	1067,900	986,170	2,661	4,693	3,536
	14		319,870	313,920		128,940	121,760	5,67	3,97	4,63	930,530	1020,600	903,860	3,414	4,467	4,202
	15	274,000	296,680	322,300	100,930	103,620	102,530	3,90	3,60	4,83	843,180	910,580	904,830	2,605	3,974	2,957
<b>Média</b>		<b>288,795</b>	<b>327,427</b>	<b>336,546</b>	<b>100,134</b>	<b>116,447</b>	<b>116,249</b>	<b>7,750</b>	<b>5,136</b>	<b>5,649</b>	<b>846,317</b>	<b>975,130</b>	<b>997,896</b>	<b>3,113</b>	<b>4,111</b>	<b>3,869</b>
ASPBA	1	274,610	293,120		94,150	91,153	133,170	5,83	4,03	5,07	864,690	933,580		3,569	5,023	4,543
	2	299,790	382,940	293,790	117,910	139,420	140,770	5,77	4,77	6,67	813,280	1026,130	1031,340	2,865	5,221	4,578
	3	236,040	325,110	339,810	99,260	131,920	126,450	6,93	8,03	5,30	821,070	1012,170	1054,150	2,777	4,135	4,364
	4	258,930	309,390	348,360	94,710	91,791	116,290	9,13	8,30	4,90	801,040	987,810	1058,570	3,244	4,021	
	5	270,960	348,610	291,730	115,170	113,670	105,080	9,00	5,17	4,63	715,220	983,950	980,550	2,774	4,605	3,927
	6	347,290	366,800	361,060	106,640	119,050	125,910	4,90	4,40	5,93	866,880	978,260	980,720	2,929	3,698	3,198
	7	296,010	328,290	372,660	102,450	106,370	123,370	7,53	4,83	3,03	839,340	951,500	1006,040	2,614	3,067	3,239
	8	265,720	332,740	357,780	93,052	91,590	94,118	5,87	4,07	5,33	784,370	934,320	965,410	3,004	3,123	3,651
	9	295,600	370,360	331,860	96,579	103,770	104,890	11,27	3,97	4,97	821,810	936,460	957,920	2,587	3,110	4,648
	10	267,670	303,630	317,930	108,660	110,670	123,450	9,80	5,23	5,43	814,470	914,230	939,310	2,981	3,286	3,476
	11	254,290	324,590	289,370	95,237	110,180	111,040	8,87	5,73	7,37	690,050	997,770	890,850	2,852	3,355	3,766
	12	307,830	306,880	284,760	116,810	108,770	95,858	9,83	4,77	6,00	761,800	915,420	886,120	2,556	4,845	4,442
	13	312,720	334,500	310,930	95,465	121,940	126,560	7,57	5,73	6,90	759,150	912,370	891,440	3,017	3,429	3,385
	14	331,870	322,010	359,910	107,620	110,650	124,370	5,73	5,77	5,73	990,620	1020,760	1041,150	3,250	3,696	4,839
	15	369,840		378,570	114,270		140,960	10,37	5,57	4,47	958,100			2,605	4,018	3,563
<b>Média</b>		<b>292,611</b>	<b>332,069</b>	<b>331,323</b>	<b>103,866</b>	<b>110,782</b>	<b>119,486</b>	<b>7,894</b>	<b>5,358</b>	<b>5,449</b>	<b>820,126</b>	<b>964,624</b>	<b>975,659</b>	<b>2,908</b>	<b>3,909</b>	<b>3,973</b>

**Tabela 1 (continuação) Resultados das características anatômicas da madeira de *Peltophorum dubium* para cada árvore. Espaços em branco representam outliers retirados durante a análise estatística.**

Procedência	Árvore	Altura raio (µm)			Largura raio (µm)			Densidade raio		
