



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**REGINA CÉLIA SILVA DE JESUS**

**CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E FÍSICAS DA MADEIRA DE  
PARICÁ (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke), PLANTADO EM  
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E CONDIÇÕES AMBIENTAIS NO  
MUNICÍPIO DE AURORA DO PARÁ - PA**

**BELÉM  
2004**

**REGINA CÉLIA SILVA DE JESUS**

**CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E FÍSICAS DA MADEIRA DE  
PARICÁ (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke), PLANTADO EM  
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E CONDIÇÕES AMBIENTAIS NO  
MUNICÍPIO DE AURORA DO PARÁ - PA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, área de concentração Manejo Florestal, para obtenção do título de Mestre.

**Comitê de Orientação:**

Orientador: Prof. Dr. Sueo Numazawa.

Prof. Dr. João Olegário Pereira de Carvalho

Prof. Dr. Paulo Luiz Contente de Barros.

**BELÉM  
2004**

---

Jesus, Regina Célia Silva de

Características anatômicas e físicas da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) plantado em diferentes espaçamentos e condições ambientais no município de Aurora do Pará-Pa/Regina Célia Silva de Jesus. – Belém, 2004.

f.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2004.

1. Paricá (*Schizolobium amazonicum*) 2. Madeira – Paricá 3. Madeira – Paricá – espaçamento 4. Madeira – Paricá – ambiente 5. Madeira – Paricá – características anatômicas 6. Madeira – Paricá – características físicas 7. Madeira – Paricá – capoeiras 8. Madeira – Paricá – pleno aberto I. Título.

---

CDD – 583.74098115

---

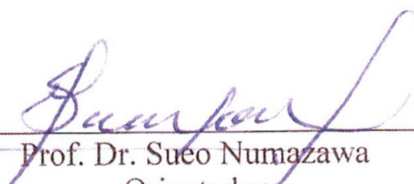
**REGINA CÉLIA SILVA DE JESUS**

**CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E FÍSICAS DA MADEIRA  
DE PARICÁ (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke),  
PLANTADO EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E CONDIÇÕES  
AMBIENTAIS NO MUNICÍPIO DE AURORA DO PARÁ - PA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, área de concentração Manejo Florestal, para obtenção do título de Mestre.

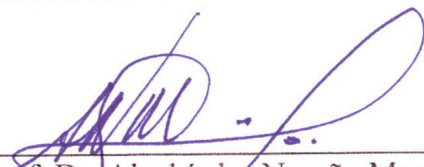
Aprovada em 2004

**BANCA EXAMINADORA**

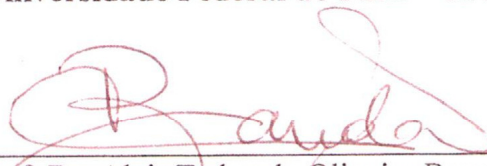


Prof. Dr. Sueo Numazawa  
Orientador

**Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA**



Prof. Dr. Alcebiades Negrão Macêdo  
**Universidade Federal do Pará – UFPA**



Prof. Dr. Alcir Tadeu de Oliveira Brandão  
**Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA**



Prof.ª. Dra. Maristela Machado Araujo  
**Escola Agrotécnica Federal de Castanhal**

**A Deus.**

Aos meus pais, **Luiz Pinheiro e Elisa**, por tudo o que sou.

À minha princesa, **Carolina**, pela compreensão.

Aos meus irmãos, **Luiz Manoel, Sérgio, Denise, LÍlian,**

**Saulo, Luiz José** (*in memoriam*), **Sávio e Dayse**, pela

confiança que sempre depositaram em minha

pessoa.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, pela minha vida.

Agradeço a Nossa Senhora de Nazaré por ter me iluminado durante esta caminhada.

Agradeço à minha família, pela compreensão e paciência; especialmente à minha mãe pelo exemplo de vida, ao meu irmão Luis José (*in memoriam*), pela fiel amizade, pela confiança eterna e por sempre me encorajar a nunca desanimar diante de qualquer dificuldade, e à minha pequena Carol, pelo simples sorriso que é o suficiente para que eu encontre forças para vencer qualquer barreira.

Ao meu querido Rodrigo Santiago, pelo carinho e grande ajuda na formatação deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Suelo Numazawa, pela amizade e grande contribuição como orientador, que sempre esteve disposto a discutir e sugerir melhorias para o bom andamento deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Paulo Contente, pela grande ajuda e ensinamento quanto aos planejamentos e análises estatísticas usadas neste trabalho e, principalmente, pela orientação e interpretação dessas análises.

Agradeço ao Dr. João Olegário Pereira de Carvalho, pela grande ajuda nas correções deste trabalho e traduções e pela amizade nestes últimos anos.

Agradeço ao Prof. Sebastião Carvalho pela amizade, incentivo e pelas mensagens de fé e esperança que sempre procurou cultivar dentro do Laboratório.

Agradeço ao Dr. Alcir de Oliveira Brandão, por deixar eu utilizar sua sala, bem como o computador e microscópio, por ocasião da digitação de dados, dos estudos de macerados e pelas sugestões para o aprimoramento deste trabalho.

Agradeço aos engenheiros florestais: Denise, Eliel, Marcela, Gilvana e Varlindo, pela inestimável ajuda, sendo sempre parceiros e amigos para todas as horas, até mesmo nos sábados e domingos.

Agradeço aos estudantes de engenharia florestal e estagiários do Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais – LTPF: Jeile, Gisele, Thaís, Karla, Marcelo, Milena, pela amizade e incansável colaboração.

Agradeço a engenheira florestal Iracema, pela amizade e por estar sempre disposta a contribuir ao melhor desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a Universidade Federal Rural da Amazônia, principalmente ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais, representado pelo Dr. Suelo Numazawa, por permitir

que eu usasse as suas dependências, assim como os equipamentos, sem nenhuma restrição, dando-me livre acesso para desenvolver todas as atividades necessárias ao bom desempenho deste trabalho.

Agradeço ao curso de Pós-graduação, pela oportunidade e em especial a secretária Shirley e a Renata, pela amizade e respeito dispensado à minha pessoa.

Agradeço a Empresa Tramontina S/A, por todo apoio técnico e logístico, inclusive por permitir que eu retirasse todo o material necessário para o desenvolvimento deste projeto, de sua área de reflorestamento em Aurora do Pará.

Agradeço a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, em especial ao Laboratório de Botânica, representada pelo chefe de laboratório, Dr. Joaquim, por me conceder alguns horários, para a confecção das fotos macroscópicas utilizadas neste trabalho, às engenheiras Florestais Ana Cristina e Simone, por dispensarem alguns sábados e domingos para que eu pudesse finalizar tais fotos e a todos os funcionários da biblioteca, em especial ao Srs. José de Ribamar e Dioberto, pela atenção dispensada e grande ajuda ao acesso às literaturas.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização desta pesquisa.

*“O regime florestal é a base de riqueza em muitos países. Nada pode assegurar o futuro, como o plantio de uma floresta ao lado de qualquer lavoura; pois, depois dos vegetais alimentícios, não há exploração agrícola que se compare com a das madeiras, seja para construções, seja para lenha.”*

*(Domingos Jaguaribe)*



## RESUMO

O estudo caracteriza anatômica e fisicamente a madeira de *Schizolobium amazonicum* (paricá), plantado em dois espaçamentos e dois ambientes, em áreas da empresa Tramontina, no município de Aurora do Pará-PA. A pesquisa foi dividida em duas partes: Estudo I, onde foi avaliada a influência dos espaçamentos (4 x 2m e 4 x 3m) nas características físicas e anatômicas da madeira em plantio com 7 anos de idade; e estudo II, onde foi avaliada a influência dos ambientes (capoeira e pleno aberto) nessas características da madeira, em plantio com 9 anos de idade. Foram retiradas 8 árvores em cada estudo, verificando-se as características anatômicas (diâmetro dos poros, comprimento, largura e espessura das paredes das fibras) e físicas (densidade básica, contração volumétrica, contração longitudinal, contração tangencial e contração radial) da madeira. Foi utilizado o delineamento completamente ao acaso, com tratamentos fatoriais, tendo como fatores os espaçamentos e os ambientes dos plantios e as posições da madeira nos sentidos axial e transversal do fuste. Nos dois estudos, para o fator posição longitudinal, foram retiradas, de cada árvore, toras de 1,5m de comprimento, na base (0,30m do chão), na metade da altura comercial e na parte extrema superior do tronco. Para o fator posição transversal, foram retiradas tábuas no centro da tora, desprezados os centros da peça, e retiradas dessas tábuas 6 peças medindo 2cm x 2cm de seção transversal e 1,5m de comprimento da madeira próxima à casca, intermediária entre a casca e a medula e próxima à medula, de onde foram retirados os corpos-de-prova para os estudos de anatomia, densidade e contração. O espaçamento não influenciou significativamente nas características anatômicas da madeira de paricá, influenciando a densidade básica e a contração longitudinal. A espécie pode ser plantada nos dois espaçamentos, de acordo com a conveniência do empreendimento ou com o produto final desejado. Apesar do comprimento das fibras ser semelhantes nos dois espaçamentos, o plantio em espaçamento menor pode ser indicado para a produção de papel, por apresentar maior número de árvores por área. A espécie pode ser indicada para a fabricação de compensado, pois as variações ocorridas no comprimento das fibras, não comprometem a qualidade da madeira. Para usos que necessitem de densidade maior, o espaçamento 4 x 3m é indicado. O paricá pode ser plantado nos dois ambientes, considerando que a pequena variação ocorrida nos diâmetros dos poros, comprimento e largura das fibras não afetam a qualidade da madeira. O ambiente causou variações significativas na parede celular das fibras. Houve, também, variação significativa na interação das posições axial x transversal do fuste, para a largura das fibras. O plantio nos dois ambientes estudados não é indicado para usos que exigem homogeneidade na espessura da parede celular das fibras. O ambiente influenciou significativamente na densidade básica, na posição transversal “casca x intermediária”, com média maior no ambiente pleno aberto. Para usos que necessitam de uma densidade maior, o ambiente pleno aberto é mais indicado. O ambiente influenciou significativamente na contração volumétrica, longitudinal e tangencial. Houve também variação da contração volumétrica, longitudinal, tangencial e radial nos sentidos axial e transversal do fuste. O ambiente pleno aberto oferece mais segurança para usos em que a menor contração da madeira seja fator decisivo.

**Palavras-chave:** Paricá (*Schizolobium amazonicum*); Madeira – Paricá; Madeira – Paricá – espaçamento; Madeira – Paricá – ambiente; Madeira – Paricá – características anatômicas; Madeira – Paricá – características físicas; Madeira – Paricá – capoeiras; Madeira – Paricá – pleno aberto.

## ABSTRACT

The study characterized anatomically and physically wood *Schizolobium amazonicum* (paricá), planted at two spacings and two environments, in areas of the company Tramontina in the city of Aurora do Pará-PA. The research was divided in two parts: Study I, where we evaluated the influence of spacing (4 x 4 x 2m and 3m) on the physical and anatomical wood plantation with 7 years of age, and Study II, which was evaluated influence of the environment (poultry and full open) these characteristics of wood, planted with 9 years of age. Were taken from eight trees in each study, verifying the anatomical characteristics (pore diameter, length, width and thickness of the walls of the fibers) and physical (basic density volumetric contraction, longitudinal contraction tangentialcontraction and radial contraction) of the wood. The experimental design consisted completely randomized with factorial treatments, with factors like spacing and environments of plantations and the positions of the wood in the axial and transverse directions of the shaft. In both studies, for the longitudinal position factor, were removed from each tree, logs of 1.5 m length on the basis (0.30 m above the ground), at half the height of business and at the extreme upper of the torso. for the transverse position factor, boards were removed in the center of the log, despised the centers of the piece, taken from these boards , 6 pieces measuring 2 cm x 2 cm transversal section and 1.5 m length of wood close to the bark intermediate between the bark and and close to the spinal cord, where the bodies were removed from the test piece for the studies of anatomy, density and contraction. The spacing had no significant effect on the anatomical characteristics of wood paricá, influencing the basic density and longitudinal contraction. The species may be planted in the two spacings in accordance with the convenience of development or with the desired final product. Despite the length of the fiber are similar in the two spaces, the plant in less spacing , may be suitable for paper production, due to its higher number of trees per area. The species may be suitable for the manufacture of plywood, because the variations in fiber length, do not compromise the quality of the wood. For uses requiring a greater density, spacing is indicated 4 x 3m. The paricá can be planted in two environments, whereas little change occurred in the pore diameters, length and width of the fibers do not affect the quality of the wood. The environment cause significant variations in the cell wall fibers. There was also significant variation in the interaction of transverse x axial positions of the shaft, to the width of the fibers. Planting in the two environments studied is not intended for uses that require homogeneity in cell wall thickness of the fibers. The environment significantly influenced the basic density in the transverse position "intermediate x bark", with an average greater under full open. For uses that require a higher density, the environment fully open is best. The environment significantly influenced volumetric contraction, longitudinal and tangential. There was also variation in volumetric contraction, longitudinal, tangential and radial directions in the axial and transverse shaft. The full open environment offers more security for uses where the smallest contraction of wood is a decisive factor.

**KEYWORDS:** Paricá (*Schizolobium amazonicum*) Wood - Paricá; Wood - Paricá - spacing; Wood - Paricá - environment; Wood - Paricá - anatomical characteristics; Wood - Paricá - physical characteristics; Wood - Paricá - poultry; Wood - Paricá - full open.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Quadro 1 -</b>	Delineamento Completamente ao Acaso em arranjos fatoriais com quatro repetições.....	79
<b>Quadro 2 -</b>	Delineamento Completamente ao Acaso em arranjos fatoriais com quatro repetições.....	83
<b>Figura 1 -</b>	Arranjo de campo das parcelas para o espaçamento 4 x 2m (estudo I).....	80
<b>Figura 2 -</b>	Arranjo de campo das parcelas para o espaçamento 4 x 3m (estudo I).....	80
<b>Figura 3 -</b>	Arranjo ilustrativo de retirada de amostras de madeira no sentido longitudinal do tronco.....	81
<b>Figura 4 -</b>	Esquema demonstrativo de retirada de amostras de madeira no sentido transversal do tronco.....	82
<b>Figura 5 -</b>	Arranjo de campo para o espaçamento 5 x 3 m do estudo II.....	84

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 -** Média de diâmetro dos poros nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA..... 90
- Gráfico 2 -** Média de comprimento das fibras nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA..... 91
- Gráfico 3 -** Média de largura das fibras nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA..... 94
- Gráfico 4 -** Média de espessura da parede celular das fibras nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA..... 96
- Gráfico 5 -** Média de densidade básica nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA..... 98
- Gráfico 6 -** Média de contração volumétrica total nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA..... 100
- Gráfico 7 -** Média de contração linear longitudinal nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA..... 102
- Gráfico 8 -** Média de contração linear tangencial nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA..... 104
- Gráfico 9 -** Média de contração linear radial nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA..... 105
- Gráfico 10 -** Média de diâmetro dos poros dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA..... 108

<b>Gráfico 11</b> - Média de comprimento das fibras dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá ( <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.....	109
<b>Gráfico 12</b> - Média de largura das fibras dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá ( <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.....	111
<b>Gráfico 13</b> - Média de espessura da parede celular das fibras dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá ( <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.....	113
<b>Gráfico 14</b> - Média de densidade básica dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá ( <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.....	114
<b>Gráfico 15</b> - Média de contração volumétrica total dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá ( <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.....	118
<b>Gráfico 16</b> - Média de contração linear longitudinal dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá ( <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.....	119
<b>Gráfico 17</b> - Média de contração linear tangencial dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá ( <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.....	121
<b>Gráfico 18</b> - Média de contração linear radial dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá ( <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.....	123

## LISTA DE APÊNDICES

<b>Apêndice A -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (espaçamento e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável diâmetro dos vasos ( $\mu\text{m}$ ).....	141
<b>Apêndice B -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (espaçamento, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável macerados comprimento das fibras ( $\mu\text{m}$ ).....	142
<b>Apêndice C -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (espaçamento, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável macerados largura das fibras ( $\mu\text{m}$ ).....	143
<b>Apêndice D -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (espaçamento, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável macerados espessura das fibras ( $\mu\text{m}$ ).....	144
<b>Apêndice E -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (espaçamento de plantio e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável densidade básica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).....	145
<b>Apêndice F -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (espaçamento, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável contração volumétrica (%).....	146
<b>Apêndice G -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (espaçamento, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável contração linear longitudinal (%).....	147
<b>Apêndice H -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (espaçamento, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável contração linear tangencial	

	(%).....	148
<b>Apêndice I -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (espaçamento, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável contração linear radial (%).....	149
<b>Apêndice J -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (ambiente, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável diâmetro dos vasos ( $\mu\text{m}$ ).....	150
<b>Apêndice K -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (ambiente, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável macerados comprimento das fibras ( $\mu\text{m}$ ).....	151
<b>Apêndice L -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (ambiente, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável macerados largura das fibras ( $\mu\text{m}$ ).....	152
<b>Apêndice M -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (ambiente, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável macerados espessura das fibras ( $\mu\text{m}$ ).....	153
<b>Apêndice N -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (ambiente, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável densidade básica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).....	154
<b>Apêndice O -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (ambiente, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável contração volumétrica (%).....	155
<b>Apêndice P -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (ambiente, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável contração linear longitudinal (%).....	156

<b>Apêndice Q -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (ambiente, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável contração linear tangencial (%).	157
<b>Apêndice R -</b>	Análise de variância com a decomposição dos efeitos dos fatores (ambiente, e posições longitudinal e transversal), das interações entre os fatores, e os contrastes entre os níveis dos fatores, da variável contração linear radial (%).	158
<b>Apêndice S -</b>	Árvore 01 do plantio 4 x 2m. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.	159
<b>Apêndice T -</b>	Árvore 01 do plantio 4 x 2m. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.	159
<b>Apêndice U -</b>	Árvore 01 do plantio – 4 x 2m. cortes transversais da madeira na base do fuste – (a) Casca; (b) Intermediária e (c) Medula.	159
<b>Apêndice V -</b>	Árvore 02 do plantio – 4 x 2m. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (a) Casca; (b) Intermediária e (c) Medula.	160
<b>Apêndice W -</b>	Arvore 02 do plantio – 4 x 2m. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (a) casca; (b) intermediária e (c) medula.	160
<b>Apêndice X -</b>	Árvore 02 do Plantio – 4 x 2m. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.	160
<b>Apêndice Y –</b>	Árvore 03 do Plantio – 4 x 2m. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.	161
<b>Apêndice Z -</b>	Árvore 03 do plantio – 4 x 2m. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (a) casca; (b) intermediária e (c) medula.	161
<b>Apêndice AA -</b>	Árvore 03 do Plantio – 4 x 2m. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.	161
<b>Apêndice BB -</b>	Árvore 04 do Plantio – 4 x 2m. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.	162
<b>Apêndice CC -</b>	Árvore 04 do Plantio – 4 x 2m. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.	162
<b>Apêndice DD -</b>	Árvore 04 do Plantio – 4 x 2m. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.	162



<b>Apêndice EE -</b>	Árvore 01 do Plantio – 4 x 3m. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	163
<b>Apêndice FF -</b>	Árvore 01 do Plantio – 4 x 3m. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	163
<b>Apêndice GG -</b>	Árvore 01 do Plantio – 4 x 3m. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	163
<b>Apêndice HH -</b>	Árvore 02 do Plantio – 4 x 3m. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	164
<b>Apêndice II -</b>	Árvore 02 do Plantio – 4 x 3m. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	164
<b>Apêndice JJ -</b>	Árvore 02 do Plantio – 4 x 3m. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	164
<b>Apêndice KK -</b>	Árvore 03 do Plantio – 4 x 3m. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	165
<b>Apêndice LL -</b>	Árvore 03 do Plantio – 4 x 3m. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	165
<b>Apêndice MM -</b>	Árvore 03 do Plantio – 4 x 3m. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	165
<b>Apêndice NN -</b>	Árvore 04 do Plantio – 4 x 3m. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	166
<b>Apêndice OO -</b>	Árvore 04 do Plantio – 4 x 3m. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	166
<b>Apêndice PP -</b>	Árvore 04 do Plantio – 4 x 3m. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	166
<b>Apêndice QQ -</b>	Árvore 01 do ambiente pleno aberto. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	167
<b>Apêndice RR -</b>	Árvore 01 do ambiente pleno aberto. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	167
<b>Apêndice SS -</b>	Árvore 01 do ambiente pleno aberto. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	167
<b>Apêndice TT -</b>	Árvore 02 do ambiente pleno aberto. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	168

<b>Apêndice UU -</b>	Árvore 02 do ambiente pleno aberto. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	168
<b>Apêndice VV -</b>	Árvore 02 do ambiente pleno aberto. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	168
<b>Apêndice WW -</b>	Árvore 03 do ambiente pleno aberto. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	169
<b>Apêndice XX -</b>	Árvore 03 do ambiente pleno aberto. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	169
<b>Apêndice YY -</b>	Árvore 03 do ambiente pleno aberto. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	169
<b>Apêndice ZZ -</b>	Árvore 04 do ambiente pleno aberto. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	170
<b>Apêndice AAA -</b>	Árvore 04 do ambiente pleno aberto. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	170
<b>Apêndice BBB -</b>	Árvore 04 do ambiente pleno aberto. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	170
<b>Apêndice CCC -</b>	Árvore 01 do ambiente capoeira. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	171
<b>Apêndice DDD -</b>	Árvore 01 do ambiente capoeira. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	171
<b>Apêndice EEE -</b>	Árvore 01 do ambiente capoeira. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	171
<b>Apêndice FFF -</b>	Árvore 02 do ambiente capoeira. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	172
<b>Apêndice GGG -</b>	Árvore 02 do ambiente capoeira. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	172
<b>Apêndice HHH -</b>	Árvore 02 do ambiente capoeira. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	172
<b>Apêndice III -</b>	Árvore 03 do ambiente capoeira. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	173
<b>Apêndice JJJ -</b>	Árvore 03 do ambiente capoeira. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	173

<b>Apêndice KKK -</b>	Árvore 03 do ambiente capoeira. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	173
<b>Apêndice LLL -</b>	Árvore 04 do ambiente capoeira. Cortes transversais da madeira no ápice do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	174
<b>Apêndice MMM -</b>	Árvore 04 do ambiente capoeira. Cortes transversais da madeira no centro do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	174
<b>Apêndice NNN -</b>	Árvore 04 do ambiente capoeira. Cortes transversais da madeira na base do fuste – (A) Casca; (B) Intermediária e (C) Medula.....	174

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	21
1.2	OBJETIVO	22
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	23
2.1	CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DA MADEIRA	23
<b>2.1.1</b>	<b>Características anatômicas em relação às condições climáticas</b>	30
<b>2.1.2</b>	<b>Métodos e processos de preparo da madeira para detalhar a anatomia</b>	31
<b>2.1.3</b>	<b>Características anatômicas em relação às dimensões dos elementos</b>	33
2.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA MADEIRA	39
<b>2.2.1</b>	<b>Umidade da madeira</b>	39
<b>2.2.2</b>	<b>Densidade básica da madeira</b>	41
2.2.2.1	Densidade da madeira em relação ao sítio e a produtividade	45
2.2.2.2	Variação da densidade básica em função do DAP (diâmetro a 1,30m do solo)	47
2.2.2.3	Variação da densidade em relação à altura e a posição transversal no tronco	47
2.2.2.4	Densidade básica entre as espécies e procedências	50
2.2.2.5	Variação da densidade básica em relação à fertilidade do solo	52
2.2.2.6	Variação da densidade básica em relação ao crescimento	53
2.2.2.7	Densidade básica da madeira em relação ao espaçamento	53
2.2.2.8	Densidade básica da madeira em relação à idade e ao ambiente	55
2.2.2.9	Variação da densidade básica em relação à hereditariedade	56
<b>2.2.3</b>	<b>Ponto de saturação das fibras</b>	57
<b>2.2.4</b>	<b>Anisotropia dimensional</b>	57
<b>2.2.5</b>	<b>Contração e inchamento da madeira</b>	<b>58</b>
<b>2.2.6</b>	<b>Retratibilidade ou contração volumétrica total</b>	59
2.2.6.1	Variação da contração em relação à altura comercial	61
2.2.6.2	Variação da contração em relação ao espaçamento	62
2.2.6.3	Variação da contração em relação ao ambiente	63
2.2.6.4	Variação da contração em relação às espécies	64
<b>2.2.6.5</b>	<b>Variação da contração em relação à procedência</b>	66
2.3	CARACTERÍSTICAS SILVICULTURAIS	67

<b>2.3.1</b>	<b>Qualidade da madeira</b>	67
2.3.1.1	Qualidade da madeira em relação às características silviculturais	68
2.3.1.2	Qualidade da madeira em relação às características genéticas	68
2.3.1.3	Qualidade da madeira em relação às características fenotípicas	69
2.3.1.4	Crescimento e produção da madeira em relação ao espaçamento	70
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO</b>	74
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	74
3.2	TIPO DE VEGETAÇÃO	74
3.3	CLIMA, SOLO E TOPOGRAFIA	75
3.4	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ESPÉCIE	75
<b>3.4.1</b>	<b>Características gerais da árvore</b>	76
<b>3.4.2</b>	<b>Características gerais da madeira</b>	76
<b>3.4.3</b>	<b>Por que foi selecionada a espécie <i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke?</b>	77
3.5	AMOSTRAGEM E OBTENÇÃO DOS DADOS	77
<b>3.5.1</b>	<b>Estudo – I</b>	78
<b>3.5.2</b>	<b>Estudo – II</b>	82
3.6	DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS	84
<b>3.6.1</b>	<b>Caracterização anatômica da madeira</b>	84
<b>3.6.2</b>	<b>Caracterização física da madeira</b>	85
3.6.2.1	Determinação da densidade básica	85
3.6.2.2	Determinação da contração da madeira	86
<b>3.7</b>	<b>PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS</b>	87
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	88
4.1	ESTUDO I	88
<b>4.1.1</b>	<b>Diâmetro dos poros</b>	88
<b>4.1.2</b>	<b>Comprimento das fibras</b>	91
<b>4.1.3</b>	<b>Largura das fibras</b>	93
<b>4.1.4</b>	<b>Espessura da parede celular das fibras</b>	95
<b>4.1.5</b>	<b>Densidade básica</b>	97
<b>4.1.6</b>	<b>Contração volumétrica total</b>	99
<b>4.1.7</b>	<b>Contração linear longitudinal</b>	101
<b>4.1.8</b>	<b>Contração linear tangencial</b>	103

<b>4.1.9</b>	<b>Contração linear radial</b>	105
4.2	ESTUDO II	106
<b>4.2.1</b>	<b>Diâmetro dos poros</b>	107
<b>4.2.2</b>	<b>Comprimento das fibras</b>	109
<b>4.2.3</b>	<b>Largura das fibras</b>	110
<b>4.2.4</b>	<b>Espessura da parede celular das fibras</b>	112
<b>4.2.5</b>	<b>Densidade básica</b>	114
<b>4.2.6</b>	<b>Contração volumétrica total</b>	116
<b>4.2.7</b>	<b>Contração linear longitudinal</b>	118
<b>4.2.8</b>	<b>Contração linear tangencial</b>	120
<b>4.2.9</b>	<b>Contração linear radial</b>	122
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	124
5.1	RECOMENDAÇÕES	125
	<b>REFERÊNCIAS</b>	126
	<b>APÊNDICES</b>	140

## 1 INTRODUÇÃO

O território brasileiro tem aproximadamente 60% de sua área coberta por florestas tropicais. A maior parte destas florestas está concentrada na região norte, mais especificamente na floresta amazônica, que representa 26% das florestas tropicais do mundo e possui grande diversidade biológica (VALVERDE, 2004).

Como as exigências do mercado consumidor de produtos florestais têm aumentado a cada dia, as indústrias requerem cada vez mais florestas altamente produtivas e matéria-prima com altos padrões de qualidade e uniformidade, a fim de obter produtos com melhores características e que agreguem maior valor (BERGER, 2000).

Essas exigências, aliadas à necessidade atual de grandes volumes de madeira com qualidade uniforme, levaram a intensas pesquisas e à introdução de novas técnicas de manejo. Isso resultou em plantios extensivos de árvores em vários pontos do mundo (LEÃO, 2000).

No Brasil, foram plantadas grandes áreas com espécies florestais, aproveitando-se os benefícios fiscais do imposto de renda, para atender à demanda de madeira para a indústria de celulose e papel e, em rotações mais longas, à de madeira processada mecanicamente (MONTAGNA et al., 1990).

A silvicultura com espécies arbóreas de rápido crescimento tem uma reconhecida importância na economia nacional, porque alimenta de matéria-prima uma indústria que contribui com cerca de 12% do produto industrial bruto (PEREIRA, 2004). Dessa forma, se fazem necessárias investigações a respeito de espécies florestais de rápido crescimento, sobretudo no que se refere à multiplicação rápida de uma determinada cultivar e a uniformização de atributos tecnológicos da madeira.

O paricá é uma espécie florestal indicada para plantações na região amazônica. Atualmente, é considerada como sendo uma das mais importantes espécies florestais nativas, tanto para a ecologia, quanto para a economia florestal brasileira, especialmente a amazônica. Possui extraordinária capacidade de dispersão e é componente importante na sucessão secundária da floresta tropical úmida, estando presente como espécie pioneira na regeneração natural da floresta (RIBEIRO, 1997).

Segundo Simões, Brandi e Malinovsky (1976), um dos principais fatores que afetam a formação das florestas, seus tratamentos culturais, a qualidade da madeira, sua extração e, conseqüentemente, os custos de produção, é o espaçamento utilizado no plantio. De acordo com Coelho, Melo e Simões (1970), o espaçamento pode influenciar várias características quantitativas e qualitativas, interferindo significativamente na morfologia das árvores e no seu

crescimento, em particular no diâmetro, independente de suas características genéticas. Dessa forma, é de grande importância para o desenvolvimento das árvores sob os aspectos tecnológicos, silvicultural e econômico.

Schonau (1974) observa que, dentro de uma mesma espécie, ocorrem variações, em função de diferenças na qualidade de sítio, dos tratos silviculturais sofridos durante a formação do maciço e da forma de condução do povoamento.

Faz-se necessário, então, o desenvolvimento de estudos com a finalidade de determinar as características físicas e anatômicas da madeira de paricá, em relação às diferentes condições de sítio e espaçamento, para gerar informações que possam dar suporte para a indicação das aplicações mais adequadas, visto que o conhecimento destas características, frente às práticas silviculturais e técnicas de manejo, será de extrema importância quando o interesse for a determinação da utilidade da madeira.

## 1.2. Objetivo

O presente trabalho teve como objetivo geral estudar as características anatômicas e físicas da espécie *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke, plantada em 02 (dois) espaçamentos e em 02 (duas) condições ambientais, para, com base nos resultados obtidos gerar informações mais seguras quanto ao uso da madeira em relação ao sistema utilizado.

Os objetivos específicos são:

- a) Estudar as características anatômicas da madeira nos sentidos longitudinal e transversal da árvore;
- b) Avaliar o comportamento da densidade básica da madeira nos sentidos longitudinal e transversal da árvore;
- c) Avaliar a influência dos espaçamentos e das condições ambientais de plantios sobre a variação dimensional da madeira.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA



## 2.1 CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DA MADEIRA

A madeira é um organismo heterogêneo formado por um conjunto de células com propriedades específicas para desempenhar funções de condução da água, armazenamento e transformação de substâncias nutritivas, crescimento e suporte da árvore (NOÇÕES..., 2012). Segundo Barreto (1965), a madeira é constituída por vários tipos de células que se diferenciam, conforme as funções que lhe cabem desempenhar nos processos vitais da árvore.

Esse material faz parte, diariamente, da vida do ser humano, seja para matéria sólida, seja para compensados, mdf, painéis, entre outros usos. Dessa forma, é incontestável o grau de importância da madeira, tanto no âmbito social, quanto no econômico-financeiro e ambiental.

Dentre as características da madeira, destacam-se (NOÇÕES..., 2012):

- anisotrópica, expande-se ou retrai-se de forma diferente às variações de umidade no ambiente, com mudanças dimensionais ao longo das três direções estruturais (longitudinal, radial e tangencial);
- ortotrópica, ou seja, apresenta propriedades mecânicas independentes e únicas nas direções dos três eixos perpendiculares: longitudinal, radial e tangencial;
- higroscópica, o seu teor de umidade e as suas dimensões são fortemente influenciados pela umidade relativa do meio;
- heterogênea, apresenta diferentes tipos de células com propriedades específicas para desempenharem as funções vitais da árvore;
- biodegradável, decompõe-se naturalmente, ajudando a fertilizar o solo sem deixar resíduos indesejáveis;
- combustível;
- durabilidade, resistência natural ao ataque de agentes de xilófagos;
- bom isolante térmico, má condutora de calor;
- excelente material de construção, facilidade de processamento com ferramentas simples;
- permeável, por apresentar espaços vazios para circulação de fluidos;
- flexível, capacidade para resistir à ação de forças exercidas sobre si, sem quebrar.

Nesse contexto, constata-se a importância do estudo da anatomia da madeira para identificar espécies, distinguir madeiras aparentemente idênticas, conhecer a madeira, visando

um emprego correto, predizer utilizações adequadas de acordo com as características anatômicas da madeira e prever e compreender o comportamento da madeira no que diz respeito à sua utilização, o que pode ser verificado através do estudo dos diversos tipos de células que constituem o lenho (xilema secundário), suas funções, organização e peculiaridades estruturais (BURGER; RICHTER, 1991).

Pela botânica, as árvores são classificadas como plantas superiores denominadas de Fanerógamas, que, por sua vez, dividem-se em *Gymnospermae* e *Angiospermae*, mais comumente conhecidas com Gimnospermas e Angiospermas, respectivamente. Esses grupos são de grande interesse para anatomia da madeira por produzirem xilema secundário (SZÜCS et al, 2005).

Nas Gimnospermas, a classe de maior relevância é a das Coníferas, designadas internacionalmente como *softwoods* (madeiras moles), No entanto, ainda há outras classes no interior da divisão. Apresentam folhas geralmente com forma de escamas ou agulhas, resistentes a invernos rigorosos. Possuem estróbilos unissexuais (cones) e sementes nuas, não incluídas em ovários (NOÇÕES..., 2012).

As Gimnospermas são árvores típicas dos climas temperados e frios, embora existam algumas espécies tropicais, encontrando-se na América do Sul uma Conífera típica o Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*), com algumas dezenas de espécies, também pertencem às Coníferas que com sua introdução no Brasil vêm obtendo sucesso, com destaque para o *Pinus elliottii*, *Pinus taeda*, *Pinus oocarpa* (COSTA, VALE e GONÇALEZ, 2001).

Dentre as Angiospermas, por sua vez, os mais organizados vegetais, distinguem-se a classe *Dicotyledoneae*, as Dicotiledôneas, conhecidas como folhosas (*hardwood* – madeiras duras). Apresentam flores comuns e sementes no interior de frutos, além de folhas comuns, largas, geralmente caducas. De sementes protegidas por carpelos, ao germinarem apresentam duas folhas ou cotilédones. Dentre as milhares de espécies existentes, tem-se como exemplo aroeira, pau d’arco, sucupira, cedro, mogno, pau Brasil, casuarina, brauna, freijó etc. Além das diferenças botânicas assinaladas, a estrutura anatômica de suas madeiras é completamente distinta da estrutura evidenciada entre as gimnospermas (NOÇÕES..., 2012). Produzem árvores com folhas de diferentes formatos, renovadas periodicamente, e constituem a quase totalidade das espécies das florestas tropicais (COSTA, VALE e GONÇALEZ, 2001).

Burger e Richter (1991) comentam que em uma seção transversal de um tronco típico, com exceção do câmbio e dos raios em determinadas espécies, destacam-se, macroscopicamente, casca, anéis de crescimento, cerne, alborno e medula.

A casca é a porção mais externa do caule ou da raiz. É composta por uma camada exterior morta ou inativa (ritidoma) cuja espessura varia com a espécie e a idade, e, por uma camada interior viva (floema). Possui relevância na identificação de espécies vivas e protege o tronco contra agentes do meio (variações climáticas, ataque de fungos, fogo, ressecamento e injúrias mecânicas) (NOÇÕES..., 2012).

Os Anéis de crescimento são visualizados nas seções transversais do caule, onde as camadas resultantes da atividade cambial aparecem em forma de anéis. Em zonas de clima temperado, os anéis representam os incrementos anuais das árvores, pois permitem estimar a idade da árvore, verificar se ela possui incremento rápido (anéis bem espaçados) ou lento (pequeno espaço entre anéis) e distinguir quais anos foram favoráveis (espaços maiores) ou desfavoráveis (espaços menores) para a árvore.

As folhosas tropicais apresentam mais de um período de crescimento por ano (representam os períodos de seca e de chuva) e não há demarcação indicando o início ou o fim das sucessivas camadas, ou seja, os anéis não são bem definidos. Inversamente, as folhosas de regiões secas, como, por exemplo, o semi-árido nordestino, em virtude de seca prolongada, podem produzir uma única camada de crescimento em vários anos (COSTA, VALE e GONÇALEZ, 2001).

Segundo Burger e Richter (1991), o anel de crescimento é constituído por dois tipos de lenho: lenho inicial, corresponde ao anel de crescimento no início do período vegetativo, normalmente primavera, quando as plantas despertam do período de dormência em que se encontravam, reassumindo suas atividades fisiológicas com todo vigor. Os autores informam que as células formadas nesta ocasião caracterizam-se por suas paredes finas e lumes grandes que lhes conferem em conjunto uma coloração clara. Com a aproximação do fim do período vegetativo, normalmente outono, as células vão diminuindo paulatinamente sua atividade fisiológica. Em consequência deste fato, suas paredes vão tornando-se gradualmente mais espessas, e seus lumes, menores, distinguindo-se do lenho anterior por apresentarem em conjunto uma tonalidade mais escura. Os autores afirmam, ainda, que é esta alternância de cores que evidencia os anéis de crescimento de muitas espécies, em especial das gimnospermas.

Em madeiras de folhosas, os anéis de crescimento podem destacar-se por determinadas características anatômicas, tais como: presença de uma faixa de células parenquimáticas nos limites dos anéis de crescimento (parênquima marginal), que aparece macroscopicamente como uma linha tênue de tecido mais claro; alargamento dos raios nos limites dos anéis de crescimento; concentração ou maior dimensão dos poros no início do período vegetativo,

porosidade em anel; espessamento diferencial das paredes das fibras de forma análoga ao que ocorre nas coníferas; alteração no espaçamento das faixas tangenciais de um parênquima axial (reticulado ou escalariforme). Este fenômeno vem acompanhado adicionalmente por um menor número ou ausência de poros no lenho tardio (SZÜCS et al, 2005).

O cerne é a camada interna e mais antiga do lenho, desprovida de células vivas e materiais de reserva. Em algumas espécies, diferem do alburno pela cor mais escura, baixa permeabilidade e aumento da durabilidade natural. Segundo Burger e Richter (1991), a formação do cerne se deve ao fato de que, com o crescimento da árvore, as partes internas se distanciam do câmbio, perdendo gradativamente sua função vital (com exceção das células parenquimáticas, que permanecem vivas até certa distância para o interior do tronco), e adquirem coloração mais escura em decorrência da deposição de tanino, resinas, gorduras, carboidratos e outras substâncias resultantes da transformação dos materiais de reserva contidos nas células parenquimáticas do alburno interno.

A formação do cerne ocorre em decorrência da morte das células de suporte e condução, após alguns dias de formadas. Em consequência, as camadas internas perdem gradativamente sua atividade fisiológica, e a atividade parenquimática gradualmente declina ao afastar-se do câmbio. Toxinas, subprodutos do metabolismo, podem provocar a morte das células parenquimáticas. Este evento, a morte completa do parênquima, marca o início do processo de transformação de alburno para cerne, conhecido como cernificação. O início da cernificação varia entre as espécies, com variação de 5 anos (Eucalipto) a até 80 anos ou mais (NOÇÕES..., 2012).

O alburno, que é a porção externa funcional do xilema, geralmente de cor clara, possui células vivas e mortas e tem como função principal a condução ascendente de água ou seiva bruta nas camadas externas próximas ao câmbio. Essa parte da madeira armazena água e substâncias de reserva, tais como amido, açúcares, óleos e proteínas, e produz tecidos ou compostos defensivos em resposta as injúrias. Sua permeabilidade é facilitada pela presença de pontuações funcionais não incrustadas. Sua largura varia entre espécies e dentro da espécie devido à idade e a fatores genéticos e ambientais. Há uma forte relação positiva entre a quantidade de alburno e a quantidade de folhas na árvore. Possui mecanismos de defesa ativo e passivo contra os xilófagos, o ativo é induzido por ataque ou ferimento, e o passivo é produzido antes da infecção. Contém poucos extrativos tóxicos e geralmente é susceptível ao apodrecimento (NOÇÕES..., 2012). Para Costa, Vale e Gonzalez (2001), esta é a região da madeira que permite grande penetração dos líquidos, possibilitando maior penetração durante o tratamento preservativo.

A medula é parte central que resulta do crescimento vertical, onde ocorre madeira de menor resistência (SZÜCS et al, 2005). A medula é o parênquima que ocupa a parte central do tronco. Essa região inicial de crescimento da árvore (tecido primário ou meristemático) é muito susceptível ao ataque de micro-organismos xilófagos e por isso encontram-se toras com a medula deteriorada. Tem a função de armazenar substância nutritiva para a planta, durante a fase inicial de crescimento das árvores. Em indivíduos adultos, não tem importância para as funções vitais da planta. Seu papel é especialmente importante nas plantas jovens, e pode participar também da condução ascendente de líquidos (NOÇÕES..., 2012). Para Burger e Richter (1991), o seu tamanho, coloração e forma, principalmente nas angiospermas dicotiledôneas, são muito variáveis. É uma região susceptível a apodrecimentos, por ser constituída de tecido parenquimático.

Alguns elementos constituintes da madeira não são possíveis de serem observados macroscopicamente, sendo necessário o auxílio de microscópicos. Dentre essas estruturas, destacam-se: os raios (em muitos casos) e o câmbio.

Os raios são faixas de células dispostas horizontal e radialmente no tronco e desempenham primordialmente a função de armazenamento e transporte horizontal de nutrientes na árvore. De acordo com Burger e Richter (1991), os raios só são visíveis a olho nu quando extremamente largos e altos como o carvalho (*Quercus* SP-*Fagaceae*), o louro-faia (*Roupala* SP-*Proteaceae*) e outras. Apresentam uma grande riqueza de detalhes e variações morfológicas quando observados nas seções longitudinal, radial e tangencial, constituindo importantes elementos para anatomia da madeira e identificação de espécies. O autor informa que as células dos raios apresentam uma longevidade maior em comparação com as outras células que formam o lenho.

Os raios são originários das iniciais radiais do câmbio, tendo número e aspecto constante num mesmo gênero de árvores. É a porção de parênquima que percorre as linhas radiais cuja função é armazenar e transportar horizontalmente substâncias nutritivas. Suas células, como as demais células parenquimáticas, possuem uma longevidade maior que a dos outros elementos anatômicos (NOÇÕES..., 2012). De acordo com Szücs et al (2005), os raios medulares ligam as diferentes camadas entre si. Segundo Tsoumis (1991), os motivos da diferença entre a contração e o inchamento radial e tangencial não são bem conhecidos. Em parte, isto é atribuído à presença dos raios, que, devido à sua orientação, exercem uma influência restritiva para a contração e o inchamento neste sentido.

O câmbio é um tecido meristemático, isto é, apto a gerar novas células, constituído por uma camada de células entre o xilema e o floema. Permanece ativo durante toda a vida da árvore e é bastante sensível às condições climáticas (NOÇÕES..., 2012).

De acordo com Burger e Richter (1991), o câmbio só é visível com o auxílio de um microscópio, sendo responsável pela formação dos tecidos secundários que constituem o xilema e a casca.

Dada a complexidade dos elementos estruturais da madeira, a identificação das espécies depende de estudos básicos, anatômicos, dos constituintes celulares, que, comparados com amostras-padrão provenientes das árvores classificadas botanicamente, verificando-se o comprimento, largura e espessura das paredes celulares das fibras, camadas de crescimento, lenho outonal e primaveril, contribui grandemente para o reconhecimento da qualidade da madeira (INSTITUTO..., 1972).

Diante do exposto, constata-se que as propriedades da madeira dependem estreitamente da sua estrutura e composição química. O comportamento físico deste material torna-se mais compreensível se atentarmos à sua estrutura.

Dessa forma, ao se estudar a estrutura da madeira, descreve-se o aspecto que revela os diversos elementos anatômicos e os tecidos que formam em três seções (transversal, tangencial e radial), definidas no lenho pela interseção de tantos outros planos. Assim, a necessidade de se considerar estas três seções deriva do fato dos diversos tipos de células se encontrarem orientados e arrumados de maneira diferente nas três direções (BARRETO, 1965).

O lenho das folhosas, por serem vegetais mais evoluídos, possui sua composição anatômica bem mais especializada e complexa do que as coníferas, oferecendo um número bem maior de caracteres para sua identificação. De acordo com Barreto (1965), o lenho das folhosas é formado fundamentalmente por quatro tipos de células: vasos, fibras, células dos raios e células de parênquima axial. Os vasos são pequenos tubos, dispostos verticalmente no tronco da árvore, servindo para a condução de líquidos no seu seio. Apresentam-se na seção transversal da madeira como pequenos orifícios e nas seções tangencial e radial como diminutos sulcos mais ou menos evidentes. Segundo Florsheim et al. (2000), os vasos apresentam características bastante variadas. A sua frequência e diâmetro exercem influência marcante nas características superficiais dos papéis para impressão e afetam determinantemente no movimento de líquido, fator importante no processo de tratamento de preservação da madeira. Barrichelo, Brito e Migliorini (1983) afirmam que os elementos de

vasos favorecem a penetração do licor no interior dos cavacos durante o processo de polpação.

De acordo com Burger e Richter (1991), na seção transversal do lenho, os vasos recebem o nome de poros, a sua distribuição, abundância, tamanho, variando de 20-500  $\mu\text{m}$ , e agrupamento são características importantes para identificação de espécies e propriedades da madeira (massa específica, comportamento na secagem, impregnação por ocasião de tratamento preservativo etc.). Os autores acrescentam que, sob estes últimos aspectos, é, sobretudo, importante que os poros não estejam obstruídos por tilos ou conteúdos como: gomas, resinas, óleo-resinas etc.

As fibras são células peculiares de angiospermas, constituindo-se geralmente a maior percentagem de seu lenho, normalmente desempenham a função de sustentação. Sua porção no volume total e a espessura de suas paredes influem diretamente na massa específica e no grau de alteração volumétrica e indiretamente nas propriedades mecânicas da madeira (NOÇÕES..., 2012). De acordo com Barreto (1965), as células das fibras são alongadas, estreitas e dispostas de maneira análoga à dos vasos. Segundo Burger e Richter (1991), as fibras são pontiagudas e com poucas e pequenas pontoações. Em algumas espécies, as cavidades das fibras são divididas em pequenas câmaras por finas barras horizontais, recebendo o nome de fibras septadas, ou seja, o lume se encontra dividido por septos.

O papel é higroscópico porque as fibras de celulose têm forte atração por moléculas de água. As fibras absorvem água tanto no seu interior quanto na superfície. As fibras sofrem expansão quando absorvem água e contração ao perdê-la. Quando isso acontece, as fibras alteram as suas dimensões, muito mais em diâmetro do que no comprimento. Por isso, o papel sofre maior variação dimensional no sentido perpendicular à direção das fibras. Assim, o nível de variação dimensional em função da variação de umidade depende do tipo de papel, da composição fibrosa e não-fibrosa e do grau de refinação do papel (ROSSI, 2012).

O parênquima axial é formado por células de parede finas não lignificadas que no conjunto se apresentam como manchas mais claras, em que a árvore acumula reservas. Segundo Burger e Richter (1991), o parênquima desempenha a função de armazenamento no lenho, é mais abundante nas angiospermas do que nas gimnospermas e raramente ausente em algumas espécies, como no sapateiro (*Casearia praecox* Grieseb *Flacourtiaceae*) e em alguns gêneros desta família. Os autores comentam, ainda, que a alta frequência e a abundância do parênquima podem diminuir a resistência mecânica da madeira, resultar em leveza e pouca durabilidade natural. De acordo com seu arranjo, ele pode ser distribuído em dois tipos

básicos: parênquima paratraqueal, associado a vasos, e parênquima apotraqueal, não associado aos vasos.

Em uma mesma espécie, podem coexistir dois ou mais tipos de parênquima. A extrema abundância desta estrutura (axial e radial) confere às madeiras baixa densidade de massa, baixa resistência mecânica e pouca durabilidade natural, IAWA (1989).

FAHN (1982) aponta que a quantidade de parênquima varia, podendo em algumas espécies ser ausente ou com poucas células, em outras constitui a maior porção da madeira. Além disso, também existem diferenças na distribuição através dos outros elementos.

Portanto, a caracterização anatômica de espécies florestais é fator determinante para taxonomia, suas propriedades e comportamento tecnológico.

### **2.1.1. Características anatômicas em relação às condições climáticas**

Árvores de mesma espécie, crescendo em regiões em condições climáticas diferenciadas, apresentam características anatômicas distintas, como a proporção de tecidos, a espessura da parede celular, a largura dos anéis de crescimento, entre outras. Neste sentido, ao se fazer uma caracterização tecnológica de uma determinada espécie vegetal que produz madeira, deve-se mencionar a região de coleta do material com os respectivos dados geográficos e climatológicos. A generalização dos dados de uma espécie de uma determinada região pode incidir em erro na indicação da madeira para determinado uso final (BURGER e RICHTER, 1991).

A madeira apresenta, em geral, variabilidade dentro da mesma espécie, mas sobretudo em material oriundo de indivíduos de espécies diferentes, este fato é resultado da sua origem biológica (BURGER e RICHTER, 1991). Os autores citam que as diferenças existentes em uma mesma espécie podem ser atribuídas às condições ecológicas do local onde o vegetal cresce.

Segundo Roque, Tomazello Filho e Dias (2007), estudando a anatomia do lenho das árvores de gmelina, as condições ecológicas dos locais de estudo podem ter induzido alterações na anatomia do lenho desta espécie, com respeito às células importantes para o fluxo de seiva mineral e reserva de nutrientes. Os autores citam que a estrutura do lenho possibilitou estabelecer que, de modo geral, os vasos (dimensões, distribuição, porosidade), parênquima radial (dimensões, frequência e número de células) e longitudinal (distribuição)



são modificados, provavelmente, em resposta às condições climáticas, como a precipitação média anual, a temperatura, a quantidade de horas luz, dentre outras.

