

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS E AMBIENTAIS**

**VARIAÇÃO LONGITUDINAL E TRANSVERSAL NAS
PROPRIEDADES DA MADEIRA DO TAUARI VERMELHO
(*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae)**

GERSON KLEBER DE ALMEIDA CRUZ

**MANAUS-AM
2006**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS E AMBIENTAIS**

GERSON KLEBER DE ALMEIDA CRUZ

**VARIAÇÃO LONGITUDINAL E TRANSVERSAL NAS
PROPRIEDADES DA MADEIRA DO TAUARI VERMELHO
(*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae)**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração: Manejo e Tecnologia de Recursos Florestais.

Orientador: Prof. Ph.D Valmir Souza de Oliveira

**MANAUS-AM
2006**

Ficha Catalográfica
(Catalogação na fonte realizada pela Biblioteca Central - UFAM)

Cruz, Gerson Kleber de Almeida

C957v Variação longitudinal e transversal nas propriedades da madeira do tauari vermelho (*Cariniana micrantha* Ducke – Lecythydaceae) / Gerson Kleber de Almeida Cruz. - Manaus: UFAM, 2006.

73 fl.; il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) — Universidade Federal do Amazonas, 2006.

Orientador: Valmir Souza de Oliveira

1. Madeira – Propriedades físicas 2. Tauari Vermelho - Árvore 3. Madeira - Retratibilidade 4. *Cariniana micrantha*
I.Título

CDU 630*81(043.3)



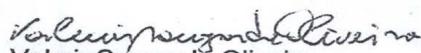
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM
CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS-PPGCIFA



PARECER

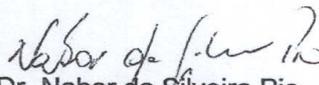
Defesa nº 022

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir o mestrando Gerson Kleber de Almeida Cruz em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**VARIAÇÃO LONGITUDINAL E TRANSVERSAL NAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DO TAUARI VERMELHO (*Cariniana micrantha* Ducke – Lecythidaceae)**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do acadêmico, habilitando-o ao título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em Manejo e Tecnologia de Recursos Florestais Tropicais (MTRF).

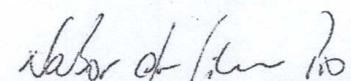

Ph.D. Valmir Souza de Oliveira

Professor e pesquisador do Departamento de Ciências Florestais da UFAM
Orientador e Presidente da banca examinadora


Ph.D. Estevão Vicente C. M. de Paula
Professor e pesquisador do INPA
Primeiro examinador


Dr. Nabor da Silveira Pio
Professor e pesquisador do Departamento de Ciências Florestais da UFAM
Segundo examinador

Manaus, 04 de setembro de 2006.


Prof. Dr. Nabor da Silveira Pio
Coordenador do Programa de Pós Graduação em
Ciências Florestais e Ambientais - PPGCIFA
Prof. Dr. Fernando Cardoso Lucas Filho
Vice-coordenador



A Deus, a minha esposa,
sobrinhos, meu pais, meus
irmãos e minha sogra, pelo
incentivo, carinho e participação
em mais esta etapa da minha
vida.

DEDICO

GERSON KLEBER DE ALMEIDA CRUZ

**VARIAÇÃO LONGITUDINAL E TRANSVERSAL NAS
PROPRIEDADES DA MADEIRA DO TAUARI VERMELHO**
(*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae)

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração: Manejo e Tecnologia de Recursos Florestais.

Aprovado em / / 2006

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ph.D Valmir Souza de Oliveira, Presidente.
Universidade Federal do Amazonas -UFAM

Prof. Dr. Nabor da Silveira Pio, Membro.
Universidade Federal do Amazonas -UFAM

Prof. Ph.D Estevão Vicente Cavalcante Monteiro de Paula, Membro.
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida;

A meus pais e irmãos pela confiança e amor que sempre me foi reservado;

A minha esposa Susy Hellen Cruz, com quem pude contar em todos os momentos, dia após dia;

A meus sobrinhos Hélio Neto (Tangão), Kevin (Velhão), Yasmin (Mim,mim) por serem crianças maravilhosas e aos meus cunhados Netão e Déborah;

Ao professor, Ph.D Valmir Souza de Oliveira, pelo exemplo de profissionalismo e dedicação (obrigado);

Aos professores Dr. Nabor da Silveira Pio e Ph.D Estevão Vicente Cavalcante Monteiro de Paula membros da banca examinadora;