		PM	I	PC	PM	I	PC	PM	I	PC
ASPAS	1	179,320	213,720	200,350	21,260	21,090	19,790	7,86	8,53	8,76
	2	215,060	208,800	202,460	15,930	21,110	19,120	8,23	8,83	8,50
	3	160,300	186,750	185,970	13,830	20,260	21,010	9,26	8,53	8,53
	4	177,830	190,020	189,150	16,380	18,770	17,140	9,30	8,83	9,40
	5	188,480	237,140	228,770	13,650	19,270	22,690	8,93	9,23	9,46
	6	210,150	202,950	222,920	12,740	19,510	25,020	9,83	8,43	9,50
	7	220,460	213,610	212,530	12,050	23,080	18,680			
	8	232,320	205,640	238,710	20,260	21,930	20,430	8,56	8,93	9,06
	9	229,210	173,810	220,290	15,430	15,110	20,370	9,03	8,23	7,96
	10	199,650	180,680	220,020	17,900	21,860	25,280	8,93	8,00	8,86
	11	228,200	177,620	197,280	13,020	21,190	19,450	6,93	7,70	8,06
	12	228,200	185,150	188,510	19,970	19,050	23,610		7,83	8,70
	13	245,050	212,200	195,140	12,060	17,950	20,410	9,43	8,93	9,66
	14		237,900	177,290	14,910	22,780	20,100	9,40	7,90	8,33
	15	190,790	211,520	223,950	19,590	16,650	20,630	8,00	8,70	9,80
<b>Média</b>		<b>207,501</b>	<b>202,501</b>	<b>206,889</b>	<b>15,93</b>	<b>19,97</b>	<b>20,91</b>	<b>8,948</b>	<b>8,471</b>	<b>8,899</b>
ASPBA	1	190,500	206,780	204,230	15,980	24,960		9,06	9,40	8,90
	2	184,390	209,080	209,620	19,010	22,630	19,350	8,43	8,53	9,80
	3	171,290	204,390	209,290	16,700	18,420	21,390	9,50	8,60	9,70
	4	163,760	197,950	183,030	15,830	19,760	21,130	8,33	10,06	9,36
	5		188,020	181,830	12,780	22,900	19,390		9,13	9,90
	6	300,180	205,630	217,230	15,380	17,470	23,980	8,90	10,20	9,26
	7	200,160	201,640	210,720	14,560	21,400	21,780	9,20	9,10	8,76
	8	189,660	200,700	219,740	17,820	22,660	23,610	8,60	9,03	8,83
	9	277,880	177,870	190,640	16,770	20,850	23,570	9,76	7,46	8,23
	10	280,130	166,120	200,480	18,020	23,490	23,030	10,20	10,20	10,43
	11	260,310	202,440	188,550	16,630	20,060	25,050	9,90	10,33	9,40
	12	292,100	188,460	186,010	18,560	19,890	18,770	7,86	8,66	8,73
	13	153,650	210,180	197,480	18,560	24,300	19,280	8,43	8,93	8,30
	14	242,220	193,730	221,560	16,270	17,150	22,450	8,80	8,40	9,10
	15	242,780	206,610	228,440	12,800	18,020	17,500	8,76	7,76	9,23
<b>Média</b>		<b>224,929</b>	<b>197,307</b>	<b>203,257</b>	<b>16,378</b>	<b>20,931</b>	<b>21,449</b>	<b>8,981</b>	<b>9,053</b>	<b>9,195</b>

Tabela 2 Resultados das propriedades físicas da madeira de *Peltophorum dubium* para cada árvore. Espaços em branco representam outliers retirados durante a análise estatística. ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).