### **2.1.2. Métodos e processos de preparo da madeira para detalhar a anatomia**

Muitos aspectos anatômicos da madeira podem ser constatados macroscopicamente. Para se ter uma melhor visualização, a superfície de observação deve ser previamente cortada com um instrumento afiado e eventualmente umedecida. Através de uma lupa, consegue-se um melhor destaque dos detalhes estruturais, com grande valor prático da identificação macroscópica de madeiras, uma vez que requer instrumentos simples, de baixo custo, e pode ser executada em qualquer lugar. O aumento proporcionado pela lupa é, no entanto, insuficiente para se distinguir determinadas peculiaridades mais íntimas do xilema secundário, devendo-se para isto recorrer ao microscópio. Entre os vários microscópios existentes, os mais comuns são os óticos, mas para seu uso a madeira precisa ser transformada em um objeto transparente, o que se consegue pela maceração ou cortando-se a mesma em seções muito finas. A microscopia exige procedimentos trabalhosos e a utilização de produtos químicos e equipamentos sofisticados e de elevado custo (BURGER e RICHTER, 1991).

A microtécnica trata dos recursos, métodos e procedimentos de preparação da madeira, para observações microscópicas, através das técnicas de maceração e microtomia. A maceração é um dos processos utilizados para a observação de certos detalhes anatômicos peculiares da madeira e que consiste em dissolver, por meio de agentes químicos, a lamela média que une as células, podendo-se observar e medir isoladamente alguns elementos, como diâmetro e comprimento de células, espessamentos de parede, etc. (BURGER e RICHTER, 1991).

De acordo com Evangelista...(2004), as seções de caules, raízes, cascas ou outros órgãos vegetais raramente oferecem uma idéia precisa da natureza de suas células, quando vistas sob lâminas temporárias ou permanentes. Através da maceração, é possível a observação tridimensional das células, facilitando o estudo das características anatômicas da madeira. Embora se acredite que a natureza das ligações químicas entre os polissacarídeos e a lignina seja mais complexa que a simples impregnação da lamela média pela lignina, os solventes químicos são capazes de dissolver a substância intercelular e promover a separação das células vegetais. A madeira, assim preparada, é usada para medições de largura, diâmetro do lume e comprimento das fibras, espessamento de parede e pontuações.

A madeira preparada através da maceração é usada para medições de diâmetro e comprimento das células, de grande interesse na fabricação de papel, e também para observação de certos detalhes anatômicos peculiares, como espessamentos de parede, pontoações etc. (BURGER e RICHTER, 1991). Para os autores, um dos processos de maceração mais empregados é o *método de Jeffrey*, que consiste em reduzir a madeira a pedacinhos de tamanho aproximado ao de meios palitos de fósforo, colocando-os a seguir em um tubo de ensaio com água e, posteriormente, ocorrendo a retirada do ar do material mediante aquecimento e resfriamento consecutivos, ou bomba de vácuo. As etapas seguintes são constituídas por adição de solução aquosa de ácido nítrico e crômico, visando à dissociação de células; corar o material, através de uma solução aquosa de safranina; desidratar com álcool; imersão em solução compatível com o meio de montagem a ser empregado na confecção das lâminas; montagem do material sobre uma lâmina de vidro. Este processo, porém, não demonstra a disposição e a organização das células, pois aparecem individualizadas.

Tomazello Filho (1995) descreve o método de dissociação das células pelo processo de maceração, que consiste no tratamento de segmentos de madeira em solução diluída de ácido acético e ácido nítrico, em tubos de ensaio, transferidos para beakers com água a 100°C, durante 30-45 minutos.

Segundo ESAU (1974), o processo de maceração usado na extração das fibras das plantas consiste em separar os feixes de fibras das células não fibrosas associadas. Em um feixe, as fibras se encaixam, uma característica que confere resistência ao feixe das fibras. Ao contrário das paredes do colênquima, as das fibras não são muito hidratadas. Elas são, portanto, mais duras e mais elásticas do que plásticas.

Para se obter informações acerca da disposição e organização das células da madeira, há necessidade de se preparar seções delgadas da superfície de madeira nos três planos de corte (transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial). O preparo do material é de modo mais simples que na maceração, porém, para uma operação mais minuciosa, o trabalho deve ser executado por um equipamento de seccionar preciso, o micrótomo, e requer grande habilidade e experiência do operador. Quando da existência de espécies muito escuras ou com muitas incrustações, há necessidade de ser previamente descoradas pela lavagem dos cortes em água sanitária. Dependendo do destaque que se pretende atingir para as paredes celulares das fibras, bem como para certos conteúdos celulares, é comum tingir as seções de madeira artificialmente, a safranina, por exemplo, apresenta grande afinidade com a lignina, destacando-se sobremaneira os tecidos lignificados do xilema (BURGER e RICHTER, 1991).

A observação da disposição e organização das células da madeira de *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kutze foi realizada por Marchiori (1993), ao estudar os caracteres gerais, macroscópicos e microscópicos da madeira. Ele descreveu poros em distribuição difusa, ligeiramente concentrados no início do anel de crescimento, pouco visíveis a olho nu, bem visíveis sob lente de 10 X, sem conteúdos; solitários, em múltiplos radiais de 2 a 4 poros e racemiformes pequenos; também em linhas tangenciais e diagonais. Enquanto que os caracteres microscópicos das fibras foram descritos como sendo fibras libriformes, não septadas, muito frequentemente gelatinosas, extremamente curtas a curtas (390-641 1050  $\mu\text{m}$ ), de estreitas a médias (10-16-28  $\mu\text{m}$ ), e com paredes muito delgadas (2,5 3-6,3  $\mu\text{m}$ ). O autor conclui que a porosidade foi definida como semi-difusa, mais pela concentração de poros no início do anel de crescimento do que pela variação no diâmetro dos mesmos.

### **2.1.3. Características anatômicas em relação às dimensões dos elementos**

A variação das dimensões dos elementos anatômicos do lenho tem um efeito marcante sobre a qualidade da madeira e o produto final. A anatomia da madeira é empregada tanto para estabelecer correlações com propriedades físicas, mecânicas e químicas, como para propor alternativas para as mais diferentes utilizações, assim como para investigar as variações da madeira ocasionadas pelas diferenças ambientais. Assim, a avaliação anatômica constitui-se um elemento fundamental para qualquer emprego industrial que se pretenda destinar à madeira, uma vez que o comportamento das propriedades da madeira está intimamente associado à estrutura e ao arranjo de suas células. Além disso, por meio da anatomia da madeira, é possível identificar e separar espécies, o que é de extrema utilidade na fiscalização, certificação e comercialização dessa matéria-prima (PAULA, 2000).

Segundo Fedalto, Mendes e Coradin (1989), o estudo dos caracteres morfológicos é um apoio indispensável em pesquisas na caracterização e utilização de madeiras, pois possibilita a correlação entre a estrutura do lenho e as diversas propriedades da madeira, constituindo-se em grande auxílio na interpretação de resultados obtidos, quando o material é submetido a diferentes testes e tratamentos.

Das diferentes formas de caracterização anatômica, na área de tecnologia da madeira são utilizadas as técnicas de imagem que podem ser empregadas para avaliar taxas de crescimento e proporção de lenho outonal, determinar dimensões de células, estudar a

estrutura anatômica das espécies, detectar apodrecimento, entre outras finalidades (ROSOT, DISPERATI e FIGUEIREDO FILHO, 2001).

Os avanços na área de informática e de automatização têm sido intensamente aplicados em inúmeras ciências, incluindo a anatomia de madeira. Essa aplicação tem demonstrado inúmeras vantagens, em relação aos métodos de mensuração tradicionalmente utilizados. Ribeiro, Tomazello Filho e Tomazello (2004), trabalhando com quatro espécies florestais nativas, obtiveram resultados de implantação, adaptação e de aplicação de sistema de análise de imagens para avaliação dos elementos anatômicos, mais rapidez, precisão e eficiência nas mensurações das células de madeiras, quando comparado a outros estudos, cujo método de mensuração era o normalmente utilizado nos laboratórios de anatomia da madeira. Esses pesquisadores encontraram, para *Amburana cearensis*, diâmetro dos vasos 224,25  $\mu\text{m}$ , espessura da parede da fibra 4,00  $\mu\text{m}$  e 18,92  $\mu\text{m}$  para o diâmetro do lúmen.

Também utilizando técnicas de análise de imagens digitais no procedimento de análise de tronco, Rosot, Disperati e Figueiredo Filho (2001) observaram que as áreas dos anéis podem ser obtidas diretamente por contagem automática do número de pixels, e não por estimativas. Os autores testaram um procedimento alternativo para obtenção de áreas de anéis de crescimento, por meio de processamento digital de imagem de uma fatia de *Araucaria angustifolia*, obtida via scanner e processada digitalmente, utilizando o software SPRING. Os resultados mostraram-se bastante adequados à medição dos anéis de crescimento, relativamente mais rápida e mais acurada que com os métodos convencionais usados para obtenção de áreas transversais na análise do tronco.

O conhecimento sobre a estrutura anatômica do lenho, por meio da análise das suas células, torna-se indispensável para indicação do uso da madeira. Riedl e Park (2006) relataram a existência de poucos estudos sobre a influência das fibras no desempenho dos painéis, em comparação aos estudos relacionados com as propriedades do papel.

Diversos autores vêm desenvolvendo estudos para caracterizar anatomicamente espécies já introduzidas no mercado e que possuem utilização reduzida e que, entretanto, demonstram ter potencial para diversos usos.

Assim, Loureiro (1968), estudando a anatomia das madeiras de *Croton lanjouwensis*, procedentes de várias cidades do Estado do Amazonas, e *Croton matourensis*, procedente do Estado do Pará, verificou em *C. lanjouwensis* o diâmetro tangencial dos vasos variando de 100  $\mu\text{m}$  a 180  $\mu\text{m}$ ; as fibras com espessura da parede de 5  $\mu\text{m}$  e o diâmetro do lúmen de 16  $\mu\text{m}$ , e em *C. matourensis* o diâmetro tangencial dos vasos foi de 120  $\mu\text{m}$  a 260  $\mu\text{m}$ , fibras com espessura da parede de 5  $\mu\text{m}$ , diâmetro do lúmen 18  $\mu\text{m}$ , concluiu que as duas espécies são

muito semelhantes, diferenciando-se apenas pelas dimensões dos vasos e dos raios. Loureiro (1970), estudando quatro espécies da família annonaceae (*Bocageopsis multiflora*, *Guatteria scytophylla*, *Guatteria olivaceae* e *Xylopia benthami*), obteve valores para o diâmetro tangencial dos vasos (variando de 60  $\mu\text{m}$  a 320  $\mu\text{m}$ ), espessuras das fibras (entre 5  $\mu\text{m}$  e 10  $\mu\text{m}$ ) e diâmetro do lúmen (10  $\mu\text{m}$  e 18  $\mu\text{m}$ ).

O conhecimento da correta tecnologia a ser empregada para produção industrial é de grande importância, uma vez que diminui os custos de produção e agrega valor ao produto final. Dessa forma, Marques (1979), estudando os efeitos do tempo e da temperatura sobre a qualidade das celuloses de *Eucalyptus urophylla*, com sete anos de idade, obteve resultados em média para o comprimento da fibra de 0,91 mm, largura da fibra 17,59  $\mu\text{m}$ , diâmetro do lúmen 10,14  $\mu\text{m}$  e espessura da parede 3,64  $\mu\text{m}$ . O autor concluiu, também, que o rendimento bruto e depurado do cozimento kraft da madeira decrescem linearmente à medida que se aumenta a temperatura e o tempo de cozimento, apresentando melhores resultados quando se cozinhava à baixa temperatura por longos períodos de tempo.

Outro aspecto importante para estudos anatômicos está relacionado à amostragem ideal. Barbosa e Garrido (1990), procurando definir a melhor amostragem dos caracteres anatômicos da madeira de *Poecilanthe parviflora*, aos dezoito anos de idade, visando uma padronização de trabalho, sugeriram 5 árvores, 1 posição dentro da árvore e 46 medições, totalizando 230 determinações para cada variável. Os autores afirmam que o aumento do número de tratamentos, árvores por tratamento e posições dentro da árvore, nesta ordem, tem mais efeito na redução da variância amostral que o acréscimo do número de medições. Os autores relatam, ainda, que existe uma forte correlação entre diâmetro tangencial e paredes da fibra, enquanto que o lume não se correlaciona com nenhuma destas duas variáveis. Brasil e Ferreira (1979), em estudo sobre as características das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis*, nos 1º, 2º e 3º anos de crescimento diametral, verificaram uma variação no sentido radial. O comprimento das fibras cresceu no sentido da medula para a casca (801,7  $\mu\text{m}$ ; 940,5  $\mu\text{m}$  e 993,0  $\mu\text{m}$ ), enquanto o diâmetro das fibras, do lúmen e a espessura das paredes das fibras amostradas ao DAP (diâmetro a 1,30m do solo) não se modificaram no sentido medula-casca.

Conforme as estruturas anatômicas das espécies, estas podem ser recomendadas para diversos fins. Nesse sentido, foi desenvolvido por Gonzalez, Bezerra e Lima (1985) estudo das espécies de *Pterodon pubescens* e *Vochysia thyrsoidea*, os quais obtiveram resultados demonstrando que a madeira de *P. pubescens* possui valores médios para fibras curtas (1,06

mm), estreitas (16,97  $\mu\text{m}$ ), de paredes espessas (6,93  $\mu\text{m}$ ) e lúmen (3,35  $\mu\text{m}$ ), enquanto a *V. thyrsoides* possui fibras curtas (1,36 mm), finas (30,00  $\mu\text{m}$ ), espessura da parede (9,29  $\mu\text{m}$ ) e lúmen largo (11,73  $\mu\text{m}$ ). Paula, Silva Júnior e Silva (2000), caracterizando 12 espécies nativas de matas ciliares do centro-oeste brasileiro, verificaram que as espécies *Maprounea guianensis*, *Micropholis grandifolia*, *Ocotea corymbosa*, *Ocotea densiflora*, *Qualea dichotoma*, *Siphoneugena densiflora* e *Tabebuia serratifolia* podem ser utilizadas para produção de energia, e *Nectandra myriantha* e *Podocarpus brasiliensis* podem ser recomendados para produção de celulose. Os valores para o comprimento e espessura das fibras variaram em média de 303  $\mu\text{m}$  (*Nectandra myriantha*) a 2272  $\mu\text{m}$  (*Podocarpus brasiliensis*) e 4,30  $\mu\text{m}$  (*Maprounea guianensis*) a 6,90  $\mu\text{m}$  (*Vochysia tucanorum*).

Os estudos anatômicos são importantes também para observar as alterações ocorridas nos elementos anatômicos de populações naturais para as plantadas. Florsheim e Tomazello Filho (1994) estudaram a dendrologia e a anatomia da madeira de *Myracrodruon urundeuva*, para determinar as diferenças entre as árvores que ocorrem naturalmente e as de plantio. O valor determinado, em média, para o comprimento das fibras foi 1,01 mm, diâmetro tangencial 15,71  $\mu\text{m}$ , espessura das paredes 5,15  $\mu\text{m}$  e largura do lume 5,41  $\mu\text{m}$ . O comprimento dos vasos foi de 359,17  $\mu\text{m}$  e diâmetro tangencial dos vasos 112,45  $\mu\text{m}$ . Eles concluem que é possível produzir madeira dessa espécie através de plantios, por apresentar características similares a madeiras de populações naturais.

Estudos confirmam as afirmações de Burger e Richter (2001), sobre a variação entre espécies e entre as diferentes células. Fonseca (1998), estudando as características anatômicas do lenho de 6 espécies e 3 gêneros da família Linaceae, descreveu microscopicamente as espécies *Hebepetalum humiriifolium*, *Ochthocosmus barrae*, *Ochthocosmus multiflorus*, *Roucheria calophylla*, *R. punctat* e *R. schomburgkii*, encontrando vasos com diâmetro tangencial variando de 52 a 107  $\mu\text{m}$ , comprimento das fibras entre 448 a 2053  $\mu\text{m}$ , paredes com espessura média igual a 9, 8  $\mu\text{m}$  e abertura do lume variando entre 3 e 8  $\mu\text{m}$ .

Mattos et al. (1999), determinando as dimensões das fibras da madeira de duas amostras compostas, retiradas de toretes de madeira em duas posições do tronco de *Terminalia ivorensis* pelo processo de maceração, obtiveram os valores médios para as fibras de 1,14 mm de comprimento variando de 0,56 mm a 2,11 mm, 27  $\mu\text{m}$  de largura e paredes com 6  $\mu\text{m}$  de espessura. A espécie que se adapta bem a algumas regiões do Brasil vem sendo indicada para reflorestamento de área desmatada devido, principalmente, ao seu rápido

crescimento. Sua madeira pode ser usada para as mais diversas finalidades, na carpintaria, ou, até mesmo, para fabricação de papel.

Mendes et al. (1999) encontraram para madeira de *Zanthoxylum tingoassuiba* de ocorrência na região de Lavras, MG, diâmetro tangencial do lúmen dos vasos de 82-50-110  $\mu\text{m}$ , fibras curtas de 920-1280-1730  $\mu\text{m}$ , septadas com paredes delgadas a espessas 1,76-6,54-9,02  $\mu\text{m}$ . Através do estudo, pode-se concluir que a espécie não é susceptível a variações provocadas pela adaptação da planta às condições ecológicas, o que foge da regra geral. Esse entendimento é devido à espécie estudada apresentar densa folhagem e a região de Lavras, MG, apresentar estações definidas. Outro ponto abordado pelos autores foi com relação à distribuição dos poros, em que a madeira estudada apresentou poros solitários. Segundo os autores, a distribuição dos poros, na forma difusa, contradiz Burger e Richter (1991), os quais sugerem que árvores com densa folhagem e que crescem em regiões de estações definidas apresentariam comumente porosidade em anel, por causa da necessidade de grandes poros no início do período vegetativo para suprir as exigências fisiológicas de uma grande copa.

Estudando as características da madeira de *Liquidambar styraciflua*, nativa das Américas do Norte e Central, procedente de plantios experimentais, em Colombo, PR, Mattos et al. (2001) concluíram que as fibras são longas com valores em média de 1,55 mm. A madeira pode ser utilizada para diferentes finalidades, como movelaria, caixaria, paletes, compensados e polpa.

Cown (1975) afirma que as diferentes zonas de madeira podem ser distinguidas dentro da árvore, dependendo fortemente da posição da madeira em relação ao centro do tronco e ao topo da árvore. Assim, a natureza das células da madeira é fortemente dependente da idade real do tecido cambial. Dessa forma, Florsheim et al. (2000), estudando as variações das dimensões dos elementos anatômicos no sentido medula-casca (0%, 50% e 100% do raio) e base-topo (25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial) de árvores dominante, intermediária e dominada de *Eucalyptus saligna* aos sete anos de idade, encontraram os maiores valores de fibras (comprimento- 895  $\mu\text{m}$ ; diâmetro tangencial- 19,03  $\mu\text{m}$ ; lume- 10,65  $\mu\text{m}$ ; parede- 4,19  $\mu\text{m}$ ) a 25% da altura comercial; os vasos que apresentaram os maiores diâmetros foram 114,39  $\mu\text{m}$  a 50% da altura e maiores comprimentos 524,42  $\mu\text{m}$  e frequência 19,50  $\mu\text{m}$ , no topo; o comprimento das fibras (747,00  $\mu\text{m}$ -882,88  $\mu\text{m}$ -964,68  $\mu\text{m}$ ), diâmetro (17,68  $\mu\text{m}$ ; 18,09  $\mu\text{m}$  18,26  $\mu\text{m}$ ) e parede (3,79  $\mu\text{m}$ ; 4,09  $\mu\text{m}$ ; 4,51  $\mu\text{m}$ ); o comprimento dos vasos (441,60  $\mu\text{m}$ ; 526,22  $\mu\text{m}$ ; 598,77  $\mu\text{m}$ ) e o diâmetro tangencial (86,24  $\mu\text{m}$ ; 114,88  $\mu\text{m}$ ; 129,60  $\mu\text{m}$ ) foram crescentes da medula para a casca. Os resultados indicaram, ainda, que, das classes

sociológicas, a menos indicada para celulose foi a dominante, por apresentar alto teor de parênquima radial. Lopes et al. (1983), utilizando discos em forma de cunha incluindo casca e medula, da região intermediária entre cerne e alburno, encontraram valores médios para o diâmetro tangencial dos vasos entre 4  $\mu\text{m}$  para *Pithecelobium amplissimum* e 258  $\mu\text{m}$  para *Bombax longipedicellatum*; as fibras de pontoações variaram entre 0,65 mm de comprimento para *Mouriri brevipes* e 1,6 mm para *Hevea guianensis*.

Trugilho, Lima e Mendes (2004), estudando a influência da idade sobre as características anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*, aos 12, 24, 36 e 48 meses de idade, verificaram que existe uma redução da taxa de incremento bem acentuada dos 36 para os 48 meses de idade, para o comprimento da fibra e o diâmetro do lúmen. Enquanto que a largura e a espessura da parede celular da fibra não apresentaram esta mesma tendência.

Com o propósito de estudar as características da madeira de *Ateleia glazioveana* e identificar oportunidades para seu uso, Mattos, Teixeira e Sales (2000) encontraram diâmetro tangencial dos vasos 60-102-145  $\mu\text{m}$ , comprimento das fibras 210-814-1230  $\mu\text{m}$  e a espessura de parede das fibras 1-5-8  $\mu\text{m}$ . Com paredes espessas, as fibras são muito curtas, com comprimento médio inferior aos observados por Tomazello Filho (1985) para diferentes espécies de eucalipto.

Maccari e Marchiori (1994), na descrição dos caracteres microscópicos da madeira de *Mimosa sparsa*, com base em 30 dados quantitativos de sua estrutura anatômica, verificaram vasos muito numerosos (13 - 21,6 - 34/ $\text{mm}^2$ ), ocupando 28,4% da secção transversal da madeira; fibras ocupando 46,3 % do volume da madeira, muito curtas (400 - 538 - 720  $\mu\text{m}$ ), estreitas (7,5 - 14,7 - 22,5  $\mu\text{m}$ ) e de paredes delgadas a espessas. Os autores observaram elementos vasculares muito curtos, placas de perfuração simples e tendentes à posição transversal, fibras libriformes e parênquima paratraqueal, atestam um elevado grau de especialização filogenética.

Os autores Marchiori e Muñiz (1997), em estudo da primeira descrição detalhada do xilema secundário de *Mimosa pilulifera*, a partir de medições de 30 características anatômicas e fotomicrografias da estrutura lenhosa, concluíram que os vasos são muito numerosos (17 - 29,5 - 54 /  $\text{mm}^2$ ), ocupando 15,1% da secção transversal da madeira, as fibras foram consideradas muito curtas (650 - 732- 820  $\mu\text{m}$ ), estreitas (13 - 16 - 20  $\mu\text{m}$ ) e de paredes delgadas a espessas (1,8 - 3,2 - 3,7  $\mu\text{m}$ ). A anatomia da madeira desta espécie indica um alto grau de especialização filogenética e reúne diversos caracteres indicativos da família *Leguminosae*, sub-família *Mimosoideae*, série *Lepidotae* e gênero *Mimosa* L.



Paula (1980) analisou 41 espécies ocorrentes na região amazônica com base nos caracteres estruturais anatômicos para a produção de papel. Dentre as espécies estudadas, estava *Schizolobium amazonicum*, que apresentou qualidade regular, com valores médios para o comprimento, a largura, a espessura da parede e a largura do lume das fibras de 1.350  $\mu\text{m}$ ; 27,0  $\mu\text{m}$ ; 7,5  $\mu\text{m}$  e 12,0  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Paula (1979), analisando madeiras de espécies de *Eucalyptus*, verificou que há diferenças de estruturas, de acordo com a idade dos indivíduos da mesma espécie. Concluiu, ainda, que é a partir de quinze anos que a madeira começa a formar sua estrutura definitiva.

Montagna et al. (1973), estudando a qualidade da madeira de *Pinus elliottii*, em diferentes espaçamentos, concluíram que o comprimento, a largura e a espessura média das paredes das fibras são, respectivamente, 4.632  $\mu\text{m}$ ; 35,15 e 10,0  $\mu\text{m}$ , não existindo diferenças significativas entre o comprimento das fibras do lenho inicial e tardio, sendo as fibras do lenho inicial mais largas do que as do lenho tardio, e a espessura da parede do lenho tardio é praticamente o dobro do lenho inicial.

Trugilho e Vital (1996), observando as características anatômicas da madeira de eucalipto sobre a variação dimensional, encontraram resultados que variaram de 0,83  $\mu\text{m}$  a 1,08  $\mu\text{m}$  para comprimento das fibras de 13,63  $\mu\text{m}$  a 20,58  $\mu\text{m}$  para largura das fibras e de 3,40  $\mu\text{m}$  a 6,23  $\mu\text{m}$  para espessura da parede celular das fibras.

Portanto, segundo Noções... (2012), observa-se que a alta variação ocorrida na estrutura celular e nas propriedades da madeira, de espécie para espécie, na mesma espécie e na própria árvore são ocasionadas por variações genéticas, ambientais e cambiais, idade do câmbio ao produzir lenho juvenil ou maduro.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA MADEIRA

### 2.2.1 Umidade da madeira

A umidade da madeira é definida como a relação percentual entre a massa de água existente na madeira e a massa da própria madeira absolutamente seca (JANKOWSKY, 1984).

A madeira é uma substância porosa e higroscópica. O seu teor de umidade varia conforme a umidade relativa e a temperatura do ar do ambiente em que está exposta, variando ainda com o tempo (BARRETO, 1965). Para Szücs et al (2005), sendo um material

higroscópico, a madeira tem capacidade de reagir às condições termo-higrométricas ambientais, procurando sempre manter um teor de equilíbrio.

A água é importante para o crescimento e o desenvolvimento da árvore, constituindo uma grande porção da madeira verde. Na madeira, a água apresenta-se de duas formas: como água livre contida nas cavidades das células (lumens) e como água impregnada contida nas paredes das células (SZÜCS et al, 2005). De acordo com Jankowsky (1984), a água na madeira se encontra de duas formas distintas: água higroscópica ou de adesão, que está adsorvida nas paredes celulares, e água livre ou capilar, que se encontra nos espaços vazios intra e intercelulares. A água livre se movimenta por capilaridade através dos lumens das células, ao passo que a água higroscópica movimenta-se quase que exclusivamente por difusão através das paredes celulares. Segundo Costa, Vale e Gonzalez (2001), a umidade relaciona-se ao teor de água que a madeira apresenta. Quando recém cortado, o tronco de uma árvore encontra-se saturado de água. De acordo com o autor, muitos fatores irão influenciar o teor de umidade, entre eles a anatomia do xilema. Além disso, da umidade irão depender diretamente as propriedades de resistência, poder calorífico, capacidade de receber adesivos e secagem, entre outras.

A madeira contém certa quantidade de água, a qual é chamada umidade e é expressa em porcentagem de seu peso, calculada pela equação 1.

$$U = \frac{P_u - P_o}{P_o} \times 100 \quad \text{[Equação 1]}$$

Considerando que,

$P_u$  = peso da peça úmida;

$P_o$  = peso da peça absolutamente seca (0%).

Quando ocorrem mudanças na temperatura e na umidade relativa do ar, a umidade da madeira também muda, de forma que a madeira sempre fica em equilíbrio com o meio. A umidade da madeira tem influência nas propriedades de volume, forma, densidade, dureza e resistências mecânicas (GUERRA, 1969).

A contração ocorre antes de a peça inteira estar a um teor de umidade uniforme abaixo do ponto de saturação das fibras. Assim, a perda de umidade ocorre primeiro na superfície. Com a superfície seca, a umidade movimenta-se do interior para o exterior. Dessa forma, há

duas maneiras de deslocamento da água: fluxo de água livre nos lumens das células e difusão de moléculas tanto da água higroscópica quanto do vapor d'água nos lumens das células. A difusão ocorre apenas abaixo do ponto de saturação das fibras. Continuando a secagem, o interior perde umidade enquanto a superfície permanece “imóvel”, invertendo as tensões: a superfície fica sob ação de compressão, enquanto o interior sob ação de tração resultando na contração da madeira. Entretanto, essa distribuição de tensões pode ocasionar o aparecimento de rachaduras tipo favos de mel (NOÇÕES..., 2012).

Para fins de aplicação estrutural da madeira e para classificação de espécies, a norma brasileira especifica a umidade de 12% como de referência para a realização de ensaios e valores de resistência nos cálculos (SZÜCS et al, 2005).

Severo e Tomaselli (2001) estudaram o efeito da pré-vaporização no teor de umidade inicial em madeira de duas procedências de *Eucalyptus dunnii*. Após pré-vaporização à 100°C/100% de umidade relativa, durante 30 minutos, e, posteriormente, todos os corpos-de-prova serem recondicionados a 100°C/100% de umidade relativa durante 2½ horas, os autores verificaram que o teor de umidade inicial de ambas as procedências foi reduzido significativamente.

Para Noções... (2012), é evidente que o deslocamento da umidade é 12 a 15 vezes maior axial do que transversalmente. Neste trabalho, é citado que os principais defeitos durante o processo de secagem são os empenos, as rachaduras, o colapso e o endurecimento superficial.

Além dos defeitos ocorridos durante o processo de secagem da madeira, importa ressaltar que a umidade exerce grande influência na densidade da madeira (SZÜCS et al, 2005).

### **2.2.2. Densidade básica da madeira**

A densidade da madeira é considerada a propriedade física mais importante da madeira. É uma medida da quantidade de material da parede celular presente em uma unidade de volume de madeira, trata-se de um parâmetro importante tanto para os geneticistas quanto para os tecnólogos da madeira, pois guarda grandes relações com outras propriedades e com o uso da madeira (CHIMELO, 1980).

A densidade básica da madeira é definida como sendo a relação entre o peso de madeira seca em estufa e o seu volume obtido acima do ponto de saturação das fibras. É um

dos mais importantes índices para avaliar a qualidade da madeira, e sua importância é verificada em todos os setores florestais (SHIMOYAMA; BARRICHELO, 1989).

Segundo Szücs et al (2005), a norma brasileira apresenta duas definições de densidade a serem utilizadas em estruturas de madeira: a densidade básica e a densidade aparente. A densidade básica da madeira é definida como a massa específica convencional obtida pelo quociente da massa seca pelo volume saturado e pode ser utilizada para fins de comparação com valores apresentados na literatura internacional.

$$\rho = \frac{m_s}{V_{sat}},$$

A densidade aparente é determinada para uma umidade padrão de referência de 12%, pode ser utilizada para classificação da madeira e nos cálculos de estruturas.

$$\rho = \frac{m}{V},$$

Sendo m a massa e V o volume da madeira a 12% de umidade.

A tecnologia a ser empregada está diretamente ligada às características do produto final como rendimento em celulose, resistências físico-mecânicas do papel, produção e qualidade de carvão, entre outros. Segundo Trugilho, Lima e Regazzi (2002), a densidade básica é a relação entre massa seca e o seu volume verde, obtendo-se a menor densidade da madeira, pois se utiliza a razão entre a menor massa e o máximo volume. Os autores relatam que o maior obstáculo na determinação da densidade da madeira é a determinação do seu volume, especialmente para amostras de forma não definida.

A densidade básica da madeira tem sido um índice de qualidade grandemente utilizado pelos pesquisadores e melhoristas florestais, ao direcionarem as linhas de pesquisa para a melhoria da qualidade e do rendimento de madeira (ALBINO e TOMAZELLO FILHO, 1985). Para Florsheim e Tomazello Filho (1998), dos parâmetros utilizados na análise da qualidade da madeira, a densidade básica tem merecido destaque por ser um bom indicador de determinadas características da madeira. De acordo com Shimoyama e Barrichelo (1989), por ser um dos mais simples e usuais índices de qualidade da madeira, é a propriedade que tem sido mais estudada geneticamente. É um caráter herdável e evidencia o potencial de seleção das espécies e procedências no melhoramento florestal. No manejo, a densidade básica determina o tipo de prática a ser aplicada em função do produto final e no inventário florestal ela está ligada à produtividade da floresta, em termos de quantidade de madeira seca por hectare. Para Foekel; Brasil; Barrichelo (1971), é um importante fator na determinação das

propriedades físicas e mecânicas que caracterizam diferentes espécies de madeiras, diferentes árvores de uma dada espécie e diferentes regiões de uma mesma árvore.

Kollmann e Cote Jr. (1968) afirmam que as variações na densidade são devidas a diferenças na estrutura da madeira e à presença de constituintes estranhos. Esta diferença na estrutura é caracterizada pela quantidade proporcional de diferentes tipos de células, tais como fibras, vasos, traqueídeos, canais resiníferos, raios da madeira e suas dimensões, especialmente a espessura das paredes celulares. Além disso, citam os autores, tendências hereditárias, influências fisiológicas e mecânicas, bem como fatores ambientais (solo, precipitação, calor, vento etc.), afetam a estrutura da madeira.

As características da madeira e da celulose mostram tendências bem definidas à medida que aumenta a densidade. Ou seja, aumenta o teor de alfa-celulose na madeira, decresce o teor de lignina; aumentam o comprimento e a espessura da parede nas fibras, diminui a largura aparente das fibras (SLOOTEN et al., 1976).

Ferreira (1968) foi um dos primeiros pesquisadores a desenvolver trabalhos sobre a variabilidade da densidade básica no Brasil. Ele observou que existia alta variação na densidade da madeira entre as espécies, assim como entre as árvores da mesma espécie. Esse fato foi constatado também por Brito e Barrichelo (1981), que comentaram que a densidade deve ser destacada dentre as propriedades físicas que sofrem maiores variações na madeira; e acrescentaram que, além dessa variação ocorrer entre espécies e entre árvores da mesma espécie, ocorre também dentro de uma mesma árvore. É uma das propriedades mais estudadas, havendo citações de variações entre espécies desde 0,200 g/cm<sup>3</sup> até valores superiores a 1,000 g/cm<sup>3</sup>.

Freitas (1984) cita que um bom indicador para a avaliação das características tecnológicas de uma determinada madeira é a sua densidade, podendo ser consideradas três faixas de densidade: madeiras leves ( $\leq 550$  kg/m<sup>3</sup>), madeiras moderadamente pesadas (entre 550 e 850 kg/m<sup>3</sup>) e madeiras pesadas ( $> 850$  kg/m<sup>3</sup>). O autor menciona ainda que a maioria das madeiras da Amazônia oriental possui densidade superior a 550 kg/m<sup>3</sup>, fato que determina uma maior vocação dessas madeiras para aplicações que requerem elevada resistência mecânica.

Barbosa e Garrido (1990), em trabalhos com *Pinus* e *Eucalyptus*, nos quais fazem a correlação entre a densidade básica e os elementos anatômicos de seus lenhos, concluem que o tamanho da amostra torna-se fator preponderante, dada a quantidade de mensurações a serem efetuadas.

Trugilho, Lima e Regazzi (2002) comentam que existem vários métodos para se determinar a densidade básica, porém destacam-se dois: o primeiro é baseado no método de Arquimedes (método de imersão), e outro, no máximo teor de umidade (método do máximo teor de umidade). No método de imersão, é necessário conhecer a densidade do fluido a ser deslocado. Este método apresenta como vantagem a não necessidade de amostra com forma definida. O método do máximo teor de umidade exige que as amostras estejam completamente saturadas de água. Trugilho et al. (1990), em estudo comparativo de 6 métodos e o efeito de 3 dimensões dos corpos de prova nos métodos, utilizaram distintamente o cerne e o alburno da espécie *Hymenaea courbaril* e observaram que os métodos de imersão (baseado na variação do peso do líquido) e imersão (baseado na variação do peso da amostra e máximo teor de umidade) foram os mais precisos, de melhores repetibilidades, iguais estatisticamente e que não sofreram influência das dimensões dos corpos de prova. Entretanto, as dimensões influenciaram significativamente os métodos de medição direta do volume por paquímetro, medição direta do volume por cilindro graduado (corpo de prova imerso em areia) e medição direta do volume por cilindro graduado (corpo de prova imerso em água), que foram os menos precisos. Lopes e Garcia (2002) afirmam existir a possibilidade de estimar-se a densidade básica da madeira pela simples determinação do teor de umidade natural (umidade da árvore viva). Rosado e Brune (1983), testando a aplicabilidade do aparelho “Pilodyn”, na avaliação da densidade básica da madeira em árvores vivas de *Eucalyptus sp.*, acharam precisões médias a baixas na utilização do mesmo, podendo ser utilizado em programas de melhoramento, devido a sua facilidade e rapidez no manuseio, além de não prejudicar o desenvolvimento das árvores.

Estudando os erros cometidos na determinação da densidade básica da madeira, Brasil; Veiga; Timoni (1994) procuraram verificar se os diferentes resultados podem ser influenciados pela metodologia empregada. Os resultados revelaram que as estimativas de densidade, realizadas em discos de madeira chegados ao laboratório há 14 dias após a colheita no campo, não diferiram das obtidas em discos analisados no próprio dia de amostragem. Os autores citam ainda que os resultados de densidade são superestimados se as estimativas de volume, através da balança hidrostática, são realizadas sem a completa saturação da madeira, após sete dias de colheita das amostras.

Estudos de Maloney (1989) indicam que a densidade da madeira constitui-se em importante parâmetro de controle estando diretamente correlacionada à conversão  $m^3$  madeira/ $m^3$  MDF, indicando-se variações de 0,3-0,5 g/cm<sup>3</sup> na seleção das espécies desejáveis

para a manufatura de painéis de fibras MDF, propiciando uma prensagem com um bom contato entre as fibras.

#### 2.2.2.1. Densidade da madeira em relação ao sítio e à produtividade

As condições de sítio afetam diretamente no crescimento e na maior concorrência radicular, por isso sítios considerados secos exigem um menor número de árvores iniciais, enquanto que, nos sítios considerados férteis, pode ser utilizado um maior número de árvores, além de que a produção será maior. A qualidade de sítio exprime-se pela produção em altura ou em volumes das espécies florestais. Comparando vários povoamentos da mesma espécie, podemos diferenciá-los em sítios bons, médios ou ruins, comparando as alturas médias ou dominantes desses povoamentos ou ainda o incremento médio anual ou a produção total (MANUAL..., 1986). Nesse contexto, Schneider (1993) afirma que a densidade crítica é variável entre as espécies e é provável que também mude com a qualidade de sítio e com a idade.

Dentre as características de qualidade, destaca-se a densidade básica, altamente herdável e intimamente relacionada com as demais propriedades da madeira e derivados.

Estudos comprovam que as condições ecológicas (precipitação e posição geográfica) e dasométricas (DAP, densidade da plantação e altura da árvore) mostraram correlação com os elementos anatômicos do lenho de gmelina (ROQUE, TOMAZELLO FILHO E DIAS, 2007).

A alta variabilidade do material genético florestal utilizado para pesquisa é citada por vários autores como um grande problema para a avaliação de seus trabalhos. Albino (1983), estudando a variação da densidade básica da madeira em diferentes espécies de Eucaliptos em três regiões do Estado de Minas Gerais (Viçosa, Uberaba e Paraopeba), constatou diferenças significativas entre as espécies em duas das regiões estudadas. Diferenças significativas também foram observadas por Brasil e Ferreira (1971) em três locais diferentes em estudos com *Eucalyptus alba* e *E. saligna* no Estado de São Paulo. Porém, resultados contrários foram encontrados por Ferreira, Freitas e Ferreira (1979), trabalhando com *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. saligna* na região de Mogi-Guaçu, SP. Os autores encontraram densidades básicas semelhantes para as espécies estudadas.

Albino e Tomazello Filho (1985), ao estudarem a variação da densidade básica e produtividade de volume e massa da madeira de 12 espécies de eucalipto, em 3 regiões bioclimáticas do Estado de Minas Gerais, com 7,5 anos de idade, encontraram diferentes

valores para densidade básica: em Viçosa, foi de 0,546 g/cm<sup>3</sup>; em Paraopeba, 0,623 g/cm<sup>3</sup>; e em Uberaba houve um comportamento intermediário (0,584 g/cm<sup>3</sup>). Os autores acrescentam que *Eucalyptus cloeziana*, *E. pilularis* e *E. citriodora* apresentaram menor produtividade e maior densidade básica, enquanto que *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla* apresentaram maior produtividade e menor densidade básica.

Para *Eucalyptus grandis*, foram encontradas diferenças significativas entre a massa específica de três diferentes níveis de produtividade selecionados no povoamento. Esses resultados mostraram que a densidade básica diminui com o potencial de crescimento da floresta. Dentro de um mesmo sítio, para um mesmo nível de produtividade, houve correlação significativa entre a densidade básica e as características dendrométricas da árvore (MIGLIORINI, 1986).

Land, Dicke e Tuskan (1983) consideram que, em sítios onde se tem rápido crescimento, há uma redução na densidade básica em relação a taxas de crescimento menores. Porém, o aumento do volume por unidade de área nos sítios mais produtivos compensaria a perda em densidade, havendo maior colheita de matéria seca por hectare.

A maioria dos estudos afirma que a densidade básica é menor em árvores pertencentes aos estratos superiores. No entanto, esta afirmativa não pode ser generalizada, pois existem estudos que mostram não haver diferença alguma ou ainda ocorrer uma tendência inversa (PANSHIN e ZEEUW, 1964).

Slooten et al. (1976) estudaram o grau de variação da densidade da madeira com idade, volume e diâmetro da árvore, e também com clima, solo e outros fatores de crescimento, em plantios de *Pinus elliotti*, com 7 a 14 anos de idade de várias áreas dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Concluíram que há influência de precipitação e evaporação sobre a densidade e a qualidade da madeira, sendo que estas decresceram do norte para o sul dos estados estudados, observando também que as mais altas densidades foram encontradas no município de Itapetininga, local onde é baixo o volume de água durante todo ano, e as mais baixas em São Francisco de Paula, onde o volume de água é alto durante todo ano. Para Moura e Vale (2002), existe tendência de diminuição de densidade básica da madeira de *P. tecunumanii*, com a altitude de origem da procedência.

Contudo, existem autores que afirmam que a densidade básica é considerada ideal para manipulação genética, devido à grande variação individual, baixa interação genótipo x ambiente e pelos seus efeitos sobre a produção e qualidade da madeira (SCHILLING et al, 1997).



#### 2.2.2.2. Variação da densidade básica em função do DAP (diâmetro a 1,30m do solo)

De acordo com Higa, Kageyama e Ferreira (1973), existe uma alta correlação entre densidade básica da madeira ao nível do DAP e a densidade básica da madeira da árvore, estimada através de amostras de secções transversais do fuste.

Coutinho e Ferraz (1988), estudando o perfil de densidade da madeira de *Eucalyptus saligna* em função do diâmetro das árvores, concluíram que as árvores que pertencem à classe de maior diâmetro apresentam um aumento de densidade na região próxima à casca, em relação às de menor diâmetro.

Da mesma forma, SOUZA et al. (1979) observam que árvores menos vigorosas, com DAP inferior a 10 cm, apresentam densidade básica média significativamente inferior à das árvores com diâmetro superior a 15 cm, para *Eucalyptus microcorys*. Os autores informam que, apesar de não haver diferenças significativas entre as classes, a densidade básica demonstrou uma tendência de aumentar com o acréscimo do diâmetro.

Em estudos com eucaliptos, SCHÖNAU (1974) concluiu que a densidade básica diminuiu com o aumento do DAP. Por outro lado, Garcia; Lima (1990) não encontraram diferenças significativas entre a densidade básica das 3 classes de DAP estudadas, porém encontraram uma alta variabilidade dentro da maior classe, havendo diferenças altamente significativas de densidade entre as árvores amostradas nesta classe. Os autores ressaltam que esta variabilidade, associada com a alta herdabilidade, fez desta característica um importante indicador de seleção.

#### 2.2.2.3. Variação da densidade em relação à altura e à posição transversal no tronco

Os valores de densidade básica da madeira podem variar de acordo com a posição na árvore, tanto no sentido radial quanto no longitudinal (CARPIM e BARRICHELO, 1984). Outros autores confirmam que essas variações podem se dar de forma continuamente decrescente, da base para o topo, decrescente até o meio da árvore e, a partir daí crescente até o topo da árvore, ou ainda crescente da base para o topo, podendo ser também de forma não significativa ao longo da altura do fuste (STURION, ALBINO e MORITA, 1986; PANSHIN e ZEEUW, 1970).

De um modo geral, os trabalhos relacionados com a variação da densidade básica da base para a copa, assim como da medula para casca, são bastante contraditórios, existindo

estudos que se referem ao aumento da densidade básica da base para o topo da árvore, ou diminuição em direção à copa. Albino (1983) afirma que a causa desta variação no sentido longitudinal não está bem definida.

Para Ponce (1984), a variação radial de densidade no sentido medula-casca não mostra um padrão definido quando os lenhos são analisados isoladamente; considerando-se ambos os lenhos de cada anel, a densidade aumenta rapidamente nos anéis próximos à medula, permanecendo a seguir mais ou menos constante.

Trabalhos realizados por Benson (1924), Ferreirinha (1961) e Ferreira (1968) constataram essa variação, encontrando valores para a densidade que tendem a aumentar no sentido da altura das árvores. Por outro lado, Jorgensen (1967), trabalhando com árvores provenientes de um plantio de *Pseudotsuga taxifolia*, encontrou a tendência da densidade em decrescer em direção à copa.

De acordo com Flörshein e Tomazello Filho (1994), a variação da densidade básica, nos sentidos medula-casca e base-topo, da madeira de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), proveniente de um plantio, decresceu com o aumento do espaçamento. Os resultados demonstraram também não haver tendência de variação em relação às classes de diâmetro; no sentido radial, o maior valor encontrado foi próximo à medula (variando de 0,565 a 0,994 g/cm<sup>3</sup>), decrescendo em direção à casca (0,513 a 0,861 g/cm<sup>3</sup>). Outra observação feita pelos autores é a tendência da densidade básica decrescer da base (valores entre 0,703 a 0,894 g/cm<sup>3</sup>) para o topo (valores entre 0,538 a 0,764 g/cm<sup>3</sup>), no sentido longitudinal. Em trabalho realizado por Brasil e Ferreira, Freitas e Ferreira (1979), sobre a qualidade da madeira de povoamentos jovens de *Eucalyptus grandis*, a densidade da madeira variou na secção transversal no sentido medula para casca em 0,416 g/cm<sup>3</sup>; 0,420 g/cm<sup>3</sup> e 0,459 g/cm<sup>3</sup>.

Estudando algumas espécies de eucalipto, Barrichelo, Brito e Migliorini (1983) verificaram que existe uma grande variação da densidade básica no sentido radial, afirmando que essa variação pode ser ainda maior que a variação no sentido base-topo. Ferreira (1972) encontrou uma alta e positiva correlação entre a densidade da madeira ao nível do DAP da árvore.

Segundo Lopes e Garcia (2002), o tipo e a proporção de casca influenciam na densidade básica da madeira. Eles trabalharam com casca “Tipo saligna”, totalmente lisa, “Tipo Meia-casca”, rugosa em pelo menos 20% a 60%, e “Tipo Botryoides”, rugosa em mais de 70% da altura do fuste de árvores de *Eucalyptus saligna*, para determinar a densidade básica. Os resultados foram: “Tipo Meia-casca” e “Botryoides” apresentaram maior densidade básica. Para as posições verticais no fuste, não houve variações significativas. Os autores

afirmam que o padrão fenotípico da casca pode ser utilizado como um bom indicador de qualidade da madeira.

Amaral, Ferreira e Bandel (1971), estudando a variação da densidade básica das árvores de *Araucaria angustifolia*, provenientes de povoamentos naturais, em cinco posições no sentido medula-casca, encontraram um aumento da densidade no sentido medula-casca para os valores médios, com uma tendência a se tornar constante mais próxima à casca. Enquanto Rolim e Ferreira (1974), estudando a mesma espécie, concluíram que a densidade básica, até 15 anos de idade, cresce no sentido medula-casca, sendo esse crescimento acentuado até os 9 anos e menos pronunciado a partir dessa idade. Também, Coutinho e Ferraz (1988), estudando o perfil de densidade da madeira de *Eucalyptus saligna* em função do diâmetro das árvores, verificaram que a densidade aumenta no sentido medula-casca.

Montagna et al. (1990), estudando os efeitos dos diferentes níveis de desrama artificial, expressos em porcentagem da altura total da árvore (0,15,30,45,75%) sobre a densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* com 21 anos de idade, observaram que houve uma tendência de aumento com a severidade de operação.

Estudos realizados por Mattos et al. (1999), em madeiras de *Terminalia ivorensis*, mostraram que a densidade básica na altura comercial da base, 50% e 100%, em posições opostas no tronco da árvore, apresentaram valores médios de 0,429 g/cm<sup>3</sup>. Mattos, Teixeira e Sales (2000), estudando a densidade básica da madeira de *Ateleia glazioveana*, a 1,30m do solo, 25, 50, 75, e 100% da altura comercial, em cunhas de posições opostas na árvore, encontraram valores de 0,530 g/cm<sup>3</sup> em média. Lopes e Garcia (2002), avaliando a densidade básica na madeira de *Eucalyptus saligna*, não verificaram variações significativas em função das posições verticais no tronco.

Trabalhando com *E. viminalis*, Panshin e Zeeuw (1970) mostram que a densidade cresce da medula para a casca, enquanto que, em *E. marginata*, a densidade tende a aumentar próximo à medula, permanecendo constante até as proximidades da casca quando novamente tende a decrescer. Outros autores verificaram que a densidade básica da madeira de *E. grandis* cresce no sentido medula-casca, sendo o crescimento mais acentuado nas camadas mais externas da árvore. Observaram, também, que o aumento da densidade foi acompanhado pelo aumento de algumas estruturas da madeira, como espessura das paredes celulares (mais finas no centro do que na periferia), do volume dos vasos (diminui do centro para a periferia) e pelo comprimento médio das fibras aumentando do centro para a periferia (BRASIL e FERREIRA, 1972).

#### 2.2.2.4. Densidade básica entre as espécies e procedências

Ferreira e Kageyama (1978), estudando as espécies *E. grandis* e *E. saligna*, comprovam que a variação da densidade entre árvores, dentro de uma mesma localidade, é muito maior do que entre localidades.

Para a determinação da densidade básica de espécies/procedências de pinus tropicais com idade com oito anos, Moura e Santiago (1991) utilizaram sonda de Pressler e “pilodyn” na mesma altura e posição e encontraram valores variando de 0,419 g/cm<sup>3</sup> para *P. oocarpa* de Pimientilla a 0,342 g/cm<sup>3</sup> para *P. caribaea* var. *bahamensis* de Andros Island, apresentando ainda para as procedências *P. oocarpa* maiores densidades básicas em ambos os métodos de avaliação, variando entre 0,397 g/cm<sup>3</sup> e 0,419 g/cm<sup>3</sup>. Os autores mencionam ainda que algumas procedências, como *P. oocarpa* de Pimientilla com valores entre 0,39 a 0,45 g/cm<sup>3</sup> e *P. caribaea* var. *hondurensis* de Poptun e Mountain Pine Ridge variando entre 0,36 a 0,46 g/cm<sup>3</sup>, apresentaram diferenças significativas nas direções leste-oeste do fuste. Moura et al. (1998), estudando a variação da densidade básica da madeira de *Pinus tecunumanii*, de duas procedências, verificaram que a densidade básica da madeira dos indivíduos e da família variou de 0,38 a 0,59 g/cm<sup>3</sup> e de 0,40 a 0,45 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

Em estudo realizado nas indústrias do Estado do Maranhão, com 25 espécies, 22 gêneros e 16 famílias, foram encontrados resultados para densidade básica variando entre 0,48 g/cm<sup>3</sup> para a espécie *Cordia goeldiana* e 0,97 g/cm<sup>3</sup> para *Dipteryx odorata* (VASCONCELLOS et al., 2001). O autor também classificou as madeiras estudadas de acordo com a densidade, considerando como baixa os valores < 0,50g/cm<sup>3</sup>, média de 0,50 a 0,72 g/cm<sup>3</sup> e alta os valores > 0,72 g/cm<sup>3</sup>; neste estudo, o maior número de espécies foi classificado com densidade média.