A FUCAPI em nome do Sr. Flávio Ramos, Francisco Chagas do Nascimento e Cristiano Lima dos Reis, por terem realizado o corte na madeira;

Aos Engenheiros Florestais Leonilson Magalhães Cavalcante, Alexandro Gonçalves de Lima (Sam), pela relevante colaboração neste trabalho;

A Jorge Alves de Freitas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA / CPPF), pela identificação botânica da madeira utilizada neste estudo;

A Indústria Mil Madeireira em nome do Sr. João Cruz e ao Engenheiro Florestal Renato por terem cedido a madeira para o devido estudo;

A FAPEAM pela concessão da bolsa de estudo a qual tornou possível o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Engenheiro Florestal, Francisco Tarcisio Moraes Mady pela orientação anatômica durante a realização da dissertação;

Aos Engenheiros Florestais Nori de Carvalho Erazo, e Edy Eime Pereira Baraúna, Nerci Nina Lima (Engenheira) pela colaboração e companheirismo no decorrer do trabalho;

A Sra. Larissa Moraes do laboratório de fisiologia vegetal da EMBRAPA;

A todos os demais professores, funcionários, colegas de curso e aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	<i>ix</i>
LISTA DE TABELAS	<i>x</i>
RESUMO	<i>xi</i>
ABSTRACT	<i>xii</i>
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Geral	3
1.1.2 Específicos	3
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1 Considerações Gerais sobre o Tauari Vermelho	4
2.1.1 Características Gerais da Árvore	4
2.1.2 Área de Ocorrência	4
2.1.3 Habitat	5
2.1.4 Características Gerais da Madeira	5
2.2 Propriedades Físicas	5
2.2.1 Densidade	5
2.2.2 Métodos de Determinação	8
2.2.2.1 Método de Imersão-baseado na Variação do Peso Líquido	9
2.2.2.2 Método de Medição Direta do Volume por Paquímetro	10
2.2.2.3 Método de Imersão-baseado na Variação do Peso da Amostra ...	11
2.2.2.4 Método do Máximo Teor de Umidade	12
2.2.3 Variação da Densidade no Sentido Longitudinal e Radial	12
2.2.4 Retrabilidade	14
2.2.4.1 Contração e Inchamento	17
2.2.4.2 Fator de Anisotropia	19
2.3 Características Anatômicas	21
2.3.1 Fibras	21
2.3.2 Parede Celular	24
2.3.3 Extrativos	25
3. METODOLOGIA	27
3.1 Local da Coleta das Árvores	27
3.2 Obtenção da Madeira	27
3.3 Obtenção dos Corpos de Prova	29
4. DENSIDADE BÁSICA	30
4.1 Material e Métodos	30
4.1.1 Densidade Básica	30

4.1.2 Método do Máximo Teor de Umidade	30
4.1.3 Análise Estatística	30
4.2 Resultados e Discussão	31
4.2.1 Variação Radial	31
4.2.2 Variação Longitudinal	35
5. RETRATIBILIDADE DA MADEIRA	39
5.1 Material e Métodos	39
5.1.1 Análise Estatística	40
5.2 Resultados e Discussão	41
5.2.1 Coeficientes de Retratabilidade Total	43
5.2.2 Fator Anisotrópico	44
6. FIBRAS DA MADEIRA	51
6.1 Material e Métodos	51
6.1.1 Dimensão das Fibras	51
6.1.2 Análise Estatística	52
6.2 Resultados e Discussão	53
CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Esquema de obtenção dos corpos de prova para determinação das propriedades físicas e anatômicas do Tauari Vermelho (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae).....	28
Figura 02 – Obtenção dos corpos de prova nas amostras.....	29
Figura 03 - Variação da Densidade Básica no Sentido Radial (Medula-Casca) da madeira do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae) em diferentes posições no tronco (base, DAP, 50%, 75% e 100%).....	33
Figura 04 - Variação da Densidade Básica no Sentido Longitudinal Base-Topo da madeira do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae) a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da medula.....	37
Figura 05 - Representação gráfica da variação das contrações volumétrica e lineares na direção medula-casca para a madeira do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae).....	47
Figura 06 - Representação gráfica da variação do fator anisotrópico (T/R) total na direção medula-casca e base-topo para madeira do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae).....	48
Figura 07 - Representação gráfica da densidade básica na posição medula-casca e base-topo para as três árvores do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae).....	49
Figura 08 - Variação do comprimento de fibras no sentido radial (medula-casca) da madeira do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae) em diferentes posições no tronco (base, DAP, 50%, 75% e 100%).....	56
Figura 09 - Variação do comprimento de fibras no sentido longitudinal base-topo da madeira do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae) a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da medula.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Valores de densidade básica das madeiras do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae).....	34
Tabela 02 - Valores médios para densidade básica no sentido radial das madeiras do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae)	38
Tabela 03 - Valores médios para os coeficientes de retratibilidade total e densidade básica das madeiras do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae).....	46
Tabela 04 - Valores médios para contração tangencial no sentido radial das madeiras do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae)	50
Tabela 05 - Valores médios para contração radial no sentido radial das madeiras do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae)	50
Tabela 06 - Valores médios para contração volumétrica no sentido radial das madeiras do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae).....	50
Tabela 07 - Dados Estatísticos de comprimento de fibra da árvore do Tauari (<i>Cariniana micrantha</i> Ducke - Lecythidaceae).....	55