Procedência	Árvore	Retr. Volumétrica (%)			C.A			Des.			pbas (g.cm <sup>3</sup> )			ρ 12(g.cm <sup>3</sup> )			
		PM	I	PC	PM	I	PC	PM	I	PC	PM	I	PC	PM	I	PC	
ASPAS	1	8,366		9,906	1,643	1,458	1,956	6,665	8,093	4,648	0,462		0,547	0,564	0,511	0,669	
	2	8,607	9,747	12,266	1,175	1,773	1,847	9,036	5,220	3,871	0,391		0,554	0,487	0,518	0,694	
	3	9,679	10,218	11,149	1,764	1,588	2,102	5,288	5,531	3,791	0,488	0,497	0,561	0,605	0,615	0,696	
	4	9,584	11,945	10,812	0,919	1,423	2,001	10,263	5,177	4,122	0,424	0,569	0,490	0,522	0,707	0,605	
	5		8,7574	10,804	0,806		1,776		3,076	4,649	0,453		0,563	0,577	0,558	0,694	0,718
	6	7,953		11,360	0,910	1,681	1,879	12,709	7,524	4,152	0,460	0,499	0,565	0,564	0,605	0,707	
	7	8,842	11,055	10,517	2,062	1,617	1,873	4,999	4,973	4,541		0,574	0,583	0,673	0,719	0,723	
	8	9,470	11,409	10,659	0,735	1,581	1,666	12,998	4,910	5,030	0,493	0,589	0,556	0,614	0,736	0,689	
	9	9,875	10,911	11,573	1,477	1,720	2,202	6,177	4,745	3,469	0,441	0,518	0,534	0,553	0,648	0,667	
	10	7,673	10,518	10,355	0,801	2,448	2,303		3,474	3,758	0,423	0,479	0,507	0,526	0,602	0,622	
	11		10,938	9,933	2,145	2,263	2,102		3,597	4,313	0,502	0,492	0,492	0,639	0,619	0,595	
	12	10,203	9,7317	11,347	1,493	1,706	2,506	5,894	5,436	3,116	0,459	0,483	0,569	0,587	0,597	0,701	
	13	6,484	9,221	11,406	1,343	1,178	1,949	10,732	8,356	3,985	0,372	0,476	0,590	0,472	0,587	0,734	
	14	6,718	9,584	8,966	1,133	2,621	1,680	12,247	3,598		0,474	0,531	0,517	0,585	0,654	0,633	
	15	7,268	9,433		1,606	2,014	2,390	7,943	4,766	2,211	0,452	0,488	0,597	0,556	0,601	0,755	
<b>Média</b>		<b>8,518</b>	<b>10,267</b>	<b>10,790</b>	<b>1,335</b>	<b>1,791</b>	<b>2,016</b>	<b>8,746</b>	<b>5,232</b>	<b>4,112</b>	<b>0,450</b>	<b>0,520</b>	<b>0,549</b>	<b>0,567</b>	<b>0,628</b>	<b>0,680</b>	
<b>C.V</b>		<b>0,141</b>	<b>0,090</b>	<b>0,075</b>	<b>0,336</b>	<b>0,223</b>	<b>0,122</b>	<b>0,33</b>	<b>0,305</b>	<b>0,125</b>	<b>0,081</b>	<b>0,076</b>	<b>0,061</b>	<b>0,093</b>	<b>0,103</b>	<b>0,069</b>	
ASPBA	1	10,210	8,552	11,589	0,568	0,921	2,437	15,484		3,129		0,476	0,630		0,589	0,789	
	2	9,814	11,549	11,709	1,167	1,829	2,158	7,874	4,186	3,495	0,452		0,590	0,570		0,755	
	3	6,872	12,010	11,721	0,873		2,062	15,519	2,956	3,652	0,418	0,553	0,563	0,515	0,691	0,704	
	4	7,396	10,458	11,808	1,027	1,932	2,300	12,198	4,431	3,247	0,411	0,508	0,531	0,510	0,638	0,673	
	5	10,598	10,613	8,867	1,675	1,745	1,994	5,038	4,826	5,154	0,447	0,487	0,440	0,557	0,605	0,539	
	6	8,139	10,843	8,705	2,417	3,015	2,138	4,670	2,727	4,905	0,414	0,533	0,444	0,514	0,666	0,557	