Estudando o efeito do tratamento com água quente, sob condição de fervura, na saturação da madeira e determinação da densidade básica da madeira de 12 diferentes espécies, Trugilho, Lima e Regazzi (2002) utilizaram dois métodos (imersão e máximo teor de umidade) e observaram que, nos dois métodos, os tratamentos que usavam água quente associada à pressão provocaram redução na densidade básica, especialmente para o tempo de três horas, considerando ainda esse experimento muito drástico para alguma das espécies avaliadas, principalmente para o método de imersão. Citaram ainda que o aumento do tempo de fervura reduziu o valor da densidade no método do máximo teor de umidade.

Severo e Tomaselli (2001), analisando o efeito da pré-vaporização na densidade básica em madeira de duas procedências de *Eucalyptus dunnii*, observaram que não houve alteração na densidade. Outros autores, como Brasil e Veiga (1994), estudando a variação da densidade básica entre procedências e progênies de eucalipto, plantados em duas localidades, verificaram que as progênies tiveram comportamento similar nos dois locais. Os valores médios de densidade básica das progênies não foram diferentes das procedências brasileiras utilizadas como testemunhas no experimento.

Mendes et al. (1999), em estudo comparativo das características físicas da madeira de *Zanthoxylum tingoassuiba* de ocorrência na região de Lavras, MG, com outras espécies (mogno  $0,63 \text{ g/cm}^3$  e *Eucalyptus grandis*  $0,45 \text{ g/cm}^3$ ), obtiveram valores de  $0,49 \text{ g/cm}^3$ , considerado baixo pelo autor, que sugere que a espécie poderia ser usada pelo setor mobiliário, após estudos mais detalhados principalmente em relação à trabalhabilidade.

Estudando clones de *Eucalyptus grandis* e de *E. urophylla*, Adorno e Garcia (2003), através de análises das propriedades tecnológicas da madeira (físicas e mecânicas) relacionadas com as tensões de crescimento, encontraram os seguintes resultados para o *E. grandis*: a densidade básica se correlacionou no processamento mecânico da tora, apenas com a rachadura da prancha diametral, afirmando o autor ser um bom parâmetro para se avaliar a intensidade destas rachaduras; o *E. urophylla* se correlacionou inversamente com as variáveis do processamento mecânico da madeira, concluindo que, através das medições da densidade básica, podem-se diminuir as flechas observadas no desdobro. Não foram encontradas, em ambas as espécies, correlações entre a densidade básica com as rachaduras de topo de toras.

Pereira, Schaitza e Baggio (2000) avaliaram o potencial de utilização da madeira de *Grevillea robusta*, para usos múltiplos, estudando as propriedades físicas da madeira, e obtiveram o valor médio para a densidade básica de  $0,515 \text{ g/cm}^3$ , enquanto Souza Júnior; Sansígolo (2002), estudando o comportamento de nove árvores de *Eucalyptus grandis* na polpação Kraft-AQ, encontraram valores médios de  $0,457 \text{ g/cm}^3$ .

Carvalho (1994), descrevendo a utilização da espécie *Schizolobium parahyba*, encontrou densidade básica de  $0,27 \text{ g/cm}^3$ . Loureiro et al. (2000), levantando informações sobre as madeiras amazônicas, encontraram densidade básica de  $0,24 \text{ g/cm}^3$  para *Schizolobium amazonicum*, porém não foram informadas a procedência nem a idade das árvores, enquanto Mattos et al. (2001), estudando as características da madeira de *Liquidambar styraciflua*, encontraram densidade básica média de  $0,519 \text{ g/cm}^3$ .

Marques (1979), avaliando os efeitos do tempo e da temperatura sobre a qualidade das celuloses de *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida, com 7 anos de idade, verificou

densidade básica da madeira com valor médio de 0,502 g/m<sup>3</sup>, que, de acordo com o autor, condiz com as madeiras de eucalipto utilizadas comercialmente para produção de celulose.

#### 2.2.2.5. Variação da densidade básica em relação à fertilidade do solo

Shimoyama e Barrichelo (1989) citam que, em função da diversidade dos solos usados nos reflorestamentos de *Pinus* e *Eucaliptus* e das exigências nutricionais das espécies, principalmente nos primeiros estádios de crescimento, uma fertilização torna-se necessária, principalmente quando o solo apresenta baixa fertilidade, o que ocorre com frequência.

No tocante à variação da densidade básica em relação ao tipo de solo, a literatura mostra que condições de solos mais úmidos, férteis ou menos férteis têm influência sobre esta propriedade. Estudos realizados por Barrichelo, Brito e Migliorini (1983) encontraram maior densidade em condições de solo úmido para *Eucaliptus spp.* Brasil e Ferreira (1971) encontraram menores valores para densidade básica da madeira de *E. alba*, *E. saligna* e *E. grandis* em solos mais férteis. Entretanto, Albino (1983), trabalhando com espécies de *Eucaliptus*, em localidade com menor fertilidade, verificou maior densidade básica.

Valeri et al. (1990), estudando a variação da densidade básica com a aplicação de calcário e fósforo, verificaram que esta não foi afetada pela aplicação do calcário, mas diminuiu com a aplicação de 200 kg/ha de fósforo. Kikuti e Namikawa (1990), em estudo na interação de clones com a fertilização em *E. saligna*, observaram que os efeitos da adubação foram significativos até dois anos de idade para as características de DAP e altura. Para a densidade básica, não houve efeito da fertilização.

Em estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus grandis* e de *Acacia mangium* para a produção de energia, em plantio com adubação no esquema 2:2:2 para N, P e K, na presença e ausência de cálcio, aos sete anos de idade, Vale et al. (2000) retiraram amostras em cada tratamento nas seções transversais do caule, no DAP e a 0%, 25%, 50%, 75% e 100 % da altura comercial. Os resultados indicaram não haver influência dos níveis de adubação na densidade básica da madeira para as duas espécies. Para Berger et al. (2002), o efeito da adubação sobre o crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* também não mostrou influência.

#### 2.2.2.6 Variação da densidade básica em relação ao crescimento

Vários autores, estudando a variação da densidade básica relacionada ao crescimento, afirmam existir uma diferença entre as coníferas e as folhosas, observando que para as coníferas quanto maior for o ritmo de crescimento menor será a densidade da madeira. Entretanto, para as folhosas, tal fato não é verificado, pois uma árvore com maior diâmetro e maior altura, dentro do mesmo povoamento, não necessariamente deverá possuir uma menor densidade (FERREIRA, 1970; BRASIL, 1976).

Alguns autores, entretanto, acham que o ritmo de crescimento e a densidade básica estão correlacionados. Ferreira e Kageyma (1978) são desses autores que ao estudar *Pinus elliotti* concluíram que árvores mais altas e delgadas produziram madeiras mais densas.

Ferraz e Fonseca (1980), em estudo do padrão de crescimento de *Mimosa bracaatinga*, com idade entre 11 e 13 anos, realizando análise de densidade dos anéis no sentido medula-casca, verificaram que o máximo crescimento da espécie ocorreu no 5º e no 6º ano e depois estabilizou e decresceu, sobrevivendo a morte natural, afirmando que o aumento da densidade básica se dá de forma semelhante. Por outro lado, Albino (1983), trabalhando com 12 espécies de *Eucaliptus* em Viçosa, Uberaba e Paraopeba, com crescimento de 4,5, 6,5 e 7,5 anos de idade, verificou não haver correlações significativas entre densidade básica e taxa de crescimento. No entanto, os resultados mostraram que, em localidades com melhores condições edafoclimáticas, as espécies apresentaram maiores taxas de crescimento e menor densidade básica, enquanto que, em localidade com menor fertilidade, verificou-se menor taxa de crescimento e maior densidade básica.

Outros autores, no entanto, acreditam que há uma relação direta entre crescimento em diâmetro e densidade básica. Harris (1965) é um desses que observaram uma tendência decrescente na densidade básica da madeira com o aumento do ritmo de crescimento diamétrico, concluindo que é devido às variações que ocorrem na espessura da parede celular, através dos anéis de crescimento.

#### 2.2.2.7. Densidade básica da madeira em relação ao espaçamento

O espaçamento do plantio afeta a produtividade e características da madeira juvenil, bem como influencia o período no qual a árvore tem crescimento livre de competição, antes que a concorrência das plantas adjacentes torne-se efetiva (FERNANDES, 1977).

De acordo com Balloni e Simões (1980a), o espaçamento e a fertilização exercem papéis fundamentais no estabelecimento, na condução da floresta e nos custos de produção, dentre os diversos fatores condicionantes da produção florestal, uma vez que podem influenciar a taxa de crescimento das árvores, a qualidade da madeira, a idade de corte, bem como práticas de implantação, manejo e colheita.

Segundo Oda, Mello e Menck (1990), as árvores são formadas por camadas sobrepostas de madeira ou anéis de crescimento, cujas espessuras podem ser controladas através do espaçamento. O estreitamento precoce dessas camadas que geralmente ocorre em espaços mais fechados pode caracterizar uma maior ou menor densidade básica. Esses autores encontraram uma alta correlação linear entre o volume cilíndrico e a densidade básica de um clone de *Eucalyptus saligna*. Para o clone de *E. grandis*, a 50% da altura comercial, os espaçamentos afetaram a densidade, sendo esta maior nos espaços mais amplos.

Carvalho e Carvalho (2001), estudando a influência de 4 espaçamentos (3m x 2m, 3m x 3m, 3m x 4m e 4m x 4m) na densidade da madeira de *Bagassa guianensis* Aubl., em plantio com 16 anos de idade, no Estado do Pará, verificaram que não houve influência significativa entre os espaçamentos estudados na densidade básica da madeira, porém houve um aumento da densidade em espaçamentos mais amplos, indicando ainda que a espécie pode ser plantada em diferentes espaçamentos de acordo com o uso final.

Estudos realizados por Brasil e Ferreira (1971), sobre a variação de dois espaçamentos (3,0 x 1,5 m e 3,0 x 2,0 m) e dois locais, concluíram que o maior espaçamento obteve valores mais altos para a densidade básica do que o menor espaçamento.

De acordo com Malan e Hoon (1992), os padrões de variação na densidade básica em árvores de *Eucalyptus grandis* são significativamente afetados pelo grau de supressão (maior competição), havendo um pronunciado efeito inverso na uniformidade da madeira, ou seja, em espaçamentos menores existe uma maior variação da densidade da madeira quando comparada com árvores pertencentes a espaçamentos maiores. Os autores constataram, ainda, que as madeiras de árvores que cresceram mais livremente começaram a produzir madeira adulta precocemente, alcançando níveis máximos de densidade mais cedo, resultando em um tronco com grande proporção de madeira adulta, de densidade relativamente uniforme.

Montagna et al. (1973), estudando a qualidade da madeira de *Pinus elliottii*, em diferentes espaçamentos, concluíram que houve uma pequena redução da densidade básica nos espaçamentos 1,5 x 1,0 m e 3,0 x 3,0 m em relação ao espaçamento 2,0 x 1,5 m.



#### 2.2.2.8. Densidade básica da madeira em relação à idade e ao ambiente

Determinadas espécies podem apresentar aumento ou diminuição da densidade básica em função da idade, de acordo com as condições ambientais a que estejam submetidas (Panshin e Zeeuw, 1970). Contudo, os autores afirmam que a idade da árvore, isoladamente, independentemente das condições ambientais, não afeta a densidade básica da madeira. Relatam, então, que é difícil determinar a influência direta da idade da árvore na densidade básica da madeira, pois os resultados são frequentemente mascarados pelas condições ambientais durante o ciclo de vida da árvore. Entretanto, Lopes e Garcia (2002) afirmam que há uma tendência de aumento da densidade básica em função da idade do povoamento.

Para o gênero *Eucalyptus*, observa-se que a densidade básica pode variar de uma espécie para outra, entre árvores de uma mesma espécie, assim como dentro de uma mesma árvore, com relação à idade do povoamento e ainda com as condições ecológicas do sítio onde o plantio está localizado (FERREIRA e KAGEYAMA, 1978).

Trugilho, Lima e Mendes (2004), verificando a influência da idade sobre as características físico-químicas da madeira de *Eucalyptus saligna* aos 12, 24, 36 e 48 meses de idade, encontraram resultados que demonstraram existir uma redução da taxa de incremento bem acentuada dos 36 para os 48 meses de idade para a densidade básica. Araújo; Rodriguez; Paes (2000), avaliando a qualidade da madeira de *Azadirachta* para fins energéticos, determinaram a densidade básica da madeira, em árvores com 4,2 anos de idade de amostras obtidas a 20, 40, 60, 80 e 100% da altura comercial. Com base nos resultados, concluíram que a densidade básica pode estar relacionada à idade do povoamento florestal utilizado. Assim, povoamentos mais maduros podem produzir madeiras mais densas e com melhores características para fins energéticos.

Brasil, Nicolieno e Veiga (1980) estudaram a variação da densidade básica da madeira de *Pinus oocarpa*, em diferentes idades e nos sentidos Leste-Oeste e Norte-Sul da árvore, e verificaram não haver variação com os pontos de amostragem, no entanto houve variação com a idade, apresentando valores médios de 0,434; 0,489 e 0,498 g/cm<sup>3</sup> respectivamente aos 7, 13 e 14 anos de idade.

No estudo de Higa, Kageyama e Ferreira (1973), houve uma tendência de aumento das densidades básicas médias da madeira de *Pinus elliottii* (7 anos- 0,319 e 9 anos- 0,326 g/cm<sup>3</sup>) e *Pinus taeda* (6 anos- 0,311; 7 anos- 0,331 e 13 anos- 0,366 g/cm<sup>3</sup>) em função da idade.

Em estudo sobre a influência de diferentes intensidades de desrama na densidade básica da madeira de *Pinus elliottii*, Schilling et al. (1997) avaliaram 5 tratamentos (T1 - sem desrama; T2 - desrama seca; T3 - desrama de 40% da altura total; T4 - desrama de 50% da altura total; e T5 - desrama de 60% da altura total). A densidade básica da madeira apresentou tendência de aumento com o aumento da idade das árvores em todos os tratamentos. Nos tratamentos T1 e T3, a densidade básica aparentou ter se estabilizado em torno dos 8 anos de idade, enquanto nos demais tratamentos ainda apresentou aumento com a idade.

#### 2.2.2.9. Variação da densidade básica em relação à hereditariedade

Estudando a variabilidade genética na densidade básica da madeira de *Pinus tecunumanii*, procedente do México e da América Central, no cerrado, Moura e Vale (2002) encontraram diferenças nas procedências centro-americanas com média de 0,418 g/cm<sup>3</sup> e nas procedências mexicanas com média de 0,398 g/cm<sup>3</sup>. O material centro-americano apresentou, no geral, densidade básica média superior ao material mexicano, porém houve maior controle genético no grupo de procedências mexicanas. Houve também uma tendência de diminuição da densidade com a altitude de origem da procedência.

Wang, Littell e Rockwood (1984), observando o comportamento da densidade básica em um teste de progênie de *Eucalyptus grandis*, com idade de 1,4 anos, encontraram valores de herdabilidade para densidade básica de 0,83 com relação às famílias, e da ordem de 0,80 para herdabilidade individual de plantas, concluindo que a variação da densidade básica da madeira entre progênies foi inteiramente devido às diferenças genéticas. O ganho genético estimado na seleção de 5% nas melhores foi de 0,014% g/cm<sup>3</sup>. O ganho em densidade básica para seleção individual, utilizando-se técnicas de propagação vegetativa para o melhor indivíduo, foi de 0,090 g/cm<sup>3</sup>.

A densidade básica da madeira de *E. grandis* de 8,5 anos de idade constituído por 72 progênies de irmãos completos foi estudada por Malan (1991), que verificou variações entre progênies em diferentes posições ao longo do raio. Santana, Eiras e Pastore (2001), avaliando a madeira de 4 clones de *Hevea brasiliensis*, encontraram valores variando entre 0,47 a 0,51 g/cm<sup>3</sup>, indicando ser madeira de média densidade.

### **2.2.3. Ponto de saturação das fibras**

A água que enche as células e os espaços intercelulares chama-se água livre, e a contida nas paredes das células chama-se água higroscópica. Quando uma madeira está perdendo água e atinge o ponto em que só contenha água higroscópica, se diz que foi atingido o ponto de saturação das fibras. A partir daí, se a madeira continuar secando, ela começa a diminuir o volume, isto é, a contrair-se, enquanto perde a água higroscópica, que é a água contida nas paredes celulares responsável pelas alterações das dimensões da madeira (BARRETO, 1965).

De acordo com Jankowsky (1984), o ponto de transição entre a água capilar e a higroscópica é chamado ponto de saturação das fibras. Nesse ponto, a madeira está com a umidade de saturação ao ar, que se considera entre 28% e 30%. Lemos (1981) afirma que a retirada da água livre não altera a estrutura da madeira, alterando somente o seu peso, porém a saída da água que preenche os espaços intercelulares afeta a resistência da madeira, pois aproxima as microfibrilas e micelas, conferindo à madeira maior resistência.

### **2.2.4. Anisotropia dimensional**

A madeira que é formada por uma grande associação de células vegetais de distintas classes apresenta características de anisotropia, higroscopicidade e variabilidade em suas propriedades. Esta variação é consequência de diferenças estruturais, desde a ultraestrutura da parede celular até as geográficas, sendo que a fonte de variação dentro da árvore talvez seja a mais significativa (COWN, 1975). As variações de dimensões provocadas pela perda de água de impregnação não são iguais nas três direções (radial, tangencial e longitudinal). Por isso se diz que a madeira é anisotropa, visto suas propriedades variarem com a direção (BARRETO, 1965).

Jankowsky (1989) afirma que a madeira incha ou se contrai desigualmente, seguindo os sentidos de crescimento radial, tangencial e longitudinal, sendo que sempre o inchamento tangencial será maior que o radial, e o inchamento radial, muito maior que o longitudinal, o mesmo ocorrendo para a contração tangencial maior que a radial e a radial muito maior que a contração longitudinal.

### 2.2.5. Contração e inchamento da madeira

Por ser higroscópica, a madeira apresenta os fenômenos de contração e inchamento pela perda ou adsorção de água. A entrada de água entre as moléculas de celulose da parede celular provoca o afastamento das mesmas e, como consequência, o inchamento. O processo inverso produz a aproximação das moléculas de celulose, resultando na contração da madeira. O inchamento e a contração ocorrem pelo ganho ou pela perda de água nas paredes celulares, madeiras que possuem em abundância células de paredes espessas (alta densidade) apresentam esses fenômenos em grau mais acentuado (NOÇÕES..., 2012).

Segundo o IPT (1985), a retratibilidade é o fenômeno da variação dimensional, da madeira, quando há alteração no seu teor de umidade. O princípio da retratibilidade se deve ao fato de as moléculas de água estarem ligadas por pontes de hidrogênio às microfibrilas dos polissacarídeos que formam a madeira, e, quando estas são forçadas a sair, deixam um espaço, e as forças de coesão tendem a reaproximar as microfibrilas, causando, portanto, contração da madeira. O fenômeno da expansão ocorre de forma inversa, ou seja, quando a água adsorvida pela madeira tende a penetrar entre as microfibrilas, causando, portanto, o afastamento delas e o consequente inchamento da peça de madeira. Basset (1994) ressalta que essas ligações por pontes de hidrogênio são tão fracas que a água é facilmente liberada, quando a umidade atmosférica é reduzida, permitindo que a madeira se contraia novamente. As madeiras mais densas, por terem maior concentração de células de paredes mais espessas, tendem a absorver mais água por unidade de volume e, conseqüentemente, a expandir ou contrair mais do que aquelas de menor densidade. Em madeiras densas, mas com elevados teores de extrativos hidrófobos nas paredes celulares, entretanto, as contrações volumétricas poderão não ser muito elevadas.

Segundo Stamm (1964), a contração da madeira ocorre quando há uma redução no seu teor de umidade. Todo material higroscópico, inicialmente em estado de completa saturação por água, apresenta uma contração à medida que vai perdendo essa umidade. A contração atinge valores mais expressivos abaixo do ponto de saturação das fibras. Esta contração pode tornar-se um problema sério, pois normalmente é acompanhada por empenamentos e rachaduras nas peças.

Os defeitos mais comuns que se estabelecem durante a secagem são: fendas e rachaduras, geralmente devido a uma secagem rápida nas primeiras horas; colapso, que se origina nas primeiras etapas da secagem e muitas vezes acompanhado de fissuras internas;

abaulamento, que se deve a tensões internas as quais apresenta a árvore combinada a uma secagem irregular. No caso do abaulamento, a deformação é causada pela contração diferenciada nas três direções do corte da madeira, originando defeitos do tipo arqueamento, encanoamento, encurvamento e torcedura (SZÜCS et al, 2005).

De acordo com Rezende, Ferraz e Escobedo (1988), o inchamento (aumento do volume) se dá principalmente devido à inclusão de moléculas de água nos espaços submicroscópicos entre as micelas (feixes formados por moléculas de celulose), afastando-as e, conseqüentemente, alterando as dimensões da madeira. Por outro lado, a contração é a diminuição do volume que ocorre devido à retirada das moléculas de água destes espaços, por evaporação, ocasionando aproximação das micelas e, conseqüentemente, sua retração (AGUIAR, 1980).

A grande diferença existente na contração e inchamento nos três sentidos do crescimento se dá devido às diferenças na estrutura microscópica e submicroscópica da madeira. Razão pela qual, as dimensões no sentido longitudinal são menores comparando-as com as demais, o que é explicado por estarem nos elementos estruturais da madeira dispostos em sua maioria no sentido vertical, resultando em menor número de paredes neste sentido (ASSOCIAÇÃO..., 1985).

De acordo com Ponce (1984), em contraste com as contrações volumétricas, radiais, e tangenciais, as contrações longitudinais são negativamente correlacionadas com a densidade básica. As madeiras mais densas tendem a ter menor contração longitudinal do que as madeiras mais leves.

Estudos de Eleotério e Tomazello Filho; Bortoletto Júnior (2000) avaliaram as propriedades físicas (absorção de água e inchamento em espessura) e mecânicas de painéis MDF (Medium Density Fiberboard), produzidos em escala laboratorial, com fibras celulósicas de *Pinus spp.* Misturadas com resinas sintéticas e que prensadas a quente pelo processo seco, resultam em painéis com densidade de 500 a 800 Kg/cm<sup>3</sup>. Esses estudos mostraram que o inchamento em espessura e a absorção de água apresentaram comportamento inversamente proporcional à massa específica e teor de resina.

## **2.2.6. Retratibilidade ou contração volumétrica total**

No decorrer do processo de secagem tem-se transferência de calor do ambiente para a madeira e transferência de massa (água) da madeira para o ambiente (JANKOWSKY, 1984).

De acordo com Tomaselli (1984), basicamente existem dois tipos de fluxos quando se submete a madeira à secagem: o fluxo de calor que deve ser transferido à superfície e da superfície ao interior da madeira; e o fluxo de massa, que ocorre quando a água no estado líquido ou em forma de vapor é transferida à superfície e da superfície, em forma de vapor, ao meio secante.

Segundo Mainieri e Pereira (1965), a retratibilidade é a perda em porcentagem de volume da madeira passando do ponto de saturação das fibras ao de completamente seco. Para Lopes (1983), é o fenômeno da variação nas dimensões da madeira que ocorre quando há uma alteração no seu teor de umidade.

A intensidade com que ocorrem a contração e o inchamento da madeira é influenciada por diversos fatores como espécie, estrutura da madeira, peso específico, condições de secagem e direção considerada com relação às fibras (MAINIERI, 1989).

Dessa forma, Jankowsky (1989) afirma que a retratibilidade é um fator que sempre acarreta inconvenientes na madeira, visto que apresentam incômodos quando do uso da madeira, ocasionados por variações externas em suas dimensões, as quais quase sempre são determinadas pelas variações em seu teor de umidade. Muitas vezes a retratibilidade traz consequências negativas para a madeira seca, ocasionando defeitos como torção das fibras, rachas, fendas e colapso. Em contrapartida a secagem traz benefícios à madeira, tendo em vista a estabilização das peças e o aumento da resistência ao ataque de fungos, insetos, entre outros. A secagem é uma fase de grande importância nos processos de transformação da madeira em produtos, pois proporciona, entre outras vantagens, melhoria das características de trabalhabilidade e redução da movimentação dimensional (ANDRADE, JANKOWSKY e DUCATTI, 2001).

De acordo com Oliveira e Silva (2003) a magnitude das variações dimensionais depende de inúmeros fatores, como o teor de umidade, a direção estrutural (radial, tangencial ou longitudinal), a posição dentro da árvore, a densidade da madeira, a temperatura, o grau de estresse de secagem causada pelo gradiente de umidade, entre outros. Devido à característica anisotrópica, as mudanças dimensionais observadas na madeira são diferentes ao longo das três direções estruturais. Em geral, a contração na direção tangencial é, aproximadamente, duas vezes maior do que na direção radial; a razão entre a contração tangencial e radial (relação T/R), comumente chamada de fator de anisotropia, geralmente varia de 1,5 a 2,5, e tornou-se um índice muito importante nos estudos de contração de madeira; quanto maior essa relação, maior será a tendência ao fendilhamento e empenamento da madeira. Para usos que

envolverem estabilidade dimensional da madeira, a mais recomendada é aquela que apresentar a menor taxa T/R.

O coeficiente de retratibilidade é definido por Brasil (1983), como sendo o valor que exprime a variação da retratibilidade para cada variação de 1% na sua umidade. Este valor se encontra mais ou menos constante em cada espécie, desde o estado completamente seco até o ponto de saturação das fibras.

Segundo Panshin e Zeeuw (1970), a contração da madeira varia com a sua posição na árvore. Normalmente, as contrações transversais são menores próximas à medula (madeira juvenil), crescendo rapidamente desta para a casca, estando essa mudança relacionada à rápida redução do ângulo microfibrilar na parede celular, com o aumento do comprimento da célula e do teor de celulose.

No estudo de Carvalho (1996), a contração volumétrica aumentou com o aumento dos espaçamentos, em plantios de *Bagassa guianensis*, registrando 12,91% para o espaçamento 4 x 4m. Nesse estudo, as madeiras mais resistentes ou mais densas mostraram uma contração volumétrica maior, apesar de, estatisticamente, não terem ocorrido diferenças significativas.

Menezzi, Nahus e Souza (2001) estudaram a eficiência de um método combinado de desdobro e secagem (serrar-secar-ressecar - SSR) e o método convencional, na madeira de duas espécies (*Eucalyptus grandis* e *E. cloeziana*), para obtenção de madeira destinada à produção de painéis colados lateralmente. O método SSR reduziu a frequência e a intensidade do arqueamento nas peças de ambas as espécies. Enquanto para o encurvamento, o método reduziu a frequência, mas não teve efeito ou aumentou sua intensidade como em *E. grandis*. O método SSR reduziu em até 62% a porcentagem de peças rejeitadas.

#### 2.2.6.1. Variação da contração em relação à altura comercial

Segundo Barrichelo (1992), do ponto de vista da utilização tecnológica da madeira, torna-se importante o estudo da variação individual e o diagnóstico da variabilidade dentro da árvore, tanto no sentido radial (medula-alburno) quanto no sentido longitudinal (base-topo). As possíveis alterações na contração têm merecido a atenção de alguns pesquisadores.

Estudos demonstram existir correlação entre a variação da contração em diferentes alturas da árvore, por exemplo, Mattos et al. (1999), estudando a retratibilidade nas posições da altura comercial (base, 50% e 100%), e nos sentidos radial, tangencial e longitudinal, da madeira de *Terminalia ivorensis*, observaram que a retratibilidade foi alta, quando

compararam com outras literaturas; para a espécie, os valores apresentados em média foram: longitudinal- 0,2%; radial- 4,6%; tangencial- 5,8%; e volumétrica- 10,5%, sendo o coeficiente de anisotropia igual a 1,3%, considerado menor.

Trugilho e Vital (1996), determinando a variação dimensional da madeira de *Eucalyptus Maculata*, *E. grandis*, *E. pellita*, *E. tereticornis*, *E. urophylla*, *E. cloeziana*, *E. camaldulensis* e *E. resinifera* em várias idades, na base e no DAP da árvore verificaram que a contração volumétrica da base em relação ao DAP diminui com a idade da madeira, relacionando este fato à diminuição da proporção de madeira juvenil com o aumento da idade da madeira, verificando também que a contração volumétrica foi sempre maior na base, para as espécies estudadas, exceto para *E. maculata* aos sete e aos nove anos de idade.

MUÑIZ (1993), estudando *Pinus taeda*, a propriedade de retratibilidade determinada para os lenhos juvenil e adulto das duas espécies, confirma as diferenças existentes entre os mesmos. As contrações volumétricas, tangencial e radial, aumentaram no sentido medula-casca, diminuindo com a altura; a contração longitudinal e anisotropia de contração apresentaram uma relação inversa das anteriores. As contrações volumétricas máxima, radial e tangencial mostram alta correlação com a massa específica, já a contração longitudinal e a anisotropia de contração apresentam uma correlação inversa em relação à massa específica.

#### 2.2.6.2. Variação da contração em relação ao espaçamento

De acordo com Carvalho e Carvalho (2002), o espaçamento é uma variável, dentre as que atuam sobre o crescimento, que pode ser controlada pelo silvicultor, desempenhando um papel muito importante quando se deseja produzir madeira de boa qualidade.

Assim, existem pesquisas voltadas para avaliar o comportamento da madeira plantada em diferentes espaçamentos, principalmente, sobre as características anatômicas, físicas e mecânicas de espécies florestais. Nesse sentido, Silveira et al. (1999), avaliando o efeito do espaçamento (6,0 x 2,0; 6,0 x 3,0; 6,0 x 4,0m) sobre as contrações totais nos planos radial, tangencial, longitudinal e a contração volumétrica total da madeira de 12 clones híbridos naturais de *Eucalyptus*, divididos em grupos de 1 a 6 e 7 a 12, verificaram que a contração tangencial dos clones 1 ao 6 e a contração longitudinal dos clones 7 ao 12 foram significativas. Quanto à interação clone x espaçamento, os 2 grupos de clones apresentaram comportamentos diferenciados: os clones 1 a 6 apresentaram interação clone x espaçamento



apenas para a contração longitudinal; e os clones 7 a 12 apresentaram interação significativa para as contrações tangencial, longitudinal e volumétrica.

Um estudo sobre a influência do espaçamento de plantio (3m x 3m, 3m x 4m, 4m x 4m) de *Eucalyptus saligna*, aos 9 anos de idade, no rendimento em madeira serrada, nas condições verde e seca, mostrou que houve uma maior intensidade de rachamentos após o desdobro no espaçamento 3m x 4m, enquanto que o índice de rachamento após a secagem apresentou maior valor médio no espaçamento 3m x 3m, e o melhor desempenho cumulativo com a menor perda de material serrado foi observado no espaçamento 4m x 4m (MIRANDA e NAHUZ, 1999).

Carvalho e Carvalho (2002), estudando a influência do espaçamento nas características físicas da madeira de *Bagassa guianensis* Aubl. (Tatajuba) no Planalto de Belterra, Pará, constataram que as contrações (radial, tangencial e volumétrica) se elevaram com o aumento dos espaçamentos, contudo não apresentando diferenças significativas para essas variáveis, a 95% de probabilidade. Esses resultados, segundo o autor, foram confirmados, também, por Ferreira (1972) e Lemos (1981), que relataram que as madeiras mais densas apresentam maiores contrações que as menos densas.

#### 2.2.6.3. Variação da contração em relação ao ambiente

É fato conhecido que a madeira se movimenta ou trabalha, isto é, retrai ou incha, de acordo com a umidade relativa ambiental (Galvão e Jankowsky, 1985). A alteração natural nas dimensões da madeira é determinada pela umidade do ambiente. Fernandes, Saraiva Filho e Ferreira (1983) apresentaram resultados parciais sobre o estudo da contração volumétrica da madeira roliça com casca de *Eucalyptus saligna*, em diferentes intervalos de estocagem, indicando que ocorreu uma retração volumétrica, medida em esterres, em 5% após 150 dias do abate. Os autores correlacionaram a variação com as condições ambientais.

Oliveira et al (2006), avaliando a caracterização mecânica e a contração da madeira de *Sclerolobium paniculatum* var. *subvelutinum* Voguel, cultivado em um plantio homogêneo sob diferentes níveis de adubação, observou que os diferentes níveis de adubação aplicados, nesses plantios, não interferiram, de forma significativa, nas propriedades mecânicas e de contração da madeira dessa espécie.

#### 2.2.6.4. Variação da contração em relação às espécies

As características de retração da madeira são bastante diferentes entre as espécies, dependendo do modo de condução da secagem e do próprio comportamento da madeira, o que leva ocasionalmente a alterações da forma e à formação de fendas e empenos. Nesse sentido, precauções especiais devem ser tomadas nas situações em que se exige a estabilidade da madeira.

Assim, pesquisas visando aumentar o arcabouço de informações das mais variadas espécies têm sido desenvolvidas na tentativa de reduzir a utilização de material sem, previamente, ser estudada. Loureiro et al. (2000), por exemplo, realizou levantamento com espécies de madeiras amazônicas e encontrou para *Schizolobium amazonicum* valores médios para contração tangencial, radial e volumétrica de 6,1%, 2,4% e 9,0%, respectivamente. Para utilização de material com esse padrão de contração, a madeira pode ser indicada. Neste estudo, não foi informada a procedência e a idade das árvores.

Trugilho e Vital (1996), determinando a variação dimensional da madeira de eucalipto em várias idades, na base e no DAP da árvore, observaram que a contração radial não sofreu muita variação da base para o DAP, principalmente nas espécies de maior idade. Observaram também que as contrações tangencial e radial, da base em relação ao DAP, diminuem com a idade da madeira. Verificaram ainda que a contração longitudinal é praticamente a mesma nas duas posições, afirmando que a variação ocorrida neste sentido não sofre influência da madeira juvenil, graças ao arranjo dos elementos anatômicos.

Vasconcellos et al. (2001), em estudo sobre as características tecnológicas da madeira, realizado com espécies madeireiras utilizadas nas indústrias do Estado do Maranhão (25 espécies, 22 gêneros e 16 famílias), obtiveram resultados para contração tangencial variando entre 4,5% (*Torresea acreana*) e 12,6% (*Planchonella pachycarpa* e *Vochysia vismiaefolia*); radial variando entre 3,08% (*Nectandra rubra*) e 7,52% (*Manilkara huberi*) e volumétrica variando entre 8,6% (*Torresea acreana*) e 18,44% (*Tabebuia serratifolia*).

Com o objetivo de avaliar o potencial para usos múltiplos de madeira de *Grevillea robusta*, Pereira, Schaitza e Baggio (2000), em plantios ao norte do Paraná, encontraram 11,6% de contração volumétrica total, 0,2% de contração linear no sentido longitudinal, 3,4% no sentido radial e 7,9% no sentido tangencial, assim como um coeficiente de anisotropia de 2,3.

A contração ou inchamento no sentido tangencial é maior em madeiras com porosidade em anel acentuada, pois o movimento é mais facilmente transferido para o exterior pelo lenho outonal, enquanto o movimento radial é em parte absorvido pelo lenho primaveril poroso (LEMOS, 1981).

Palma e Ballarin (2003), em estudo da variabilidade das contrações radial, tangencial, longitudinal e volumétrica entre a madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda*, verificaram que os valores da contração radial, tangencial e volumétrica, foram menores e mais variáveis na madeira juvenil, apresentando os valores médios (radial, 4,84%, tangencial, 7,42%, longitudinal, 0,41% e volumétrica, 12,26%), enquanto para madeira adulta (radial, 6,43%, tangencial, 7,89%, longitudinal, 0,47% e volumétrica, 14,20%). A contração longitudinal não apresentou diferenças entre os dois tipos de lenho.

No estudo de Costa, Ohashi e Daniel (1995) sobre a espécie pau-rosa (*Aniba rosaeodora*, Ducke), os valores encontrados para a contração radial, tangencial e volumétrica foram 4,6%, 7,0% e 12,1%, respectivamente.

O efeito da secagem a altas temperaturas em algumas propriedades físicas da madeira de *Araucaria angustifolia*, em condições de secagem a 20°C a 65%U.R. (amostras de controle) e 140°C e 180°C. Teve resultados a 20°C, 140°C e 180°C, respectivamente, contração radial (2,37%, 2,96% e 3,10%) e contração tangencial com valores (3,56%, 4,26%, 4,32%). Os autores perceberam que, à medida que se aumentou a temperatura, houve um aumento da contração nos sentidos radial e tangencial (OLIVEIRA e TOMASELLI, 1981).

Santos, Jankowsky e Andrade (2003), estudando a combinação da secagem natural com a secagem convencional e o momento mais adequado para a transição entre processos para a madeira de *Eucalyptus grandis*, determinando experimentalmente a sua curva característica de secagem, comprovaram que a madeira é impermeável ao fluxo de líquidos e que é possível, com base na curva, sugerir a interrupção da secagem ao ar, quando a madeira estiver com um teor de umidade entre 35% e 40%, iniciando-se a secagem artificial.

Com o propósito de estudar as características da madeira de *Ateleia glazioveana* e identificar oportunidades para seu uso, Mattos, Teixeira e Sales (2000) determinaram valores para contração longitudinal de 0,4 %, radial 5,9 %, tangencial 10,4 % e volumétrica 16,8 %. Santana, Eiras e Pastore (2001), avaliando a madeira de 4 clones de *Hevea brasiliensis*, encontraram valores de 5,0 a 5,6% para contração tangencial, 1,8 a 2,4% para contração radial, e 7,4 a 7,5% para contração volumétrica.

Costa, Vale e Gonzalez (2001), buscando alternativas de uso para um resíduo de origem petrolífera “LCO” (Liquid Cycle Oil), avaliaram a capacidade de aumentar a

estabilidade dimensional em 3 eixos anatômicos, das madeiras de pinus e bracatinga. Os resultados mostraram que não houve variação significativa da contração e inchamento máximos entre as amostras tratadas e as testemunhas, para as espécies. No entanto, houve redução no coeficiente de retratibilidade, com o aumento da concentração de LCO, para as espécies. Os coeficientes de retratibilidade e anisotropia da bracatinga foram superiores aos do pinus, apesar da diferença não significativa entre as amostras tratadas e as testemunhas, indicando ter havido uma variação mínima entre as faces tangencial e radial.

Iwakiri et al. (2001) avaliaram o potencial de utilização de 6 espécies de pinus (*Pinus caribaea*, *P. chiapensis*, *P. maximinoi*, *P. oocarpa*, *P. tecunumannii* e *P. taeda*) para produção de painéis compensados, a partir de 5 lâminas confeccionadas com resinas ureia-formaldeído e fenol-formaldeído. Os resultados de inchamento e recuperação em espessura foram estatisticamente iguais entre as espécies estudadas, com exceção para inchamento em espessura das chapas coladas com resina fenol-formaldeído.

#### 2.2.6.5. Variação da contração em relação à procedência

As características tecnológicas da madeira de uma mesma espécie variam com a procedência, a idade e o sítio, contribuindo para uma grande amplitude de variação nas propriedades físico-mecânicas, o que demanda a realização de estudos com indivíduos em situações específicas (LADRACH, 1986).

No entanto, em razão do desconhecimento tecnológico por parte dos usuários da madeira, bem como da necessidade de um retorno antecipado de quem a produz, é comum o comércio de madeira de árvores jovens com uma grande percentagem de madeira juvenil, cuja participação no diâmetro do tronco depende da idade e de outros fatores que condicionam o ritmo de crescimento (VIVIAN et al., 2010).

Severo e Tomaselli (2001) analisaram o efeito da pré-vaporização na contração volumétrica em madeira de duas procedências de *Eucalyptus dunnii*. Utilizaram dois grupos, sendo um grupo mantido como controle e o outro pré-vaporizado a 100°C/100% de umidade relativa (UR), durante 30 minutos. Depois, todos os corpos-de-prova foram recondicionados a 100°C/100% de umidade relativa durante 2½ horas. A pré-vaporização demonstrou aumentar a contração volumétrica total. De acordo com os autores, esse aumento pode ser atribuído à ocorrência de colapso, que foi recuperável com o recondicionamento da madeira.

## 2.3 CARACTERÍSTICAS SILVICULTURAIS

### 2.3.1. Qualidade da madeira

No passado, os objetivos do melhoramento e da silvicultura estavam focados principalmente para a maximização do volume de fuste comercializável, enquanto que a qualidade da madeira era considerada apenas superficialmente. Atualmente, mais esforços estão sendo direcionados para entendimento dos efeitos genéticos e de manejo sobre as propriedades das fibras e da madeira (DOWNES et al., 1999).

De acordo com Trugilho et al. (1990), nos últimos anos tem sido verificado um intenso desenvolvimento das espécies em tecnologia da madeira, procurando atender as necessidades do setor madeireiro, especialmente aquelas relacionadas com a qualidade da matéria-prima. Esta qualidade representa a adequação da matéria-prima para determinado uso ou conjunto de usos.

Para melhorar as características de crescimento e tecnologia dos povoamentos, utilizam-se dois procedimentos, um visa selecionar a densidade através de árvores matrizes, a partir das quais são obtidas sementes ou material vegetativo, e o outro procura atingir o ganho genético previsto pela seleção através de progênies (SHIMOYAMA e BARRICHELO, 1989).

Barbosa e Garrido (1990), analisando a viabilidade da criação de gado bovino associado a plantações de *Pinus*, com diferentes densidades de árvores por hectare, observaram que a qualidade da madeira obtida em termos de dimensões, em povoamentos menos densos, é muito superior a dos povoamentos mais densos, dando oportunidade à execução do corte final mais cedo.

Outra prática considerada para obtenção de melhor qualidade da madeira é a desrama. A remoção dos ramos vivos ou mortos da parte mais inferior do tronco de árvores jovens é uma prática silvicultural denominada poda ou desrama. Os galhos, além das funções benéficas que desenvolvem na árvore, como a sustentação da biomassa verde, translocação da seiva, entre outros, podem constituir sérios prejuízos à qualidade da madeira (SHIMOYAMA e BARRICHELO, 1989). Entre as implicações mais diretas da desrama sobre os aspectos de qualidade da madeira para a produção de celulose, destacam-se a produção de madeira com menor quantidade de nós e o aumento na proporção de lenho tardio, aumentando a densidade básica.

Para determinados fins, a madeira pode ser considerada de boa qualidade, como é o caso da madeira utilizada para produção de pastas, que, conforme Bampi (1991), está associada diretamente com a densidade básica, sendo admissível o emprego de madeiras com nós, diâmetros reduzidos, resíduos de reflorestamento e do processamento mecânico.

#### 2.3.1.1. Qualidade da madeira em relação às características silviculturais

Zobel (1992) afirma que qualquer alteração do padrão de crescimento de uma árvore, resultante ou não de intervenções silviculturais, pode causar variações na qualidade da madeira, sendo que não é possível prever em que sentido estas variações ocorrerão. A adoção de um espaçamento maior no plantio evita mudanças abruptas nas condições de luminosidade, umidade e competição entre árvores, evitando súbitas alterações na qualidade da madeira.

Alguns autores constataam que determinadas práticas silviculturais influenciam na qualidade da madeira. Glufke, Finger e Schneider (1997) analisaram o crescimento em volume de um povoamento de *Pinus elliottii*, submetido a três níveis de desbaste com base na área basal da parcela testemunha não desbastada. Avaliaram as áreas basais máxima, ótima e crítica, a relação hipsométrica e o desenvolvimento dos incrementos corrente anual, médio anual e periódico do volume. Como resultado, obtiveram um grau de estoqueamento crítico que variou de 0,76 para o período de 7,5-10,5 anos a 0,91 para o período de 19,5 a 25,5 anos, e a partir daí houve um decréscimo para o período total de estudo. Houve perda de qualidade da madeira em relação às características silviculturais.

Nutto (2001) analisou o potencial do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* em diferentes sítios, visando à produção de madeira de alta qualidade em árvores pré-selecionadas. O método usado foi baseado na projeção horizontal da copa da árvore individual. O estudo mostra que existe uma estreita relação entre a largura da copa e o DAP, e que existe uma estreita correlação entre o crescimento em diâmetro e a qualidade do sítio, pois a expansão máxima da copa depende da qualidade deste, indicando que ele deve ser considerado como fator limitante para favorecer o crescimento.

#### 2.3.1.2. Qualidade da madeira em relação às características genéticas

É comum empresas trabalharem em segmentos de produtos e sistemas produtivos adaptados a florestas pré-existentes, normalmente implantadas para outras finalidades que não

as desejadas. Os resultados são os baixos níveis de rendimento e da qualidade dos produtos finais.

Nesse sentido, Adorno e Garcia (2003) analisaram as propriedades tecnológicas da madeira relacionadas com as tensões de crescimento, através das correlações lineares entre características tecnológicas da madeira, de propriedades físicas e mecânicas, utilizando clones de *Eucalyptus grandis* e de *E. urophylla*. Os clones não apresentaram bons resultados para todas as características, simultaneamente, e as duas espécies mostraram-se discrepantes entre as diversas correlações efetuadas. Os autores afirmam que há necessidade de estabelecer prioridades para a condução de programas de melhoramento genético e que não se podem extrapolar os resultados obtidos de uma espécie para outras do mesmo gênero.

Souza Junior e Sansígolo (2002), estudando o comportamento de nove árvores de *Eucalyptus grandis* na polpação Kraft-AQ, observaram que a qualidade da madeira e polpação estão na faixa de valores frequentemente encontrados para *Eucalyptus grandis*, sendo que a característica marcante da espécie é o alto rendimento de polpação associado ao baixo teor de lignina residual na polpa.

### 2.3.1.3. Qualidade da madeira em relação às características fenotípicas

Ferreira (1994) e Pásztor (1975) ressaltam que o *E. urophylla* e seus híbridos têm sido utilizados em razão do seu desenvolvimento em regiões tropicais, pela qualidade da madeira para carvão, celulose e serraria e pela sua resistência ao fungo *Cryphonectria cubensis*. O *E. urophylla*, pela sua variabilidade fenotípica, pode assumir uma posição estratégica no melhoramento genético em áreas com vocação para a silvicultura intensiva clonal. A utilização de clones resistentes a doenças e ao déficit hídrico, com alta produtividade e homogeneidade da madeira, constitui, atualmente, a base de novos povoamentos florestais.

Assim, Caixeta et al. (2002), avaliando a qualidade da madeira após a secagem natural e a identificação dos fenótipos mais promissores em povoamentos de *Eucalyptus*, obtiveram resultados por fenótipo para o rachamento (16,06%), encurvamento (0,105%), encanoamento (3,125%), nó (0,018%) e quino (0,158%). Classificados em três classes de qualidade, somente os fenótipos da classe I foram considerados mais indicados para o estabelecimento de um programa de melhoramento, uma vez que apresentaram baixos percentuais de defeitos em relação aos demais.

Em estudos realizados por Ruy, Ferreira e Tomazello Filho (2001), foram verificados os parâmetros de qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla*, agrupados pelas características silviculturais e botânicas, em 4 grupos fenotípicos, mostraram que as características fenotípicas de cada grupo não têm relação com as variações de qualidade da madeira. Com base nos resultados, sugeriram que na seleção de clones superiores de *E. urophylla* sejam incluídos os parâmetros de qualidade da madeira juntamente com os fenotípicos.

#### 2.3.1.4. Crescimento e produção da madeira em relação ao espaçamento

O espaçamento é uma das variáveis, dentre as que atuam sobre o crescimento de um povoamento, que pode ser controlada eficientemente pelo silvicultor, desempenhando um papel muito importante quando se deseja produzir madeira de boa qualidade (BERGER, 2000). De acordo com Vale et al. (1982), além de ter influência marcante na produção, o espaçamento afeta significativamente os custos de implantação, manutenção e exploração da floresta e pode afetar a qualidade da madeira produzida (WEHR, 1982).

Em ensaio conduzido por Rondon (2002), sobre produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum*, sob diferentes espaçamentos, aos 60 meses de idade, foram avaliados a altura total, o diâmetro à altura do peito, o número de plantas danificadas pelo vento e a produção de biomassa da parte aérea. O aumento da densidade populacional promoveu redução da altura e diâmetro das árvores. Os espaçamentos 4 x 3 m e 4 x 4 m proporcionaram maiores crescimentos. Devido à espécie ser sensível ao vento forte, o autor recomenda que se adotem medidas preventivas no início da implantação do reflorestamento. A produção de biomassa total da parte aérea concentrou-se principalmente no tronco da árvore.

Coelho, Melo e Simões (1970), estudando diferentes espaçamentos para *Eucalyptus grandis*, concluíram que a menor competição entre as árvores resulta em menor porcentagem de dominadas e conseqüente maior uniformidade do povoamento, com reflexos favoráveis ao volume aproveitável final. Os autores verificaram também que, apesar de não encontrarem influência dos espaçamentos sobre o crescimento em altura das árvores, foi constatada uma correlação positiva entre diâmetro e altura. O espaçamento mais amplo favoreceu o crescimento em diâmetro, concorrendo para uma maior altura das árvores, resultando em uma altura média mais elevada.



Melo (1971), estudando a influência do espaçamento na produção da madeira de várias espécies de Eucalipto, concluíram que houve um maior rendimento em madeira seca para todas as espécies utilizadas, no espaçamento mais amplo.

A previsão do crescimento de uma floresta, através de curvas de projeção do desenvolvimento em diâmetro, altura e volume, é a condição básica em qualquer processo de planejamento racional. Dessa forma, é de interesse para o manejador conhecer o efeito da aplicação de técnicas silviculturais, como o controle do espaçamento, intensidade de desbaste e adubação, além de informações sobre o estoque presente e suas mudanças com o tempo (BERGER, 2000).

De acordo com Silveira et al. (1999), um crescimento satisfatório das árvores deve ser alcançado para se obter madeira de dimensões mais adequadas para serraria. Neste sentido, espaçamentos mais amplos podem ser mais adequados. Sendo assim, os efeitos proporcionados pelo aumento do espaçamento sobre as variações dimensionais da madeira e sua interação com os clones devem ser avaliados e considerados, para que seja possível obter madeira com melhor qualidade e proporcionar maiores ganhos genéticos com a seleção.