RESUMO

O trabalho teve por objetivo estudar a variação da densidade, retratibilidade e comprimento de fibras da madeira do tauari vermelho (*Cariniana micrantha* Ducke – Lecythidaceae), no sentido medula-casca e ao longo da altura da árvore. As amostras foram obtidas em cinco posições equidistantes no sentido medula-casca, correspondendo a 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, e na Base, DAP, 50%, 75% e 100% da altura comercial da árvore. Três árvores foram usadas e as amostras tiveram dimensões nominais de 2,0 x 3,0 x 5,0 cm. Os resultados mostraram que houve variação da densidade básica no sentido medula-casca. No sentido medula-casca houve uma tendência da densidade aumentar da posição de 50% (cerne) e em seguida diminuir para os valores mínimos na região do alburno próximo a casca (100%). Os mínimos valores de densidade foram verificados na região do alburno e máximos na região do cerne. No sentido base-topo, um comportamento de tendência de decréscimo de densidade foi observado para as amostras retiradas do alburno. Os mínimos valores foram encontrados na região do alburno (100%) o qual está praticamente livre de extrativos. Nas demais posições não houve uma tendência clara de comportamento da densidade, o que pode ser explicado em parte pela presença de extrativos. As contrações volumétricas e lineares totais tenderam a diminuir no sentido medula-casca, independentemente da posição da amostra no fuste. O fator anisotrópico foi mais baixo na região próximo a medula, aumentando em direção a região do alburno. A região próxima a medula apresentou os menores índices de fator anisotrópico e no cerne e alburno os maiores índices. Para a densidade básica e nas contrações (volumétrica, tangencial e radial) não houve diferença estatística no sentido longitudinal do tronco do tauri. Porém, ambos mostraram-se estatisticamente significantes na direção radial. O teste Tukey de comparações múltiplas de média mostrou para a densidade que somente a posição de 100% foi estatisticamente diferente das demais. Enquanto estas foram estatisticamente iguais entre si, ou seja, a densidade do cerne foi estatisticamente maior que a densidade do alburno. A mesma relação foi encontrada no sentido radial para as contrações tangencial e radial. Em que a posição de 100%, menor valor de contração, foi significativamente diferente das demais, exceção da vizinha 75%. Enquanto as contrações verificadas nas posições de 0%, 25%, 50% e 75% não diferiram estatisticamente. Resultados estes são comparáveis à contração volumétrica radial. O fator anisotrópico, assim como comprimento de fibras foram estatisticamente não significativos, tanto no sentido longitudinal como no sentido radial ao tronco do tauari.

Palavras chaves: *Cariniana micrantha*, densidade básica, retratibilidade, fibras e propriedades físicas.