	7	8,810	9,296	12,258	0,517				3,985		0,400	0,518	0,479	0,507	0,640	0,617	
	8	6,771	10,272	10,225	1,443	1,231	1,653	9,542	7,094	5,312	0,368	0,476	0,522		0,595	0,654	
	9	9,201	9,856	9,413	0,715	1,829	2,279	13,809	5,001	4,221	0,468	0,509	0,439	0,583	0,627	0,539	
	10	8,728	9,330	10,371	1,077	2,078	1,885	9,714	4,676	4,584	0,412	0,463	0,511	0,514	0,568	0,632	
	11	8,226	10,144	8,238	1,106	1,224	2,201	10,088	7,238	5,060	0,382	0,499	0,421		0,622	0,516	
	12	10,667	8,598	9,411	0,538	1,750	1,984	15,579	6,074	4,850	0,444		0,466	0,557	0,503	0,575	
	13	8,388	8,584	11,349	1,855	1,933	1,542	5,889	5,508	5,065	0,414	0,535	0,604	0,501	0,669	0,766	
	14	8,175	10,624	11,365	0,795	1,869	2,069	14,125	4,500	3,769	0,479	0,511	0,548	0,583	0,643	0,688	
	15	10,750	11,240	11,637	0,664	0,895		12,495		5,195	0,490	0,530	0,550	0,606	0,658	0,686	
<b>Média</b>		<b>8,850</b>	<b>10,132</b>	<b>10,578</b>	<b>1,096</b>	<b>1,712</b>	<b>2,054</b>	<b>10,859</b>	<b>4,862</b>	<b>4,403</b>	<b>0,428</b>	<b>0,507</b>	<b>0,516</b>	<b>0,540</b>	<b>0,632</b>	<b>0,646</b>	
<b>C.V</b>		<b>0,147</b>	<b>0,105</b>	<b>0,124</b>	<b>0,489</b>	<b>0,319</b>	<b>0,119</b>	<b>0,353</b>	<b>0,274</b>	<b>0,176</b>	<b>0,082</b>	<b>0,051</b>	<b>0,125</b>	<b>0,066</b>	<b>0,055</b>	<b>0,133</b>	

Tabela 3 Resultados das propriedades mecânicas da madeira de *Peltophorum dubium* para cada árvore. Espaços em branco representam outliers retirados durante a análise estatística. ASPAS (árvores com sementes procedentes de Alvorada do Sul) e ASPBA (árvores com sementes procedentes de Bauru).

Procedência	Árvore	fc0 (MPa)			fm (MPa)			Em (MPa)			fv (MPa)		
		PM	I	PC	PM	I	PC	PM	I	PC	PM	I	PC
ASPAS	1	32,004		41,139	59,307	57,840		6539,60	6137,74	7973,55	13,040		14,549
	2	30,241	32,293	33,294	57,984	58,005	65,447	5301,72		6560,89	13,326	13,383	12,374
	3	33,116	31,659	39,317	62,571	63,602	64,866	5353,63	7565,08	6373,42	10,030	10,164	15,820
	4	32,660		39,799	56,866	70,789	71,010	5674,91	8769,83	6911,94	14,600	16,423	12,219
	5	38,116	39,693	39,242	66,273	73,352	68,026	7290,15	7952,66	6516,01	11,741	11,571	13,375
	6	37,437	31,190	36,218	59,348	73,543	64,431	5933,71	7582,16	7001,70	13,390	12,439	14,053
	7	37,239	35,501	43,300	40,068		78,252	5112,31		8634,86	13,485	15,625	15,824
	8	34,469	38,028	37,558	58,144	59,934	82,712	6920,78	8089,91	8309,33	11,352	17,087	13,983
	9	30,029	34,291	35,457	52,298	68,027	74,489	6679,27	7342,31	6367,18	12,606	14,131	13,925