A competição entre plantas em busca de luz, teoricamente, é muito mais intensa nos espaçamentos mais reduzidos, em função da necessidade de a árvore ampliar ao máximo a superfície foliar e cobrir sua necessidade de assimilação, estimulando, assim, o crescimento em altura (SILVA, 1990).

Assis (1999), estudando o comportamento de *E. urophylla* em função de diferentes espaçamentos, encontraram maior altura aos 49 meses de idade para as árvores pertencentes aos espaçamentos mais reduzidos (3 x 2 m), concluindo este fato ser devido à maior competição e conseqüente busca por luz.

Garcia; Corradine; Alvarenga (1991) testaram a influência de vários espaçamentos sobre as características da madeira de *Eucaliptus grandis* e *E. saligna* e encontraram diferenças entre as espécies e o espaçamento no DAP, altura e produtividade, havendo ainda um acréscimo no DAP e altura, com o aumento do espaçamento, com uma mesma espécie. A espécie *E. grandis* obteve maior produtividade que o *E. saligna*. Os melhores espaçamentos para *E. grandis* foram 3m x 1m e 3m x 1,5m, e para *E. saligna* foi 3m x 2m.

No entanto, diversos trabalhos confirmam a diminuição em altura média com o uso de espaçamentos menores e comentam a existência de controvérsias em relação à influência do espaçamento sobre o crescimento em altura das árvores (BALLONI e SIMÕES, 1980b; LOPEZ-APARICIO, 1995).

Ladeira et al. (2001), determinando a produção e a distribuição de matéria em plantas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* e *E.urophylla*, estabelecidas nos espaçamentos 3 x 1,5m, 3 x 3m e 3 x 4m, verificaram que o espaçamento a ser adotado na implantação deve variar com a espécie e com o uso pretendido da madeira. Os autores afirmam que o espaçamento 3 x 1,5m não é recomendado para *E. camaldulensis* na região de cerrado, sendo recomendado para *E. pellita* e *E.urophylla*, que apresentaram maior produção de biomassa por unidade de área. Afirmam, ainda, que, de uma forma geral, houve aumento na proporção de plantas com diâmetros maiores, com o aumento do espaçamento. Leles et al. (2001), estudando o crescimento, a produção e a alocação de matéria seca em espécies de *Eucalyptus sp.*, em vários espaçamentos, observaram que para a espécie *E. camaldulensis* a altura média foi maior nos espaçamentos mais amplos, diminuindo com o adensamento do plantio. Entretanto, para *E. pellita*, não houve correlação. Os maiores valores de DAP, para ambas as espécies, foram obtidos em espaçamentos mais amplos. Com a ampliação dos espaçamentos, houve um aumento na produção de biomassa da madeira e parte aérea por árvore, no entanto maior produção de madeira por hectare foi obtida no espaçamento 3 x 2 m, decrescendo com o aumento do espaçamento.

Souza (1995) sugere maior espaçamento para plantios comerciais de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa* estudados em seu trabalho, visto que a produção total praticamente não diferiu dos menores espaçamentos. Além disso, as árvores pertencentes aos espaçamentos mais amplos responderam mais a um desbaste ocorrido aos 14 anos no plantio, do que aquelas pertencentes aos menores espaçamentos.

Berger et al. (2002), estudando o efeito de 3 espaçamentos e da adubação sobre o crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna*, verificaram que os tratamentos de mesmo espaçamento apresentaram tendências de crescimento iguais para todas as variáveis estudadas. O espaçamento teve influência marcante no crescimento em diâmetro e volume comercial sem casca por árvore. Enquanto que, para a variável altura, apenas as árvores do menor espaçamento mostraram tendência de diminuição do crescimento em altura média no tempo, porém a produção em volume comercial sem casca por hectare foi menor para os tratamentos que constituíam o maior espaçamento, sendo que, praticamente, não diferiu entre os dois menores.

Alguns autores citam que existe uma tendência de aumento da mortalidade das árvores em plantios mais densos (SILVA, 1990; COUTO, 1977; BALLONI e SIMÕES, 1980a; SOUZA, 1995), porém Schonau (1974) afirmou que a mortalidade foi independente do espaçamento utilizado no plantio.

Monteiro, Cordeiro e Kikutti (1984), testando diferentes espaçamentos em plantios de *Eucalyptus dunnii*, constataram que o maior espaçamento (3,0 x 3,0m) apresentou maior desenvolvimento em diâmetro e o menor espaçamento (2,0 x 2,0 m) apresentou menor desenvolvimento. A altura foi pouco influenciada pelo espaçamento. A área basal foi maior no espaçamento 2,5 x 1,7 m, com 25,55 m<sup>2</sup>/ha, valor muito próximo ao obtido no espaçamento 3,0 x 3,0 m, que foi de 23,55 m<sup>2</sup>/ha, apesar de este último apresentar cerca de 2,11 árvores por hectare a menos que o espaçamento anterior.

Melo; Mascarenhas Sobrinho; Simões (1972), estudando a influência do espaçamento na produção de madeira industrial de *Eucalyptus grandis* em ciclos curtos, concluíram ser o maior espaço entre plantas (3 x 2 m) mais aconselhável para esta espécie. Uma das razões foi o maior rendimento de massa seca (t/ha) neste espaçamento, comparado a 3 x 1,5m.

Gorgulho (1990) concluiu que o desempenho médio das progênes estudadas correlacionou-se positivamente com o aumento do espaçamento, em relação às características de crescimento e sobrevivência, ressaltando que o espaçamento 3 x 2 m (maior espaçamento), foi considerado o mais adequado, não somente pelo desempenho que proporcionou, mas também pela facilidade de manejo, exploração e menor custo de implantação.

Campos et al. (1990) indicam o maior espaçamento estudado (3 x 2m), quando a utilização da madeira for para celulose ou energia, compatibilizando a produção de árvores de dimensões mais adequadas a uma maior produção por unidade de área na idade de corte.

### 3 MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é pertencente à empresa Tramontina S/A e está localizada no Município de Aurora do Pará, Estado do Pará, situada no paralelo 2°10' de Latitude Sul e 47°34' de Longitude Oeste. O acesso principal é feito pela BR 010, km 63, distante, em linha reta, 200 km da capital do Estado. A altitude é de aproximadamente 50 m, e os ventos dominantes são de NE (SEPLAN, 1993). Segundo Cordeiro (2007), a área apresenta diferentes sistemas de plantio, servindo para diversos estudos relacionados à recomposição de área alterada por pastagens. O campo experimental tem área de 1.043 ha e está situado entre as coordenadas 2°10'00" latitude sul e longitude 47°32'00" w, e seu acesso principal é feito pela BR-010, distante em linha reta 210 km da cidade de Belém, capital do Estado do Pará.

#### 3.2 TIPO DE VEGETAÇÃO

O Pará possui um ambiente ecológico bastante diversificado. De um modo geral, apresenta uma vegetação que varia desde a Floresta Equatorial Perenifólia até a Subcaducifólia, existindo também pequenas áreas de savanas (SUDAM, 1993).

A vegetação dominante na década de cinquenta era de floresta densa, onde havia o predomínio de algumas espécies florestais como: angelim (*Hymenolobium sp.*), abiurana (*Franchetella sp.*), matamatá-branco (*Eschwweilersa coriaceae*) e breu (*Protium tenuifolium*), assim como existiam áreas antropizadas pelo extrativismo vegetal ou para o estabelecimento de pastagem (RADAMBRASIL, 1973). Atualmente, nessa área, que abrange 735 ha, existem mais de quatrocentas e cinquenta mil plantas de 16 espécies, entre as quais se destacando o ipê (*Tabebuia sp.*), o freijó (*Cordia goeldiana*), o jatobá (*Hymenaea courbaril*), o mogno (*Switenia macrophylla*) e o paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) (CORDEIRO, 1999).

### 3.3 CLIMA, SOLO E TOPOGRAFIA

De acordo com SUDAM (1993), o clima da região, conforme a classificação de Köppen, está no grupo A, apresentando três subtipos climáticos: Af, Am e Aw. Este grupo é caracterizado por climas tropicais quentes e úmidos, sem estação fria, com chuvas periódicas. Apresenta temperatura média anual entre 25 a 27° C. A precipitação pluviométrica anual varia entre 2.250mm e 2.500mm, distribuída de maneira a caracterizar duas épocas distintas: a mais chuvosa e a menos chuvosa, sendo que sua maior concentração (cerca de 80%) se dá entre os meses de janeiro e junho. A umidade relativa do ar atmosférico apresenta valor médio de aproximadamente 80% (INSTITUTO..., 2011).

As condições de relevo do Estado do Pará são muito variadas, encontrando-se áreas praticamente planas nos terraços e aluviões, até áreas onde as altitudes variam entre 500 a 800 metros. A geologia é caracterizada por materiais, cujas origens se encontram variando desde o Quaternário até o Pré-Cambriano (SUDAM, 1993).

Segundo Cordeiro (1999), de acordo com pesquisas realizadas pela empresa, o solo da área de estudo é do tipo Latossolo Amarelo, de textura variável, possuindo baixo teor de matéria orgânica e alta lixiviação. De acordo com Silva e Carvalho (1986) os solos da Amazônia Oriental são caracterizados por apresentar solos profundos de textura variando entre média a muito argilosa, bem drenados porosos e permeáveis, apresentando seqüência de horizontes do tipo A, B, e C, tendo baixa relação textural e pouca diferenciação entre os horizontes. O relevo desta unidade pedológica está inserido no planalto rebaixado da Amazônia.

### 3.4. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ESPÉCIE

Nome Científico: *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke

Família: Leguminosae- sub-família Caesalpinioideae

Nome comum: Paricá

Outras denominações: também conhecido na Amazônia por bandarra, pinho cuiabano, guapuruvu-da-amazônia, paricá-grande-da-mata.

A espécie ocorre na Amazônia, com maior frequência nos estados do Amazonas, Mato Grosso e Pará. Habita, comumente, as matas primárias e secundárias da terra firme, em solo argiloso (LOUREIRO et al., 2000).

### **3.4.1 Características gerais da árvore**

Árvore de porte médio a grande das florestas secundárias, com grandes sapopemas e poucos galhos. A casca é dura e lisa, com carreiras verticais de lenticelas. As folhas são bipinadas com folíolos que se fecham quando são perturbados. É uma espécie decídua e produz vistosas flores amarelas. Os frutos são deiscentes contendo uma só semente alada (PARROTA; FRANCIS; ALMEIDA, 1995). De acordo Venturieri (2000), a copa é amplamente ramificada, e a árvore tem longevidade curta (40-60 anos), se comparada a outras espécies da floresta primária. Loureiro et al. (2000) descrevem a árvore com fuste cilíndrico, retilíneo, atingindo até 50cm de diâmetro; casca delgada de cor esverdeada quando jovem e mais espessa, rugosa, com cheiro característico, quando adulta.

### **3.4.2 Características gerais da madeira**

De acordo com Loureiro et al. (2000), a madeira possui densidade baixa, cerne de tonalidade creme avermelhada, distinto do alburno de cor creme-claro; grã direita a irregular; textura grossa; cheiro e gosto não pronunciados. Os autores descreveram macroscopicamente a espécie:

Parênquima axial visível a olho desarmado, paratraqueal, vasicêntrico, aliforme simples de aletas curtas, confluentes e em finas linhas concêntricas afastadas.

Poros visíveis a olho nu, pouco numerosos, pequenos a grandes, solitários, predominantes, múltiplos de 2-3, ocasionalmente 4, vazios. Linhas vasculares longas e retas, distintas a simples vista.

Raios no topo distintos sob lente, finos e regularmente espaçados; na face tangencial são baixos e irregularmente distribuídos; na radial, são contrastados. Camadas de crescimento pouco evidenciadas, possivelmente associadas às linhas finas do parênquima marginal.

Usos: a madeira é comumente utilizada na fabricação de canoas, palitos de fósforo, saltos de calçados, embalagens leves, brinquedos, papel, miolo de painéis e portas, maquetes etc.

### 3.4.3 Por que foi selecionada a espécie *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke?

Há poucos anos, a espécie era pouco conhecida comercialmente. Após anos de exploração intensiva, houve uma redução nas áreas de florestas nativas desta região, tornando-se cada vez mais distante a fonte de matéria-prima para o abastecimento local. Atualmente, a espécie vem sendo muito utilizada na região por empresas madeireiras, que por lei são obrigadas a fazer a reposição florestal, além de ser grande a sua importância para a recuperação de áreas degradadas e fechamento de clareiras abertas naturalmente, sendo cultivada nas áreas alteradas pela agricultura itinerante e pecuária, no Estado do Pará, objetivando fornecer matéria-prima para as indústrias de laminados dessa região. Dessa forma, se faz necessário o estudo do paricá, pelo fato de ser uma espécie de rápido crescimento e promissora para garantir a matéria-prima com vista à fabricação de compensados e laminados.

## 3.5 AMOSTRAGEM E OBTENÇÃO DOS DADOS

A pesquisa foi realizada em dois estudos, designados de Estudo I e Estudo II em três etapas: a coleta de dados, realizada na área de plantios da empresa Tramontina S/A em Aurora do Pará; a realização dos testes no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais – LTPF da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA e no Laboratório de Botânica da Embrapa em Belém; e o processamento de dados e análise de resultados no Departamento de Ciências Florestais da UFRA.

Os dados foram coletados na plantação de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke, onde foram montadas duas parcelas para cada estudo, desprezando o efeito de bordadura, e retiradas 4 árvores para cada estudo, sendo 8 árvores por estudo, perfazendo um total de 16 indivíduos.

Nos dois estudos, foram escolhidas as melhores árvores do povoamento em relação à qualidade fenotípica do fuste e maiores diâmetros.

### 3.5.1 Estudo – I

Para este estudo foram retiradas amostras de plantios de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke com espaçamentos (4 x 2 m e 4 x 3 m), com idade de 7 (sete) anos, onde se verificou as características anatômicas e físicas da madeira, tendo como variáveis de respostas analisadas:

- 1) Diâmetro dos poros da madeira;
- 2) Comprimento das fibras da madeira;
- 3) Largura das fibras da madeira;
- 4) Espessura das fibras da madeira;
- 5) Densidade básica da madeira;
- 6) Contração volumétrica total;
- 7) Contração linear longitudinal;
- 8) Contração linear tangencial;
- 9) Contração linear radial.

Foram estabelecidas duas parcelas, uma medindo 144 m<sup>2</sup> para o espaçamento 4 x 2 m (Figura 01) e a outra de 288 m<sup>2</sup> para o espaçamento 4 x 3 m (Figura 02), em Delineamento Completamente ao Acaso, com tratamentos fatoriais, tendo como fatores os espaçamentos dos plantios (**A**) e as posições da madeira nos sentidos longitudinal (**B**) e transversal do tronco (**C**), conforme mostrados no Quadro 1. O estudo é constituído de 18 tratamentos com 04 (quatro) repetições, totalizando 72 ensaios.

O modelo matemático utilizado para os dois estudos (I e II) foi:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_K + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\delta)_{ik} + (\beta\delta)_{jk} + (\alpha\beta\delta)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

Considerando que,

$Y_{ijk}$  = Variável de Resposta.

$\mu$  = Média geral do Estudo.

$\alpha_i$  = Efeito do fator Espaçamento ou do fator Ambiente.

$\beta_j$  = Efeito do fator Posição Longitudinal no tronco da árvore.

$\delta_K$  = Efeito do fator Posição Transversal no tronco da árvore.

$\alpha\beta$ ;  $\alpha\delta$ ;  $\beta\delta$ ;  $\alpha\beta\delta$  = Efeito da interação entre os diferentes fatores.



$\epsilon_{ijk}$  = Componente aleatório (Erro Experimental) entre os diferentes fatores.

**Quadro 1** - Delineamento Completamente ao Acaso em arranjos fatoriais com quatro repetições (Figuras 3 e 4).

Posição Transversal (C)	Espaçamento do plantio (A)					
	a <sub>0</sub>			a <sub>1</sub>		
	Posição Longitudinal (B)			Posição Longitudinal (B)		
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
C <sub>0</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>0</sub>
C <sub>1</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>
C <sub>2</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>

a<sub>0</sub> ⇒ Espaçamento - 4 x 2 m

a<sub>1</sub> ⇒ Espaçamento - 4 x 3 m

b<sub>0</sub> ⇒ Madeira da base (a 0,30 m do solo)

b<sub>1</sub> ⇒ Madeira na metade da altura do fuste

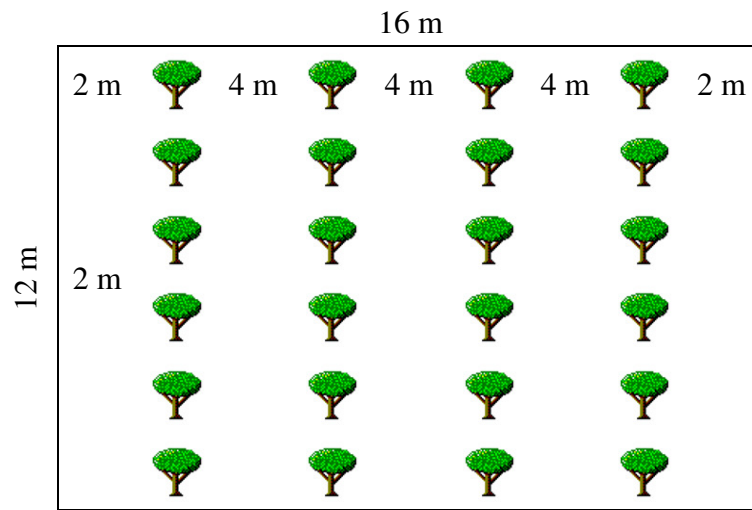
b<sub>2</sub> ⇒ Madeira abaixo da 1<sup>a</sup> ramificação

c<sub>0</sub> ⇒ Madeira próxima da casca

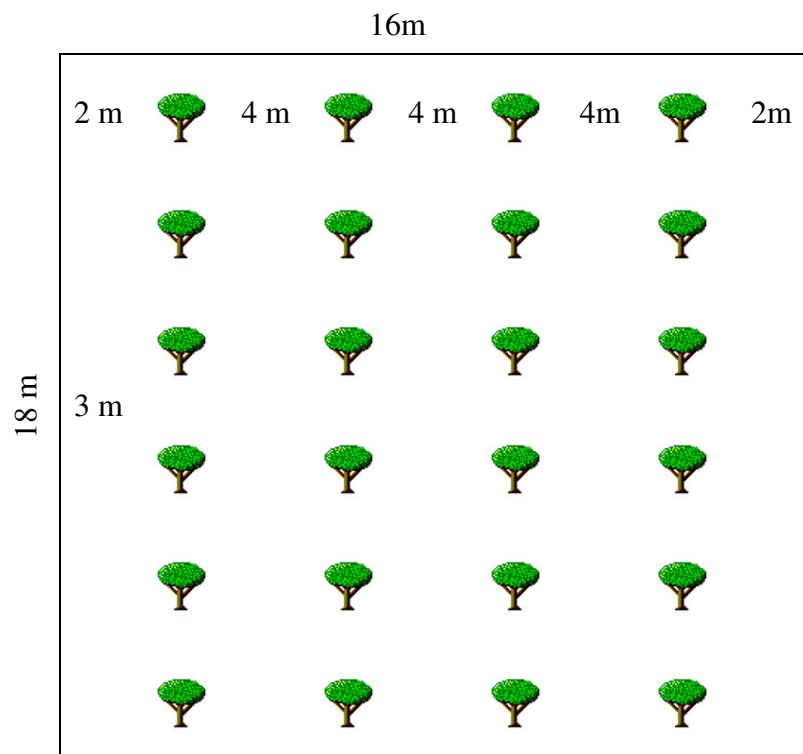
c<sub>1</sub> ⇒ Madeira entre a medula e a casca

c<sub>2</sub> ⇒ Madeira próximo da medula

**FIGURA 1** - Arranjo de campo das parcelas para o espaçamento 4 x 2m (estudo I).



**FIGURA 2**: Arranjo de campo das parcelas para o espaçamento 4 x 3m (estudo I).



Para o fator posição longitudinal (Estudo I), foram retiradas de cada árvore toras de 1,5 m de comprimento, iniciando na base do tronco a 0,30 m do chão ( $h_0$ ), seguida de uma tora na metade da altura comercial ( $h/2$ ) e finalmente na parte extrema do tronco ( $h$ ), ou seja, abaixo da 1ª ramificação, conforme ilustrado na Figura 3.

**FIGURA 3** - Arranjo ilustrativo de retirada de amostras de madeira no sentido longitudinal do tronco.

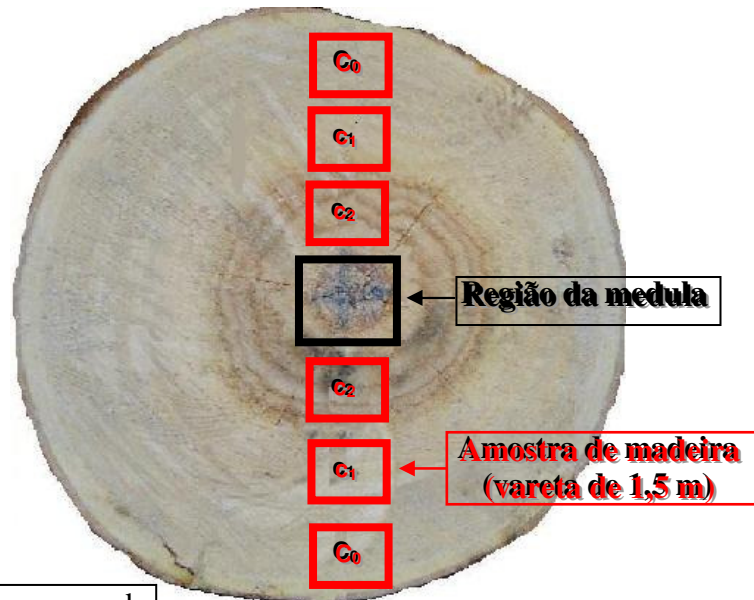


Fonte: CORDEIRO (1999); A autora.

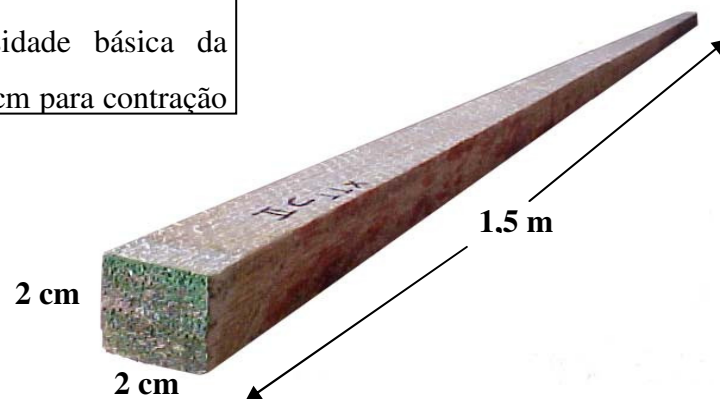
Para o fator posição transversal (Estudo I), foram retiradas amostras em forma de tábua no centro da tora, desprezando os centros da peça, e posteriormente foram retiradas dessas tábuas 06 (seis) peças medindo 2cm x 2cm de seção transversal e 1,5m de comprimento, de onde foram retirados corpos-de-prova para os estudos de anatomia, densidade e contração (Figura 04).

**Figura 4** - Esquema demonstrativo de retirada de amostras de madeira no sentido transversal do tronco.

### Corte transversal



De cada peça foram retirados corpos de prova com dimensões de 2 x 2 x 3 cm para estudos de densidade básica da madeira e de 2 x 2 x 8 cm para contração



Fonte: CORDEIRO (1999); A autora.

### 3.5.2 Estudo – II

Para o fator posição transversal (Estudo I), foram retiradas amostras em forma de tábua no centro da tora, desprezando os centros da peça, e posteriormente foram retiradas dessas tábuas 06 (seis) peças medindo 2cm x 2cm de seção transversal e 1,5m de comprimento, de onde foram retirados corpos-de-prova para os estudos de anatomia, densidade e contração (Figura 04).

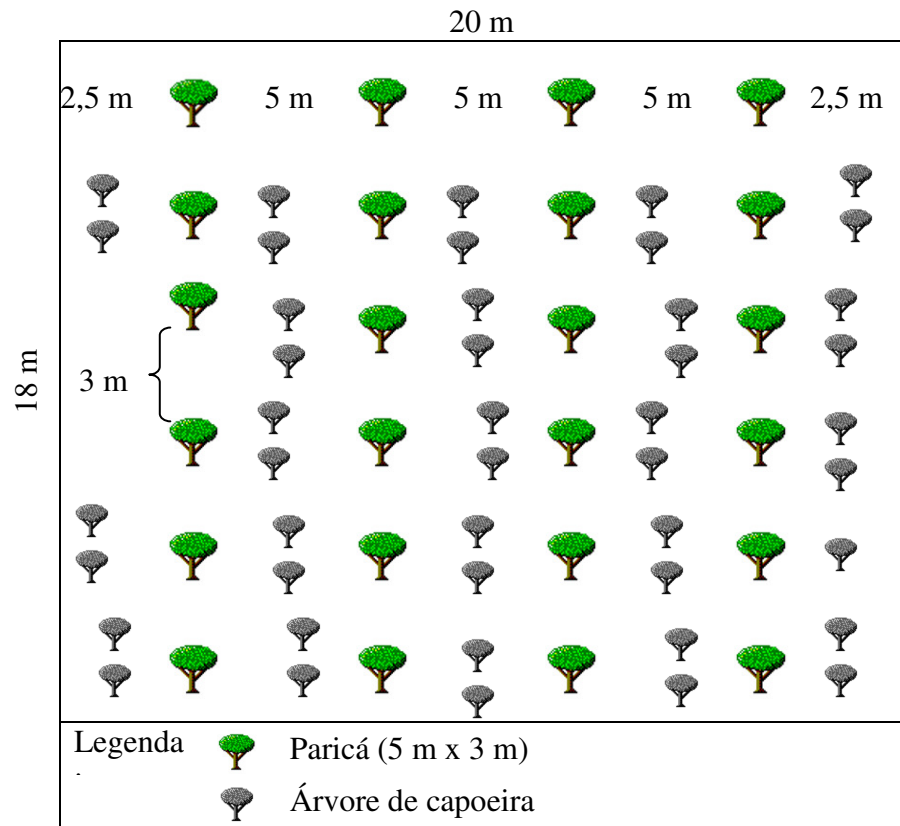
**Quadro 2** - Delineamento Completamente ao Acaso em arranjos fatoriais com quatro repetições (Figura 5).

Posição Transversal (C)	Ambiente (A)					
	a <sub>0</sub>			a <sub>1</sub>		
	Posição Longitudinal (B)			Posição Longitudinal (B)		
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
c <sub>0</sub>	A <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>0</sub>
c <sub>1</sub>	A <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>
c <sub>2</sub>	A <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>

Fonte: A autora

- a<sub>0</sub>    ⇨ Ambiente - Capoeira
- a<sub>1</sub>    ⇨ Ambiente – pleno aberto
- b<sub>0</sub>    ⇨ Madeira da base (a 0,30 m do solo)
- b<sub>1</sub>    ⇨ Madeira na metade da altura do fuste
- b<sub>2</sub>    ⇨ Madeira baixo da 1ª ramificação
- c<sub>0</sub>    ⇨ Madeira próxima da casca
- c<sub>1</sub>    ⇨ Madeira entre a casca e a medula
- c<sub>2</sub>    ⇨ Madeira próximo da medula

**FIGURA 5** - Arranjo de campo para o espaçamento 5 x 3 m no Estudo II.



Fonte: A autora

### 3.6 DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS

As normas utilizadas para este trabalho foram as estabelecidas pela COPANT (Comissão Panamericana de Normas Técnicas), os procedimentos descritos por Coradin e Bolzon de Muniz (1991) e pela ABNT (Associação Nacional de Normas Técnicas).

#### 3.6.1 Caracterização anatômica da madeira

Os estudos anatômicos consistiram na descrição dos macerados e fotos macroscópicas da madeira com base na norma estabelecida pela COPANT e os procedimentos descritos por Coradin e Bolzon de Muniz (1991). Estas atividades foram desenvolvidas no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais – LTPF da UFRA e no laboratório de Botânica da Embrapa, em Belém.

A análise foi feita sobre os corpos-de-prova que foram retirados da árvore nos dois sentidos do tronco: Longitudinal e Transversal, sendo que nos dois casos as amostras foram retiradas de três posições, conforme demonstradas no item 3.5.

Para estudo de macerados, foram utilizadas 144 amostras, medidos o comprimento, a largura e a espessura de 30 fibras para cada amostra, totalizando 12.960 medições.

A análise da estrutura macroscópica da madeira consistiu na observação da seção transversal, especialmente, concernente às dimensões dos poros. Foram fotografadas 144 amostras, e realizadas 30 medições de diâmetro dos poros de cada amostra fotografada, sendo 10 medições dos poros considerados pequenos, 10 médios e 10 de grandes dimensões.

### 3.6.2. Caracterização física da madeira

#### 3.6.2.1. Determinação da densidade básica

A densidade básica da madeira foi determinada de acordo com a Norma MB 1269/79 da ABNT, utilizando a equação 2:

$$D_{(bás)} = \frac{P_{(0)}}{V_{(sat)}} \quad \text{[Equação 2]}$$

Considerando que,

$D_{(bás)}$  - densidade básica da madeira ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

$P_{(ms)}$  - peso do corpo de prova completamente seco em estufa (g).

$V_{(sat)}$  - volume do corpo de prova completamente saturado em água destilada ( $\text{cm}^3$ ).

O volume do corpo de prova saturado foi determinado com base no princípio de Arquimedes e o peso de madeira absolutamente seco foi conseguido, secando-se em uma estufa a  $103^\circ \pm 2^\circ\text{C}$ , até atingir o peso constante em três programas consecutivos.

### 3.6.2.2 Determinação da contração da madeira

O estudo da contração foi realizado através do método de variação das dimensões. As contrações foram determinadas entre os estados úmidos, saturados e o estado absolutamente seco, em estufas a  $103^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . As medidas dimensionais foram efetuadas com a ajuda de um paquímetro digital com precisão de 1/100mm, no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais da UFRA. Neste estudo foram utilizadas 144 amostras, sendo realizadas medições em 15 corpos-de-prova no sentido longitudinal, radial e tangencial para cada amostra, perfazendo um total de 2.160 amostras, para as 3 posições transversais e 3 axiais do tronco.

A contração volumétrica total da madeira foi determinada de acordo com a Norma MB 1269/79 da ABNT, utilizando a equação 3:

$$\beta_{(V \max)} = \frac{V_U - V_O}{V_U} \times 100 \quad \text{[Equação 3]}$$

Considerando que,

$\beta_{(V \max)}$  - contração volumétrica máxima, em %;

$V_U$  - volume do CP em estado úmido,  $\text{cm}^3$ ;

$V_O$  - volume do CP em estado completamente seco (0%).

A contração linear longitudinal, tangencial e radial da madeira foi determinada de acordo com a Norma MB 1269/79 da ABNT, utilizando a equação 4:

$$\beta_{L(\max)} = \frac{L_{(PSF)} - L_{(0)}}{L_{(PSF)}} \times 100 \quad \text{[Equação 4]}$$

Considerando que,

$\beta_{L(\max)}$  - contração linear máxima da madeira, %;

$L_{(0)}$  - dimensão linear do CP em estado completamente seco a  $105^{\circ}\text{C}$ , cm;



$L_{(PSF)}$  - dimensão linear do CP completamente saturado, cm.

### 3.7 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

O processamento e as análises estatísticas dos dados para cada estudo (I e II), foram realizados no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais – LTPF e no Departamento de Ciências Florestais –DCF.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ESTUDO I

No estudo I, foram considerados os efeitos dos fatores Espaçamento, Posição longitudinal e transversal, sobre as variáveis de resposta diâmetro dos poros; comprimento, largura e espessura da parede celular das fibras e largura da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) com 7 anos de idade.

#### 4.1.1 Diâmetro dos poros

No Gráfico 1, encontram-se as médias dos diâmetros dos poros, obtidas a partir de fotografias macroscópicas (Apêndice S ao PP) da madeira analisada nas seções transversal (direção medula-casca) e axial (direção base-ápice) do fuste. A madeira oriunda do plantio de espaçamento 4 x 3m apresentou uma redução de diâmetro dos poros na direção casca-medula na base e no centro do fuste. Esse comportamento não foi evidenciado no ápice, apresentando valores dispersos. A madeira do plantio de 4 x 2m apresentou uma tendência de redução de diâmetro dos poros na direção da casca-medula, somente em madeira localizada na base. Nas posições centro e ápice, os poros apresentaram-se maiores em madeiras localizadas na posição intermediária e próxima da casca.

Estes resultados podem ser também observados nas fotografias macroscópicas, nos apêndices (EE ao PP) referentes ao espaçamento 4 x 3m e nos apêndices (S ao DD) do espaçamento 4 x 2m. Nessas fotografias é possível observar poros vazios, ou seja, livres de materiais obstrutores. Loureiro et al. (2000), descreve macroscopicamente a madeira de *Schizolobium amazonicum* com presença de poros vazios. Também Marchiori (1993), encontrou para *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kutze poros sem conteúdos.

Além disso, com base nos resultados apresentados é possível afirmar que os processos de tratamento de preservação e polpação podem ser facilitados por esta condição (poros vazios). Esta afirmação é compartilhada por Barrichelo, Brito e Migliorini (1983), que afirmam que os elementos de vasos favorecem a penetração do licor no interior dos cavacos durante o processo de polpação. Burger e Richter (1991) confirmam a importância dos poros não obstruídos por esses materiais (tilos, gomas, resinas, óleo-resinas, etc.). Para Florsheim et

al. (2000) a frequência e diâmetro dos poros exercem influência marcante nas características superficiais dos papéis para impressão e afetam determinantemente no movimento de líquido, fator importante no processo de tratamento de preservação da madeira.

As médias de diâmetro dos poros da madeira procedente do plantio de 4 x 2m, registraram valores de 0,26mm (medula), 0,32mm (intermediária) e 0,34mm (casca) no sentido transversal do fuste e de 0,28mm (base), 0,32mm (centro) e 0,31mm (ápice) no sentido axial. No plantio de 4 x 3m foram respectivamente de 0,27mm (medula), 0,29mm (intermediária) e 0,34mm (casca) e na axial de 0,27mm (base), 0,30mm (centro) e 0,33mm (ápice). As médias gerais de diâmetro dos poros foram de 0,31mm para o plantio de 4 x 2m e de 0,30mm de 4 x 3m.

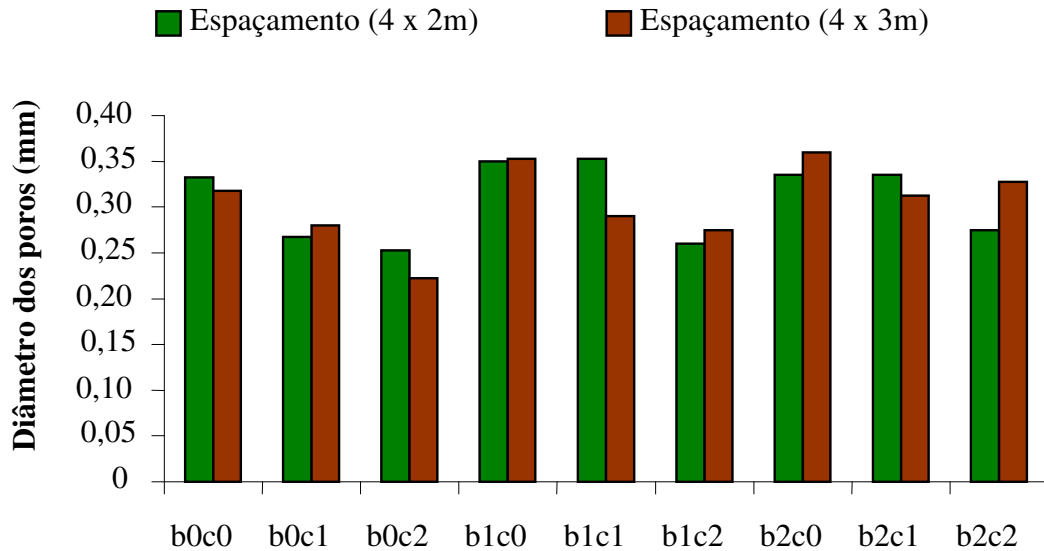
Cown (1975), afirma ser possível encontrar zonas distintas dentro da árvore, dependendo fortemente da posição da madeira em relação ao centro do tronco e ao topo da árvore. Florsheim et al. (2000) também encontraram diferentes dimensões dos elementos anatômicos para *Eucalyptus spp*, no sentido medula-casca e na altura da árvore. Esses mesmos autores ainda relatam que as dimensões dos elementos anatômicos do lenho têm um efeito marcante sobre a qualidade da madeira e o produto final. Esta afirmação é confirmada por Fedalto, Mendes e Coradin (1989), os quais consideram essas informações como indispensáveis para a caracterização e utilização da madeira.

O aumento do diâmetro dos poros no sentido medula – casca, observados nos dois espaçamentos (Gráfico 1 e apêndices S ao DD e EE ao PP), pode estar relacionado à localização da madeira no fuste, ou seja, amostras com maiores diâmetros podem estar no início do período vegetativo, e apresentar porosidade em anel. Szücs et al (2005) afirmam que em madeiras de folhosas, os anéis de crescimento podem destacar-se por determinadas características anatômicas, dentre as quais a concentração ou maior dimensão dos poros no início do período vegetativo, porosidade em anel. Tais autores ressaltam que este fenômeno, vem acompanhado adicionalmente por um menor número ou ausência de poros no lenho tardio. O mesmo comportamento foi relatado por Marchiori (1993), observando macroscopicamente a disposição e organização das células da madeira de *Mimosa bimucronata*, tendo descrito poros ligeiramente concentrados no início do anel de crescimento.

Os maiores diâmetros dos poros das madeiras observados neste estudo, em regiões próximas a casca, é relacionado, ainda, a ativa condução de seivas nessas regiões, as quais se mantêm funcional até o distanciamento natural, no sentido da medula, que ocorre com o crescimento da árvore. Esta afirmação é confirmada por Buger e Ritcher (1991) ao descrever

a condução de líquidos no lenho de angiospermas, os quais afirmam que apenas as camadas mais periféricas do alburno são fisiologicamente ativas, como se pode observar no gráfico 1:

**Gráfico 1** - Média de diâmetro dos poros nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA.



b0c0 = Madeira da base próxima da casca

b0c1 = Madeira da base entre a casca e a medula

b0c2 = Madeira da base próxima da medula

b1c0 = Madeira do centro próxima da casca

b1c1 = Madeira do centro entre a casca e a medula

b1c2 = Madeira do centro próxima da medula

b2c0 = Madeira do ápice próxima da casca

b2c1 = Madeira do ápice entre a casca e a medula

b2c2 = Madeira do ápice próxima da medula

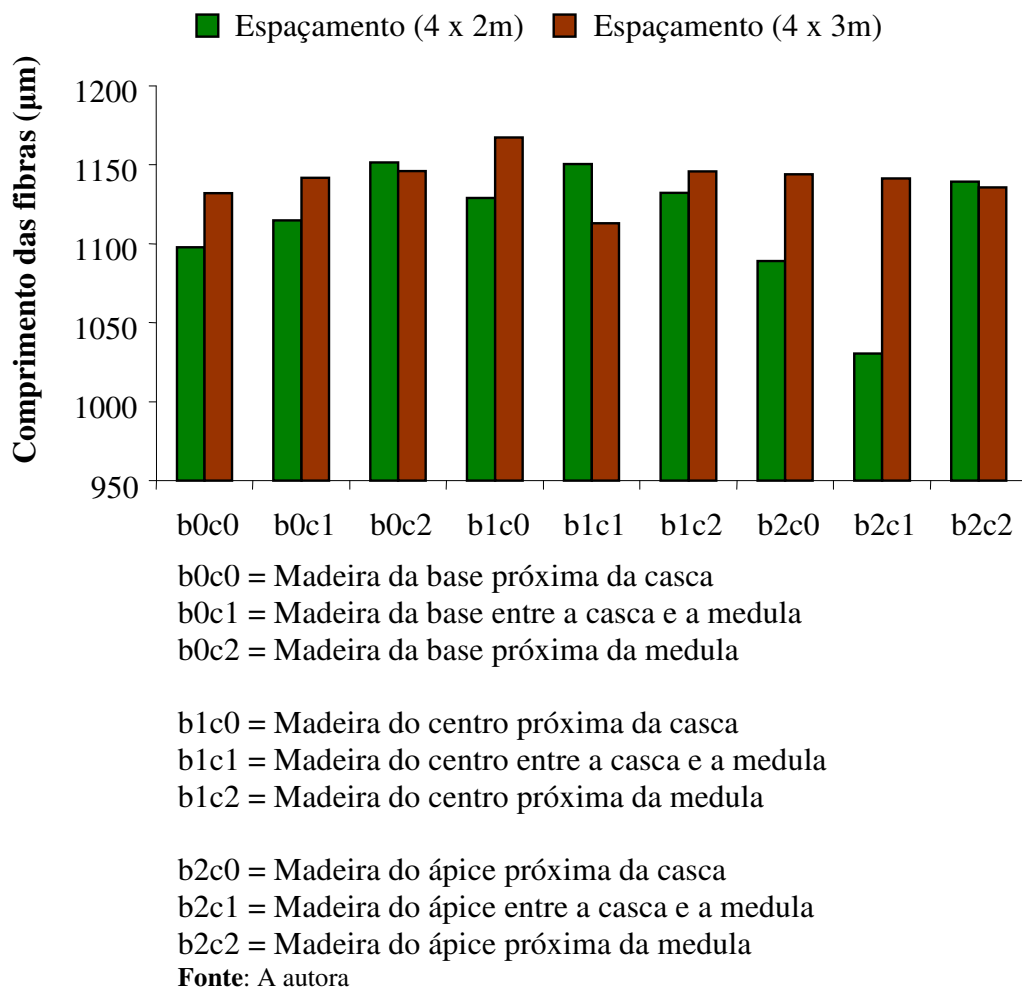
Fonte: A autora

Na Tabela 1 (Apêndice A), encontram-se os resultados da análise de variância. As variações do diâmetro dos poros em função dos fatores espaçamentos de plantio e as posições da madeira nos sentidos transversal e axial da árvore, estatisticamente, não foram significativas ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4.1.2 Comprimento das fibras

No Gráfico 2, encontram-se as médias de comprimento das fibras individualizadas através do processo de maceração das amostras retiradas da posição transversal (medula, intermediário e casca) e axial (base, centro e ápice) do fuste da árvore.

**Gráfico 2** - Média de comprimento das fibras nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA.



As fibras da madeira de paricá deste estudo, são inferiores às médias encontradas por Paula (1979) para *Schizolobium amazonicum* com valores de 1350µm e são superiores às médias encontradas por Florsheim et al. (2000), com *Eucalyptus spp* (747,00 a 964,68µm) a principal espécie utilizada para fins de fabricação de papel no País. Alguns autores encontram fibras mais curtas que as encontradas neste estudo, Mendes et al. (1999), por exemplo, encontrou para madeira de *Zanthoxylum tingoassuiba*, fibras curtas com comprimento de 920-

1280-1730  $\mu\text{m}$ . Marchiori (1993) encontrou para *Mimosa bimucronata* fibras extremamente curtas (390-641 1050  $\mu\text{m}$ ). Valores médios também são encontrados para algumas espécies, Gonzalez, Bezerra e Lima (1985) observaram que para as espécies de *Pterodon pubescens* e *Vochysia thyrsoidea*, valores médios para fibras curtas de 1,06 mm e 1,36 mm, respectivamente. Mattos et al. (1999), encontrou fibras da madeira em duas posições do tronco de *Terminalia ivorensis* com valores médios de 1,14 mm de comprimento. Esses autores afirmam que sua madeira pode ser usada na carpintaria, ou, até mesmo, para fabricação de papel. Riedl e Park (2006) relataram a existência de poucos estudos sobre a influência das fibras no desempenho dos painéis, em comparação aos estudos relacionados com as propriedades do papel.

Para Mattos et al. (2001) a madeira de *Liquidambar styraciflua*, nativa das Américas do Norte e Central, as fibras são longas com valores em média de 1,55 mm, podendo ser utilizada para diferentes finalidades, inclusive para movelaria, caixaria, paletes, compensados e polpa. Paula, Silva Júnior e Silva (2000) encontraram fibras com comprimento médio de 303  $\mu\text{m}$  (*Nectandra myriantha*) a 2272  $\mu\text{m}$  (*Podocarpus brasiliensis*). Os autores verificaram que essas espécies (*Nectandra myriantha* e *Podocarpus brasiliensis*) podem ser recomendadas para produção de celulose.

No aspecto geral, em ambos os plantios houve uma leve tendência de redução do comprimento das fibras na direção casca-medula, em função das posições da madeira no fuste da árvore. No sentido base – ápice, não foi constatado essa tendência.

Vale ressaltar, que no plantio de espaçamento 4 x 2m, as fibras da madeira localizada no centro do fuste apresentaram comprimento muito abaixo da média geral. Não foi possível identificar a razão desse comportamento. Essa variação pode ter sido decorrente de fato ocasional inerente ao processo de desenvolvimento da planta. Cown (1975) cita que encontrou zonas distintas de madeira, dependendo da posição em relação ao centro do tronco e ao topo da árvore. Estudo semelhante foi realizado por Florsheim et al. (2000), os quais verificaram variações no sentido medula-casca e base topo da madeira de eucalipto, obtendo valores maiores de comprimento das fibras (895,00  $\mu\text{m}$ ) a 25% da altura comercial e valores crescentes no sentido da medula para casca (747,00  $\mu\text{m}$ ; 882,88  $\mu\text{m}$  e 964,68  $\mu\text{m}$ ). Brasil e Ferreira (1979) também encontraram para madeira de *Eucalyptus grandis*, nos 1º, 2º e 3º anos de crescimento diametral, uma variação no sentido radial, com crescimento do comprimento das fibras no sentido da medula para a casca (801,7  $\mu\text{m}$ ; 940,5  $\mu\text{m}$  e 993,0  $\mu\text{m}$ ).

Na Tabela 2 (Apêndice B), encontram-se os resultados da análise de variância. É importante notar que as variações de comprimento das fibras, em função do fator espaçamentos de plantio, não foram significativas estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade. Entretanto, a análise indicou que o comprimento das fibras sofreu efeito significativo do fator posição da madeira no sentido axial do fuste, através da interação “centro x ápice”.

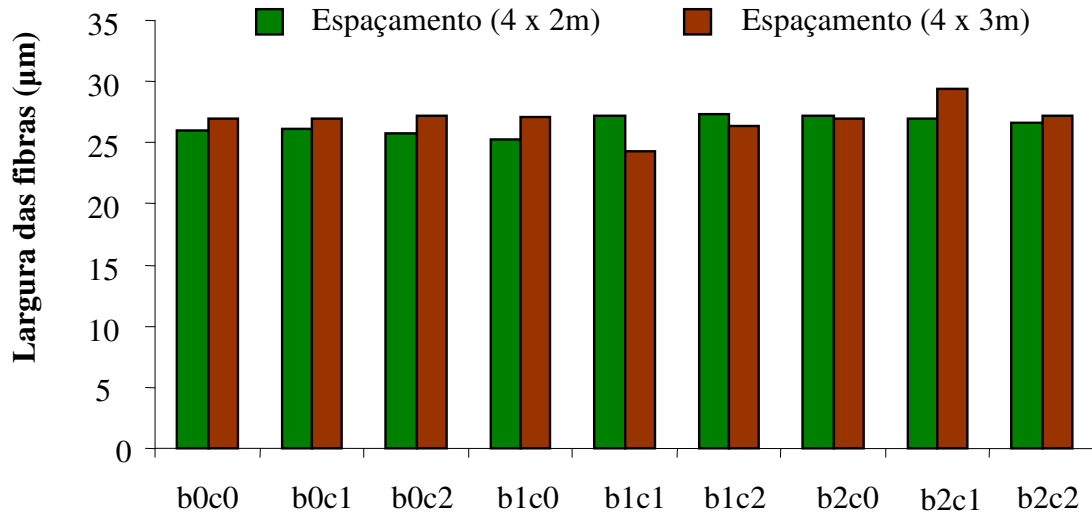
A madeira de paricá procedente de plantios ainda é incipiente de informações e de estudos, principalmente, no que diz respeito a sua qualidade para ser destinada ao uso específico como celulose ou lâminas de madeira para fabricação de compensado. Se as fibras dessa espécie fossem destinadas para fabricação de papel, o plantio com menor espaçamento seria o mais indicado, uma vez que a quantidade de árvores por unidade de área é maior e a qualidade no que concerne a comprimento das fibras é bastante semelhante.

Quanto à questão de qualidade da madeira para fabricação de compensado, as variações no comprimento das fibras nos sentidos transversais e axiais do fuste não comprometem a qualidade da madeira, uma vez que essa variável não é um fator determinante para esse uso.

#### **4.1.3 Largura das fibras**

A largura consistiu na medição da fibra no ponto médio de seu comprimento. No Gráfico 3, estão mostradas as médias de largura das fibras individualizadas através de processo de maceração.

**Gráfico 3** - Média de largura das fibras nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA.



b0c0 = Madeira da base próxima da casca

b0c1 = Madeira da base entre a casca e a medula

b0c2 = Madeira da base próxima da medula

b1c0 = Madeira do centro próxima da casca

b1c1 = Madeira do centro entre a casca e a medula

b1c2 = Madeira do centro próxima da medula

b2c0 = Madeira do ápice próxima da casca

b2c1 = Madeira do ápice entre a casca e a medula

b2c2 = Madeira do ápice próxima da medula

**Fonte:** A autora

A madeira oriunda do plantio com espaçamento de 4 x 2m, apresentou médias de largura das fibras no sentido transversal de 27,39µm (medula), 27,26µm (intermediária) e 25,33µm (casca) e no axial de 25,97µm (base), 26,66µm (centro) e 26,95µm (ápice). Com relação ao plantio de 4 x 3m, as médias obtidas foram de 26,17µm (medula), 26,30µm (intermediária) e 26,93µm (casca) no sentido transversal e de 27,02µm (base), 25,93µm (centro) e 27,86µm (ápice) no axial do fuste. As médias gerais obtidas foram de 26,52µm para o plantio de 4 x 2m e de 26,93µm, para o de 4 x 3m.