ABSTRACT

The work had the objective of studying the variation of density, shrinkage and fiber length from pith-bark and base to top direction of the tree. The samples were collected from five equidistant positions in the pith-bark direction, corresponding to 0%, 25%, 50%, 75% and 100%, and in the heights of base, DAP, 50%, 75% and 100% of the tree. Three trees were used and the samples had nominal dimensions of 2,0 x 3,0 x 5,0 cm. The results showed that occurred tendency of basic density variations in pith-bark and base-top directions. In the pith-bark direction the density increased until the position of 50% (heartwood) and followed by decreasing to minimum values on sapwood near bark (100%). Minimum values of density were observed on sapwood and maximum values on heartwood. In the base-top direction, a tendency of decreasing density was observed for samples from sapwood. Minimum values were found on sapwood (100%) where it was practically free of extractives. In the other positions there were not obvious tendencies of density behaviour which may be caused by extractive. Volumetrics and linear shrinkages had tendency to decrease in the pith-bark direction, independently of position of the sample in the trunk. The anisotropic factor (T/R), was lower in the area near pith, increasing substantially towards the sapwood. Area near pith showed smaller rate of anisotropic factor and heartwood and sapwood showed greater rate of anisotropic factor. There was no statistic difference for basic density and volumetric, tangential and radial shrinkages in the longitudinal direction of the trunk of tauari . But, there was significant statistic differences in the radial direction. The test Tukey of multiple comparisons of averages showed statistic differences on basic density only among the position of 100% and the others. While these were statistically the same to each other, in other words, the density of the heartwood was statistically larger than the density of the sapwood. The same relationship was found in the radial path for tangential and radial shrinkages. Thus, the position of 100%, smaller shrinkage value, was statistically different to the others, with the neighbor's 75% exception. While the shrinkages verified in the positions of 0%, 25%, 50% and 75% did not differ. The results were comparable to the radial volumetric shrinkage. The anisotropic factor, as well as fiber lengths were statistically non significant on both directions (longitudinally and radially).

Key words: *Cariniana micrantha*, basic density, shrinkage, fibers and physical properties.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um dos mais nobres produtos da biomassa. O seu uso está ligado desde os primitivos tempos da humanidade e com diversas formas de emprego. As mais destacadas têm sido para geração de energia, movelaria, papel e celulose, confecção de painéis e, portanto em diversos segmentos industriais.

Hoje em dia há um grande número de máquinas, equipamentos e ferramentas e o conhecimento das propriedades e características da madeira se encontra em fase bem adiantada. Tais fatores contribuem para que a madeira e seus derivados tenham usos e aplicações muito diversificadas atingindo vários segmentos da atividade humana. Contudo, nem todos que trabalham com a madeira ou a utilizam têm conhecimento do seu uso racional.

A qualidade da madeira é entendida como a adequação da matéria-prima para determinado uso ou múltiplos usos, assim sendo, a qualidade pode ser encarada como versatilidade da madeira. Quanto maior diversidade de uso de dada madeira tanto maior é a qualidade.

A Amazônia, em conjunto com regiões da África Central, Sudeste Asiático e Ásia Boreal, representam as últimas áreas florestais pouco modificada pela ação antrópica. Existindo atualmente um intenso debate sobre o futuro dos ecossistemas da região amazônica e suas implicações para o desenvolvimento sustentável da Amazônia. Porém, a exploração na Amazônia brasileira, com seus conseqüentes impactos potenciais, cresce consideravelmente a cada dia, empobrecendo seu patrimônio genético e alterando seu ecossistema, promovendo assim a escassez dos produtos madeireiros utilizados nas indústrias para a produção de compensados, chapas e painéis estruturais.

Nas últimas décadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil a matriz produtiva de madeira vem apresentando uma substancial transformação no sentido da “escassez” da matéria-prima.

A madeira, mesmo com o avanço tecnológico, continua sendo um produto que apresenta propriedades e características insubstituíveis como: beleza, resistência mecânica em relação ao peso, facilidade de uso, baixa condutibilidade térmica e baixa demanda de energia para sua conversão em produtos acabados. Outros produtos alternativos, como o aço, alumínio e plástico, no entanto tem tentado ocupar os seus espaços, embora tais materiais sejam comprovadamente restritivos do ponto de vista ambiental e estratégico.

A densidade da madeira por ser um excelente indicador da quantidade de parede celular na madeira, apresenta uma forte correlação com as propriedades mecânicas e outras propriedades da madeira. Porém, a densidade como também as fibras e a retratibilidade não são homogêneas nem mesmo em amostras retiradas das mesmas árvores e variam tanto na direção radial como na direção axial no tronco.

O tauari é uma madeira moderadamente pesada (0,55 a 0,60 g/cm³), cerne castanho amarelado, alburno mais claro com grã regular, textura grosseira, cheiro e gosto indistinto, fácil trabalhabilidade, podendo receber um bom acabamento de lustre regular (LOUREIRO et al. 1979).

O estudo para esta espécie foi realizado pela necessidade de informações das propriedades físicas e anatômicas nos sentidos longitudinal e transversal.