	10		30,884	34,303	37,388		68,154			7667,83	8,201	14,082	
	11	28,867	33,165	34,121	50,763	60,645	55,413	5141,08	7744,82		10,889	13,036	13,755
	12	31,173	33,659	34,764		74,735	66,756	7034,22	7678,89	6807,09	11,525	13,307	14,622
	13	30,438	34,089	44,796	43,749	66,582	69,457	5576,21	8258,95	8137,92		15,448	13,381
	14	31,915	38,755	33,700	57,744	76,551	58,116	7540,59	7650,89	7125,34	11,703	12,571	12,174
	15	32,832	30,845	38,265	76,117	70,314	67,059	6596,49	7855,72	8258,08		11,914	15,538
<b>Média</b>		<b>32,895</b>	<b>34,158</b>	<b>37,685</b>	<b>54,825</b>	<b>67,225</b>	<b>68,156</b>	<b>6192,482</b>	<b>7719,080</b>	<b>7331,797</b>	<b>11,991</b>	<b>13,656</b>	<b>13,971</b>
<b>C.V</b>		<b>0,087</b>	<b>0,086</b>	<b>0,093</b>	<b>0,159</b>	<b>0,096</b>	<b>0,102</b>	<b>0,133</b>	<b>0,079</b>	<b>0,107</b>	<b>0,138</b>	<b>0,140</b>	<b>0,086</b>
ASPBA	1	33,471	36,861	42,422	66,464	95,909	70,937	7206,46	12463,46	10508,06	15,285	12,283	16,183
	2	39,030	40,781	40,645	59,775	90,347	80,953	6998,52	9895,18	9629,56	11,917	15,166	13,930
	3	36,756	34,706	30,755	64,578	82,514	85,063	5670,20	11411,07	9612,85	11,372	12,405	15,812
	4	28,271	30,253	32,240	53,603	49,156	79,543	4713,95	4050,59	11210,03		14,131	10,480
	5	30,000	28,943	34,834	55,636	81,191	67,763	5168,74	9401,39	6415,00	11,828	10,962	11,283
	6	26,959	33,851	28,547	44,219	65,533	62,604	5009,53	6092,30	6294,41	8,136		9,798
	7	27,888	29,464	29,830	41,992	58,309	58,643	4604,55	5400,20	5944,31	7,512	11,776	10,362
	8	28,080	28,612	30,037	25,012	51,041	49,878		4973,55	5305,36	9,712	13,104	14,125
	9	35,769	34,558	38,308		51,922	68,072	5948,73	4865,72	6930,04	14,404	14,198	16,028
	10	32,354	32,638	31,167	49,484	54,385	63,899	5474,67	4576,65	6051,53		11,545	4,999
	11		31,777	33,553	50,591	64,965	68,235	6458,86	4503,86	6450,07	9,388	10,653	9,663
	12	29,534	31,702	31,757	43,055	52,754	54,822	5429,27	5382,32		10,664	11,656	11,548
	13	34,281	41,594	28,984	63,939	66,714	59,3909	5851,43	6949,48	7500,66	9,407		16,195
	14	38,847	33,266	33,860	64,410	57,711	60,5553	6216,31	6619,64	6685,01	13,042	13,220	13,905
	15	37,996	43,111	40,312	66,606	64,506	92,9751	7028,79	7821,30	9492,56	15,250		16,195
<b>Média</b>		<b>32,802</b>	<b>34,141</b>	<b>33,817</b>	<b>56,167</b>	<b>65,797</b>	<b>68,223</b>	<b>5701,787</b>	<b>7090,744</b>	<b>7716,389</b>	<b>11,378</b>	<b>12,592</b>	<b>13,250</b>
<b>C.V</b>		<b>0,130</b>	<b>0,132</b>	<b>0,131</b>	<b>0,157</b>	<b>0,223</b>	<b>0,171</b>	<b>0,155</b>	<b>0,358</b>	<b>0,247</b>	<b>0,221</b>	<b>0,108</b>	<b>0,194</b>