Paula (1979) encontrou para a espécie estudada (*Schizolobium amazonicum*) valores médios da largura das fibras da madeira de 27,00µm, aproximados com os resultados encontrados neste estudo. Existem informações com outras espécies como a *Mimosa sparsa* (14,7µm), *M. pilulifera* (16,0µm) mencionados por Maccari e Marchiori (1994) e Marchiori e Muniz (1997), que apresentam largura média bem inferior ao da espécie estudada. Como é o



caso da espécie estudada por Marques (1979), *Eucalyptus urophylla*, com sete anos de idade, com resultados médios de 17,59  $\mu\text{m}$ . Mattos et al. (1999), em um estudo com a madeira da espécie *Terminalia ivorensis*, em duas posições do tronco, obtiveram valores médios de 27  $\mu\text{m}$  para largura das fibras. Trugilho e Vital (1996) encontraram para madeira de eucalipto resultados que variaram de 13,63  $\mu\text{m}$  a 20,58  $\mu\text{m}$ . Montagna et al. (1973), estudando a qualidade da madeira de *Pinus elliottii*, em diferentes espaçamentos, concluíram que a largura das paredes das fibras são superiores as encontradas neste estudo, com resultados de 35,15  $\mu\text{m}$ , sendo as fibras do lenho inicial mais largas do que as do lenho tardio.

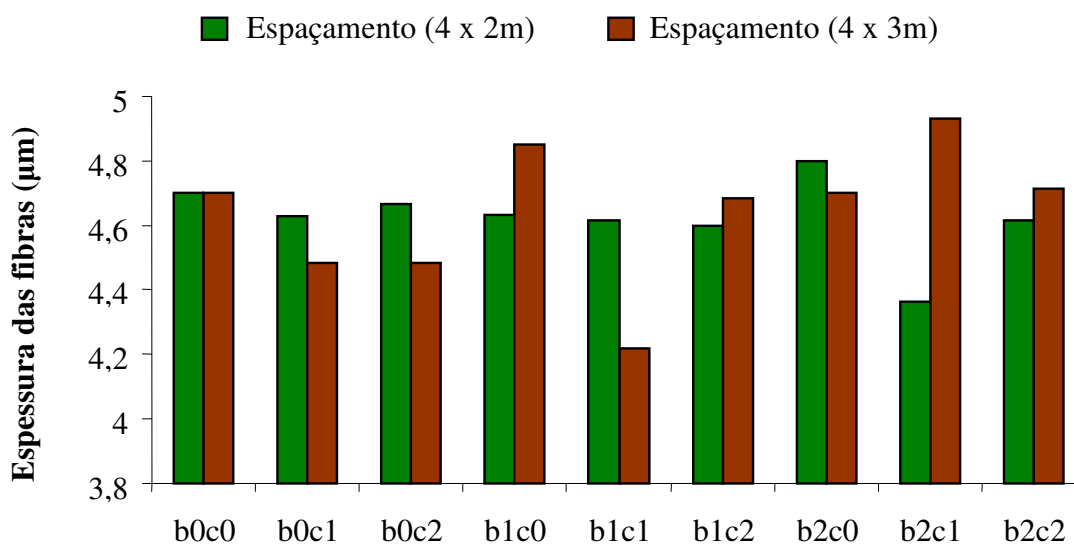
Na Tabela 3 (Apêndice C), encontram-se os resultados da análise de variância. As variações de largura das fibras em função dos espaçamentos de plantio não foram significativas ao nível de 5% de probabilidade. No entanto, houve um efeito significativo do fator referente à posição da madeira, registrando-se que a largura das fibras foi afetada na direção axial do fuste, através da interação “centro x ápice”.

No aspecto global, a largura das fibras é bastante homogênea entre a madeira oriunda dos dois plantios de paricá. Para uso em que se exija homogeneidade na largura das fibras à madeira de paricá possui boa qualidade.

#### **4.1.4 Espessura da parede celular das fibras**

A espessura da parede celular foi medida no ponto médio do comprimento da fibra que foi individualizada através do processo de maceração. No Gráfico 4, estão demonstradas as variações da espessura da parede celular das fibras. Assim, observa-se uma dispersão muito grande sem tendência em função dos fatores espaçamentos de plantio e posições nas seções transversais e axiais do fuste da árvore. Existiram algumas variações como no b1c1 (transversal - posição intermediária) x (axial - posição centro) do fuste e b2c2 (transversal - posição medula x posição ápice – axial) do fuste, cujas razões não foram esclarecidas.

**Gráfico 4** - Média de espessura da parede celular das fibras nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA.



b0c0 = Madeira da base próxima da casca

b0c1 = Madeira da base entre a casca e a medula

b0c2 = Madeira da base próxima da medula

b1c0 = Madeira do centro próxima da casca

b1c1 = Madeira do centro entre a casca e a medula

b1c2 = Madeira do centro próxima da medula

b2c0 = Madeira do ápice próxima da casca

b2c1 = Madeira do ápice entre a casca e a medula

b2c2 = Madeira do ápice próxima da medula

Fonte: A autora

No plantio de espaçamento 4 x 2m, as médias de espessura das fibras variaram na posição transversal de 4,60µm (medula), 4,61µm (intermediária) e 4,63µm (casca) e no sentido axial de 4,66µm (base), 4,61µm (centro) e 4,59µm (ápice) do fuste.

As médias gerais de espessura das fibras foram muito próximas entre elas, sendo de 4,62µm e de 4,63µm, respectivamente, para as madeiras dos plantios de 4 x 2m e 4 x 3m.

Na literatura verificou-se uma gama de espessura das fibras, variando de 1,76 a 22,5µm para várias espécies (Mendes et al., 1999; Mattos, Teixeira e Sales, 2000; Marchiori e Muniz, 1993; Maccari e Marchiori, 1994; Loureiro, 1968; Loureiro, 1970; Marques, 1979). Isto demonstra que essa variável é um caráter intrínseco da espécie.

Neste estudo, a classificação das paredes das fibras da madeira foi de delgadas a espessas para os dois espaçamentos. Maccari e Marchiori (1994) e Marchiori e Muñiz (1997) também encontraram para as espécies *Mimosa sparsa* e *M. pilulifera* paredes delgadas a

espessas. Outros autores como Gonzalez, Bezerra e Lima (1985) obtiveram resultados para *Pterodon pubescens*, também com classificações em fibras espessas (6,93  $\mu\text{m}$ ). A espécie *Vochysia thyrsoidea* possui fibras com espessura da parede em média de 9,29  $\mu\text{m}$ . Fonseca (1998) encontrou para as espécies *Hebepetalum humiriifolium*, *Ochthocosmus barrae*, *Ochthocosmus multiflorus*, *Roucheria calophylla*, *R. punctat* e *R. schomburgkii*, paredes com espessura média igual a 9, 8  $\mu\text{m}$ .

Na Tabela 4 (Apêndice D), encontram-se os resultados de análise de variância. Constatou-se que os fatores espaçamentos de plantios e posições da madeira nos sentidos transversais e axiais do fuste, estatisticamente, não causaram variações significativas ao nível de 5% de probabilidade na espessura das fibras. A madeira de paricá plantada, nessas condições, apresenta fibras de espessura muito homogênea.

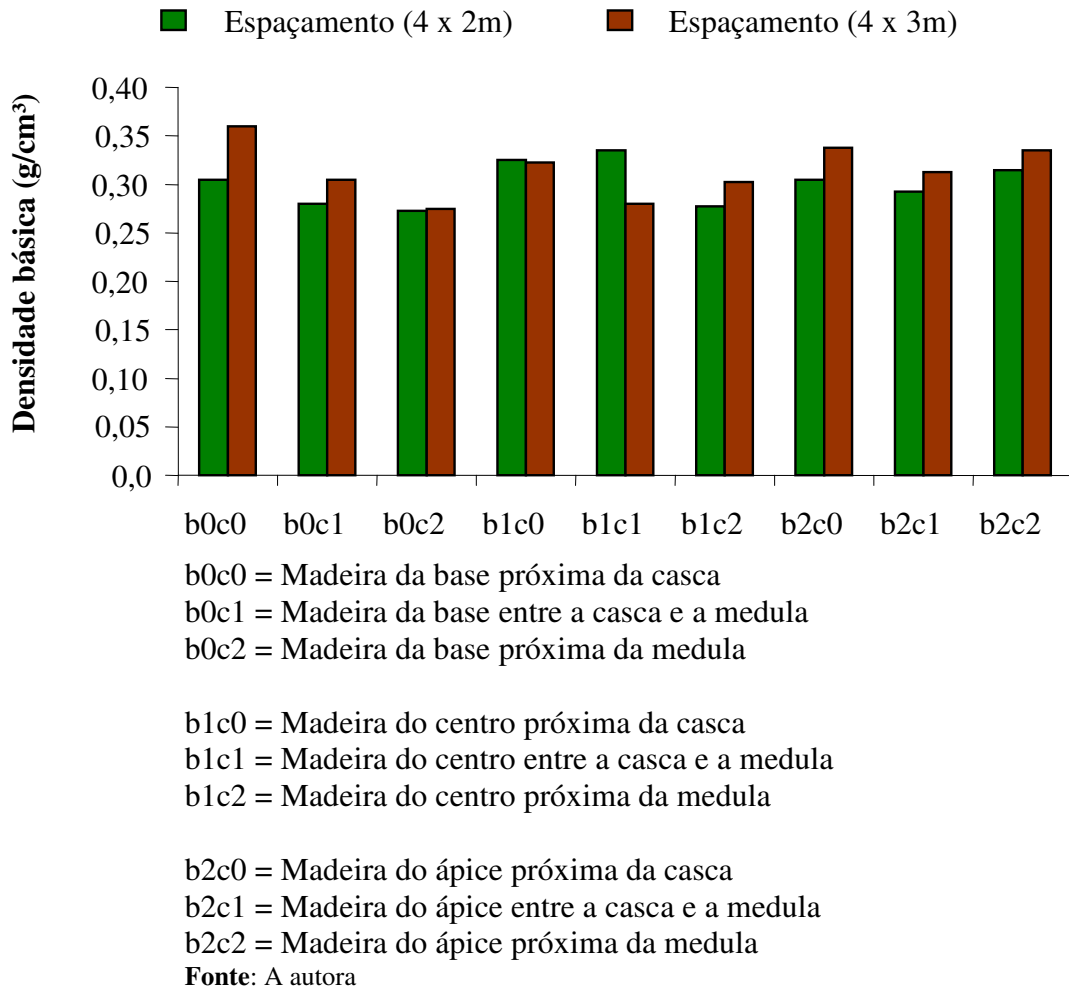
#### 4.1.5 Densidade básica

As médias de densidade básica da madeira nas posições transversais e axiais do fuste da árvore estão demonstradas no gráfico 5, onde constatou-se uma leve tendência de aumento da densidade na direção medula-casca em madeira localizada na base do fuste. Nas outras posições, as médias foram muito dispersas. A madeira oriunda do plantio de 4 x 2m apresentou variações de densidade básica na posição transversal de 0,27g/cm<sup>3</sup> (medula), 0,28g/cm<sup>3</sup> (intermediária) e 0,30g/cm<sup>3</sup> (casca) e na posição axial de 0,28g/cm<sup>3</sup>(base), 0,30g/cm<sup>3</sup> (centro) e 0,30g/cm<sup>3</sup> (ápice) do fuste. Do plantio de 4 x 3m, essas variações foram de 0,27g/cm<sup>3</sup> (medula), 0,30g/cm<sup>3</sup> (intermediária) e 0,36g/cm<sup>3</sup> (casca) na posição transversal e de 0,31g/cm<sup>3</sup> (base), 0,30g/cm<sup>3</sup> (centro) e 0,32g/cm<sup>3</sup> (ápice) na posição axial do fuste. Essas tendências são muito semelhantes aos resultados de Barrichelo, Brito e Migliorini (1983) e Ferreira (1972), que ao estudarem espécies de eucalipto concluíram que existe grande variação de densidade no sentido radial da árvore e no sentido base-topo.

A média de densidade básica da madeira do plantio de 4 x 3m foi de 0,31 g/cm<sup>3</sup>, ligeiramente superior, a do plantio de 4 x 2m, que foi de 0,29 g/cm<sup>3</sup>. Esse resultado teve o mesmo comportamento que os resultados de outros autores como Carvalho e Carvalho (2001); Oda, Mello e Menck (1990) e Brasil e Ferreira (1971), os quais encontraram, para outras espécies, os valores de densidade da madeira mais elevados em plantios com espaçamentos maiores. Contudo, Montagna et al. (1973), constatou comportamento diferente

para *Pinus elliottii*, verificando uma pequena redução da densidade básica nos espaçamentos 1,5 x 1,0 m e 3,0 x 3,0 m em relação ao espaçamento 2,0 x 1,5 m.

**Gráfico 5** - Média de densidade básica nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA.



A média geral de densidade de  $0,30\text{g/cm}^3$  da madeira dos dois plantios estudados foi maior do que a média encontrada por Loureiro et al (2000) de  $0,24\text{g/cm}^3$  para a mesma espécie, porém, não foi informada a procedência e a idade das árvores neste estudo.

Vale ressaltar que na literatura consultada existem controvérsias quanto à questão de variação de densidade da madeira em função da posição transversal e axial no tronco.

No que concerne à variação da densidade no sentido axial da árvore, os resultados obtidos neste trabalho conferem com os resultados de Benson (1924), Ferreirinha (1961); Ferreira (1968), Florshein e Tomazello Filho (1994), os quais, estudando diversas espécies observaram que a densidade básica diminui da base para a copa. Porém, em parte, também está em acordo com as posições de Sturion, Albino e Morita (1986) e Panshin e Zeeum

(1970), os quais afirmam que a densidade pode decrescer da base até o meio e depois aumentar a partir da metade até o topo do tronco.

Dessa forma, observou-se que a variação da densidade básica teve um comportamento semelhante ao de espessura da parede celular das fibras, principalmente, em madeira localizada na base do fuste. As madeiras localizadas no centro e no ápice do fuste não apresentaram tendências, tornando-se, portanto, muito parecido com a variável espessura da parede celular. Este resultado concorda com as afirmações de Kollmann e Cote Jr. (1968), que citam que a variação na densidade é devido a diferenças na estrutura da madeira e à presença de constituintes estranhos. Esta diferença na estrutura é caracterizada pela quantidade proporcional de diferentes tipos de células (fibras e vasos), no que concernem as fibras, é atribuída especialmente à espessura da parede celular.

Brasil e Ferreira (1972); Barbosa, Trevisan e Garrido (1990), foram alguns dos autores que observaram a existência de uma correlação entre densidade básica e os elementos anatômicos de seus lenhos. Esse fato pode explicar o comportamento observado neste trabalho. Porém, Florshein e Tomazello Filho (1994) encontraram uma tendência contrária a que foi verificada pelos autores anteriormente citados, em que a densidade básica diminui da medula para a casca.

Isto demonstra que as variações observadas são características específicas da espécie e estão relacionadas com a posição transversal e axial da madeira no fuste.

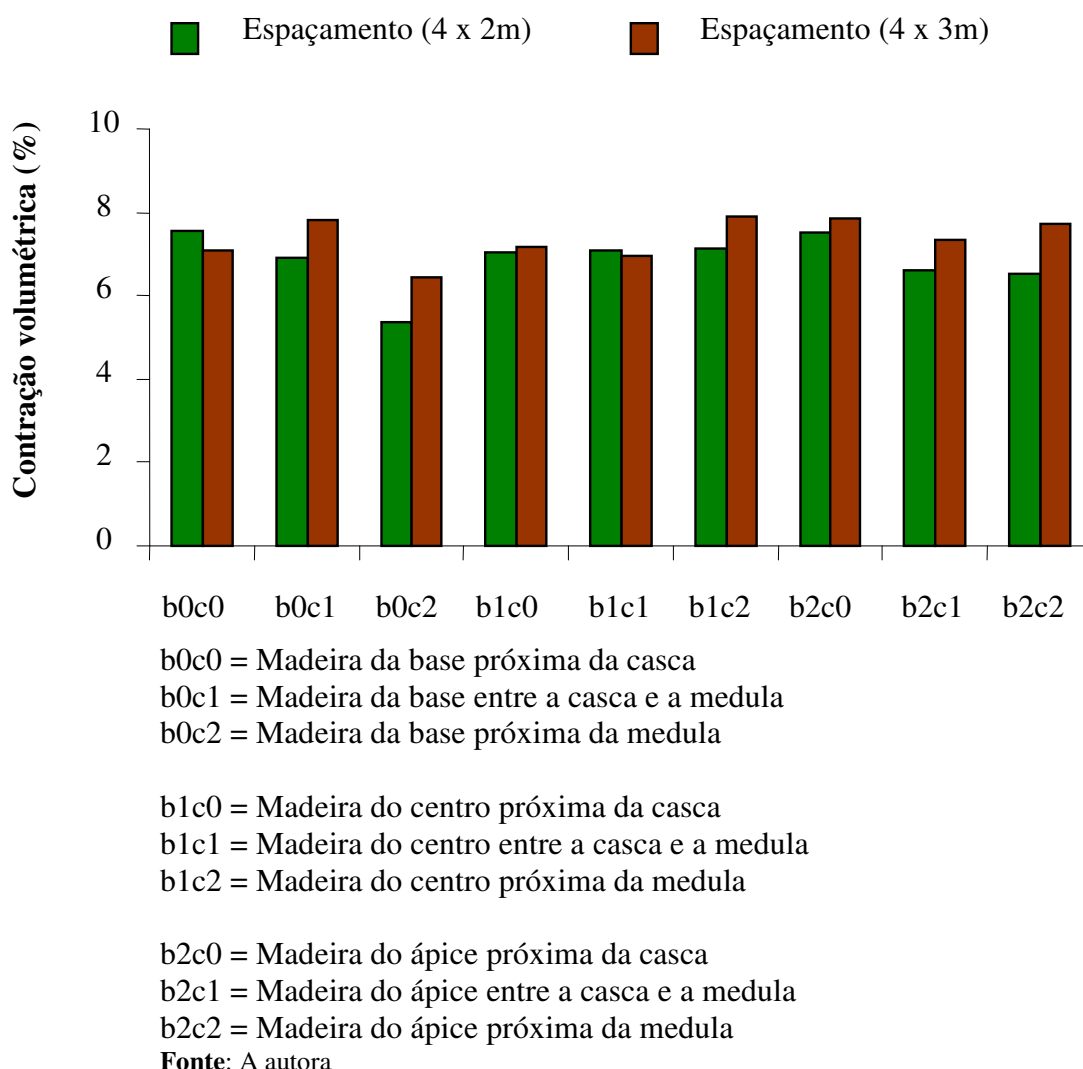
Na Tabela 5 (Apêndice E), estão demonstrados os resultados da análise de variância. A densidade básica da madeira em função dos espaçamentos de plantio apresentou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para a posição axial da madeira do fuste, na interação “base x centro”.

#### **4.1.6 Contração volumétrica total**

Consistiu na contração do volume da madeira submetida à secagem. No Gráfico 6, encontram-se as médias de contração volumétrica da madeira nas posições transversais e axiais do fuste. A madeira proveniente do plantio de 4 x 2m apresentou valores médios de contração no sentido transversal de 5,37% (medula), 6,93% (intermediária) e 7,55% (casca) e de 6,61% (base), 7,08% (centro) e 6,88% (ápice) no sentido axial do fuste. As médias obtidas indicaram uma leve tendência de aumento da contração no sentido transversal do fuste, enquanto que no sentido axial as médias foram dispersas.

A madeira do plantio de 4 x 3m apresentou médias de contração volumétrica no sentido transversal de 6,47% (medula), 7,30% (intermediária) e 7,70% (casca) e de 7,11% (base), 7,34% (centro) e 7,63% (ápice) no sentido axial do fuste, mostrando que há uma tendência de aumento na contração da madeira nesses dois sentidos do fuste. Isto pode estar relacionado com a densidade da madeira conforme foi constatado no item - 4.1.5. A madeira próxima da casca apresentou maior densidade básica, podendo estar relacionado com a variação da espessura das paredes celulares das fibras deste estudo, item – 4.1.4.

**Gráfico 6** - Média de contração volumétrica total nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA.



Resultados semelhantes de contração volumétrica crescente foram encontrados por Ferreira (1972), Lemos (1981) e Carvalho (1996), que relatam que as madeiras mais densas apresentam maiores contrações, apesar de estatisticamente não encontrarem diferenças

significativas. Também, Silveira et al. (1999), avaliando o efeito do espaçamento sobre a variação dimensional, encontraram resultados não significativos para a contração volumétrica da madeira de eucalipto. Enquanto Trugilho e Vital (1996) verificaram que a contração volumétrica foi sempre maior na base para *Eucalyptus grandis*, *E. pellita*, *tereticornis*, *E. urophylla*, *E. cloeziana*, *E. camaldulensis* e *E. resinifera*.

Os valores médios de contração volumétrica da madeira procedente dos dois plantios foram de 7,19% (plantio de 4 x 2m) e de 7,81% (plantio de 4 x 3m). A média geral total de 7,11%, menor que a média encontrada por Loureiro et al. (2000) de 9% para a mesma espécie estudada.

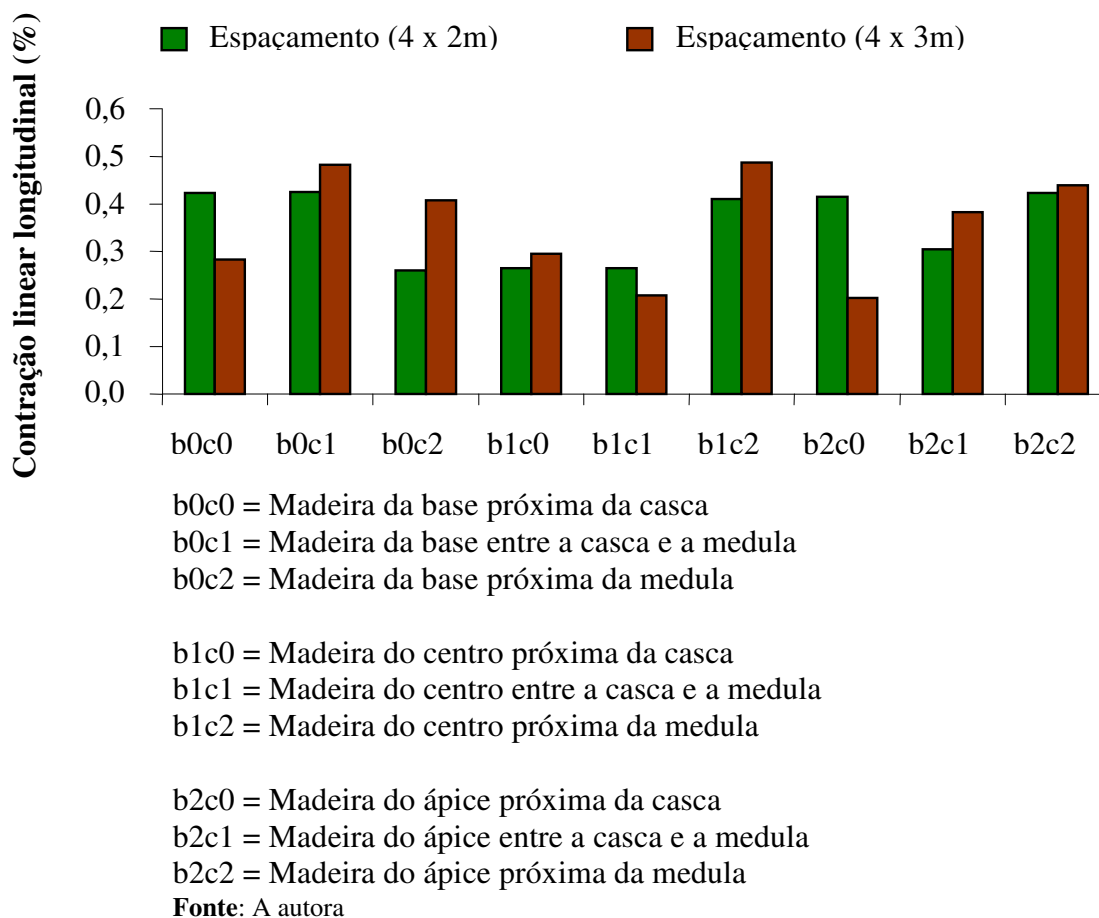
Na Tabela 6 (Apêndice F), encontram-se os resultados da análise de variância onde pode se constatar que os fatores espaçamento de plantio e as posições da madeira nas seções transversais e axiais do fuste não interferiram significativamente sobre a contração volumétrica ao nível de 5% de probabilidade.

#### **4.1.7 Contração linear longitudinal**

No Gráfico 7, observa-se que as médias de contração longitudinal da madeira de paricá foram dispersas e todas inferiores a 0,5%. No plantio de 4 x 2m, as variações obtidas, no sentido transversal, foram de 0,35% (medula), 0,32% (intermediária) e 0,36% (casca) e no sentido axial de 0,36% (base), 0,30% (centro) e 0,37% (ápice). No plantio de 4 x 3m, as variações foram de 0,44% (medula), 0,36% (intermediária) e 0,26% (casca) no sentido transversal e de 0,39% (base), 0,33% (centro) e 0,34% (ápice) no sentido axial.

No geral, não se constatou tendência na variação da contração linear longitudinal das madeiras oriundas dos dois plantios e os valores médios foram de 0,35% para ambos os espaçamentos estudados. Esse resultado confirma que a contração linear longitudinal sempre é menor que as contrações nos sentidos radiais e tangenciais. Estudos realizados por Associação... (1985) relatam que esta diferença existe por estarem os elementos estruturais da madeira dispostos em sua maioria no sentido vertical. Também Trugilho e Vital (1996) verificaram que a contração longitudinal é praticamente a mesma na base e na altura do DAP da árvore de eucalipto, graças ao arranjo dos elementos anatômicos. Mattos et al. (1999) e Pereira, Schaitza e Baggio (2000), ao estudarem, respectivamente, a madeira das espécies *Terminalia ivorensis* e *Grevillea robusta*, também encontraram valores inferiores a 0,5% de contração longitudinal.

**Gráfico 7** - Média de contração linear longitudinal nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA.



De acordo com a Tabela 7 (Apêndice G), observa-se que as variações da contração linear longitudinal, ocasionadas pelos fatores espaçamentos de plantio e as posições da madeira no fuste, apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, para as interações “centro x ápice” e “casca x intermediária”. Este resultado deve ser mais bem analisado em futuros trabalhos desta natureza, pois se sabe que neste sentido a variação independe do tipo de madeira, sendo pequena graças ao arranjo dos elementos anatômicos. Tal resultado difere do citado por Trugilho e Vital (1996), em que a contração longitudinal foi praticamente à mesma na base e no DAP das árvores de eucalipto.

Contudo, convém mencionar, Silveira et al. (1999), avaliando o efeito do espaçamento sobre as contrações de híbridos de *Eucalyptus*, observaram que houve interação significativa entre clone x espaçamento, para a contração longitudinal para todos os clones.



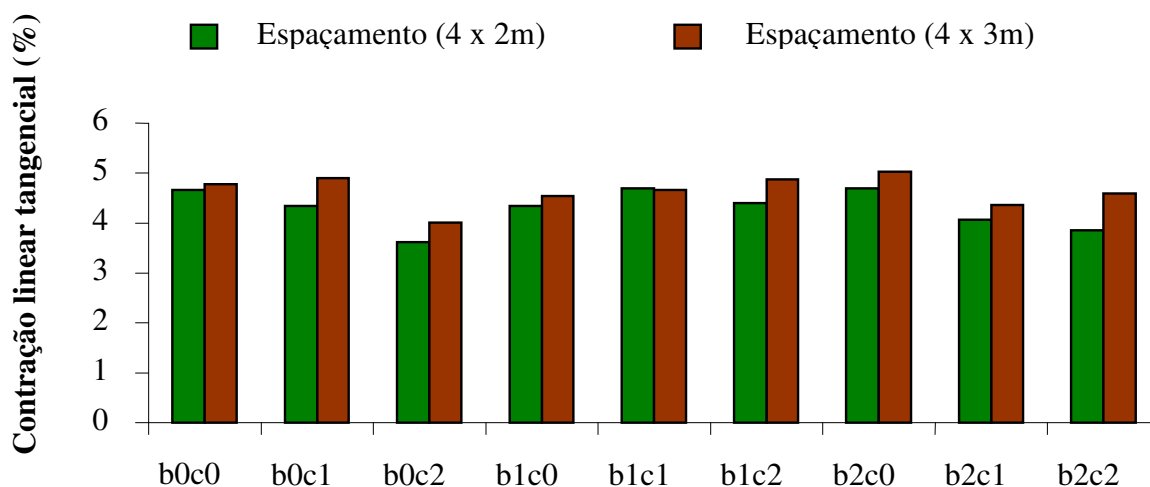
#### 4.1.8 Contração Linear Tangencial

No Gráfico 8, encontram-se as médias de contração linear tangencial da madeira de paricá plantada em dois espaçamentos. No geral, verifica-se que as variações obtidas não apresentaram tendências em função dos fatores estudados. Na madeira oriunda do plantio de 4 x 2m, as médias obtidas foram de 3,8% (medula), 4,3% (intermediária) e 4,6% (casca) no sentido transversal e de 4,2% (base), 4,5% (centro) e 4,0% (ápice) no sentido axial do fuste. Do plantio 4 x 3m, as contrações variaram de 4,4% (medula), 4,5% (intermediária) e 4,7% (casca) no sentido transversal e de 4,5% (base), 4,6% (centro) e 4,5% (ápice) no sentido axial do fuste. As médias gerais dos plantios foram de 4,2% (4 x 2m) e 4,5% (4 x 3m). Este último dado provocou uma maior variação de contração tangencial, podendo acarretar em menor estabilidade dimensional da madeira submetida à secagem.

Essas médias foram inferiores à média de 6,1% obtida por Loureiro et al. (2000) para a mesma espécie; de 10,1 a 11,1%, obtidas por Silveira et al. (1999), para a madeira de *Eucalyptus*; e 7,9% para espécie *Grevillea robusta* encontrada por Pereira, Schaitza e Baggio (2000).

Sendo assim, os resultados da análise de variância se encontram na Tabela 8 (Apêndice H). Constatou-se que os fatores espaçamentos de plantios e as posições da madeira no sentido transversal e axial do fuste, estatisticamente, não causaram efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade sobre a variabilidade dimensional no sentido linear tangencial da madeira.

**Gráfico 8** - Média de contração linear tangencial nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA.



b0c0 = Madeira da base próxima da casca

b0c1 = Madeira da base entre a casca e a medula

b0c2 = Madeira da base próxima da medula

b1c0 = Madeira do centro próxima da casca

b1c1 = Madeira do centro entre a casca e a medula

b1c2 = Madeira do centro próxima da medula

b2c0 = Madeira do ápice próxima da casca

b2c1 = Madeira do ápice entre a casca e a medula

b2c2 = Madeira do ápice próxima da medula

Fonte: A autora

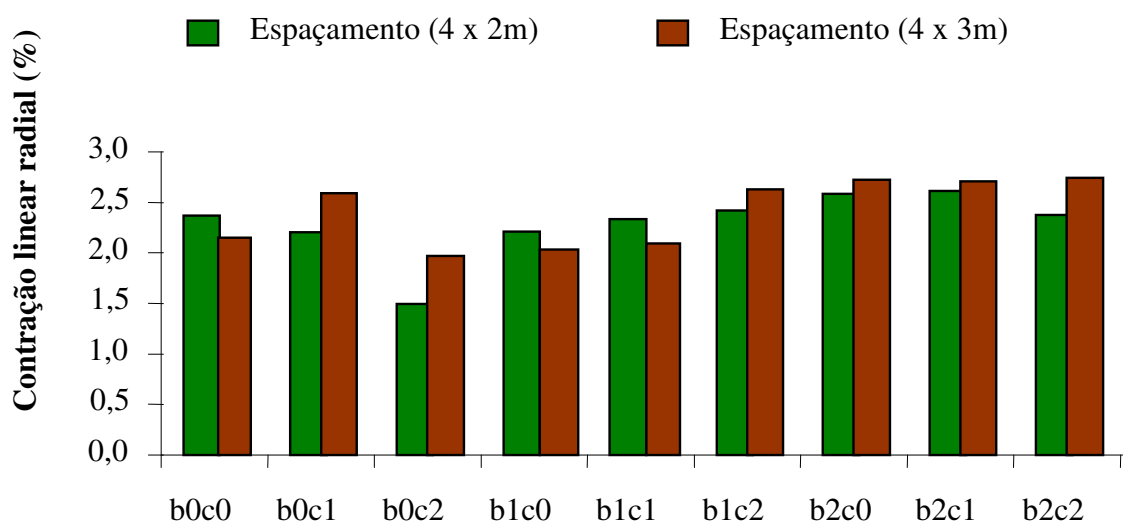
Silveira et al. (1999), ao estudarem a madeira de *Eucalyptus* encontraram diferenças significativas na interação clone x espaçamento para a contração tangencial. Trugilho e Vital (1996) verificaram que a contração diminui da base em relação ao DAP da árvore, com a idade da madeira. Mattos et al. (1999), constataram existir diferenças nas posições da altura comercial (base, 50% e 100%), e no sentido tangencial da madeira de *Terminalia ivorensis*, que apresentou 5,8%. Para Muñiz (1993), em madeira de *Pinus taeda*, observou que houve um aumento na contração tangencial no sentido medula-casca, diminuindo com a altura.

Isto demonstra que a variabilidade dimensional é um fator intrínseco que varia de espécie para espécie.

#### 4.1.9 Contração linear radial

No Gráfico 9, encontram-se as médias de contração linear radial da madeira procedente dos plantios com dois espaçamentos diferentes. A madeira procedente do plantio 4 x 2m apresentou médias de 2,1% (medula), 2,4% (intermediária) e 2,4% (casca) no sentido transversal e de 2,1% (base), 2,3% (centro) e 2,6% (ápice) no sentido axial; e a que foi procedente do plantio 4 x 3m apresentou médias de 2,4% (medula), 2,4% (intermediária) e 2,3% (casca) no sentido transversal e de 2,3% (base), 2,3% (centro) e 2,5% (ápice) no sentido axial do fuste.

**Gráfico 9** - Média de contração linear radial nos espaçamentos 4m x 2m e 4m x 3m de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de sete anos de idade em Aurora do Pará-PA.



b0c0 = Madeira da base próxima da casca

b0c1 = Madeira da base entre a casca e a medula

b0c2 = Madeira da base próxima da medula

b1c0 = Madeira do centro próxima da casca

b1c1 = Madeira do centro entre a casca e a medula

b1c2 = Madeira do centro próxima da medula

b2c0 = Madeira do ápice próxima da casca

b2c1 = Madeira do ápice entre a casca e a medula

b2c2 = Madeira do ápice próxima da medula

**Fonte:** A autora

As médias de contração radial da madeira por plantio (4 x 2m e 4 x 3m) foram, respectivamente, de 2,3% e 2,4%, indicando que em espaçamento maior a contração foi

maior, vindo assim, concordar com o resultado de Carvalho (1996), que obteve comportamento semelhante ao estudar a madeira de tatajuba (*Bagassa guianensis*).

A média geral para os dois espaçamentos neste estudo foi de 2,3%, valor aproximado àquele encontrado por Loureiro et al. (2000), que foi de 2,4% para a mesma espécie.

Trugilho e Vital (1996) verificaram que a contração diminui da base para o DAP da árvore, com o aumento da idade da madeira. Mattos et al. (1999), estudando a variação da contração na altura comercial encontrou valores médios de 4,6% para a espécie *Terminalia ivorensis*.

Para este estudo não foi encontrada literatura correlata para a espécie paricá. Contudo, Muñiz (1993), estudando *Pinus taeda*, encontrou diferença para contração radial nos lenhos juvenil e adulto, observando que houve aumento no sentido medula-casca e diminuição com relação à altura. Também Palma e Ballarin (2003), estudando a variabilidade das contrações radial de *Pinus taeda*, verificaram que os valores de contração radial são menores e mais variáveis em madeira juvenil.

Os resultados dos pesquisadores, Palma e Ballarin (2003) e Mattos et al. (1999) indicam que as variações de contração radial da madeira são características peculiares de cada espécie e que variam de acordo com as condições em que se encontram na árvore.

Na Tabela 9 (Apêndice I), encontram-se os resultados de análise de variância. Pois, verifica-se que os fatores espaçamentos de plantio e as posições da madeira nos sentidos transversal e axial do fuste, estatisticamente, não causaram efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade. Entretanto, constatou-se um efeito significativo da interação “centro x ápice” sobre a contração radial da madeira nessa região do fuste.

## 4.2 ESTUDO II

No estudo II, foram considerados os efeitos dos fatores Ambiente, Posição longitudinal e transversal, sobre as variáveis de resposta diâmetro dos poros, comprimento, largura e espessura da parede celular das fibras e largura da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) com 9 anos de idade.

#### 4.2.1 Diâmetro dos poros

No Gráfico 10, encontram-se as médias dos diâmetros dos poros, geradas através de fotografias macroscópicas (Apêndice QQ ao NNN), da madeira analisada nas seções transversais (direção medula-casca) e axiais (direção base-ápice) do fuste. A madeira oriunda do ambiente capoeira apresentou uma redução de diâmetro dos poros na direção casca-medula na base e no centro do fuste. Esse comportamento não foi evidenciado no ápice, apresentando valores dispersos. A madeira do ambiente pleno aberto apresentou uma tendência de redução de diâmetro dos poros na direção casca-medula, em madeira localizada no centro e no ápice do fuste. Na posição da base, os poros apresentaram-se maiores em madeiras localizadas na posição intermediária e próxima da casca.

Estes resultados podem ser também observados nas fotografias macroscópicas, nos apêndices (QQ ao BBB) referentes ao ambiente pleno aberto e nos apêndices (CCC ao NNN) do ambiente capoeira.

As médias de diâmetro dos poros da madeira procedente do ambiente pleno aberto registraram valores de 0,32mm (medula), 0,35mm (intermediária) e 0,36mm (casca) no sentido transversal do fuste e de 0,33mm (base), 0,35mm (centro) e 0,35mm (ápice) no sentido axial. No ambiente capoeira foram de 0,28mm (medula), 0,32mm (intermediária) e 0,35mm (casca) no sentido transversal e na axial de 0,28mm (base), 0,33mm (centro) e 0,33mm (ápice). As médias gerais de diâmetro dos poros foram de 0,34mm para o ambiente pleno aberto e de 0,31mm para a capoeira.

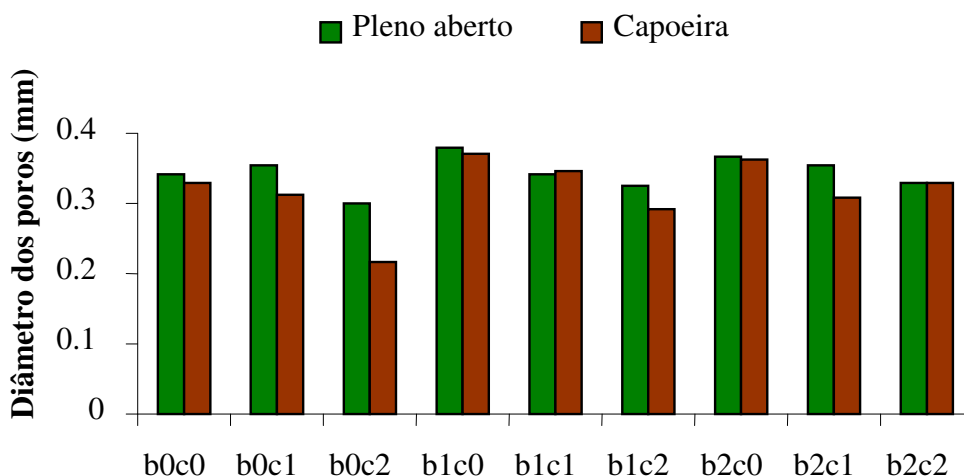
Não foi encontrada literatura relacionada com este estudo, no entanto, Burger e Richter (1991) afirmam que árvores de mesma espécie, crescendo em regiões com diferentes condições climáticas, apresentam características anatômicas diferentes. Roque, Tomazello Filho e Dias (2007), também afirmam que as condições ecológicas dos locais de estudo, como a precipitação média anual, temperatura, quantidade de horas luz, podem ter induzido alterações na anatomia do lenho das árvores de gmelina, especialmente às células importantes para o fluxo de seiva mineral, entre os quais estão os vasos (dimensões, distribuição, porosidade). Kollmann e Cote Jr. (1968), afirmam que os fatores ambientais (solo, precipitação, calor, vento, etc.) afetam a estrutura da madeira.

Florsheim e Tomazello Filho (1994) estudaram a anatomia da madeira de *Myracrodruon urundeuva*, visando determinar as diferenças entre as árvores que ocorrem naturalmente e as de plantio. Eles concluem que é possível produzir madeira dessa espécie

através de plantios, por apresentar características similares às madeiras de populações naturais. Mendes et al. (1999), encontrou diferentes elementos anatômicos para madeira de *Zanthoxylum tingoassuiba* de ocorrência na região de Lavras, MG, no entanto, concluíram que a espécie não é susceptível as variações provocadas pela adaptação da planta às condições ecológicas, o que foge da regra geral.

Na Tabela 10 (Apêndice J), encontram-se os resultados da análise de variância. As variações do diâmetro dos poros em função dos fatores ambientes e as posições da madeira nos sentidos transversal e axial da árvore, estatisticamente, não foram significativas ao nível de 5% de probabilidade.

**Gráfico 10** - Média de diâmetro dos poros dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.



b0c0 = Madeira da base próxima da casca

b0c1 = Madeira da base entre a casca e a medula

b0c2 = Madeira da base próxima da medula

b1c0 = Madeira do centro próxima da casca

b1c1 = Madeira do centro entre a casca e a medula

b1c2 = Madeira do centro próxima da medula

b2c0 = Madeira do ápice próxima da casca

b2c1 = Madeira do ápice entre a casca e a medula

b2c2 = Madeira do ápice próxima da medula

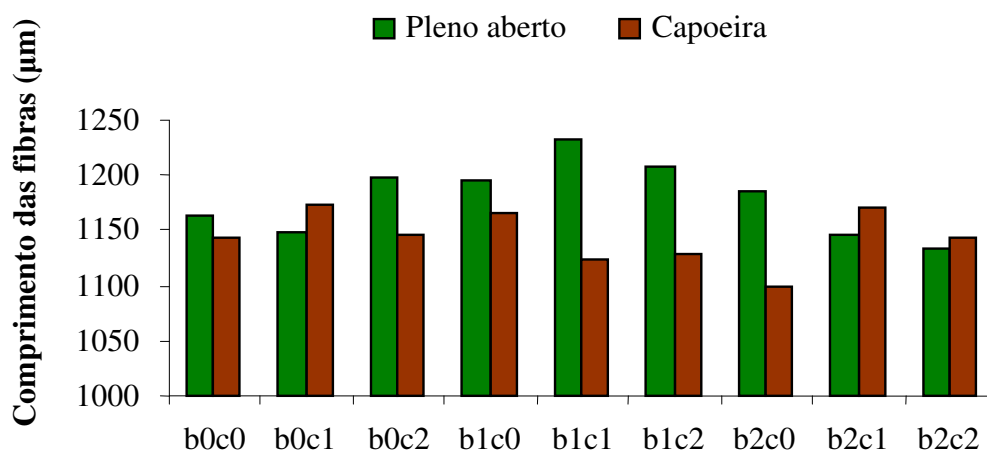
**Fonte:** A autora

#### 4.2.2 Comprimento das Fibras

No Gráfico 11, encontram-se as médias de comprimento das fibras das amostras retiradas da posição transversal (medula, intermediário e casca) e axial (base, centro e ápice) do fuste da árvore.

A madeira procedente do ambiente pleno aberto apresentou uma diminuição no comprimento das fibras na direção casca-medula no ápice do fuste. Esse comportamento não foi evidenciado na base e no centro, apresentando valores dispersos. As variações obtidas com a madeira procedente do ambiente pleno aberto foram de 1180,32 $\mu$ m (medula), 1162,45 $\mu$ m (intermediária) e 1181,47 $\mu$ m (casca) no sentido transversal e de 1169,80 $\mu$ m (base), 1212,39 $\mu$ m (centro) e 1154,84 $\mu$ m (ápice) no sentido axial. A madeira procedente do ambiente capoeira apresentou fibras de comprimento variado em função das posições no fuste da árvore. Os valores médios registrados no sentido transversal foram de 1139,56 $\mu$ m (medula), 1156,67 $\mu$ m (intermediária) e 1136,86 $\mu$ m (casca) e no sentido axial foram de 1155,04 $\mu$ m (base), 1140,01 $\mu$ m (centro) e 1138,04 $\mu$ m (ápice).

**Gráfico 11** - Média de comprimento das fibras dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.



b0c0 = Madeira da base próxima da casca

b0c1 = Madeira da base entre a casca e a medula

b0c2 = Madeira da base próxima da medula

b1c0 = Madeira do centro próxima da casca

b1c1 = Madeira do centro entre a casca e a medula

b1c2 = Madeira do centro próxima da medula

b2c0 = Madeira do ápice próxima da casca

b2c1 = Madeira do ápice entre a casca e a medula

b2c2 = Madeira do ápice próxima da medula

Fonte: A autora

As médias gerais do comprimento das fibras obtidas das três posições nos sentidos transversais e axiais do fuste foram 1179,01 $\mu$ m para o ambiente pleno aberto e 1144,36 $\mu$ m para o ambiente capoeira.

É importante ressaltar que no ambiente pleno aberto, as fibras da madeira localizada no centro do fuste apresentaram comprimento acima da média geral. A razão desse comportamento não foi identificada. Essa variação pode ser decorrente de fato ocasional inerente ao processo de desenvolvimento da planta. Cown (1975) encontrou zonas distintas de madeira na árvore, dependendo da posição em relação ao centro do tronco e ao topo da árvore.

As fibras da madeira de paricá são inferiores às médias encontradas por Paula (1979) para *Schizolobium amazonicum* com valores de 1350 $\mu$ m e por Mendes et al. (1999) para *Zanthoxylum tingoassuiba* com valor médio de 1280 $\mu$ m.

Para tanto, Florsheim e Tomazello Filho (1994), estudaram anatomia da madeira de *Myracrodruon urundeuva* e o valor determinado, em média, para o comprimento das fibras foi 1,01 mm, sendo similares nas madeiras das duas populações (plantio e naturais). Mendes et al. (1999), também constatou que a espécie *Zanthoxylum tingoassuiba* não é susceptível a variações das condições ecológicas.

Na Tabela 11(Apêndice K), encontram-se os resultados da análise de variância. As variações de comprimento das fibras em função do fator ambiente, não foram significativas estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade.

#### **4.2.3. Largura das Fibras**

A largura consistiu na medição da fibra no ponto médio de seu comprimento. No Gráfico 12, estão mostradas as médias de largura das fibras individualizadas através de processo de maceração.

A madeira oriunda do ambiente pleno aberto apresentou médias de largura das fibras no sentido transversal de 25,92 $\mu$ m (medula), 26,15 $\mu$ m (intermediária) e 26,46 $\mu$ m (casca) e no axial de 26,60 $\mu$ m (base), 25,28 $\mu$ m (centro) e 26,64 $\mu$ m (ápice). Com relação ao ambiente capoeira, as médias obtidas foram de 26,42 $\mu$ m (medula), 26,42 $\mu$ m (intermediária) e 27,82 $\mu$ m (casca) no sentido transversal e de 27,17 $\mu$ m (base), 27,04 $\mu$ m (centro) e 26,42 $\mu$ m (ápice) no

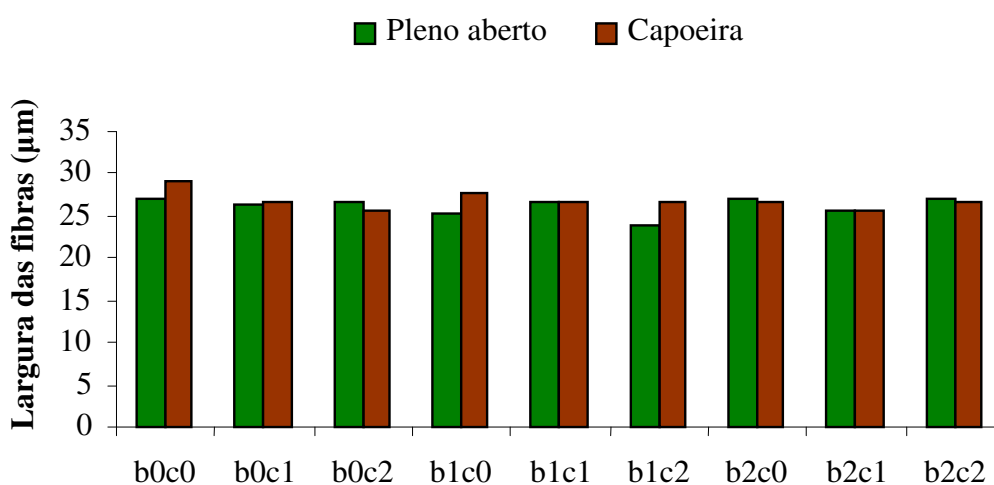


axial do fuste. As médias gerais obtidas foram de 26,17 $\mu$ m para o ambiente pleno aberto e de 26,87 $\mu$ m, para a capoeira.

Paula (1979) encontrou valores médios para a largura das fibras da madeira de *Schizolobium amazonicum* (27,00 $\mu$ m), aproximados com os resultados encontrados neste estudo. Foram encontrados também dados sobre medidas de largura das fibras com outras espécies como *Eucalyptus urophylla* (17,59 $\mu$ m) e *Terminalia ivorensis* (27,00 $\mu$ m), por Marques (1979) e Mattos et al. (1999). Neste último estudo a largura média foi aproximada a da espécie estudada.

Na Tabela 12 (Apêndice L), encontram-se os resultados da análise de variância. As variações de largura das fibras em função dos ambientes de plantio não foram significativas ao nível de 5% de probabilidade. No entanto, houve um efeito altamente significativo do fator referente à posição da madeira, registrando-se que a largura das fibras foi afetada na direção transversal “casca x intermediário” do fuste, através da interação “Base x centro”.

**Gráfico 12** - Média de largura das fibras dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.



b0c0 = Madeira da base próxima da casca

b0c1 = Madeira da base entre a casca e a medula

b0c2 = Madeira da base próxima da medula

b1c0 = Madeira do centro próxima da casca

b1c1 = Madeira do centro entre a casca e a medula

b1c2 = Madeira do centro próxima da medula

b2c0 = Madeira do ápice próxima da casca

b2c1 = Madeira do ápice entre a casca e a medula

b2c2 = Madeira do ápice próxima da medula

Fonte: A autora

No aspecto global, a largura das fibras é bastante homogênea entre a madeira oriunda dos dois ambientes de paricá. Para uso em que se exija homogeneidade na largura das fibras à madeira de paricá possui boa qualidade.

#### 4.2.4 Espessura da parede celular das fibras

No Gráfico 13, estão demonstradas as variações da espessura da parede celular das fibras. Observa-se uma dispersão muito grande, de um modo geral sem tendência, em função dos fatores ambientes e posições nas seções transversais e axiais do fuste da árvore. Há uma tendência de aumento no sentido medula-casca, apenas na posição axial centro do fuste no ambiente capoeira. Florsheim et al. (2000) encontraram valores também crescentes no sentido medula-casca para *Eucalyptus saligna* (3,79  $\mu\text{m}$ , 4,09  $\mu\text{m}$  e 4,51  $\mu\text{m}$ ).