Desta forma, o presente estudo torna-se justificado pelos seguintes motivos:

- ✓ Necessidade de informações sobre as propriedades físicas e anatômicas do tauari vermelho (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae), que vem se destacando no âmbito industrial madeireiro;

- ✓ Agregação de valor à madeira oriunda de floresta nativa, com a incorporação de pesquisas tecnológicas qualificando-a para usos diversos;
- ✓ Transferência de informações para os pólos moveleiros e outros setores industriais de base florestal, quanto as características e possibilidades de uso da madeira do tauari vermelho, como matéria-prima básica e estratégica para suas atividades.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Determinar propriedades físicas (Densidade básica e Retratabilidade) e anatômicas (Comprimento de fibras) da madeira do tauari vermelho, *Cariniana micrantha* Ducke (Lecythidaceae), no sentido longitudinal e transversal do fuste.

1.1.2 Específicos

- Estudar a variação radial e longitudinal da densidade básica em cinco posições equidistantes a partir da medula em direção a casca e em diferentes alturas do fuste;
- Estudar os aspectos relacionados com a variação da retratabilidade total da madeira do tauari vermelho;
- Estudar a variação do tamanho das fibras em cinco posições equidistantes a partir da medula em direção a casca em diferentes alturas do fuste;
- Avaliar a variabilidade das propriedades.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Considerações Gerais Sobre o Tauari Vermelho

2.1.1 Características Gerais da Árvore

Árvore geralmente muito alta, (ultrapassando a 50m) com o tronco cilíndrico até 1,50m de diâmetro, com casca cinzenta ramos glabros, estriado - rugoso. Quando jovens avermelhados, revestidos de pêlos acinzentados, esparsamente lenticelados. Folhas ovado-oblongas ou lenceoladas até 9cm de comprimento por 3cm quase 4 cm de largura, glabas em ambos os lados, brilhante na página superior, na interior opaca, um pouco pálida. Inflorescência em panículas terminais de 8 - 10cm de comprimento com raque canescente, ferrugíneo - tomentoso. Flores alvas, fortemente aromáticas, e fruto (pixídio) densamente acinzentado - terruginoso, lenticelado - escamoso, sementes pequenas, aladas (LOUREIRO, et al. 1979)

2.1.2 Área de Ocorrência

Cariniana micrantha é de ocorrência restrita na Amazônia Central e Ocidental. A espécie é encontrada no norte do estado de Rondônia, no estado do Amazonas (Manaus, Rios: Solimões, Madeira e Purus); estado do Pará (Belém, Rios Tapajós, Juriti, Velho e Faro).

Na sub-região dos baixos platôs da Amazônia (Javari), nas florestas de terra firme, ocorrem 0,13 árvores/ha com um volume de 0,383m³/ha desta espécie. Seu habitat é em terra firme (LOUREIRO et al. 1979).

2.1.3 Habitat

Segundo Loureiro et al. (1979), o tauari é encontrado em Mata alta de terra firme, não inundável, platô; Amazônia Central e Sudoeste (Flora da Reserva Ducke).

2.1.4 Características Gerais da Madeira

Parênquima pouco contrastado, visível sob lente, em linhas finas, irregulares, muito numerosas, sinuosas, interrompidas pelos poros, formando um retículo irregular, com os raios. Poros bem visíveis a olho nu, pouco numerosos, médios a grandes, solitários, geminados a algumas cadeias radiais, alguns vazios, outros contendo substâncias esbranquecidas e brilhantes. Linhas vasculares bem visíveis à simples vista, retas e um tanto longas. Raios no topo são finos e numerosos, distintos, somente sob lente, onde aparecem na face tangencial são curtos e irregularmente dispostos; na face radial são contrastados. Camada de crescimento demarcadas por zonas mais escuras (LOUREIRO et al. 1979).

2.2 Propriedades Físicas

2.2.1 Densidade

Verificou-se, nos últimos anos, um intenso desenvolvimento das pesquisas em tecnologia da madeira. De uma maneira geral, os parâmetros ligados à qualidade da madeira são classificados como físicos, químicos e anatômicos. Desse elenco todo, a densidade básica tem merecido destaque especial, principalmente, pela facilidade de ser obtida.

A densidade básica da madeira é reconhecida como um dos mais importantes parâmetros para avaliação da sua qualidade, por ser de fácil determinação e estar relacionada às suas demais características (SHIMOYAMA e BARRICHELLO,

1991). Na caracterização da madeira, a determinação de sua densidade e principalmente de sua variação dentro da árvore, tanto na direção radial, da medula para a casca, quanto no sentido base–topo, é fundamental como subsídio ao entendimento de sua qualidade.

Madeira mais homogênea, no que diz respeito à sua densidade no interior do tronco, sem dúvida nenhuma poderá se comportar melhor nas operações de processamento e refletir maior uniformidade nas demais propriedades tecnológicas. As peças de madeira com menor variação de densidade são adequadas para utilizações que exigem material homogêneo e com menor variabilidade nas propriedades físico-mecânicas.