Dessa forma, no ambiente pleno aberto, as médias de espessura das fibras variaram na posição transversal de 4,47 $\mu\text{m}$  (medula), 4,59 $\mu\text{m}$  (intermediária) e 4,69 $\mu\text{m}$  (casca) e no sentido axial de 4,57 $\mu\text{m}$  (base), 4,47 $\mu\text{m}$  (centro) e 4,71 $\mu\text{m}$  (ápice) do fuste. Para o ambiente capoeira, as médias variaram na posição transversal de 4,60 $\mu\text{m}$  (medula), 4,75 $\mu\text{m}$  (intermediária) e 4,73 $\mu\text{m}$  (casca) e no sentido axial de 4,81 $\mu\text{m}$  (base), 4,63 $\mu\text{m}$  (centro) e 4,65 $\mu\text{m}$  (ápice) do fuste.

As médias gerais de espessura das fibras apresentaram valores de 4,58 $\mu\text{m}$  e de 4,69 $\mu\text{m}$ , respectivamente, para as madeiras dos ambientes pleno aberto e capoeira.

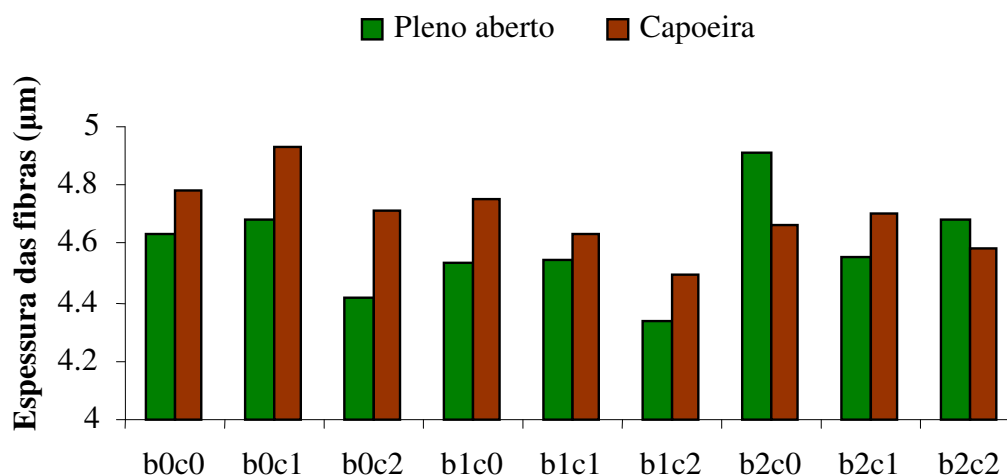
Mattos et al. (1999) encontraram valores médios superiores para espessura das fibras de *Terminalia ivorensis* (6,00 $\mu\text{m}$ ), enquanto Mattos et al. (2000) encontraram valores variando entre 1,00 a 8,00  $\mu\text{m}$  para *Ateleia glazioviana*.

A classificação das paredes das fibras da madeira nesse estudo foi de delgadas a espessas para os dois ambientes Maccari e Marchiori (1994) e Marchiori e Muñiz (1997) também encontraram para as espécies *Mimosa sparsa* e *M. pilulifera* paredes delgadas a espessas.

Florsheim e Tomazello Filho (1994) determinaram para espécie *Myracrodruon urundeuva* espessura das paredes de 5,15  $\mu\text{m}$ , não apresentando diferenças entre madeiras oriundas de plantios para populações naturais. Loureiro (1968), também encontrou resultados semelhantes para, madeiras de *Croton lanjouwensis*, procedentes de várias cidades do estado do Amazonas, e para *Croton matourensis*, procedente do estado do Pará, fibras com espessura

da parede de 5  $\mu\text{m}$  e 5  $\mu\text{m}$ , respectivamente, concluindo que as duas espécies são muito semelhantes.

**Gráfico 13** - Média de espessura da parede celular das fibras dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.



b0c0 = Madeira da base próxima da casca

b0c1 = Madeira da base entre a casca e a medula

b0c2 = Madeira da base próxima da medula

b1c0 = Madeira do centro próxima da casca

b1c1 = Madeira do centro entre a casca e a medula

b1c2 = Madeira do centro próxima da medula

b2c0 = Madeira do ápice próxima da casca

b2c1 = Madeira do ápice entre a casca e a medula

b2c2 = Madeira do ápice próxima da medula

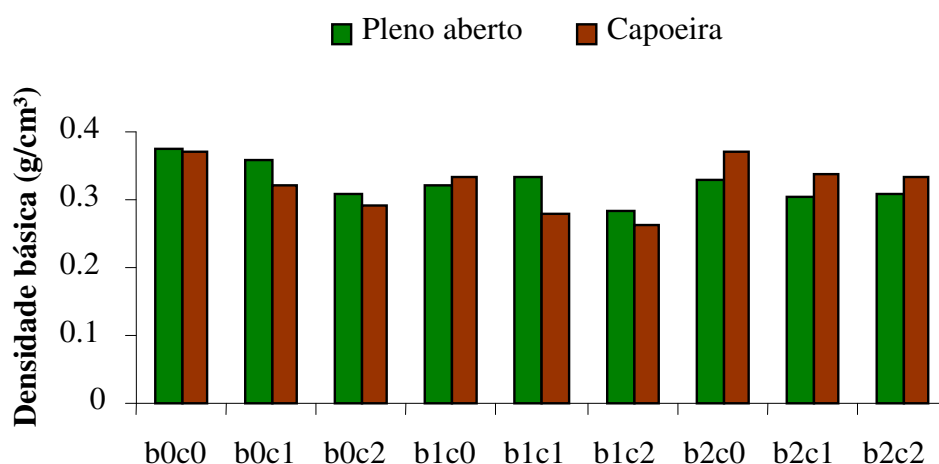
**Fonte:** A autora

Na Tabela 13 (Apêndice M), encontram-se os resultados de análise de variância. Constatou-se que os fatores ambientes, estatisticamente, causaram variações significativas ao nível de 5% de probabilidade na espessura celular das fibras. Este resultado confirma a assertiva de Burger e Richter (1991), sobre árvores da mesma espécie, crescendo em regiões e condições climáticas diferenciadas, estas apresentam características anatômicas distintas, em especial a espessura da parede celular.

#### 4.2.5 Densidade básica

No Gráfico 14, estão demonstradas as médias de densidade básica da madeira nas posições transversais e axiais do fuste da árvore. Constatou-se uma leve tendência de aumento da densidade na direção medula-casca em madeira localizada na base do fuste (ambiente pleno aberto e capoeira). Essa tendência também é demonstrada no centro e no ápice do fuste no ambiente capoeira. Nas outras posições axiais do ambiente pleno aberto, as médias foram dispersas.

**Gráfico 14** - Média de densidade básica dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.



b0c0 = Madeira da base próxima da casca

b0c1 = Madeira da base entre a casca e a medula

b0c2 = Madeira da base próxima da medula

b1c0 = Madeira do centro próxima da casca

b1c1 = Madeira do centro entre a casca e a medula

b1c2 = Madeira do centro próxima da medula

b2c0 = Madeira do ápice próxima da casca

b2c1 = Madeira do ápice entre a casca e a medula

b2c2 = Madeira do ápice próxima da medula

**Fonte:** A autora

A madeira oriunda do ambiente pleno aberto apresentou variações de densidade básica da madeira na posição transversal de 0,30g/cm<sup>3</sup> (medula), 0,33g/cm<sup>3</sup> (intermediária) e 0,34g/cm<sup>3</sup> (casca) e na posição axial de 0,34g/cm<sup>3</sup>(base), 0,31g/cm<sup>3</sup> (centro) e 0,31g/cm<sup>3</sup> (ápice) do fuste. No ambiente capoeira, essas variações foram de 0,34g/cm<sup>3</sup> (medula),

0,29g/cm<sup>3</sup> (intermediária) e 0,33g/cm<sup>3</sup> (casca) na posição transversal e de 0,33g/cm<sup>3</sup> (base), 0,29g/cm<sup>3</sup> (centro) e 0,34g/cm<sup>3</sup> (ápice) na posição axial do fuste. Essas tendências são muito semelhantes aos resultados de Barrichelo, Brito e Migliorini (1983) e Ferreira (1972), que ao estudarem espécies de eucalipto concluíram que existe variação de densidade no sentido radial da árvore e no sentido base-topo.

A média de densidade básica da madeira do ambiente pleno aberto foi de 0,32g/cm<sup>3</sup> ligeiramente superior a do ambiente capoeira que foi de 0,31g/cm<sup>3</sup>. Albino (1983); Brasil e Ferreira (1971) constataram diferenças significativas para os locais estudados em diferentes espécies de eucalipto. Albino e Tomazello Filho (1985) observaram um efeito do local também para uma espécie de eucalipto. Entretanto, foram encontrados resultados contrários por Ferreira, Freitas e Ferreira (1979) e Brasil e Veiga (1994), em que a densidade apresentou resultados semelhantes para as espécies de eucalipto.

A média geral de densidade (0,31g/cm<sup>3</sup>) da madeira dos dois ambientes estudados foi maior do que a média encontrada por Loureiro et al. (2000) que foi de 0,24g/cm<sup>3</sup> para a mesma espécie e aproximados aos encontrados por Carvalho (1994) para *Schizolobium parahyba* que foi de 0,27g/cm<sup>3</sup>.

Na literatura consultada existem controvérsias quanto à questão de variação de densidade da madeira em função da posição transversal e axial no tronco. Ferreirinha (1961) e Ferreira (1968) constataram existir uma variação da densidade básica aumentando no sentido da altura das árvores. Jorgensen (1967) verificou que a densidade tende a diminuir em direção à copa. Florsheim e Tomazello Filho (1994) não encontraram tendência de variação em relação às classes de diâmetro, para a madeira de aroeira, no entanto observaram que os maiores valores da densidade se encontram próximos à medula, decrescendo em direção à casca. Porém, Florsheim e Tomazello Filho (1994) observaram uma tendência contrária a que foi verificada pelos autores anteriormente citados em que a densidade básica diminui da medula para casca.

Assim sendo, observou-se que a variação da densidade básica teve um comportamento semelhante ao de diâmetro dos poros, para os dois ambientes. Barbosa e Garrido (1990), observaram existir uma correlação entre densidade básica e os elementos anatômicos de seus lenhos, o que pode explicar o comportamento observado neste trabalho.

Na Tabela 14 (Apêndice N), estão demonstrados os resultados da análise de variância. As variações da densidade básica da madeira em função dos ambientes foram significativas estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade na interação posição transversal “casca x intermediária”. Na madeira localizada no sentido transversal do fuste, através da interação

“casca x intermediária” no fuste houve variação significativa ao nível de 5% de probabilidade. Observou-se, ainda, uma variação da densidade básica significativa ao nível de 5% de probabilidade, em função das posições axiais e transversais no fuste, para interação “centro x ápice e “intermediário x medula”.

#### 4.2.6 Contração Volumétrica Total

No Gráfico 15, encontram-se as médias de contração volumétrica da madeira nas posições transversais e axiais do fuste. A madeira proveniente do ambiente pleno aberto apresentou valores médios de contração no sentido transversal de 7,22% (medula), 7,95% (intermediária) e 8,51% (casca) e de 8,33% (base), 7,94% (centro) e 7,40% (ápice) no sentido axial do fuste. As médias obtidas indicaram uma tendência de aumento da contração no sentido transversal do fuste “medula x casca”, enquanto que no sentido axial as médias demonstraram uma leve tendência de diminuição no sentido da base para o topo do fuste.

A madeira do ambiente capoeira apresentou médias de contração volumétrica no sentido transversal de 7,69% (medula), 8,20% (intermediária) e 7,51% (casca) e de 8,83% (base), 6,71% (centro) e 7,87% (ápice) no sentido axial do fuste, mostrando resultados para as médias, bastante variáveis no sentido axial, apresentando uma leve tendência de diminuição na contração da madeira no sentido transversal “medula x casca” na posição da base do fuste, e um aumento no sentido medula x casca no ápice do fuste.

As variações ocorridas na contração da madeira podem estar relacionadas com a densidade básica da madeira conforme pode ser constatado no item – 4.2.5. Segundo Mainieri (1989) a intensidade com que ocorre a contração da madeira é influenciada, dentre outros fatores, pela espécie, estrutura da madeira, condições de secagem e direção considerada com relação às fibras. Esta afirmação é também compartilhada por Oliveira e Silva (2003) que citam que a magnitude das variações dimensionais depende de inúmeros fatores, como: teor de umidade, direção estrutural (radial, tangencial ou longitudinal), posição dentro da árvore, densidade da madeira, temperatura, etc.

Resultados semelhantes aos deste estudo foram encontrados por Lemos (1981) e Carvalho (1996), que citam que as madeiras mais densas apresentam maiores contrações, apesar de estatisticamente não encontrarem diferenças significativas.

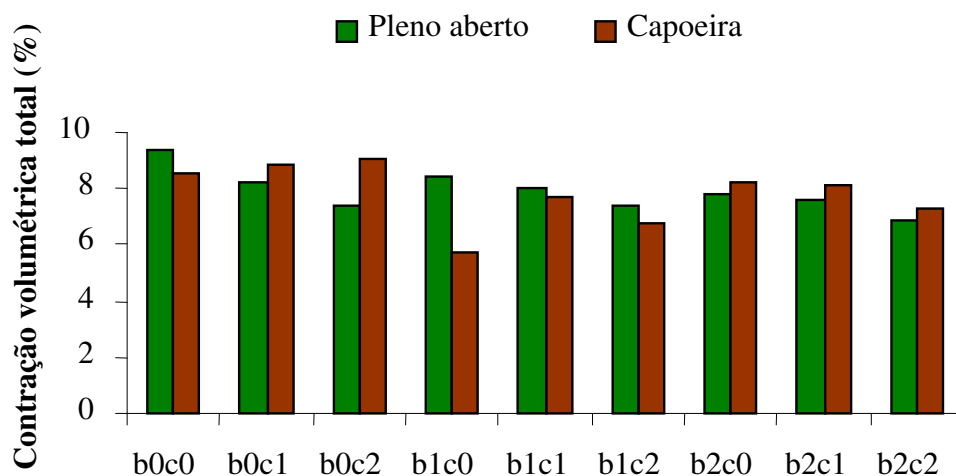
Mattos et al. (1999), encontrou diferenças nas posições da altura comercial (base, 50% e 100%), para madeira de *Terminalia ivorensis*, com contração volumétrica de 10,5%. Muñiz

(1993) encontrou para *Pinus taeda*, contrações volumétricas com valores aumentando no sentido medula-casca e diminuindo com o crescimento em altura. Vasconcellos et al. (2001), em estudo com espécies madeireiras utilizadas nas indústrias do estado do Maranhão (25 espécies, 22 gêneros e 16 famílias) obtiveram resultados para contração volumétrica variando entre 8,6% (*Torresea acreana*) e 18,44% (*Tabebuia serratifolia*). Para madeira de *Grevillea robusta*, Pereira, Schaitza e Baggio (2000), encontraram 11,6% de contração volumétrica total.

Palma e Ballarin (2003), em estudo da variabilidade da contração volumétrica entre a madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda*, verificaram valor menor e mais variável na madeira juvenil, apresentando valor médio de 12,26%, enquanto para madeira adulta esse valor foi 14,20%. Costa, Ohashi e Daniel (1995) estudaram a espécie pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), tendo encontrado valor de 12,1%.

Sendo que os valores médios de contração volumétrica da madeira procedente dos dois ambientes foram de 7,89% (pleno aberto) e de 7,80% (capoeira). A média geral total foi de 7,84%, menor que a média encontrada por Loureiro et al. (2000) que foi de 9% para a mesma espécie estudada.

**Gráfico 15** - Média de contração volumétrica total dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.



b0c0 = Madeira da base próxima da casca

b0c1 = Madeira da base entre a casca e a medula

b0c2 = Madeira da base próxima da medula

b1c0 = Madeira do centro próxima da casca

b1c1 = Madeira do centro entre a casca e a medula

b1c2 = Madeira do centro próxima da medula

b2c0 = Madeira do ápice próxima da casca

b2c1 = Madeira do ápice entre a casca e a medula

b2c2 = Madeira do ápice próxima da medula

**Fonte:** A autora

Na Tabela 15 (Apêndice O), encontram-se os resultados da análise de variância onde se constata que os fatores ambiente e as posições da madeira nas seções axiais do fuste na interação “base x centro” estes foram significativos sobre a contração volumétrica, ao nível de 1% de probabilidade, e a interação “centro x ápice” foi significativa ao nível de 5% de probabilidade. Houve, ainda, o resultado altamente significativo para a interação da posição axial “base x centro” do fuste. No entanto, neste estudo, não foi possível explicar a causa destes resultados.

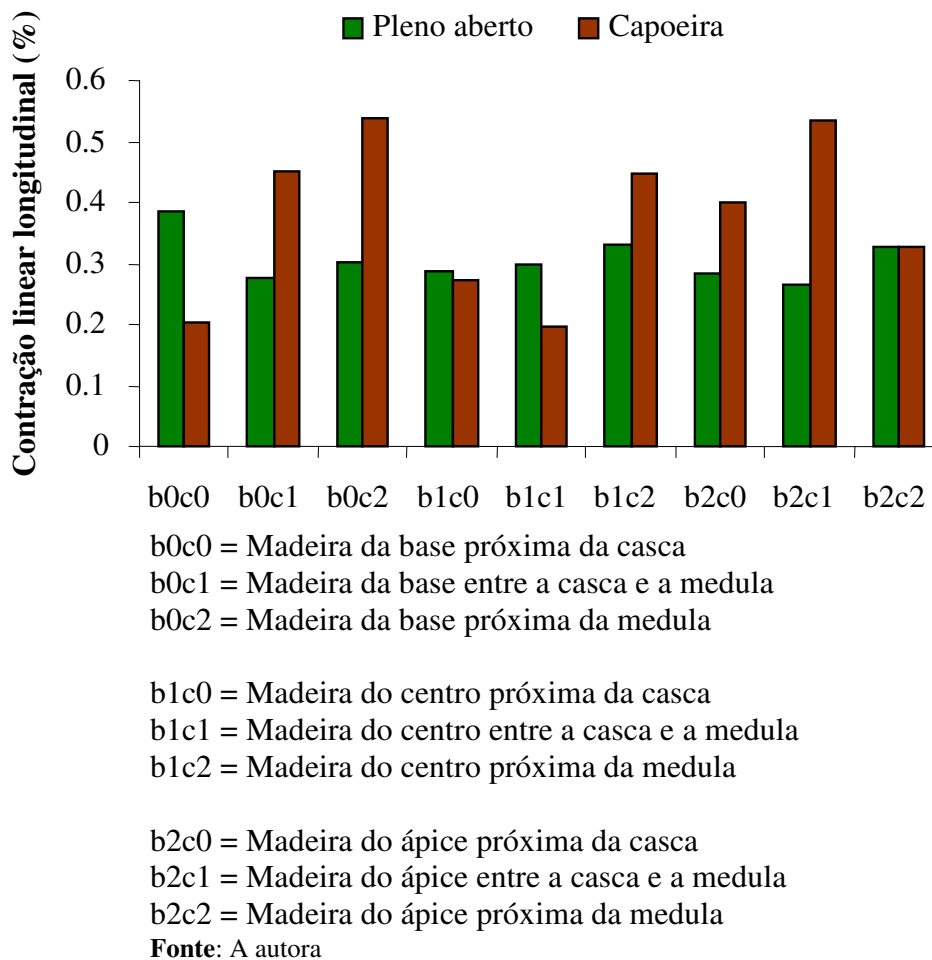
#### 4.2.7 Contração Linear longitudinal

No Gráfico 16, observa-se que as médias de contração longitudinal da madeira de paricá foram bastante variáveis. No ambiente pleno aberto, as variações obtidas, no sentido



transversal, foram de 0,32% (medula), 0,28% (intermediária) e 0,32% (casca) e no sentido axial de 0,32% (base), 0,30% (centro) e 0,29% (ápice). No ambiente capoeira, as variações foram de 0,44% (medula), 0,39% (intermediária) e 0,29% (casca) no sentido transversal e de 0,40% (base), 0,30% (centro) e 0,42% (ápice) no sentido axial.

**Gráfico 16** - Média de contração linear longitudinal dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.



Jankowsky (1989) afirma que a madeira contrai desigualmente, seguindo os sentidos de crescimento radial, tangencial e longitudinal, sendo a contração tangencial sempre maior que a radial e a radial muito maior que a contração longitudinal.

Trugilho e Vital (1996) observou que na madeira de eucalipto em várias idades, na base e no DAP da árvore, a contração longitudinal é praticamente a mesma nas duas posições, afirmando que a variação ocorrida neste sentido não sofre influência da madeira juvenil, graças ao arranjo dos elementos anatômicos. Pereira, Schaitza e Baggio (2000) observou que madeira de *Grevillea robusta*, plantados no norte do Paraná, apresentam 0,2% de contração

longitudinal. A madeira de *Ateleia glazioveana*, foi estudada por Mattos et al. (2000) com valores para contração longitudinal de 0,4 %.

De acordo com a Tabela 16 (Apêndice P), observa-se que as variações da contração linear longitudinal, ocasionadas pelos fatores ambientes e as posições da madeira no fuste, apresentam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade para as interações nas posições axial “base x centro” e transversal “casca x intermediária” no fuste.

#### **4.2.8 Contração linear tangencial**

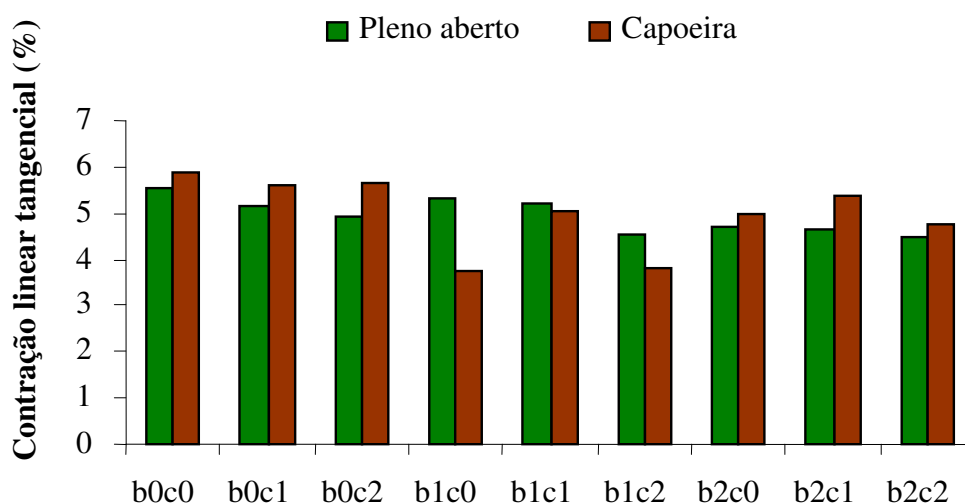
No Gráfico 17, encontram-se as médias de contração linear tangencial da madeira de paricá plantada em dois ambientes. Verifica-se no geral, para o ambiente pleno aberto, uma leve tendência das médias da contração tangencial diminuir em função dos fatores estudados no sentido base x ápice e casca x medula. Para o ambiente capoeira não foi verificada tendência, apresentando valores médios dispersos para as duas posições estudadas. A madeira procedente do ambiente pleno aberto apresentou médias de 4,65% (medula), 5,20% (intermediária) e 5,19% (casca) no sentido transversal e de 5,20% (base), 5,02% (centro) e 4,62% (ápice) no sentido axial do fuste. Do ambiente capoeira, as contrações variaram de 4,74% (medula), 5,35% (intermediária) e 4,87% (casca) no sentido transversal e de 5,7% (base), 4,21% (centro) e 5,04% (ápice) no sentido axial do fuste. As médias gerais dos ambientes foram de 4,94% (pleno aberto) e 4,98% (capoeira). No ambiente capoeira a variação da contração tangencial foi maior, podendo resultar em menor estabilidade dimensional da madeira quando submetida à secagem.

Essas médias foram inferiores à média de 6,1% obtida por Loureiro et al. (2000) para a mesma espécie e de 10,1 a 11,1% obtidas por Silveira et al. (1999), ao estudarem a madeira de *Eucalyptus*.

Mainieri (1989) relata que vários são os fatores que influenciam a intensidade com que ocorre a contração, entre os quais relaciona a estrutura da madeira e a espécie. Vale ressaltar que vários trabalhos foram encontrados abordando assuntos sobre a contração para diferentes espécies, como Mattos; Mattos, Teixeira e Sales (1999, 2000), Vasconcellos et al. (2001), Pereira, Schaitza e Baggio (2000), Palma e Ballarin (2003) e Costa, Ohashi e Daniel (1995), entre outros, no entanto não foram encontrados trabalhos que verificassem a influência do ambiente para esta espécie.

Lemos (1981) acentua que a contração tangencial é maior em madeiras com porosidade acentuada. Neste estudo, não foi verificada correlação entre a contração tangencial e a porosidade da madeira.

**Gráfico 17** - Média de contração linear tangencial dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.



b0c0 = Madeira da base próxima da casca

b0c1 = Madeira da base entre a casca e a medula

b0c2 = Madeira da base próxima da medula

b1c0 = Madeira do centro próxima da casca

b1c1 = Madeira do centro entre a casca e a medula

b1c2 = Madeira do centro próxima da medula

b2c0 = Madeira do ápice próxima da casca

b2c1 = Madeira do ápice entre a casca e a medula

b2c2 = Madeira do ápice próxima da medula

**Fonte:** A autora

Assim sendo, na Tabela 17 (Apêndice Q), encontram-se os resultados da análise de variância. Constatou-se que a interação dos fatores ambientes e as posições da madeira no sentido axial do fuste “base x centro” causaram efeitos significativos ao nível de 1% de probabilidade. Para a posição “centro x ápice” essa interação foi estatisticamente significativa ao nível de 5% de probabilidade. Foi verificado ainda um resultado significativo ao nível de 5% de probabilidade para a interação posição axial “base x centro”.

#### 4.2.9 Contração linear radial

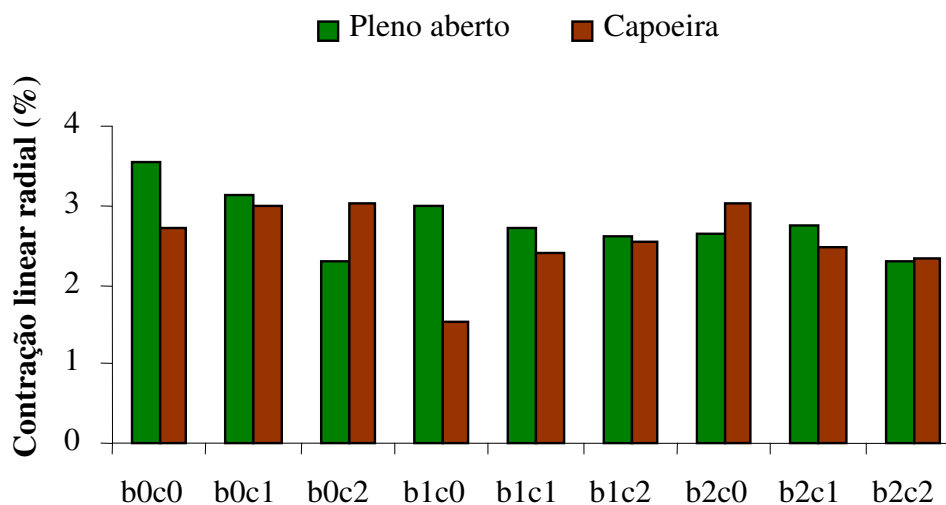
No Gráfico 18, encontram-se as médias de contração linear radial da madeira procedente dos ambientes pleno aberto e capoeira. A madeira procedente do ambiente pleno aberto apresentou médias de 2,41% (medula), 2,87% (intermediária) e 3,05% (casca) no sentido transversal e de 2,98% (base), 2,77% (centro) e 2,56% (ápice) no sentido axial e a procedente do ambiente capoeira apresentou médias de 2,62% (medula), 2,62% (intermediária) e 2,42% (casca) no sentido transversal e de 2,91% (base), 2,15% (centro) e 2,6% (ápice) no sentido axial do fuste.

No geral, a contração radial da madeira procedente do ambiente pleno aberto, apresentou uma leve tendência em diminuir da base para o ápice do fuste. Esta tendência não foi observada no ambiente capoeira, apresentando valores dispersos. Para a posição transversal, no ambiente pleno aberto, foi observado um aumento da contração no sentido medula x casca na base e no centro do fuste, no ápice apresentou valores dispersos. No ambiente capoeira ocorreu o contrário, foi observado uma diminuição da contração da medula para a casca na base e no centro do fuste e um crescimento da medula para casca no ápice do fuste.

As médias de contração radial da madeira do ambiente pleno aberto foram 2,77% e 2,55% para a capoeira. A média geral para os dois ambientes neste estudo foi de 2,66%, menor que os dados de Costa, Ohashi e Daniel (1995), para *Aniba rosaeodora* que foi de 4,6%.

A contração radial mostrou-se menor que a contração tangencial e maior que a longitudinal, resultados semelhantes aos encontrados por Mattos et al. (1999), Pereira, Schaitza e Baggio (2000) e Palma e Ballarin (2003), para outras espécies.

**Gráfico 18** - Média de contração linear radial dos ambientes pleno aberto e capoeira de um plantio de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de nove anos de idade em Aurora do Pará-PA.



b0c0 = Madeira da base próxima da casca

b0c1 = Madeira da base entre a casca e a medula

b0c2 = Madeira da base próxima da medula

b1c0 = Madeira do centro próxima da casca

b1c1 = Madeira do centro entre a casca e a medula

b1c2 = Madeira do centro próxima da medula

b2c0 = Madeira do ápice próxima da casca

b2c1 = Madeira do ápice entre a casca e a medula

b2c2 = Madeira do ápice próxima da medula

**Fonte:** A autora

Dessa forma, Loureiro et al. (2000), encontrou para a mesma espécie valor médio de 2,4 %. O autor informa que para utilização de material com esse padrão de contração a madeira pode ser indicada. Em madeira de *Ateleia glazioveana* a contração radial é 5,9 %. Santana, Eiras e Pastore (2001), encontrou para madeira de 4 clones de *Hevea brasiliensis*, valores de 1,8 a 2,4%. Para madeira de *Araucaria angustifolia*, houve aumento da contração no sentido radial (OLIVEIRA e TOMASELLI, 1981).

Na Tabela 18 (Apêndice R), encontram-se os resultados de análise de variância. Verifica-se que os fatores ambientes e as posições da madeira nos sentidos transversal e axial do fuste, estatisticamente, não causaram efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade. Entretanto, constatou-se que um efeito altamente significativo da interação “base x centro” sobre a contração radial da madeira nessa região do fuste.

## 5 CONCLUSÃO

- ✓ A homogeneidade dos diâmetros dos poros (porosidade) dentro e entre as árvores foi decorrente da inexistência de influência dos espaçamentos de plantio e das posições da madeira no tronco.
- ✓ Os diferentes espaçamentos de plantio não causaram efeito sobre o comprimento e a largura das fibras, favorecendo a formação de tecido homogêneo entre árvores, porém, registrou-se um efeito positivo dentro da árvore (posição axial).
- ✓ A ausência da influência dos fatores estudados favoreceu a formação de fibras com espessura de parede celular homogênea dentro e entre as árvores.
- ✓ A variação da densidade básica da madeira foi decorrente da formação diferenciada de tecido somente dentro da árvore (posição transversal), indicando a inexistência do efeito de espaçamentos de plantio.
- ✓ A contração volumétrica total da madeira não sofreu influência dos fatores estudados, o que permite inferir que a variação dimensional da madeira dentro e entre árvores foi homogênea.
- ✓ As variações de contração linear longitudinal e radial foram decorrentes da formação de tecido diferenciado dentro da árvore (posição axial e transversal).
- ✓ A contração tangencial da madeira não sofreu influência de nenhum dos fatores estudados, o que permite inferir que as variações dentro e entre árvores são homogêneas.
- ✓ A inexistência da influência das diferentes condições ambientais de plantio (capoeira e pleno aberto) e das posições da madeira no tronco foi responsável pela homogeneidade dos diâmetros dos poros dentro e entre as árvores.

- ✓ As diferentes condições ambientais de plantio foram responsáveis pelas variações de espessura da parede celular e de largura das fibras entre as árvores, não se detectando influência dentro da árvore.
- ✓ As variações de densidade básica da madeira foram provocadas pela formação diferenciada de tecido dentro da árvore (posições axiais e transversais).
- ✓ As contrações, volumétrica e linear (tangencial e radial) sofreram variações dentro da árvore (posição longitudinal). A contração longitudinal não sofreu influência de nenhum dos fatores estudados, indicando homogeneidade dentro e entre as árvores.
- ✓ Para a população estudada, a madeira de paricá tem potencial para ser utilizada na fabricação de papel, especialmente, pela homogeneidade de comprimento e espessura da parede celular.
- ✓ As pequenas variações das características físicas concernentes à densidade e à contração volumétrica e linear da madeira oriunda dessas condições de plantios indicam uma qualidade excepcional para fabricação de compensado.

### 5.1 RECOMENDAÇÕES

- 1) Desenvolver estudo sobre caracterização mecânica da madeira.
- 2) Desenvolver estudo sobre caracterização química da madeira com vista à produção de papel e celulose.
- 3) Desenvolver estudo tecnológico com vista à secagem da madeira.

## REFERÊNCIAS

- ADORNO, M. F. C.; GARCIA, J. N. Correlações lineares entre as principais características tecnológicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 63, p. 44-53, 2003.
- AGUIAR, O. **A Determinação da umidade em madeira por atenuação da radiação gama**, Am. 1980. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba: ESALQ, 1980.
- ALBINO, J. C. **Características de crescimento e variação da densidade básica da madeira em 12 espécies de *Eucalyptus* em 3 regiões do Estado de Minas Gerais**. 1983. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba: ESALQ, 1983.
- ALBINO, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. **Variação da densidade básica da madeira e produtividade de *Eucalyptus* spp.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1985. 43 p. (EMBRAPA-CPAC: Boletim de Pesquisa, 26).
- AMARAL, A. C. B.; FERREIRA, M.; BANDEL, G. Variação da densidade básica da madeira produzida pela *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze no sentido medula-casca em árvores do sexo masculino e feminino. **IPEF**, n. 2/3, p. 119-127, 1971.
- ANDRADE, A.; JANKOWSKY, I. P.; DUCATTI, M. A. Grupamento de madeiras para secagem convencional. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 59, p. 89-99, 2001.
- ASSIS, R. L. Produção de biomassa de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 23, n. 2, p. 151-156, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVADORES DE MADEIRA - ABPM. Divisão de madeiras – IPT. In: Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada. **Boletim ABPM**, São Paulo, n. 36, 186 p., 1985.
- BALLONI, E. A, SIMÕES, J. W. Influencia do espaçamento de plantio na produtividade das florestas de *Eucalyptus*. In: \_\_\_\_\_. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, SP, v.1, n. 3, set. 1980a, 14 p. (Série Técnica).
- \_\_\_\_\_. Influencia do espaçamento de plantio na produtividade das florestas de *Eucalyptus*. **IPEF**, Piracicaba, SP, v.1, n. 3, set. 1980b. 14 p. (Série Técnica).
- BAMPI, P. Manejo de *Pinus* na empresa Papel e celulose Catarinense – PCC. In: SIMPÓSIO MANEJO DE FLORESTAS PLANTADAS, Esteio-RS, 1991. **Anais...** Santa Maria, RS, UFSM/CEPEF, 1991. p. 48-66.
- BARBOSA, J. O.; GARRIDO, L. M. A. G. Consorciação de pastagem e povoamentos de *Pinus*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 115-226, 1990.



BARRETO, L. S. **Notas de divulgação acerca de algumas propriedades físicas da madeira.** Lourenço Marques: Serviços de Agricultura/Serviços de Veterinária, 1965. 42 p. (Serviços de Agricultura/Serviços de Veterinária. Separatas, 35).

BARRICHELO, L. E. G. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4, 1992, Belo Horizonte-MG. **Anais...** Belo Horizonte-MG, 1992. p. 726-731.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O; MIGLIORINI, A. J. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 726- 731, 1983.

BASSET, G. Swelling, shrinking and fire resistance. **Asian Timber**, v. 13, n. 10, p. 28-33, 1994.

BENSON, H. P. The influence of growth condition upon the properties of wood. **Journal of forestry**, Washington, v. 22, n. 5, p. 707-23, 1924.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sobre o efeito do espaçamento e da fertilização.** 2000. 110 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2000.

BERGER, R. et al Efeito do espaçamento da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 12, n. 2, p.75-87, 2002.

BRASIL, M. A. M. **Densidade básica e características das fibras da madeira de *E. grandis* Hill ex Maiden aos 3 anos de idade.** 126 f. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Piracicaba: ESALQ, 1976.

\_\_\_\_\_. **Variação da densidade básica da madeira entre e dentro de procedências de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake.** 1983. 89 f. Tese (Livre-Docência em Silvicultura)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu, Unesp, Botucatu, 1983.

BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* Hill. ex. Maiden ao nível do DAP. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 5, p. 81-90, 1972.

\_\_\_\_\_. Características das fibras de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, aos 3 anos de idade. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 19, p. 80-97, 1979.

\_\_\_\_\_. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw, *E. saligna* Smith e *E. grandis* Hil ex-Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 2/3, p. 129-149, 1971.

BRASIL, M. A. M.; VEIGA, R. A. A. Variação da densidade básica da madeira de progênies de *Eucalyptus urophylla* em dois locais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 4, n. 1, p. 121-129, 1994.

BRASIL, M. A. M.; VEIGA, R. A. A.; MELLO, H. A. Densidade básica de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, aos 3 anos de idade. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 19, p. 63-76, 1979.

BRASIL, M. A. M.; VEIGA, R. A. A.; TIMONI, J. L. Erros na determinação da densidade básica da madeira. **Cerne**, v. 1, n. 1, p. 55-57, 1994.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Considerações sobre a produção de carvão vegetal com madeiras da Amazônia. **IPEF**, Piracicaba, SP, v.2, n. 5, p. 1-25, 1981. (Série Técnica).

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

CAIXETA, R. P. et al. Classificação de *Eucalyptus* relacionados com a qualidade da madeira após a secagem natural. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 61, p. 49-58, 2002.

CAMPOS, J. C. C. et al. Relações entre espaçamento, volume e peso de madeira em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 14, n. 2, p. 119-133, 1990.

CARVALHO, M. S. P. **Influência do espaçamento nas propriedades físico-mecânicas da madeira de *Bagassa guianensis* Aubl. (tatajuba), no planalto de Belterra, Pa**. Belém, 1996. 176 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1996.

CARVALHO, M. S. P.; CARVALHO, J. O. P. Influência do espaçamento na densidade da madeira de *Bagassa guianensis* Aubl. (tatajuba) no planalto de Belterra, Pará. **Revista Ciência Agrária**, Belém, n. 35, p. 73-78, jan./jun. 2001.

CARVALHO, P. E. R. Guapurucu: *Schizolobium parahyba*. In:\_\_\_\_\_. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ/Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 470-475.

COELHO, A. S. R.; MELLO, H. A.; SIMÕES, J. W. Comportamento de espécies de *Eucalyptus* face ao espaçamento. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 1, p. 29-55, 1970.

CORADIN, V. T. R.; BOLZON DE MUNIZ, G. I. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae; II. Gimnospermae** Brasília: IBAMA, Laboratório de Produtos Florestais, 1991. 17 p. (IBAMA-LPF: Série Técnica, 15).

CORDEIRO, I. M. C. C. **Comportamento *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby e *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) Coppens & Leal sob diferentes sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará (PA)**. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

CORDEIRO, I. M. C. C. **Performance diferencial de crescimento da espécie *Schizolobium amazonicum* Huber (Ducke) em sítios degradados sob diferentes regimes de preparação de área na microregião do Guamá, Aurora do Pará, Pará**. 1999. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização)– Universidade Federal do Pará, NAEA, Belém, 1999.

COSTA, A. **Coletâneas de anatomia da madeira: anatomia da madeira**. 2001. 42 p. Disponível

em:<<http://www.joinville.udesc.br/sbs/professores/arlando/materiais/APOSTILANATOMIA1.pdf>>.

Acesso em: 23 jan. 2012.

COSTA, A. F.; VALE, A. T.; GONÇALEZ, J. C. Eficiência de um resíduo de origem petrolífera sobre a estabilidade dimensional da madeira de *Pinus* sp. (*pinus* e *Mimosa scabrella* Bentham (bracatinga). **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 11, n. 2, p. 59-70, 2001.

COSTA, L. G. S.; OHASHI, S. T.; DANIEL, O. **O pau-rosa: *Aniba rosaeodora***, Ducke. Belém: FCAP, 1995. 15 p.

COUTINHO, A. R.; FERRAZ, E. S. B. Perfil de densidade da madeira de *Eucalyptus saligna* em função do diâmetro das árvores. **Brasil Florestal**, Brasília, DF, v. 15, n. 66, p. 39-43, 1988.

COUTO, L. **Influência do espaçamento no crescimento do *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida cultivado na região de coronel Fabriciano**: Minas Gerais. 54 f. Viçosa, MG. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1977.

COWN, D. J. Variation in trachea dimensions in the stem of a 26-year-old radiata pine tree. **Appita**, v. 28, n. 4, p. 237-245, 1975.

DOWNES, G. et al. Effect of growth rate on wood properties of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*. In: SILVOTECNA CONFERENCE EUCALYPT IN CHILE: PRESENT AND FUTURE, 12, Concepción, 1999. **Proceedings...** Concepción: CORMA/ Forestal Mininco/Bosques Arauco/Forestal y Agrícola Monteáguila/Universidade de Concepción, 1999. 15 p.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Edgard Blücher, 1974. 293 p.

EVANGELISTA, W. V. **Roteiro didático: técnicas em anatomia da madeira**. Viçosa, MG: UFV, [2004].

FEDALTO, L. C.; MENDES, I. C. A.; CORADIN, V. T. R. **Madeiras da Amazônia**: descrição do lenho de 40 espécies ocorrentes na Floresta Nacional do Tapajós. Brasília: IBAMA, 1989. 156 p.

FERNANDES, P. S. **Qualidade da madeira e os fatores do meio**. São Paulo: Instituto Florestal, 1977. p. 1-12. (Instituto Florestal: Publicação, 12).

FERNANDES, P. S.; SARAIVA FILHO, J. C.; FERREIRA, M. C. Contração volumétrica da madeira roliça de *Eucalyptus saligna* SMITH em estoque. **Silvicultura** v. 8, n.28, p. 774-775, 1983.

FERRAZ, E. S. B.; FONSECA, S. M. **Estudo do padrão de crescimento de *Mimosa bracaatinga* pela análise de densidade dos anéis usando radiação gama**. Piracicaba: IPEF, 1980. 7 p. (IPEF: Circular Técnica, 113).

FERREIRA, C. A.; FREITAS, M.; FERREIRA, M. Densidade básica da madeira de plantações comerciais de eucaliptos, na Região de Mogi-Guaçu. (SP). **IPEF**, Piracicaba, v. 18, p. 106-107, 1979.

FERREIRA, M. **Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus Alba Reinw* e *E. saligna Smith***. 72 f. 1968. Tese (Doutorado em Silvicultura) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 1968.

\_\_\_\_\_. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. **IPEF**, n. 4, p. 65-89, 1972.

\_\_\_\_\_. Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, n. 1, p.83-96, 1970.

\_\_\_\_\_. Características da madeira de espécies/procedências/árvores superiores e clones de *Eucalyptus*: revisão aplicada ao melhoramento para produção de pasta celulósica. In: REUNIÃO REGIONAL SOBRE CLONAGEM INTENSIVA EM EUCALYPTUS, 1, Aracruz, 1994. **Anais...** Piracicaba, SP: IPEF, 1994. p. 1-18.

\_\_\_\_\_. Variação da densidade básica da madeira de plantações comerciais de *E. alba* Reiw, *E. urophylla* S. T. Blake, *E. saligna* Smith e *E. grandis* Hill ex Maiden. **O papel**, São Paulo, v. 34 p. 151-7, 1973.

FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P. Y. Melhoramento genético da densidade da madeira de eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3, 1978, Manaus. **Anais...** São Paulo: SBS, 1978. v. 2, p.148-52.

FERREIRINHA, M. P. Propriedades físicas e mecânicas das madeiras de eucaliptos: relatório dos progressos realizados de 1956- 1961. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 2, 1961, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1961. v. 2, p.1112-3. Relatórios e documentos.

FLORSHEIM, S. M. B. et al. Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus* aos 7 anos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 12, n. 2, p. 77-203, 2000.

FLORSHEIM, S. M. B.; TOMAZELLO FILHO, M. Dendrologia e anatomia da madeira de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F. F. & M. F.Allemão (Anacardiaceae). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 6, n. único, p.1-128, 1994.

\_\_\_\_\_. Variação da densidade básica da madeira de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão (Anacardiaceae). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 53-61, 1998.

FONSECA, C. N. **Anatomia da madeira das Linaceae da Amazônia brasileira**. 65 f. 1998. Tese (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1998.

FREITAS, A. R. **Caracterização da matéria-prima florestal disponível na Amazônia Oriental visando sua utilização na arquitetura, mobiliário e outras aplicações**. In: SEMINÁRIO SOBRE EXPLORAÇÃO DE MADEIRAS TROPICAIS, 2, 1984, São Luis. **Anais...** São Luis, 1984. 9 p. Mimeografado.

GARCIA, C. H.; CORRADINE, L.; ALVARENGA, S. F. Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos. **IPEF**, Piracicaba, SP, 1991. 8 p. (Circular Técnica, 179).

GLUFKE, C.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Crescimento de *Pinus elliotti* Engelm sob diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v.7, n. p. 11-25, 1997.

GORGULHO, E. P. **Avaliação de progênies de *Eucalyptus pyrocarpa* em diferentes espaçamentos**. 81 f. Lavras, MG. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, MG, 1990.

GUERRA, F. **Resultados sobre a durabilidade natural de 43 madeiras amazônicas**. In: SUDAM, Departamento de Recursos Naturais (Belém, PA). Ensaio sistemático no campo da tecnologia de madeiras amazônicas. Belém: SUDAM, 1969. p. 31-37.

HARRIS, J. M. The heritability of wood density. In: INTERNATIONAL UNION OF FOREST RESEARCH ORGANIZATION. MEETING SECTION 41, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne, IUFRO, v. 2, 14 p. 1965.

HIGA, A. R.; KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *P. elliottii* var. *elliottii* e, *P. taeda*. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 7, p.7-9, 1973.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ-IDESP. **Relatório**. Disponível em: < <http://www.idesp.pa.gov.br/>>. Acesso em: 21 jun. 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - São Paulo, SP. **Madeiras**. São Paulo, 1972. 20 p.

IWAKIRI, S. et al. A. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de *Pinus* tropicais. **Ciências Florestais**, Santa Maria, RS, v. 11, n. 2, p. 71-77, 2001.

JANKOWSKY, I. P. Programa de secagem: fundamentos teóricos e sua aplicação para a madeira de *Pinus* spp. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 34, p. 21-24, 1984.

\_\_\_\_\_. **Propriedades físicas da madeira**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-USP, 1989. Sem paginação. Notas de aulas.

JORGENSEN, J. S. The influence of spacing on the growth and development of coniferous. **International Review of Forestry Research**, New York, London. 2, p. 43-88, 1967.

KIKUTI, P.; NAMIKAWA I. S. Estudo da interação clone x níveis da adubação em *Eucalyptus saligna*. **O papel**, v. 51, n. 3, p. 37-44, 1990.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ Jr, W. A. **Principles of wood science and technology**: I. Solid wood. New York: Springer-Verlag, 1968. 592 p.

LADEIRA, B. C. et al. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos em uma seqüência de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 69-78, 2001.

LADRACH, W. E. Control of wood properties in plantations. In: IUFRO WORLD CONGRESS 18., 1986, Ljubljana. **Proceedings...** Ljubljana, Yugoslavia, 1986a, p. 369-379.

\_\_\_\_\_. **Contribuição ao estudo anatômico de algumas madeiras da Amazônia.** Belém: SUDAM, 1983b. 23 p.

LAND, S. B.; DICKE, S. G., TUSKAN, G. A. Genetic, site, and within-tree variation in specific gravity and moisture content of young sycamore trees. **Tappi Journal**, v. 66, n. 3, p. 149-153, 1983.

LELES, P. S. S. et al. Crescimento, produção e alocação de madeira seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 59, p. 77-87, 2001.

LEMONS, J. F. S.; **Estudo das características físicas e mecânicas da madeira.** Manaus: Instituto de Tecnologia da Amazônia-UTAM, 1981. 30 p.

LOPES, C. A. C. et al. **Propriedades físico-mecânicas e usos comuns de espécies de madeiras da Amazônia.** Belém: SUDAM, 1983. 97 p.

LOPES, G. A.; GARCIA, J. N. Densidade básica e umidade natural da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga, associadas aos padrões de casca apresentados pela população. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 62, p.13-23, dez. 2002.

LOPEZ, J. A.; APARICIO, J. L. **Crecimiento y producción de *Eucalyptus grandis* com diferentes densidades de plantación:** información hasta el 120 año de edad. Bella Vista: INTA, 1995. 12 p. (Informe Técnico, n. 8).

LOUREIRO, A. A. **Contribuição ao estudo anatômico da madeira de Anonaceas da Amazônia. II. *Bocageopsis multiflora* (Mart.) R. E. Fries, *Guatteria scytophylla* Diels, *Xylopiia benthami* R. E. Fries e *Guatteria olivacea* R. E. Fries.** Manaus: INPA, 1970. 10 p. il. (INPA: Pesquisas florestais: Boletim, 15).

\_\_\_\_\_. **Contribuição ao estudo anatômico de *Croton lanjouwensis* (Muell. arg.) Jablonski e *Croton matourensis* Aublet (Euphorbiaceae).** Manaus: INPA, 1968. 16 p. il. (INPA. Botânica, 24).

LOUREIRO, A. A. et al. **Essências madeireiras da Amazônia.** Manaus: MCT/INPA, 2000. 4 v.

MACCARI, A.; MARCHIORI, J. N. C. Estudo anatômico do xilema secundário de *Mimosa sparsa* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 4, n. 1, p. 105-112, 1994.

MAINIERI, C. **Fichas de características de madeiras brasileiras.** São Paulo: IPT/DIMAD, 1989. 418 p.

MAINIERI, C.; PEREIRA, J. A. Madeira do Brasil: sua caracterização macroscópica, usos comuns e índices qualitativos, físicos e mecânicos. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**. Piracicaba, SP, v. 17, n. 17, p.135-416, 1965.

MALAN, F. S. Variation, association and inheritance of juvenile wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden with special reference to the effect of rate of growth. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 157, p. 16- 23, 1991.

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, p. 13-20, 1992.

MANUAL do técnico florestal: apostilas do Colégio Florestal de Irati. Campo Largo: Ingra, 1986. 4 v.

MARCHIORI, J. N. C.; MUNIZ, G. I. B. Anatomia do xilema secundário de *Mimosa pilulifera* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 6, n. 1, p. 65-75, 1997.

MARQUES, A. R. **Otimização da relação tempo-temperatura na produção de celulose kraft de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida**. 66 f. 1979. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1979.

MARQUES, L. C. T. **Comportamento inicial de paricá, tatajuba e eucalipto, em plantio consorciado com milho e capim-mirandu, em Paragominas, Para**. 92 f. 1990. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1990.

MATTOS, P. P. TEIXEIRA, L. L.; SALES, S. M. **Caracterização anatômica da madeira de cera cozida (*Fagaria chiloperone*) e maminha de porca (*Fagaria hassleriana*)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 5 p. (Embrapa Florestas: Comunicado Técnico, 46).

MATTOS, P. P. et al. **Caracterização física, química e anatômica da madeira de *Terminalia ivorensis***. Colombo: Embrapa Florestas, 1999. 14 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 31).

\_\_\_\_\_. **Características da madeira de *Liquidambar styraciflua***. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 4 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 49).

MELLO, H. A. et al. Influência do espaçamento e da idade de corte na produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 2/3, p. 3-30, 1971.

MELLO, H. A.; MASCARENHAS SOBRINHO, SIMÕES, J. W. Influência da espécie, do espaçamento e da idade no custo de produção de madeira industrial. **IPEF**, Piracicaba, SP, v. 5, p. 17-28, 1972.

MENDES, L. M. et al. Anatomia e características físico-químicas da madeira de *Zanthoxylum tingoassuiba* St. Hil. de ocorrência na região de Lavras/MG. **Cerne**, Lavras, MG, v. 5, n. 1, p. 15-23, 1999.

MENEZZI, C. H. S. D.; NAHUZ, M. A. R.; SOUZA, M. R. Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para obtenção de madeira serrada de eucalipto destinada à produção de painéis colados lateralmente. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 113-123, 2001.

MIGLIORINI, A. J. **Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex Maiden em função de diferentes níveis de produtividade da floresta.** 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 1986. 89 p.

MIRANDA, M. J. A. C.; NAHUZ, M. A. R. Estudo da influencia do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* Smith nos indices de rachamento após o desdobro e após a secagem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 55, p. 107-116, jun. 1999.

MONTAGNA, R. G. et al. Estudo sobre o crescimento e a densidade da madeira de *Pinus elliottii* Englem, var. *elliottii* em função do espaçamento. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 8, p. 33-52, 1973.

\_\_\_\_\_. Influência da desrama artificial sobre o crescimento e a densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* Engl. Var. *elliotti*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 2, n. 2, p.157-169, 1990.

MONTEIRO R. F. R., CORDEIRO, J. A., KIKUTI, P. Competição entre espaçamentos com *Eucalyptus dunnii* Maiden. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 5., 1984. Nova Prata, RS. **Anais...** Nova Prata, 1984.

MOURA, V. P. C. et al. Variação da densidade básica da madeira volume e madeira seca do tronco de *Pinus tecunumanii*, procedência de mount Pine ridge, Belize, em Planaltina, Distrito Federal, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 53, p. 7-14, 1998.

MOURA, V. P. G.; VALE, A T. Variabilidade genética da densidade básica da madeira de *Pinus tecunumanii* procedente do México e da América Central, no cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 62, p.104-113, dez. 2002.

MOURA, V. P. G; SANTIAGO, J. Densidade básica da madeira de espécies de *Pinus* tropicais determinadas através de métodos não-destrutivos. **Boletim de pesquisa EMBRAPA-CPAC**, v. 33, p. 1-14, 1991.

MUNIZ, G. I. B. **Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. E *Pinus taeda* L.** 1993. 235 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

NOÇÕES de anatomia da madeira. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABCCEAJ/apostila-anatomia-madeira>>. Acesso em: 04 fev. 2012.

NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (bert.) O Ktze. Baseada na árvore individual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 11, n. 2, p. 9-25, 2001.

ODA, S.; MELLO, E. J.; MENCK, A. L. M. Variação da densidade básica da madeira de clones de *E. grandis* e *E. saligna* em diferentes espaçamentos, com 6 anos de idade. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão, SP. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. p. 701-705.



OLIVEIRA, V. S.; TOMASELLI, I. Efeito da secagem a altas temperaturas em algumas propriedades físicas e mecânicas de madeira jovem de *Araucaria angustifolia* (Bert). **Floresta**, v. 12, n. 1, p. 17-25, 1981. Disponível em: <<http://www.ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/index>>. Acesso em: 28 nov. 1998.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação Radial da Retratibilidade e Densidade Básica da Madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

OLIVEIRA, J. B.; VALE, A. T.; MELO, J. T. Caracterização mecânica e contração da madeira de *Sclerolobium Paniculatum* Vogel cultivado em um plantio homogêneo sob diferentes níveis de adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 16, n. 1, p. 89-97, 2006.

PALMA, H. A. L.; BALLARIN, A. W. Propriedade de contração da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 64, p. 13-22, dez. 2003.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of technology**. New York: McGraw-Hill, 1964. 404 p.

\_\_\_\_\_. **Textbook of wood technology**. New York: McGraw-Hill, 1970. v. 1.

PAULA, J. Estudo anatômico das madeiras de *Virola sebifera* Aubl. e *Pseudobombax tomentosum* (Mart. Et Zucc) A Robyns visando o seu aproveitamento tecnológico. **Brasil Florestal**, Brasília, DF, v. 10, n. 42, p. 35-52, 1980.

PAULA, J. E. Estudo comparativo da estrutura anatômica das madeiras de setenta e duas espécies brasileiras pouco conhecidas. **Brasil Florestal**, Brasília, DF, v. 9, n. 40, p. 29-63, 1979.

PAULA, J. E.; SILVA JUNIOR, F. G.; SILVA, A. P. P. Caracterização anatômica de madeiras nativas de matas ciliares do Centro-Oeste brasileiro. **Scientia forestalis**, Piracicaba, SP, n. 58, p. 73-89, 2000.

PÁSZTOR, Y. P. C. Estudo comparativo do comportamento das espécies *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus decaisneana* Blume, na região de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 11, p. 1-16, 1975.

PEREIRA, J. C. D.; SCHAITZA, E. G.; BAGGIO, A. J. **Propriedades físicas e químicas e rendimentos da destilação seca da madeira de *Grevillea robusta***. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 10 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 40).

PEREIRA, João. Disponível em: <[http://www.isa.utl.pt/def/pt\\_mestrado\\_silvicultura\\_cresce\\_rapido.html](http://www.isa.utl.pt/def/pt_mestrado_silvicultura_cresce_rapido.html)>. Acesso em: 02 mar. 2004.

PONCE, R. H. Produção de madeira de qualidade para processamento mecânico. **Silvicultura**, São Paulo, v. 9, n. 34, p. 9-13, 1984.

RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Levantamento de recursos naturais: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, v. 3, 176 p., 1973.

REZENDE, M. A.; FERRAZ, E. S. B.; ESCOBEDO, J. F. Retratibilidade volumétrica e densidade aparente da madeira em função da umidade. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 39, p. 33-40, ago. 1988.

RIBEIRO, G. D. **Avaliação preliminar de sistemas agroflorestais no projeto Água Verde, Albrás, Barcarena, Pará**. 100 f. 1997. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrárias, Belém, 1997.

RIBEIRO, THIAGO; TOMAZELLO FILHO, MÁRIO; TOMAZELLO, MARIA. Disponível em: <<http://www.dc.ufscar.br/tribeiro/arqs/pj1.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2004.

ROLIM, M. B.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira produzida pela *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze em função dos anéis de crescimento. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 9, p.47-55, 1974.

RONDON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na Região da Mata. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 5, p. 573-576, 2002.

ROQUE, R. M.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S. Variações na estrutura da anatomia do lenho de árvores de *Gmelina arborea* Roxb. (Verbenaceae) de clima tropical seco e úmido na Costa Rica, **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 75, p. 65-75, 2007.

ROSADO, S. C. S.; BRUNE. A. Avaliação da densidade básica da madeira em árvores vivas. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 859-862, 1983.

ROSOT, M. A. D.; DISPERATI, A. D.; FIGUEIREDO FILHO, A. Medição da área de anéis de crescimento usando imagens digitais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 79-88, 2001.

ROSSI, S. **Propriedades do papel de impressão**. Disponível em: <[www.carlosrighi.com.br](http://www.carlosrighi.com.br)>. Acesso em: 05 fev. 2012. Edição condensada a partir do original.

RUY, O. F.; FERREIRA, M. TOMAZELLO FILHO, M. Variação da qualidade da madeira entre grupos fenotípicos de clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake da Ilha de Flores, Indonesia Wood quality variation among phenotypic groups of clones *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake from Flores Island, Indonesia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 60, p. 21-27, dez. 2001.

SANTANA, M. A. E.; EIRAS, K. M. M.; PASTORE, T.C.M. Avaliação da madeira de quatro clones de *Hevea brasiliensis* por meio de sua caracterização físico-mecânica. **Brasil Florestal**, Brasília, DF, n. 70, p. 65-68, 2001.

SANTOS, G. R. V.; JANKOWSKY, I.P.; ANDRADE, A de. Curva característica de secagem para madeira de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 63, p. 214-220, 2003.

SCHILLING, A C. et al. Influencia da desrama sobre a densidade da madeira primeiro desbaste de *Pinus elliottii* Engelm. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 7, n. 1, p. 77-89, 1997.

SCHONAU, A. P. G. The effect of planting spacemet and pruning on growth, yield and timber density of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Johannesburg, v. 88, p.16-23, 1974.

SEVERO, E. T. D.; TOMASELLI, I. Efeito da pré-vaporização em algumas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, Lavras, MG, v. 7, n. 2, p. 35-42, 2001.

SHIMOYANA, V. R.; BARRICHELO, L. E. G. Densidade básica da madeira, melhoramento e manejo florestal. **IPEF**, Piracicaba, v. 6, n. 20, p. 1-22, ago. 1989. (Série Técnica).

SILVA, J. F. **Variabilidade genética em progênes de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e sua interação com espaçamentos**. 126 f. 1990. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

SILVA, B. N. R.; CARVALHO J. S. Os solos da Amazônia Oriental. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (Belém, PA). **Pesquisas sobre utilização e conservação do solo na Amazônia Oriental**: relatório final do convênio EMBRAPA-CPATU/GTZ. Belém, 1986. P. 15-41. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 40).

SILVEIRA, V. et al. Variação dimensional da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes espaçamentos. **Cerne**, Lavras, MG, v. 5, n. 2, p. 105-124, 1999.

SIMÕES, J. W.; BRANDI, R. M.; MALINOVSKY, J. R. **Formação de florestas com espécies de rápido crescimento**. Brasília: IBDF/PNUD/FAO, 1976. 74 p. (Série divulgação PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, 6).

SLOOTEN, H. J. Van Der et al. **Levantamento da densidade da madeira de *Pinus elliottii* var. *elliottii* em plantios no Sul do Brasil**. Brasília: IBDF/PNUD/FAO, 1976. 47 p. (PRODEPEF, Técnica, 5).

SOUZA JUNIOR, L. R.; SANSÍGOLO, C. A. Qualidade da madeira e polpação kraft-aq de nove árvores de *Eucalyptus grandis*. In: REUNIAO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEDO. **Anais...** Botucatu, 2002.

SOUZA, D. R. **Efeitos do espaçamento na produtividade volumétrica de madeira em povoamentos de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribea* var. *hondurensis* até os 16 anos de idade**. 1995. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

STAMM, A. J. **Wood and cellulose science**. New York: The Ronald Press, 1964. 269 p.

STURION, J. A.; ALBINO, J. C.; MORITA, M. **Variação da densidade básica da madeira em doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG**. Curitiba: EMBRAPA/CNPF, 1986. 14 p.

SUDAM. Departamento de Recursos Naturais. Centro de Hidroclimatologia e Sensoriamento Remoto da Amazônia. **Estudos climáticos do Estado do Para, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thorntwaite, Mather)**. Belém: SUDAM/EMBRAPA-SNLCS-CRN, 1993. 52 p.

SZÜCS, C.A. et al. **Estrutura de madeira**. Florianópolis: UFSC-CT-DEC, 2005. 146 p.

TOMAZELLO FILHO, M. **Manual de práticas de anatomia de madeiras**. São Paulo: ESALQ/USP, 1995. 45 p.

TRUGILHO, P. F. et al Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. **Acta amazônica**, Manaus, AM, v. 20, n. único, p. 307-320, 1990.

TRUGILHO, P.; LIMA, J.; MENDES, L. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. Disponível em: <<http://www.dcf.ufla.br/cerne/revistav2n1-1996/paulo.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2004

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; REGAZZI, A. R. M. Efeito da água quente e pressão na determinação da densidade básica da madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 62, p. 40-47, dez. 2002.

TRUGILHO, P. F. VITAL, B. R. Correlação entre algumas características físicas, químicas e anatômicas e a variação dimensional da madeira de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 20, n. 4, p. 515-533, 1996.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood**: Nova York: Chapman e Hall, 1991. 494 p.

VALE, A. B. et al Influência do espaçamento e do sítio na produção florestal. **Boletim Técnico SIF**, Vicoso, n. 4, p. 1-20, 1982.

VALE, A. T. et al. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, Lavras, MG, v. 6, n. 1, p. 83-88, 2000.

VALERI, S. V. et al. Variação da densidade básica da madeira de *Eucaliptus grandis* Hill ex Maiden com a altura do caule e aplicação de fósforo e calcário dolomítico. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990. Campos do Jordão, SP. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. p. 746- 750.

VALVERDE, S. Disponível em:<<http://www.ric.fao.org/proyecto/ria133ec/SE-pdf/SE%20bra.PDF>>. Acesso em: 05 fev. 2004.

VASCONCELLOS, F. J. et al. **Madeiras tropicais de uso industrial do Maranhão: características tecnológicas**. Manaus; São Luiz: INPA; UFMA, 2001. 96 p.

VENTURIERI, G. C. **A ecologia reprodutiva do taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* var. *paniculatum* Vogel) e do paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) Leg: caesalpinioideae e a influência da melitofilia na polinização dessas árvores amazônicas**. 87 f. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia, São Paulo, 2000.

WANG, S.; LITTELL, R. C.; ROCKWOOD, D. L. Variation in density and moisture content of wood and bark among twenty *Eucalyptus grandis* progenies. **Wood science and technology**, Berlin, v. 18, n. 2, p. 97-102, 1984.

WEHR, J. P. P. **Espaçamento de plantio**: efeito na qualidade, economicidade e produtividade. Piracicaba, 1982. Seminário apresentado na disciplina de Formação e Manejo de Povoamentos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Curso de Pós-graduação, 1982.

ZOBEL, B. Silvicultural effects on wood properties. **IPEF International**, Piracicaba, SP, v. 2, p. 31-38, 1992.

# APÊNDICES

**APÊNDICE A - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (ESPAÇAMENTO E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL DIÂMETRO DOS VASOS ( $\mu\text{m}$ ).**

Fator	Espaçamento	Longitudinal	Transversal	Quadrado da soma	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Espaçamento	Linear			1.250E-05	1	1.250E-05	0.091	0.783
Erro espaçamento	Linear			4.128E-04	3	1.376E-04		
Longitudinal		Base x Centro		9.568E-03	1	9.568E-03	3.758	0.148
		Centro x Ápice		9.389E-04	1	9.389E-04	0.596	0.496
Erro-longitudinal		Base x Centro		7.637E-03	3	2.546E-03		
		Centro x Ápice		4.728E-03	3	1.576E-03		
Transversal			Casca x Intermediária	9.800E-03	1	9.800E-03	9.484	0.054
			Intermediária x Medula	1.125E-02	1	1.125E-02	4.158	0.134
Erro-Transversal			Casca x Intermediária	3.100E-03	3	1.033E-03		
			Intermediária x Medula	8.117E-03	3	2.706E-03		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro		3.472E-05	1	3.472E-05	0.009	0.929
Longitudinal		Centro x Ápice		2.222E-03	1	2.222E-03	0.457	0.548
Erro-Espaçamento*	Linear	Base x Centro		1.117E-02	3	3.724E-03		
Longitudinal		Centro x Ápice		1.460E-02	3	4.867E-03		
Espaçamento *	Linear		Casca x Intermediária	1.606E-03	1	1.606E-03	1.170	0.359
Transversal			Intermediária x Medula	2.689E-03	1	2.689E-03	1.896	0.262
Erro-Espaçamento*	Linear		Casca x Intermediária	4.117E-03	3	1.372E-03		
Transversal			Intermediária x Medula	4.256E-03	3	1.419E-03		
Longitudinal *		Base x Centro	Casca x Intermediária	3.612E-03	1	3.612E-03	0.258	0.647
Transversal			Intermediária x Medula	2.450E-03	1	2.450E-03	0.394	0.575
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	3.125E-04	1	3.125E-04	0.034	0.866
			Intermediária x Medula	7.812E-03	1	7.812E-03	0.689	0.468
Erro-Longitudinal*Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediária	4.204E-02	3	1.401E-02		
			Intermediária x Medula	1.865E-02	3	6.217E-03		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	2.764E-02	3	9.212E-03		
			Intermediária x Medula	3.404E-02	3	1.135E-02		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediária	1.711E-02	1	1.711E-02	0.892	0.415
Longitudinal *			Intermediária x Medula	2.880E-02	1	2.880E-02	2.760	0.195
Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	6.125E-04	1	6.125E-04	0.036	0.861
			Intermediária x Medula	1.250E-05	1	1.250E-05	0.000	0.985
Erro-Espaçamento*	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediária	5.754E-02	3	1.918E-02		
Longitudinal*			Intermediária x Medula	3.130E-02	3	1.043E-02		
Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	5.074E-02	3	1.691E-02		
			Intermediária x Medula	8.584E-02	3	2.861E-02		

**Fonte:** A autora

**APÊNDICE B - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (ESPAÇAMENTO, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL MACERADOS COMPRIMENTO DAS FIBRAS ( $\mu\text{m}$ ).**

Fator	Espaçamento	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Espaçamento	Linear			1322.837	1	1322.837	1.934	0.259
Erro espaçamento	Linear			2052.297	3	684.099		
Longitudinal		Base x Centro		644.704	1	644.704	0.757	0.448
		Centro x Ápice		5575.680	1	5575.680	31.216	0.011
Erro-longitudinal		Base x Centro		2555.804	3	851.935		
		Centro x Ápice		535.846	3	178.615		
Transversal			Casca x Intermediária	1002.251	1	1002.251	1.326	0.333
			Intermediária x Medula	5611.112	1	5611.112	7.275	0.074
Erro-Transversal			Casca x Intermediária	2266.963	3	755.654		
			Intermediária x Medula	2314.015	3	771.338		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro		387.394	1	387.394	0.385	0.579
Longitudinal		Centro x Ápice		4887.968	1	4887.968	4.629	0.121
Erro-Espaçamento*	Linear	Base x Centro		3020.237	3	1006.746		
Longitudinal		Centro x Ápice		3167.911	3	1055.970		
Espaçamento *	Linear		Casca x Intermediária	159.222	1	159.222	0.027	0.880
Transversal			Intermediária x Medula	2060.285	1	2060.285	0.329	0.607
Erro-Espaçamento*	Linear		Casca x Intermediária	17728.342	3	5909.447		
Transversal			Intermediária x Medula	18796.431	3	6265.477		
Longitudinal *		Base x Centro	Casca x Intermediária	7264.946	1	7264.946	1.150	0.362
Transversal			Intermediária x Medula	1414.854	1	1414.854	0.247	0.653
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	1561.287	1	1561.287	0.057	0.827
			Intermediária x Medula	15621.165	1	15621.165	0.589	0.499
Erro-Longitudinal*		Base x Centro	Casca x Intermediária	18951.274	3	6317.091		
Transversal			Intermediária x Medula	17188.769	3	5729.590		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	82110.477	3	27370.159		
			Intermediária x Medula	79580.495	3	26526.832		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediária	9435.258	1	9435.258	0.303	0.620
Longitudinal *			Intermediária x Medula	13943.665	1	13943.665	0.785	0.441
Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	35014.518	1	35014.518	1.801	0.272
			Intermediária x Medula	54987.570	1	54987.570	2.831	0.191
Erro-		Base x Centro	Casca x Intermediária	93455.803	3	31151.934		
Espaçamento*Longit	Linear		Intermediária x Medula	53284.972	3	17761.657		
udinal*Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	58339.874	3	19446.625		
			Intermediária x Medula	58264.926	3	19421.642		

Fonte: A autora



**APÊNDICE C - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (ESPAÇAMENTO, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL MACERADOS LARGURA DAS FIBRAS ( $\mu\text{m}$ ).**

Fator	Espaçamento	Longitudinal	Transversal	Soma dos Quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Espaçamento	Linear			0.333	1	0.333	3.155	0.174
Erro espaçamento	Linear			0.316	3	0.105		
Longitudinal		Base x Centro		0.323	1	0.323	.307	0.618
		Centro x Ápice		9.886	1	9.886	11.425	0.043
Erro-longitudinal		Base x Centro		3.150	3	1.050		
		Centro x Ápice		2.596	3	0.865		
Transversal			Casca x Intermediária	0.482	1	0.482	0.234	0.662
			Intermediária x Medula	1.681E-02	1	1.681E-02	0.039	0.855
Erro-Transversal			Casca x Intermediária	6.179	3	2.060		
			Intermediária x Medula	1.278	3	0.426		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro		6.313	1	6.313	2.004	0.252
Longitudinal		Centro x Ápice		5.390	1	5.390	0.942	0.403
Erro-Espaçamento*	Linear	Base x Centro		9.452	3	3.151		
Longitudinal	Linear	Centro x Ápice		17.162	3	5.721		
Espaçamento *	Linear		Casca x Intermediária	0.882	1	0.882	0.761	0.447
Transversal			Intermediária x Medula	9.827E-02	1	9.827E-02	0.048	0.841
Erro-Espaçamento*	Linear		Casca x Intermediária	3.479	3	1.160		
Transversal			Intermediária x Medula	6.179	3	2.060		
			Casca x Intermediária	1.748	1	1.748	0.115	0.757
Longitudinal *			Intermediária x Medula	10.306	1	10.306	0.367	0.588
Transversal		Centro x Ápice		17.170	1	17.170	0.367	0.587
			Intermediária x Medula	42.274	1	42.274	1.878	0.264
			Casca x Intermediária	45.724	3	15.241		
Erro-Longitudinal*		Base x Centro		84.322	3	28.107		
Transversal		Centro x Ápice		140.419	3	46.806		
			Intermediária x Medula	67.532	3	22.511		
			Casca x Intermediária	41.042	1	41.042	4.312	0.129
Espaçamento *	Linear	Base x Centro		3.538	1	3.538	0.910	0.411
Longitudinal *		Centro x Ápice		111.452	1	111.452	3.966	0.140
Transversal			Intermediária x Medula	28.918	1	28.918	0.523	0.522
			Casca x Intermediária	28.556	3	9.519		
Erro-Espaçamento*	Linear	Base x Centro		11.666	3	3.889		
Longitudinal*		Centro x Ápice		84.312	3	28.104		
Transversal			Intermediária x Medula	165.928	3	55.309		

Fonte: A autora

**APÊNDICE D - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (ESPAÇAMENTO, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL MACERADOS ESPESSURA DAS FIBRAS ( $\mu\text{m}$ ).**

Fator	Espaçamento	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Espaçamento	Linear			4.668E-04	1	4.668E-04	0.022	0.891
Erro espaçamento	Linear			6.292E-02	3	2.097E-02		
Longitudinal		Base x Centro		8.681E-04	1	8.681E-04	0.029	0.875
		Centro x Ápice		6.242E-02	1	6.242E-02	0.821	0.432
Erro-longitudinal		Base x Centro		8.915E-02	3	2.972E-02		
		Centro x Ápice		0.228	3	7.599E-02		
Transversal			Casca x Intermediária	0.289	1	0.289	6.143	0.089
			Intermediária x Medula	5.951E-02	1	5.951E-02	0.735	0.454
Erro-Transversal			Casca x Intermediária	0.141	3	4.701E-02		
			Intermediária x Medula	0.243	3	8.095E-02		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro		1.201E-02	1	1.201E-02	0.439	0.555
		Centro x Ápice		9.976E-02	1	9.976E-02	1.405	0.321
Erro-Espaçamento*	Linear	Base x Centro		8.216E-02	3	2.739E-02		
		Centro x Ápice		0.213	3	7.100E-02		
Espaçamento *	Linear		Casca x Intermediária	2.222E-03	1	2.222E-03	0.017	0.905
			Intermediária x Medula	1.125E-04	1	1.125E-04	0.001	0.978
Erro-Espaçamento*	Linear		Casca x Intermediária	0.397	3	0.132		
			Intermediária x Medula	0.393	3	0.131		
Longitudinal *		Base x Centro		0.259	1	0.259	0.477	0.539
		Centro x Ápice		0.336	1	0.336	0.880	0.417
Transversal			Casca x Intermediária	0.392	1	0.392	0.316	0.613
			Intermediária x Medula	0.344	1	0.344	0.317	0.613
Erro-Longitudinal*		Base x Centro		1.630	3	0.543		
		Centro x Ápice		1.146	3	0.382		
Transversal			Casca x Intermediária	3.721	3	1.240		
			Intermediária x Medula	3.258	3	1.086		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro		0.442	1	0.442	10.003	0.051
		Centro x Ápice		0.541	1	0.541	5.212	0.107
Longitudinal *	Linear	Base x Centro		3.290	1	3.290	5.943	0.093
		Centro x Ápice		1.805	1	1.805	3.578	0.155
Erro-Espaçamento*	Linear	Base x Centro		0.132	3	4.417E-02		
		Centro x Ápice		0.311	3	0.104		
Longitudinal*	Linear	Base x Centro		1.661	3	0.554		
		Centro x Ápice		1.513	3	0.504		
Transversal	Linear	Base x Centro		0.132	3	4.417E-02		
		Centro x Ápice		0.311	3	0.104		
Erro-Longitudinal*	Linear	Base x Centro		1.661	3	0.554		
		Centro x Ápice		1.513	3	0.504		

**Fonte:** A autora

**APÊNDICE E - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (ESPAÇAMENTO DE PLANTIO E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL DENSIDADE BÁSICA (g/cm<sup>3</sup>).**

Fator	Espaçamento	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Espaçamento	Linear			3.705E-04	1	3.705E-04	0.358	0.592
Erro espaçamento	Linear			3.108E-03	3	1.036E-03		
Longitudinal		Base x Centro		4.500E-04	1	4.500E-04	0.797	0.438
		Centro x Ápice		6.722E-04	1	6.722E-04	0.661	0.476
Erro-longitudinal		Base x Centro		1.694E-03	3	5.648E-04		
		Centro x Ápice		3.050E-03	3	1.017E-03		
Transversal			Casca x Intermediária	5.000E-03	1	5.000E-03	2.192	0.235
			Intermediária x Medula	1.681E-04	1	1.681E-04	0.319	0.612
Erro-Transversal			Casca x Intermediária	6.844E-03	3	2.281E-03		
			Intermediária x Medula	1.582E-03	3	5.273E-04		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro		2.939E-03	1	2.939E-03	18.671	0.023
Longitudinal		Centro x Ápice		2.450E-03	1	2.450E-03	3.706	0.150
Erro-Espaçamento*		Base x Centro		4.722E-04	3	1.574E-04		
Longitudinal	Linear	Centro x Ápice		1.983E-03	3	6.611E-04		
Espaçamento *	Linear		Casca x Intermediária	2.006E-03	1	2.006E-03	1.604	0.295
Transversal			Intermediária x Medula	7.347E-04	1	7.347E-04	2.270	0.229
Erro-Espaçamento*			Casca x Intermediária	3.750E-03	3	1.250E-03		
Transversal	Linear		Intermediária x Medula	9.708E-04	3	3.236E-04		
Longitudinal *		Base x Centro	Casca x Intermediária	4.513E-03	1	4.513E-03	1.924	0.260
Transversal			Intermediária x Medula	1.250E-05	1	1.250E-05	0.002	0.970
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	5.000E-05	1	5.000E-05	0.006	0.943
			Intermediária x Medula	1.280E-02	1	1.280E-02	2.560	0.208
Erro-Longitudinal*		Base x Centro	Casca x Intermediária	7.037E-03	3	2.346E-03		
Transversal			Intermediária x Medula	2.254E-02	3	7.512E-03		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	2.505E-02	3	8.350E-03		
			Intermediária x Medula	1.500E-02	3	5.000E-03		
Espaçamento *		Base x Centro	Casca x Intermediária	1.013E-03	1	1.013E-03	0.201	0.685
Longitudinal *	Linear		Intermediária x Medula	2.101E-02	1	2.101E-02	2.954	0.184
Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	3.200E-03	1	3.200E-03	0.611	0.491
			Intermediária x Medula	1.280E-02	1	1.280E-02	4.683	0.119
Erro-Espaçamento*		Base x Centro	Casca x Intermediária	1.514E-02	3	5.046E-03		
Longitudinal*	Linear		Intermediária x Medula	2.134E-02	3	7.112E-03		
Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	1.570E-02	3	5.233E-03		
			Intermediária x Medula	8.200E-03	3	2.733E-03		

Fonte: A autora

**APÊNDICE F - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (ESPAÇAMENTO, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA (%).**

Fator	Espaçamento	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Espaçamento	Linear			0.506	1	0.506	7.289	0.074
Erro espaçamento	Linear			0.208	3	6.936E-02		
Longitudinal		Base x Centro		0.968	1	0.968	3.568	0.155
		Centro x Ápice		1.742E-02	1	1.742E-02	0.044	0.848
Erro-longitudinal		Base x Centro		0.814	3	0.271		
		Centro x Ápice		1.197	3	0.399		
Transversal			Casca x Intermediária	0.466	1	0.466	0.600	0.495
			Intermediária x Medula	0.616	1	0.616	0.798	0.437
Erro-Transversal			Casca x Intermediária	2.329	3	0.776		
			Intermediária x Medula	2.315	3	0.772		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro		0.114	1	0.114	0.251	0.651
Longitudinal		Centro x Ápice		0.483	1	0.483	0.567	0.506
Erro-Espaçamento*	Linear	Base x Centro		1.369	3	0.456		
Longitudinal		Centro x Ápice		2.559	3	0.853		
Espaçamento *	Linear		Casca x Intermediária	0.488	1	0.488	0.989	0.393
Transversal			Intermediária x Medula	0.583	1	0.583	0.877	0.418
Erro-Espaçamento*	Linear		Casca x Intermediária	1.481	3	0.494		
Transversal			Intermediária x Medula	1.995	3	0.665		
Longitudinal *		Base x Centro	Casca x Intermediária	0.160	1	0.160	0.038	0.858
			Intermediária x Medula	30.148	1	30.148	3.210	0.171
Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	3.125	1	3.125	1.110	0.369
			Intermediária x Medula	0.918	1	0.918	0.328	0.607
Erro-Longitudinal*Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediária	12.682	3	4.227		
			Intermediária x Medula	28.172	3	9.391		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	8.445	3	2.815		
			Intermediária x Medula	8.395	3	2.798		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediária	5.200	1	5.200	0.508	0.527
Longitudinal *			Intermediária x Medula	1.044	1	1.044	0.630	0.485
Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	0.769	1	0.769	0.112	0.760
			Intermediária x Medula	0.300	1	0.300	0.065	0.815
Erro-Espaçamento*	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediária	30.685	3	10.228		
Longitudinal*Transversal			Intermediária x Medula	4.974	3	1.658		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	20.570	3	6.857		
			Intermediária x Medula	13.767	3	4.589		

**Fonte:** A autora

**APÊNDICE G - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (ESPAÇAMENTO, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL CONTRAÇÃO LINEAR LONGITUDINAL (%).**

Fator	Espaçamento	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Espaçamento	Linear			1.543E-07	1	1.543E-07	0.000	0.997
Erro espaçamento	Linear			3.091E-02	3	1.030E-02		
Longitudinal		Base x Centro		2.722E-02	1	2.722E-02	1.429	0.318
		Centro x Ápice		1.253E-02	1	1.253E-02	0.471	0.542
Erro-longitudinal		Base x Centro		5.717E-02	3	1.906E-02		
		Centro x Ápice		7.990E-02	3	2.663E-02		
Transversal			Casca x Intermediária	7.606E-03	1	7.606E-03	0.292	0.626
			Intermediária x Medula	2.880E-02	1	2.880E-02	1.354	0.329
Erro-Transversal			Casca x Intermediária	7.806E-02	3	2.602E-02		
			Intermediária x Medula	6.381E-02	3	2.127E-02		
Espaçamento * Longitudinal	Linear	Base x Centro		5.000E-05	1	5.000E-05	0.001	0.981
		Centro x Ápice		6.235E-03	1	6.235E-03	0.417	0.564
Erro-Espaçamento* Longitudinal	Linear	Base x Centro		0.225	3	7.484E-02		
		Centro x Ápice		4.483E-02	3	1.494E-02		
Espaçamento * Transversal	Linear		Casca x Intermediária	3.556E-02	1	3.556E-02	2.794	0.193
			Intermediária x Medula	6.050E-03	1	6.050E-03	0.709	0.462
Erro-Espaçamento* Transversal	Linear		Casca x Intermediária	3.818E-02	3	1.273E-02		
			Intermediária x Medula	2.561E-02	3	8.535E-03		
Longitudinal * Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediária	0.168	1	0.168	4.550	0.123
			Intermediária x Medula	0.884	1	0.884	7.773	0.069
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	4.961E-02	1	4.961E-02	0.387	0.578
			Intermediária x Medula	0.125	1	0.125	0.777	0.443
Erro-Longitudinal* Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediária	0.111	3	3.697E-02		
			Intermediária x Medula	0.341	3	0.114		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	0.385	3	0.128		
			Intermediária x Medula	0.482	3	0.161		
Espaçamento * Longitudinal * Transversal	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediária	0.162	1	0.162	2.065	0.246
			Intermediária x Medula	4.050E-03	1	4.050E-03	0.007	0.940
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	0.285	1	0.285	15.707	0.029
			Intermediária x Medula	7.605E-02	1	7.605E-02	0.195	0.689
Erro-Espaçamento* Longitudinal* Transversal	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediária	0.236	3	7.868E-02		
			Intermediária x Medula	1.845	3	0.615		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	5.444E-02	3	1.815E-02		
			Intermediária x Medula	1.171	3	0.390		

Fonte: A autora

**APÊNDICE H - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (ESPAÇAMENTO, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL CONTRAÇÃO LINEAR TANGENCIAL (%).**

Fator	Espaçamento	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Espaçamento	Linear			0.236	1	0.236	6.561	0.083
Erro espaçamento	Linear			0.108	3	3.599E-02		
Longitudinal		Base x Centro		0.325	1	0.325	1.333	0.332
		Centro x Ápice		0.181	1	0.181	0.416	0.565
Erro-longitudinal		Base x Centro		0.732	3	0.244		
		Centro x Ápice		1.307	3	0.436		
Transversal			Casca x Intermediária	0.235	1	0.235	1.510	0.307
			Intermediária x Medula	0.631	1	0.631	1.603	0.295
Erro-Transversal			Casca x Intermediária	0.466	3	0.155		
			Intermediária x Medula	1.181	3	0.394		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro		4.014E-02	1	4.014E-02	4.430	0.126
Longitudinal		Centro x Ápice		0.119	1	0.119	0.165	0.711
Erro-		Base x Centro		2.718E-02	3	9.061E-03		
Espaçamento*Longitudinal	Linear	Centro x Ápice		2.162	3	0.721		
Espaçamento *	Linear		Casca x Intermediária	4.513E-03	1	4.513E-03	0.013	0.916
Transversal			Intermediária x Medula	0.144	1	0.144	1.377	0.325
Erro-Espaçamento*	Linear		Casca x Intermediária	1.034	3	0.345		
Transversal			Intermediária x Medula	0.314	3	0.105		
Longitudinal *		Base x Centro		0.932	1	0.932	0.250	0.651
Transversal			Intermediária x Medula	4.697	1	4.697	1.453	0.314
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	6.213	1	6.213	2.928	0.186
			Intermediária x Medula	1.531E-02	1	1.531E-02	0.019	0.900
Erro-Longitudinal*		Base x Centro		11.173	3	3.724		
Transversal			Intermediária x Medula	9.697	3	3.232		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	6.366	3	2.122		
			Intermediária x Medula	2.440	3	0.813		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro		0.932	1	0.932	0.097	0.776
Longitudinal *			Intermediária x Medula	0.918	1	0.918	0.326	0.608
Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	9.461E-02	1	9.461E-02	0.020	0.898
			Intermediária x Medula	1.201E-02	1	1.201E-02	0.006	0.945
Erro-	Linear	Base x Centro		28.760	3	9.587		
Espaçamento*Longitudinal*			Intermediária x Medula	8.438	3	2.813		
udinal*Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	14.481	3	4.827		
			Intermediária x Medula	6.316	3	2.105		

**Fonte:** A autora

**APÊNDICE I - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (ESPAÇAMENTO, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL CONTRAÇÃO LINEAR RADIAL (%).**

Fator	Espaçamento	Longitudinal	Transversal	Quadrado da soma	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Espaçamento	Linear			2.645E-02	1	2.645E-02	0.422	0.562
Erro espaçamento	Linear			0.188	3	6.267E-02		
Longitudinal		Base x Centro		0.195	1	0.195	1.835	0.269
		Centro x Ápice		0.920	1	0.920	14.701	0.031
Erro-longitudinal		Base x Centro		0.319	3	0.106		
		Centro x Ápice		0.188	3	6.260E-02		
Transversal			Casca x Intermediária	4.753E-02	1	4.753E-02	0.199	0.686
Erro-Transversal			Intermediária x Medula	0.183	1	0.183	0.406	0.569
			Casca x Intermediária	0.716	3	0.239		
			Intermediária x Medula	1.354	3	0.451		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro		0.162	1	0.162	1.918	0.260
Longitudinal		Centro x Ápice		0.144	1	0.144	0.790	0.440
Erro-Espaçamento*	Linear	Base x Centro		0.253	3	8.418E-02		
Longitudinal		Centro x Ápice		0.547	3	0.182		
Espaçamento *	Linear		Casca x Intermediária	5.500E-02	1	5.500E-02	0.437	0.556
Transversal			Intermediária x Medula	0.147	1	0.147	0.486	0.536
Erro-Espaçamento*	Linear		Casca x Intermediária	0.378	3	0.126		
Transversal			Intermediária x Medula	0.906	3	0.302		
		Base x Centro	Casca x Intermediária	1.805E-02	1	1.805E-02	0.018	0.903
Longitudinal *			Intermediária x Medula	7.566	1	7.566	4.005	0.139
Transversa		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	5.951E-02	1	5.951E-02	0.095	0.778
			Intermediária x Medula	1.328	1	1.328	0.973	0.397
		Base x Centro	Casca x Intermediária	3.073	3	1.024		
Erro-Longitudinal*			Intermediária x Medula	5.668	3	1.889		
Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	1.871	3	0.624		
			Intermediária x Medula	4.094	3	1.365		
Espaçamento *	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediária	0.858	1	0.858	0.556	0.510
Longitudinal *			Intermediária x Medula	0.238	1	0.238	0.245	0.655
Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	1.125E-04	1	1.125E-04	0.000	0.993
			Intermediária x Medula	5.780E-02	1	5.780E-02	0.378	0.582
Erro-Espaçamento*	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediária	4.631	3	1.544		
Longitudinal*			Intermediária x Medula	2.921	3	0.974		
Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediária	3.296	3	1.099		
			Intermediária x Medula	0.459	3	0.153		

Fonte: A autora

**APÊNDICE J - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (AMBIENTE, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL DIÂMETRO DOS VASOS ( $\mu\text{m}$ ).**

Fator	Ambiente	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Ambiente	Linear			1.222E-03	1	1.222E-03	3.409	0.162
Erro ambiente	Linear			1.076E-03	3	3.586E-04		
Longitudinal		Base x Centro		8.889E-03	1	8.889E-03	2.762	0.195
		Centro x Ápice		5.556E-06	1	5.556E-06	0.006	0.943
Erro-longitudinal		Base x Centro		9.656E-03	3	3.219E-03		
		Centro x Ápice		2.728E-03	3	9.093E-04		
Transversal			Casca x Intermediário	3.901E-03	1	3.901E-03	2.381	0.220
			Intermediário x Medula	1.125E-02	1	1.125E-02	6.511	0.084
Erro-Transversal			Casca x Intermediário	4.915E-03	3	1.638E-03		
			Intermediário x Medula	5.183E-03	3	1.728E-03		
Ambiente *	Linear	Base x Centro		2.222E-03	1	2.222E-03	1.253	0.345
Longitudinal		Centro x Ápice		2.222E-05	1	2.222E-05	0.015	0.910
Erro-		Base x Centro		5.322E-03	3	1.774E-03		
Ambiente*Longitudi	Linear	Centro x Ápice		4.444E-03	3	1.481E-03		
nal			Casca x Intermediário	6.125E-04	1	6.125E-04	0.794	0.439
Ambiente *	Linear		Intermediário x Medula	2.722E-04	1	2.722E-04	0.353	0.594
Transversal			Casca x Intermediário	2.315E-03	3	7.718E-04		
Erro-			Intermediário x Medula	2.317E-03	3	7.722E-04		
Ambiente*Transversa	Linear							
l								
Longitudinal *		Base x Centro	Casca x Intermediário	7.200E-03	1	7.200E-03	0.544	0.514
Transversal			Intermediário x Medula	1.280E-02	1	1.280E-02	1.692	0.284
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	1.250E-05	1	1.250E-05	0.002	0.967
			Intermediário x Medula	6.613E-03	1	6.613E-03	0.519	0.523
Erro-		Base x Centro	Casca x Intermediário	3.970E-02	3	1.323E-02		
Longitudinal*Transv			Intermediário x Medula	2.270E-02	3	7.567E-03		
ersal			Casca x Intermediário	1.904E-02	3	6.346E-03		
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	3.824E-02	3	1.275E-02		
Ambiente *	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediário	3.200E-03	1	3.200E-03	0.237	0.660
Longitudinal *			Intermediário x Medula	5.000E-05	1	5.000E-05	0.005	0.951
Transversal			Casca x Intermediário	6.612E-03	1	6.612E-03	0.536	0.517
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	1.361E-02	1	1.361E-02	2.018	0.251
Erro-		Base x Centro	Casca x Intermediário	4.050E-02	3	1.350E-02		
Ambiente*Longitudi	Linear		Intermediário x Medula	3.305E-02	3	1.102E-02		
nal*Transversal			Casca x Intermediário	3.704E-02	3	1.235E-02		
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	2.024E-02	3	6.746E-03		

**Fonte:** A autora



**APÊNDICE K - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (AMBIENTE, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL MACERADOS COMPRIMENTO DAS FIBRAS ( $\mu\text{m}$ ).**

Fator	Ambiente	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Ambiente	Linear			2400.937	1	2400.937	2.991	0.182
Erro ambiente	Linear			2408.166	3	802.722		
Longitudinal		Base x Centro		1517.913	1	1517.913	1.282	0.340
		Centro x Ápice		7082.483	1	7082.483	1.819	0.270
Erro- longitudinal		Base x Centro		3553.172	3	1184.391		
		Centro x Ápice		11680.662	3	3893.554		
Transversal			Casca x Intermediário	368.878	1	368.878	0.218	0.673
			Intermediário x Medula	289.883	1	289.883	0.199	0.686
Erro- Transversal			Casca x Intermediário	5084.149	3	1694.716		
			Intermediário x Medula	4380.191	3	1460.064		
Ambiente * Longitudinal	Linear	Base x Centro		6640.705	1	6640.705	0.964	0.399
		Centro x Ápice		6178.643	1	6178.643	2.985	0.182
Erro- Ambiente*Lon gitudinal	Linear	Base x Centro		20670.781	3	6890.260		
		Centro x Ápice		6209.179	3	2069.726		
Ambiente * Transversal	Linear		Casca x Intermediário	1355.556	1	1355.556	0.477	0.540
			Intermediário x Medula	984.718	1	984.718	0.783	0.441
Erro- Ambiente*Tra nsversal	Linear		Casca x Intermediário	8533.667	3	2844.556		
			Intermediário x Medula	3772.233	3	1257.411		
Longitudinal * Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediário	555.278	1	555.278	0.045	0.845
			Intermediário x Medula	3456.546	1	3456.546	0.473	0.541
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	2546.482	1	2546.482	1.661	0.288
			Intermediário x Medula	692.850	1	692.850	0.592	0.498
Erro- Longitudinal* Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediário	36762.534	3	12254.178		
			Intermediário x Medula	21936.354	3	7312.118		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	4599.192	3	1533.064		
			Intermediário x Medula	3510.119	3	1170.040		
Ambiente * Longitudinal * Transversal	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediário	32134.928	1	32134.928	1.652	0.289
			Intermediário x Medula	22420.090	1	22420.090	3.442	0.161
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	74685.328	1	74685.328	2.782	0.194
			Intermediário x Medula	4237.982	1	4237.982	0.933	0.405
Erro- Ambiente*Lon gitudinal*Tran sversal	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediário	58351.718	3	19450.573		
			Intermediário x Medula	19542.672	3	6514.224		
			Casca x Intermediário	80534.664	3	26844.888		
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	13619.743	3	4539.914		

**Fonte:** A autora

**APÊNDICE L - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (AMBIENTE, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL MACERADOS LARGURA DAS FIBRAS ( $\mu\text{m}$ ).**

Fator	Ambiente	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Ambiente	Linear			0.989	1	0.989	3.831	0.145
Erro ambiente	Linear			0.774	3	0.258		
Longitudinal		Base x Centro		4.176	1	4.176	0.601	0.495
		Centro x Ápice		1.080	1	1.080	0.178	0.701
Erro-longitudinal		Base x Centro		20.831	3	6.944		
		Centro x Ápice		18.204	3	6.068		
Transversal			Casca x Intermediário	5.854	1	5.854	1.518	0.306
			Intermediário x Medula	0.141	1	0.141	0.038	0.859
Erro-Transversal			Casca x Intermediário	11.572	3	3.857		
			Intermediário x Medula	11.266	3	3.755		
Ambiente * Longitudinal	Linear	Base x Centro		2.785	1	2.785	0.975	0.396
		Centro x Ápice		7.828	1	7.828	2.861	0.189
Erro-Ambiente*Longitudinal	Linear	Base x Centro		8.566	3	2.855		
		Centro x Ápice		8.207	3	2.736		
Ambiente * Transversal	Linear		Casca x Intermediário	2.358	1	2.358	0.355	0.593
			Intermediário x Medula	9.753E-02	1	9.753E-02	0.043	0.849
Erro-Ambiente*Transversal	Linear		Casca x Intermediário	19.913	3	6.638		
			Intermediário x Medula	6.770	3	2.257		
Longitudinal * Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediário	23.086	1	23.086	229.607	0.001
			Intermediário x Medula	5.951	1	5.951	0.152	0.722
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	14.851	1	14.851	1.100	0.371
			Intermediário x Medula	47.191	1	47.191	1.160	0.360
Erro-Longitudinal*Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediário	0.302	3	0.101		
			Intermediário x Medula	117.234	3	39.078		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	40.517	3	13.506		
			Intermediário x Medula	122.051	3	40.684		
Ambiente * Longitudinal * Transversal	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediário	2.010	1	2.010	0.047	0.842
			Intermediário x Medula	34.196	1	34.196	0.988	0.394
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	19.656	1	19.656	1.498	0.308
			Intermediário x Medula	18.030	1	18.030	1.528	0.304
Erro-Ambiente*Longitudinal*Transversal	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediário	127.292	3	42.431		
			Intermediário x Medula	103.865	3	34.622		
			Casca x Intermediário	39.374	3	13.125		
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	35.400	3	11.800		

**Fonte:** A autora

**APÊNDICE M - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (AMBIENTE, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL MACERADOS ESPESSURA DAS FIBRAS ( $\mu\text{m}$ ).**

Fator	Ambiente	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Ambiente	Linear			2.347E-02	1	2.347E-02	11.936	0.041
Erro ambiente	Linear			5.899E-03	3	1.966E-03		
Longitudinal		Base x Centro		0.164	1	0.164	1.272	0.341
		Centro x Ápice		0.139	1	0.139	2.033	0.249
Erro- longitudinal		Base x Centro		0.388	3	0.129		
		Centro x Ápice		0.205	3	6.823E-02		
Transversal			Casca x Intermediário	1.253E-02	1	1.253E-02	1.007	0.390
			Intermediário x Medula	0.148	1	0.148	1.746	0.278
Erro- Transversal			Casca x Intermediário	3.734E-02	3	1.245E-02		
			Intermediário x Medula	0.254	3	8.452E-02		
Ambiente * Longitudinal	Linear	Base x Centro		1.227E-02	1	1.227E-02	0.930	0.406
		Centro x Ápice		9.976E-02	1	9.976E-02	0.861	0.422
Erro- Ambiente*Lon gitudinal	Linear	Base x Centro		3.958E-02	3	1.319E-02		
		Centro x Ápice		0.348	3	0.116		
Ambiente * Transversal	Linear		Casca x Intermediário	3.001E-02	1	3.001E-02	0.223	0.669
			Intermediário x Medula	3.200E-03	1	3.200E-03	0.122	0.750
Erro- Ambiente*Tra nsversal	Linear		Casca x Intermediário	0.404	3	0.135		
			Intermediário x Medula	7.881E-02	3	2.627E-02		
Longitudinal * Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediário	0.183	1	0.183	0.777	0.443
			Intermediário x Medula	3.645E-02	1	3.645E-02	0.815	0.433
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	0.101	1	0.101	0.552	0.511
			Intermediário x Medula	0.263	1	0.263	0.948	0.402
Erro- Longitudinal* Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediário	0.707	3	0.236		
			Intermediário x Medula	0.134	3	4.475E-02		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	0.550	3	0.183		
			Intermediário x Medula	0.832	3	0.277		
Ambiente * Longitudinal * Transversal	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediário	0.104	1	0.104	0.205	0.682
			Intermediário x Medula	1.250E-03	1	1.250E-03	0.001	0.979
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	0.562	1	0.562	1.259	0.344
			Intermediário x Medula	0.215	1	0.215	0.416	0.565
Erro- Ambiente*Lon gitudinal*Tran sversal	Linear	Base x Centro	Casca x intermediário	1.516	3	0.505		
			Intermediário x Medula	4.440	3	1.480		
			Casca x Intermediário	1.339	3	0.446		
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	1.547	3	0.516		

**Fonte:** A autora

**APÊNDICE N - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (AMBIENTE, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL DENSIDADE BÁSICA (g/cm<sup>3</sup>).**

Fator	Ambiente	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Ambiente	Linear			1.543E-05	1	1.543E-05	0.015	0.911
Erro-Ambiente	Linear			3.159E-03	3	1.053E-03		
Longitudinal		Base x Centro		9.800E-03	1	9.800E-03	7.171	0.075
		Centro x Ápice		6.235E-03	1	6.235E-03	6.974	0.078
Erro-Longitudinal		Base x Centro		4.100E-03	3	1.367E-03		
		Centro x Ápice		2.682E-03	3	8.940E-04		
Transversal			Casca x Intermediário	6.422E-03	1	6.422E-03	28.426	0.013
			Intermediário x Medula	4.672E-03	1	4.672E-03	8.611	0.061
Erro-Transversal			Casca x Intermediário	6.778E-04	3	2.259E-04		
			Intermediário x Medula	1.628E-03	3	5.426E-04		
Ambiente * Longitudinal	Linear	Base x Centro		2.222E-05	1	2.222E-05	0.090	0.784
		Centro x Ápice		6.235E-03	1	6.235E-03	6.343	0.086
Erro-Ambiente*Longitudinal	Linear	Base x Centro		7.444E-04	3	2.481E-04		
		Centro x Ápice		2.949E-03	3	9.829E-04		
Ambiente * Transversal	Linear		Casca x Intermediário	2.689E-03	1	2.689E-03	242.000	0.001
			Intermediário x Medula	4.500E-04	1	4.500E-04	0.583	0.501
Erro-Ambiente*Transversal	Linear		Casca x Intermediário	3.333E-05	3	1.111E-05		
			Intermediário x Medula	2.317E-03	3	7.722E-04		
Longitudinal * Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediário	1.250E-03	1	1.250E-03	2.586	0.206
			Intermediário x Medula	6.125E-04	1	6.125E-04	0.164	0.713
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	2.000E-04	1	2.000E-04	0.182	0.699
			Intermediário x Medula	7.200E-03	1	7.200E-03	16.615	0.027
Erro-Longitudinal*Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediário	1.450E-03	3	4.833E-04		
			Intermediário x Medula	1.124E-02	3	3.746E-03		
			Casca x Intermediário	3.300E-03	3	1.100E-03		
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	1.300E-03	3	4.333E-04		
Ambiente * Longitudinal* Transversal	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediário	1.800E-03	1	1.800E-03	1.459	0.314
			Intermediário x Medula	3.125E-04	1	3.125E-04	0.153	0.722
			Casca x Intermediário	6.050E-03	1	6.050E-03	1.771	0.275
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	3.200E-03	1	3.200E-03	1.247	0.346
Erro-Ambiente*Longitudinal*Transversal	Linear	Base x Centro	Casca x intermediário	3.700E-03	3	1.233E-03		
			Intermediário x Medula	6.138E-03	3	2.046E-03		
			Casca x Intermediário	1.025E-02	3	3.417E-03		
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	7.700E-03	3	2.567E-03		

Fonte: A autora

**APÊNDICE O - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (AMBIENTE, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA (%).**

Fator	Ambiente	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Ambiente	Linear			1.753E-02	1	1.753E-02	0.051	0.837
Erro ambiente	Linear			1.041	3	0.347		
Longitudinal		Base x Centro		12.609	1	12.609	34.423	0.010
		Centro x Ápice		0.756	1	0.756	1.244	0.346
Erro-longitudinal		Base x Centro		1.099	3	0.366		
		Centro x Ápice		1.824	3	0.608		
Transversal			Casca x Intermediário	4.302E-02	1	4.302E-02	0.790	0.440
			Intermediário x Medula	3.100	1	3.100	8.177	0.065
Erro-Transversal			Casca x Intermediário	0.163	3	5.444E-02		
			Intermediário x Medula	1.137	3	0.379		
Ambiente *	Linear	Base x Centro		5.969	1	5.969	54.591	0.005
Longitudinal		Centro x Ápice		5.791	1	5.791	28.389	0.013
Erro-Ambiente*Longitudinal	Linear	Base x Centro		0.328	3	0.109		
		Centro x Ápice		0.612	3	0.204		
Ambiente *	Linear		Casca x Intermediário	3.125	1	3.125	1.124	0.367
Transversal			Intermediário x Medula	0.103	1	0.103	0.367	0.588
Erro-Ambiente*Transversal	Linear		Casca x Intermediário	8.342	3	2.781		
			Intermediário x Medula	0.841	3	0.280		
Longitudinal *		Base x Centro	Casca x Intermediário	11.640	1	11.640	0.747	0.451
Transversal			Intermediário x Medula	2.322	1	2.322	0.334	0.604
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	6.845	1	6.845	0.411	0.567
			Intermediário x Medula	5.611E-02	1	5.611E-02	0.007	0.937
Erro-Longitudinal*Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediário	46.750	3	15.583		
			Intermediário x Medula	20.885	3	6.962		
			Casca x Intermediário	49.974	3	16.658		
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	22.986	3	7.662		
Ambiente *	Linear		Casca x Intermediário	1.611	1	1.611	1.570	0.299
Longitudinal *		Base x Centro	intermediário x Medula	3.113	1	3.113	0.580	0.502
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	9.031	1	9.031	3.304	0.167
			Intermediário x Medula	1.201E-02	1	1.201E-02	0.001	0.977
Erro-Ambiente*Longitudinal*Transversal	Linear	Base x Centro	Casca x intermediário	3.078	3	1.026		
			Intermediário x Medula	16.098	3	5.366		
			Casca x Intermediário	8.201	3	2.734		
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	35.664	3	11.888		

Fonte: A autora

**APÊNDICE P - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (AMBIENTE, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL CONTRAÇÃO LINEAR LONGITUDINAL (%).**

Fator	Ambiente	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Ambiente	Linear			9.415E-03	1	9.415E-03	1.268	0.342
Erro ambiente	Linear			2.228E-02	3	7.427E-03		
Longitudinal		Base x Centro		2.457E-02	1	2.457E-02	0.884	0.416
		Centro x Ápice		2.136E-02	1	2.136E-02	0.513	0.525
Erro-longitudinal		Base x Centro		8.335E-02	3	2.778E-02		
		Centro x Ápice		0.125	3	4.160E-02		
Transversal			Casca x Intermediário	7.401E-03	1	7.401E-03	0.240	0.658
			Intermediário x Medula	1.445E-02	1	1.445E-02	0.692	0.467
Erro-Transversal			Casca x Intermediário	9.255E-02	3	3.085E-02		
			Intermediário x Medula	6.268E-02	3	2.089E-02		
Ambiente *		Base x Centro		1.201E-02	1	1.201E-02	0.940	0.404
Longitudinal	Linear	Centro x Ápice		3.294E-02	1	3.294E-02	0.737	0.454
Erro-		Base x Centro		3.835E-02	3	1.278E-02		
Ambiente*Longitudinal	Linear	Centro x Ápice		0.134	3	4.470E-02		
Ambiente *			Casca x Intermediário	4.061E-02	1	4.061E-02	1.553	0.301
Transversal	Linear		Intermediário x Medula	2.222E-05	1	2.222E-05	0.001	0.973
Erro-			Casca x Intermediário	7.845E-02	3	2.615E-02		
Ambiente*Transversal	Linear		Intermediário x Medula	4.949E-02	3	1.650E-02		
Longitudinal *		Base x Centro	Casca x Intermediário	8.201E-02	1	8.201E-02	1.980	0.254
Transversal			Intermediário x Medula	5.780E-02	1	5.780E-02	0.555	0.510
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	6.661E-02	1	6.661E-02	0.506	0.528
			Intermediário x Medula	0.370	1	0.370	3.339	0.165
Erro-		Base x Centro	Casca x Intermediário	0.124	3	4.141E-02		
Longitudinal*Transversal			Intermediário x Medula	0.312	3	0.104		
			Casca x Intermediário	0.395	3	0.132		
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	0.332	3	0.111		
Ambiente *		Base x Centro	Casca x Intermediário	0.401	1	0.401	79.375	0.003
Longitudinal *			intermediário x Medula	5.120E-02	1	5.120E-02	0.627	0.486
Transversal	Linear		Casca x Intermediário	0.118	1	0.118	1.578	0.298
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	0.480	1	0.480	1.684	0.285
Erro-		Base x Centro	Casca x intermediário	1.514E-02	3	5.046E-03		
Ambiente*Longitudinal*Transversal	Linear		Intermediário x Medula	0.245	3	8.167E-02		
			Casca x Intermediário	0.224	3	7.451E-02		
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	0.856	3	0.285		

**Fonte:** A autora

**APÊNDICE Q - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (AMBIENTE, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL CONTRAÇÃO LINEAR TANGENCIAL (%).**

Fator	Ambiente	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Ambiente	Linear			3.756E-03	1	3.756E-03	0.030	0.874
Erro-Ambiente	Linear			0.378	3	0.126		
Longitudinal		Base x Centro		5.606	1	5.606	32.287	0.011
		Centro x Ápice		0.350	1	0.350	0.717	0.459
Erro-Longitudinal		Base x Centro		0.521	3	0.174		
		Centro x Ápice		1.465	3	0.488		
Transversal			Casca x Intermediário	0.169	1	0.169	0.583	0.501
			Intermediário x Medula	1.840	1	1.840	7.498	0.071
Erro-Transversal			Casca x Intermediário	0.871	3	0.290		
			Intermediário x Medula	0.736	3	0.245		
Ambiente *	Linear	Base x Centro		3.410	1	3.410	227.171	0.001
Longitudinal		Centro x Ápice		3.083	1	3.083	13.756	0.034
Erro-Ambiente*Longitudinal	Linear	Base x Centro		4.504E-02	3	1.501E-02		
		Centro x Ápice		0.672	3	0.224		
Ambiente *	Linear		Casca x Intermediário	0.927	1	0.927	0.655	0.477
Transversal			Intermediário x Medula	0.140	1	0.140	0.867	0.420
Erro-Ambiente*Transversal	Linear		Casca x Intermediário	4.245	3	1.415		
			Intermediário x Medula	0.483	3	0.161		
Longitudinal *		Base x Centro	Casca x Intermediário	6.643	1	6.643	0.789	0.440
Transversal			Intermediário x Medula	6.408	1	6.408	1.835	0.269
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	1.095	1	1.095	0.101	0.771
			Intermediário x Medula	2.354	1	2.354	0.395	0.574
Erro-Longitudinal*Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediário	25.255	3	8.418		
			Intermediário x Medula	10.478	3	3.493		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	32.417	3	10.806		
			Intermediário x Medula	17.864	3	5.955		
Ambiente *	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediário	3.188	1	3.188	4.808	0.116
Longitudinal *			intermediário x Medula	1.361	1	1.361	3.097	0.177
Transversal		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	2.060	1	2.060	1.298	0.337
			Intermediário x Medula	2.000E-02	1	2.000E-02	0.006	0.945
Erro-Ambiente*Longitudinal*Transversal	Linear	Base x Centro	Casca x intermediário	1.989	3	0.663		
			Intermediário x Medula	1.318	3	0.439		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	4.761	3	1.587		
			Intermediário x Medula	10.565	3	3.522		

**Fonte:** A autora

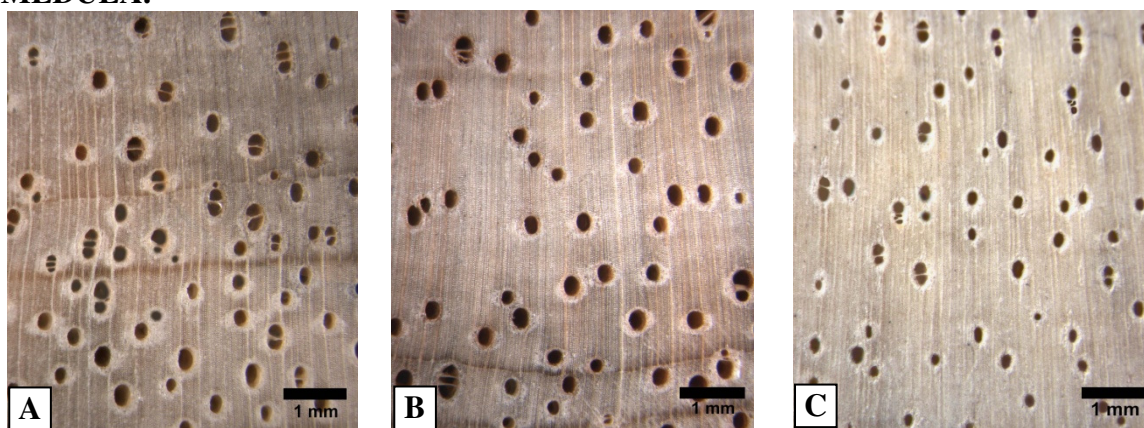
**APÊNDICE R - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM A DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DOS FATORES (AMBIENTE, E POSIÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL), DAS INTERAÇÕES ENTRE OS FATORES, E OS CONTRASTES ENTRE OS NÍVEIS DOS FATORES, DA VARIÁVEL CONTRAÇÃO LINEAR RADIAL (%).**

Fator	Ambiente	Longitudinal	Transversal	Soma dos quadrados	Grau de liberdade	Quadrado da média	F	Sig.
Ambiente	Linear			9.607E-02	1	9.607E-02	4.101	0.136
Erro ambiente	Linear			7.028E-02	3	2.343E-02		
Longitudinal		Base x Centro		1.924	1	1.924	69.504	0.004
		Centro x Ápice		0.110	1	0.110	1.317	0.334
Erro- longitudinal		Base x Centro		8.305E-02	3	2.768E-02		
		Centro x Ápice		0.250	3	8.330E-02		
Transversal			Casca x Intermediário	8.681E-04	1	8.681E-04	0.018	0.902
			Intermediário x Medula	0.426	1	0.426	5.165	0.108
Erro- Transversal			Casca x Intermediário	0.146	3	4.854E-02		
			Intermediário x Medula	0.248	3	8.253E-02		
Ambiente * Longitudinal	Linear	Base x Centro		0.567	1	0.567	4.753	0.117
		Centro x Ápice		0.878	1	0.878	9.955	0.051
Erro- Ambiente*Lon gitudinal	Linear	Base x Centro		0.358	3	0.119		
		Centro x Ápice		0.265	3	8.818E-02		
Ambiente * Transversal	Linear		Casca x Intermediário	0.280	1	0.280	0.488	0.535
			Intermediário x Medula	0.454	1	0.454	2.989	0.182
Erro- Ambiente*Tra nsversal	Linear		Casca x Intermediário	1.720	3	0.573		
			Intermediário x Medula	0.456	3	0.152		
Longitudinal * Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediário	1.051	1	1.051	0.420	0.563
			Intermediário x Medula	1.272	1	1.272	1.814	0.271
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	2.142	1	2.142	1.105	0.370
			Intermediário x Medula	0.781	1	0.781	3.178	0.173
Erro- Longitudinal* Transversal		Base x Centro	Casca x Intermediário	7.505	3	2.502		
			Intermediário x Medula	2.103	3	0.701		
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	5.815	3	1.938		
			Intermediário x Medula	0.737	3	0.246		
Ambiente * Longitudinal * Transversal	Linear	Base x Centro	Casca x Intermediário	0.336	1	0.336	0.478	0.539
			intermediário x Medula	0.839	1	0.839	0.278	0.634
		Centro x Ápice	Casca x Intermediário	6.301	1	6.301	9.682	0.053
			Intermediário x Medula	1.445E-02	1	1.445E-02	0.010	0.927
Erro- Ambiente*Lon gitudinal*Tran sversal	Linear	Base x Centro	Casca x intermediário	2.110	3	0.703		
			Intermediário x Medula	9.039	3	3.013		
			Casca x Intermediário	1.952	3	0.651		
		Centro x Ápice	Intermediário x Medula	4.379	3	1.460		

**Fonte:** A autora

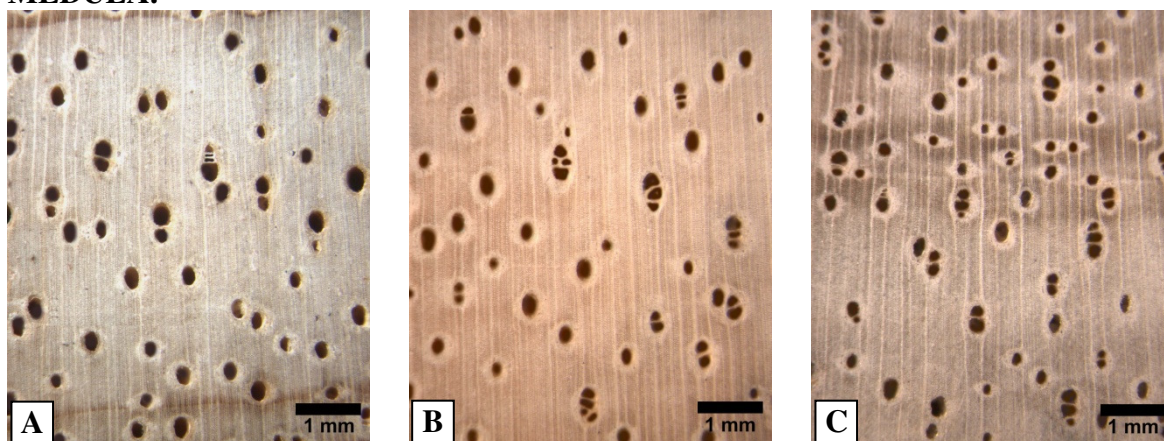


**APÊNDICE S - ÁRVORE 01 DO PLANTIO - 4 X 2M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO ÁPICE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



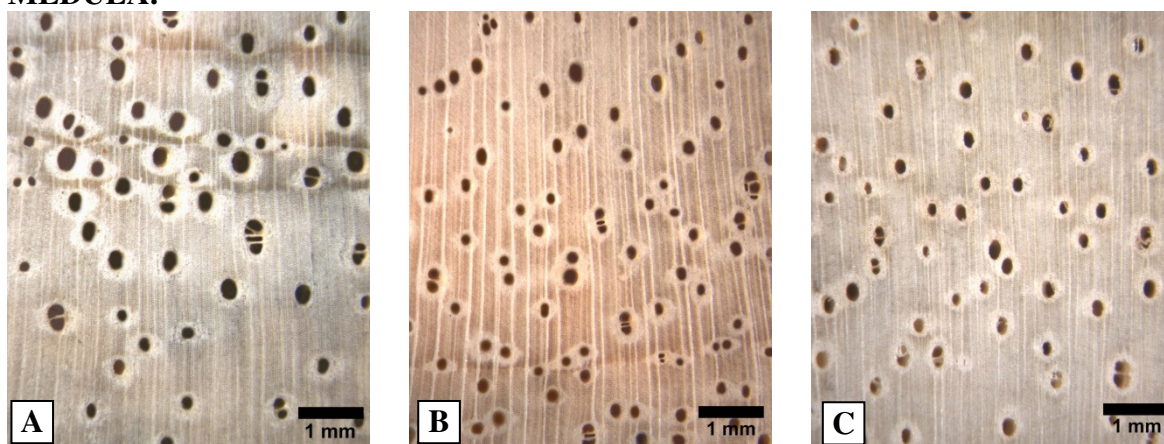
Fonte: A autora

**APÊNDICE T- ÁRVORE 01 DO PLANTIO - 4 X 2M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO CENTRO DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



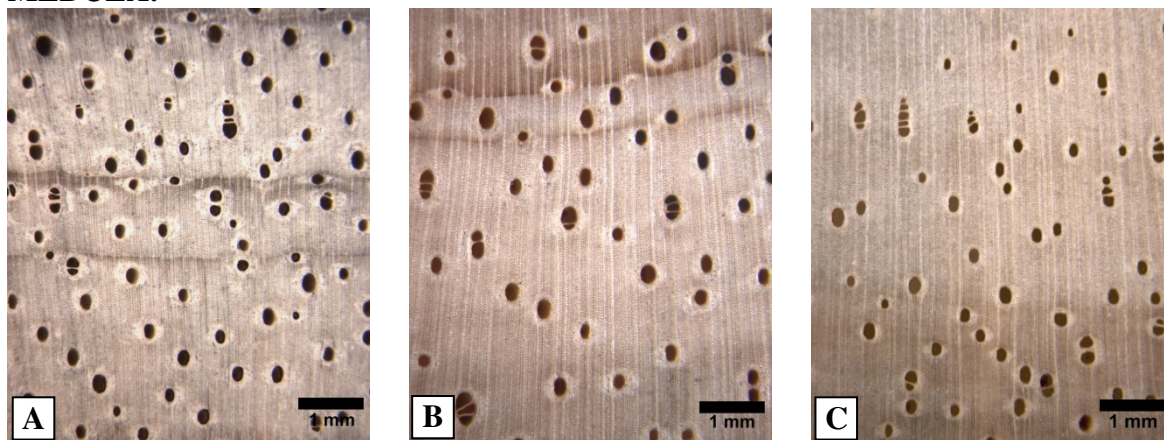
Fonte: A autora

**APÊNDICE U - ÁRVORE 01 DO PLANTIO - 4 X 2M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NA BASE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



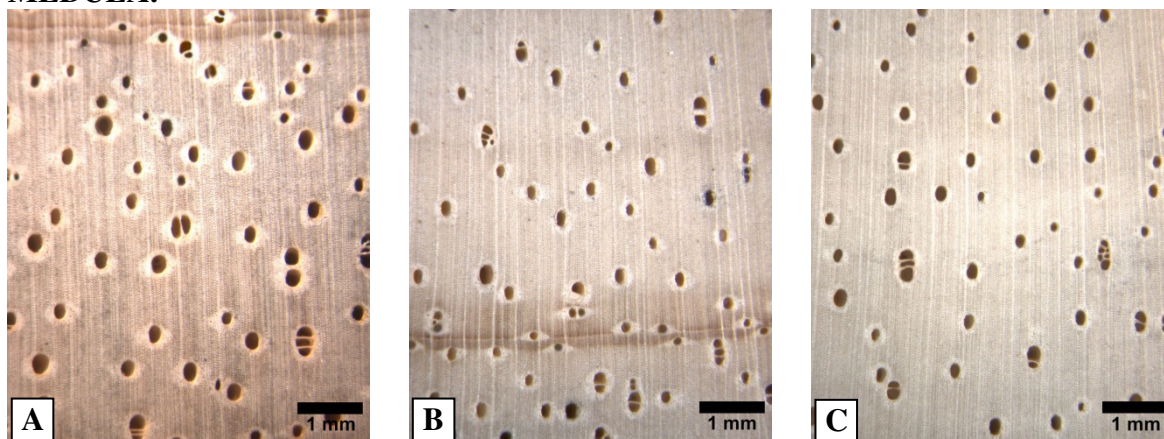
Fonte: A autora

**APÊNDICE V - ÁRVORE 02 DO PLANTIO - 4 X 2M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO ÁPICE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



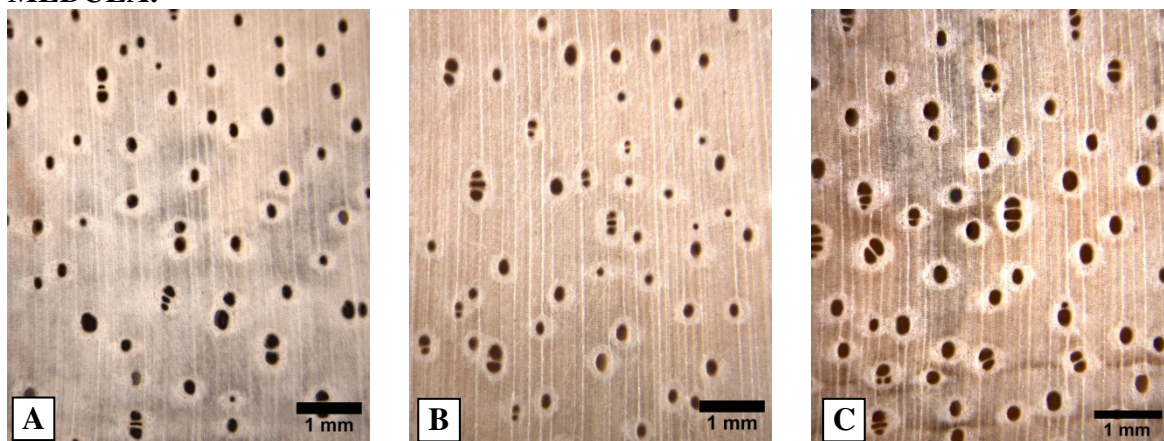
Fonte: A autora

**APÊNDICE W - ÁRVORE 02 DO PLANTIO - 4 X 2M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO CENTRO DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



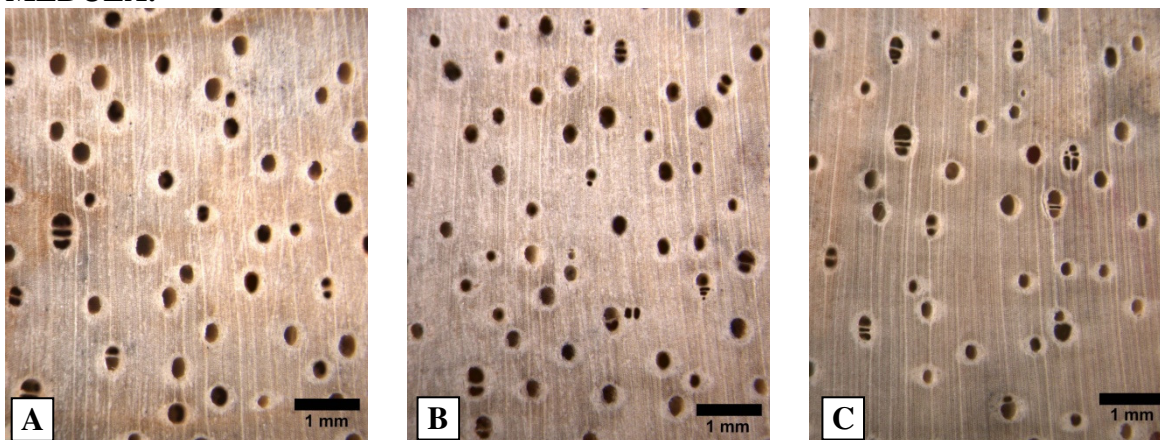
Fonte: A autora

**APÊNDICE X - ÁRVORE 02 DO PLANTIO - 4 X 2M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NA BASE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



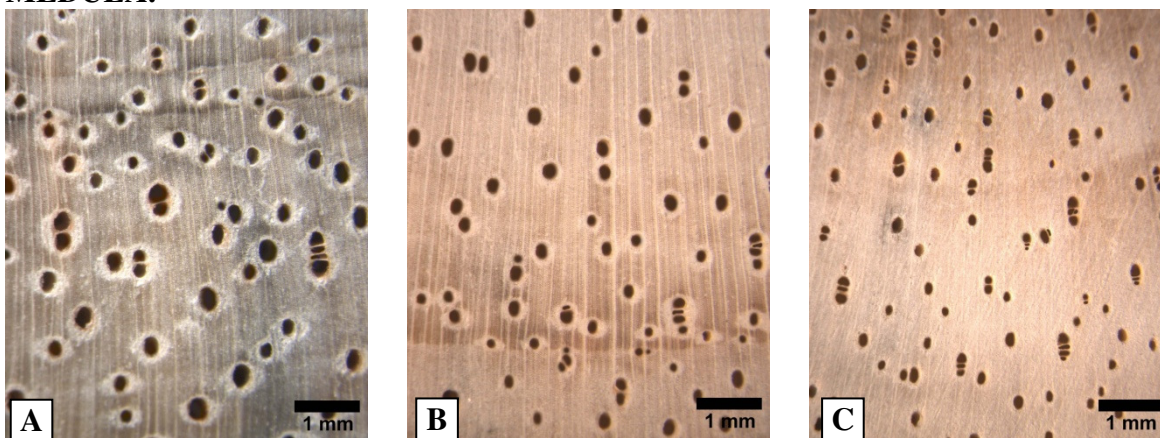
Fonte: A autora

**APÊNDICE Y - ÁRVORE 03 DO PLANTIO - 4 X 2M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO ÁPICE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



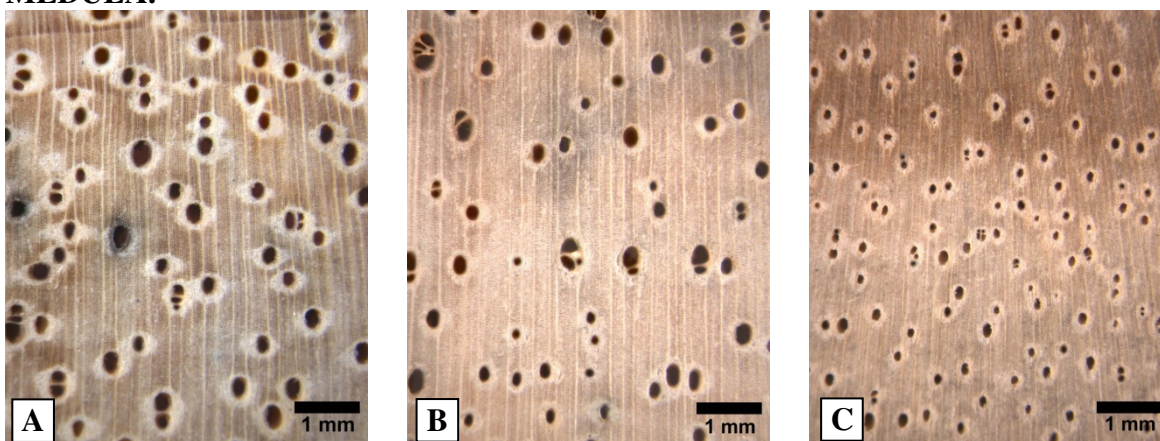
Fonte: A autora

**APÊNDICE Z - ÁRVORE 03 DO PLANTIO - 4 X 2M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO CENTRO DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



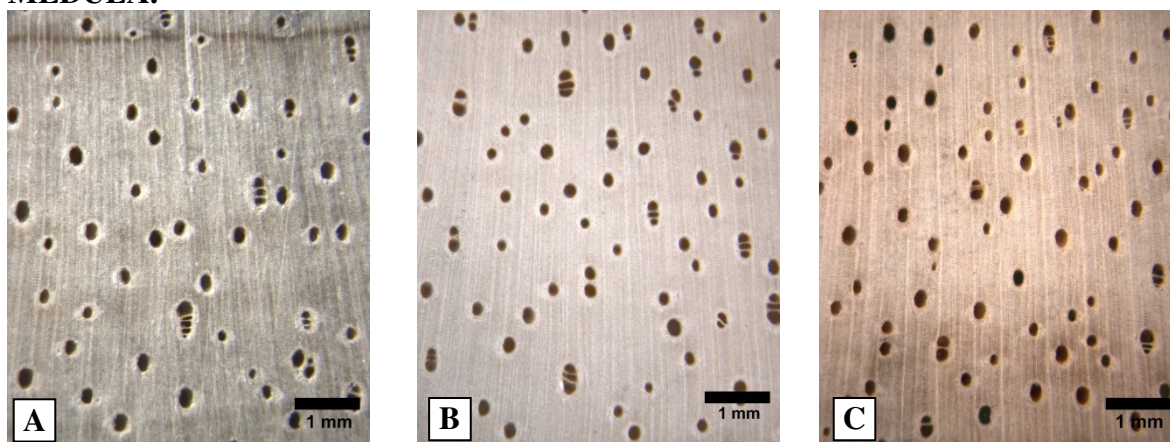
Fonte: A autora

**APÊNDICE AA - ÁRVORE 03 DO PLANTIO - 4 X 2M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NA BASE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



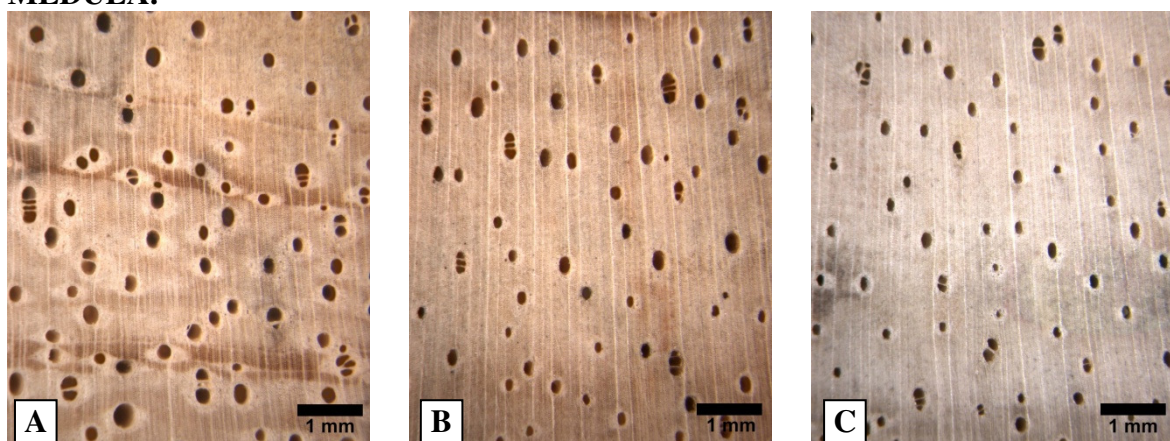
Fonte: A autora

**APÊNDICE BB - ÁRVORE 04 DO PLANTIO - 4 X 2M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO ÁPICE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



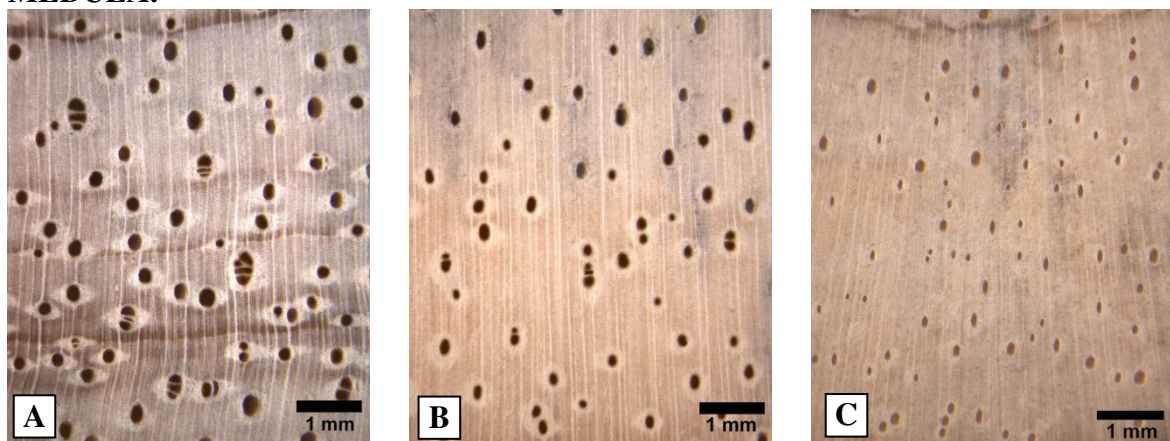
Fonte: A autora

**APÊNDICE CC - ÁRVORE 04 DO PLANTIO - 4 X 2M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO CENTRO DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



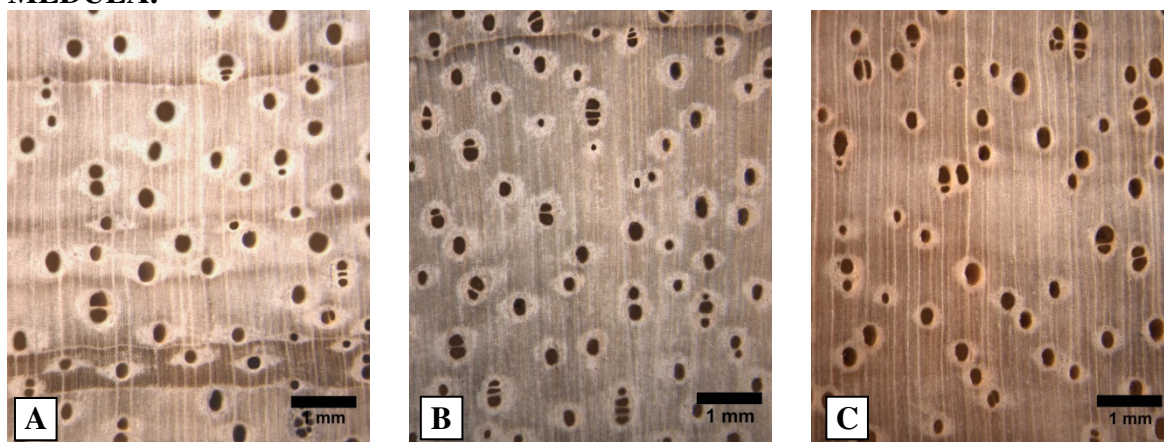
Fonte: A autora

**APÊNDICE DD - ÁRVORE 04 DO PLANTIO - 4 X 2M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NA BASE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



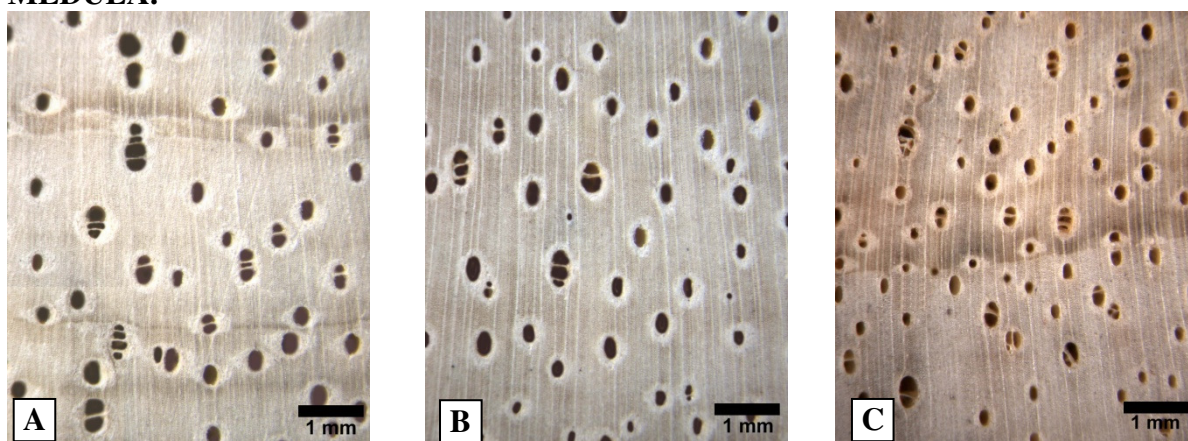
Fonte: A autora

**APÊNDICE EE - ÁRVORE 01 DO PLANTIO - 4 X 3M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO ÁPICE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



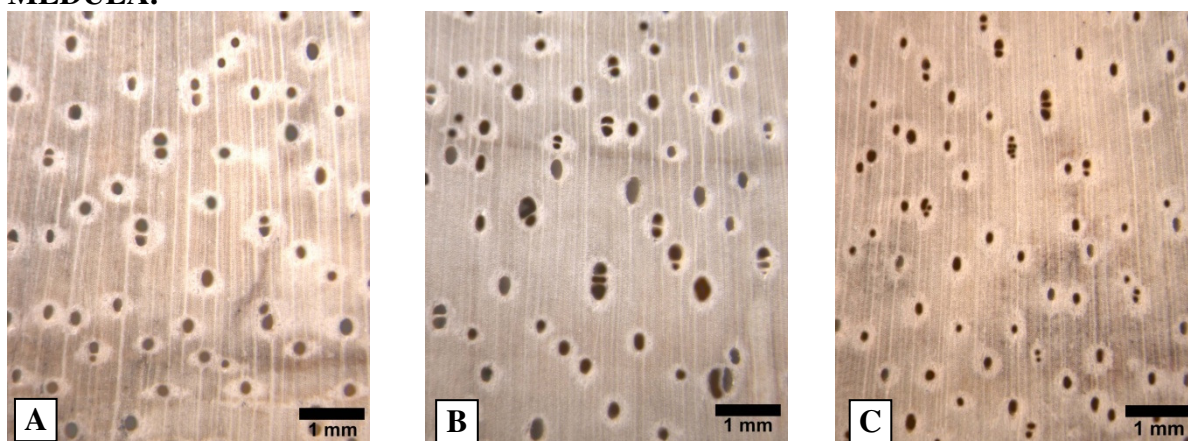
Fonte: A autora

**APÊNDICE FF - ÁRVORE 01 DO PLANTIO - 4 X 3M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO CENTRO DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



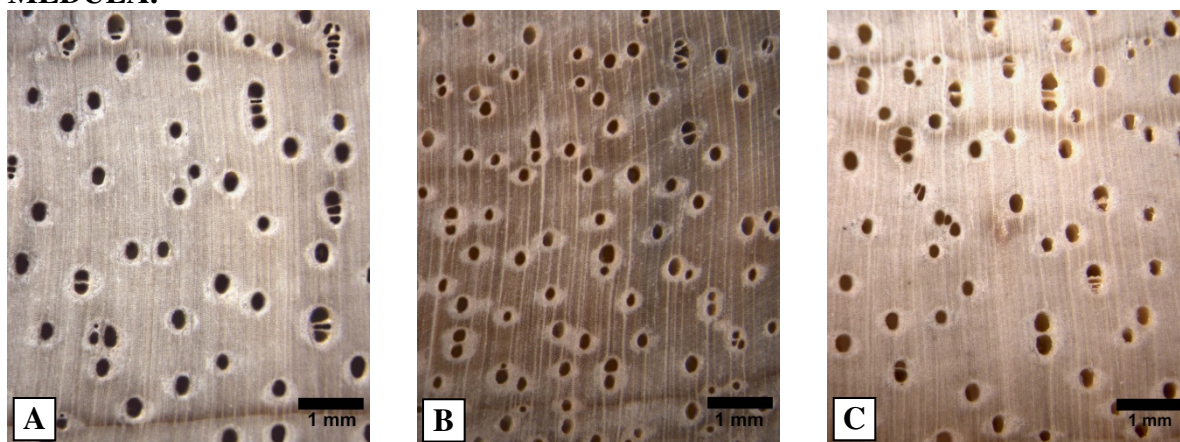
Fonte: A autora

**APÊNDICE GG - ÁRVORE 01 DO PLANTIO - 4 X 3M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NA BASE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



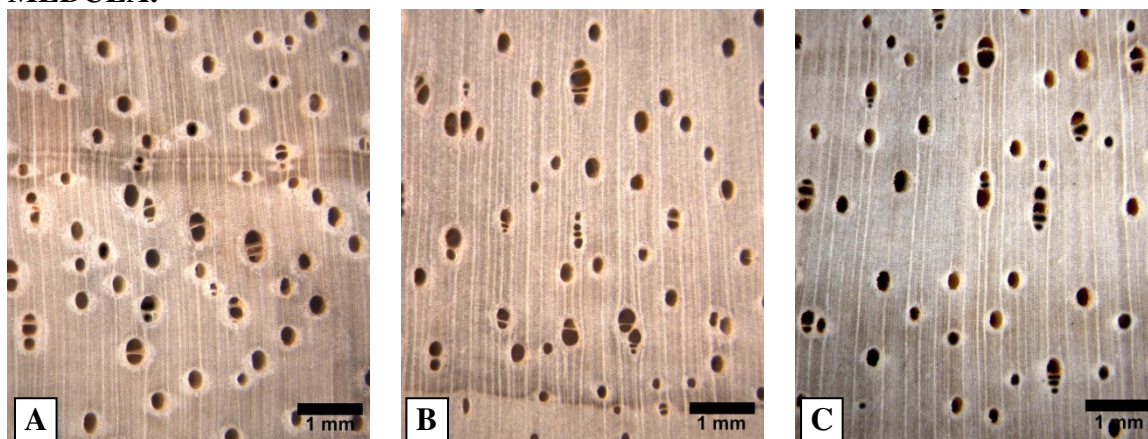
Fonte: A autora

**APÊNDICE HH - ÁRVORE 02 DO PLANTIO - 4 X 3M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO ÁPICE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



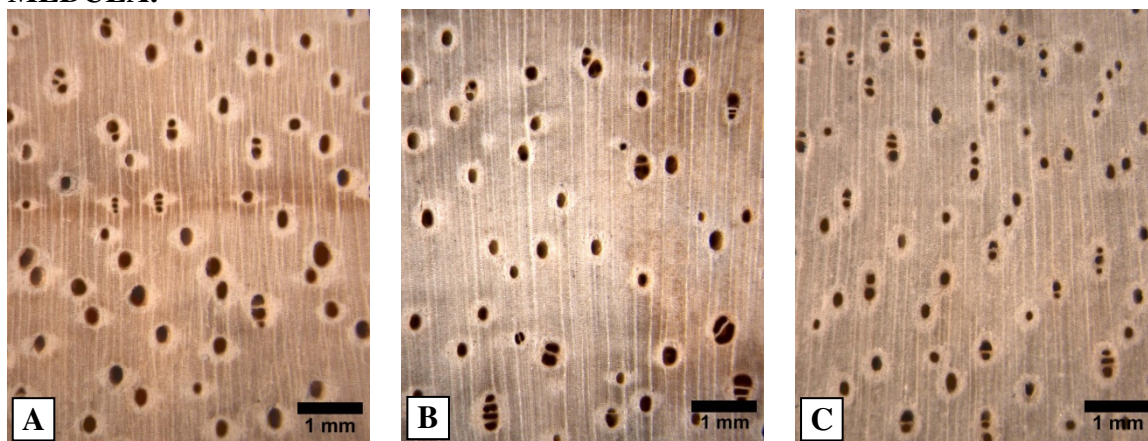
Fonte: A autora

**APÊNDICE II - ÁRVORE 02 DO PLANTIO - 4 X 3M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO CENTRO DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



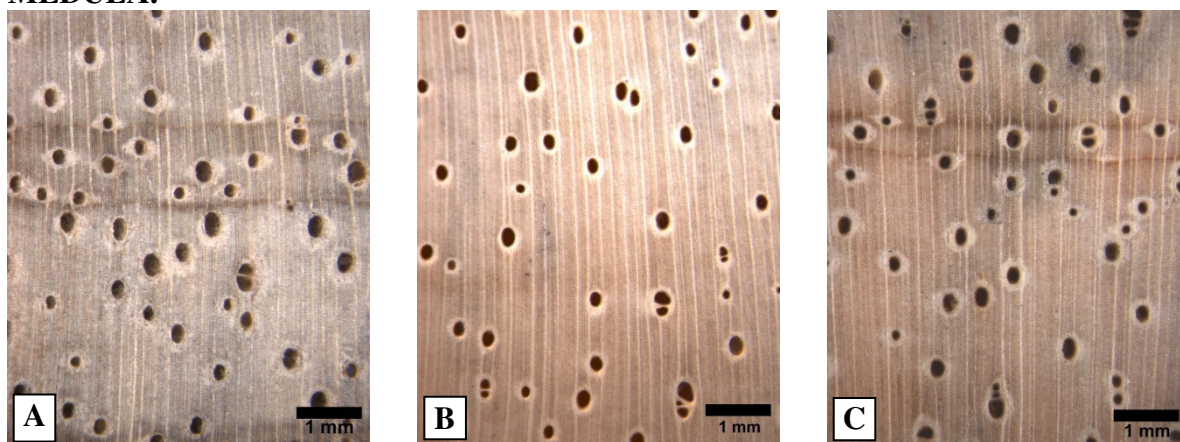
Fonte: A autora

**APÊNDICE JJ - ÁRVORE 02 DO PLANTIO - 4 X 3M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NA BASE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



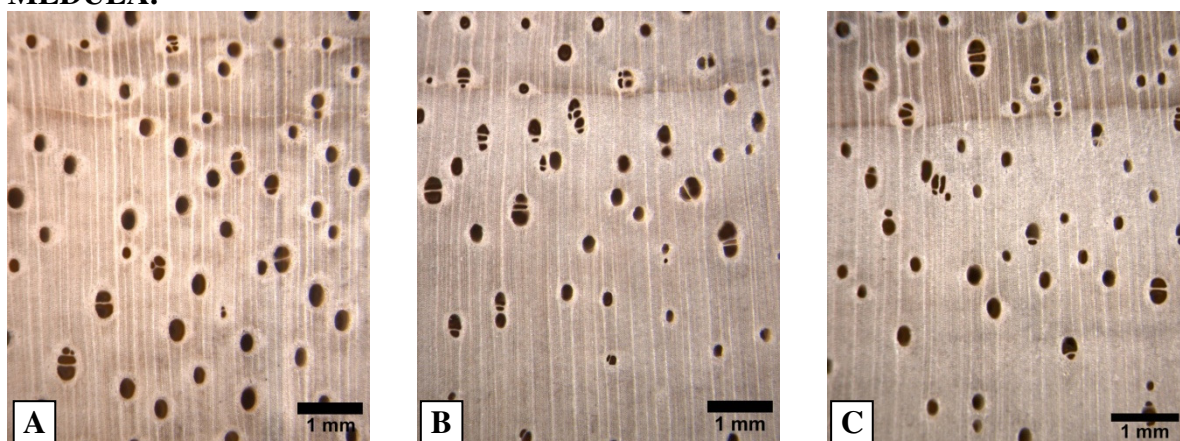
Fonte: A autora

**APÊNDICE KK - ÁRVORE 03 DO PLANTIO - 4 X 3M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO ÁPICE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



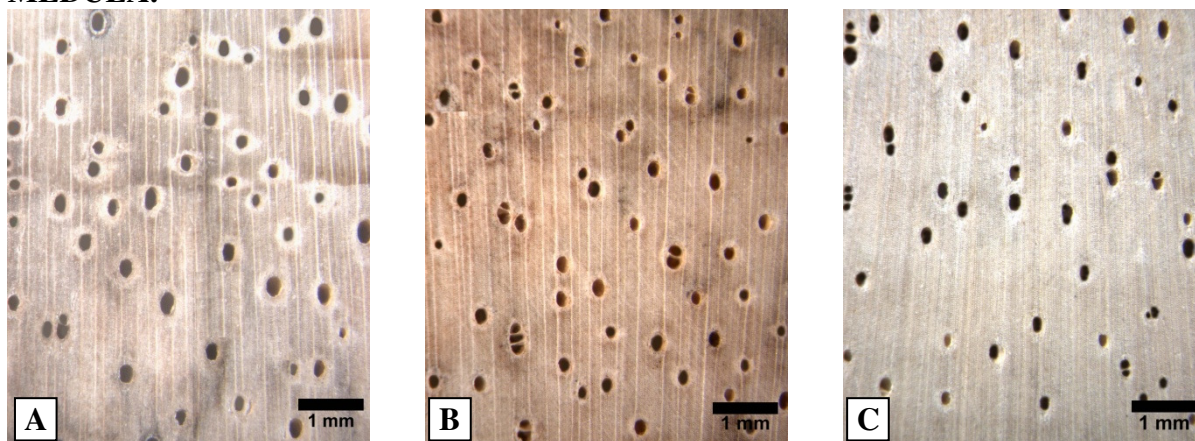
Fonte: A autora

**APÊNDICE LL - ÁRVORE 03 DO PLANTIO - 4 X 3M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NO CENTRO DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



Fonte: A autora

**APÊNDICE MM - ÁRVORE 03 DO PLANTIO - 4 X 3M. CORTES TRANSVERSAIS DA MADEIRA NA BASE DO FUSTE - (A) CASCA; (B) INTERMEDIÁRIA E (C) MEDULA.**



Fonte: A autora