Diferentes níveis de variação da densidade da madeira ocorrem, da mesma forma, no tronco de espécies de folhosas e coníferas, como *Hampea appendiculata* e *Ochroma pyramidale* (WIEMANN e WILLIAMSON, 1988), *Xylopia sericea* (OLIVEIRA et al., 1990), *Araucaria cunninghamii*, *Pinus caribaea* e *Pinus oocarpa* (OLIVEIRA e DELLA LUCIA, 1994).

A densidade da madeira é uma propriedade que depende das dimensões das células, espessura e composição química da parede celular e percentual de ocupação dos variados tipos de células (PANSWIN e DE ZEEUW, 1980).

Segundo Fukazawa (1984), causas anatômicas da variação da densidade podem ser diversas e diferentes para espécies individuais. Nascimento e Silva (1998) encontraram diferenças entre e dentre espécies nos elementos estruturais do tecido xilemático de espécies arbóreas crescendo em diferentes regiões, sendo a densidade uma propriedade afetada diretamente por essa variação. As folhosas têm uma estrutura anatômica mais complexa do que as coníferas.

Vital (1984), afirma que a densidade da madeira pode ser calculada a partir do conceito físico de que a densidade é a quantidade de massa contida por unidade de volume.

A densidade da madeira, segundo Silva (1984), permite a obtenção da estimativa do peso da madeira, por metro cúbico sólido, por metro cúbico empilhado ou estéreo e expressar a produtividade da floresta em termos de peso de matéria seca por hectare, o que é importante em termos de transporte, armazenamento e outras operações de controle de matéria-prima. Além disso, o conhecimento da densidade, aliado ao rendimento do processo industrial, permite-se prever a produção por unidade de área e por área em relação ao produto final.

Segundo Carpim e Barrichelo (1983), a densidade básica é reconhecida como um dos mais importantes parâmetros para a avaliação da qualidade da madeira, além de ser um importante índice para avaliação econômica da floresta podendo, para fins práticos, determinar o uso final da madeira. Ela está relacionada com diversos parâmetros destacando-se dimensões das fibras, características dos vasos e composição química da madeira. Carpim e Barrichelo (1983), afirmam que dentro de uma mesma espécie, varia: entre árvores, dentro da árvore, tanto no sentido longitudinal (base-topo) como radial (medula-casca); em função da idade do povoamento e em função da procedência das sementes.

Segundo Kollmann e Côté (1968), as variações na densidade da madeira são ocasionados principalmente pelas diferenças na estrutura e, em menor grau, à presença de constituintes estranhos.

A estrutura da madeira é caracterizada pela soma proporcional de diferentes tipos celulares, como as fibras, traqueídeos, vasos, canais resiníferos, raios e por suas dimensões, especialmente a espessura das paredes celulares. Tendências hereditárias, influências fisiológicas e mecânicas, assim como fatores ambientais (solo, calor, precipitação, vento, etc) afetam a estrutura da madeira e,

conseqüentemente, sua densidade. Também a durabilidade natural da madeira pode ser influenciada pela densidade. Geralmente, madeiras de maior densidade apresentam estrutura mais “fechada” e, freqüentemente, ocorre impregnação de substâncias como alcalóides e taninos nas paredes das células, tornando-as mais resistentes à ação de agentes deteriorantes.

A posição no tronco tem um considerável efeito na densidade da madeira e, geralmente, a base tem madeira de maior densidade que a parte superior. Especificamente para *Pinus spp.*, Kollmann e Côté (1968), sustentam que as variações em densidade no sentido longitudinal da árvore podem ser acentuadas a ponto de determinar diferentes classes de qualidade apenas em função da posição de origem da peça de madeira.

Spurr e Hyvarinen (1954) destacaram que variações na densidade básica da madeira, entre e dentro de indivíduos da mesma espécie, se devem ao resultado diferenciado no volume de poros e na presença de extrativos.

2.2.2 Métodos de Determinação

Atualmente considerável atenção tem sido dada a métodos de determinação da densidade básica utilizando-se pequenas amostras de madeira, sendo mais usuais os gravimétricos.

A Technical Association of Pulp and Paper Industry (TAPPI) através de seu Forest Biology Sub-Committee n.º 2 (1963) apresenta uma revisão completa dos métodos disponíveis. Phillips (1965) considerando a necessidade de se ter métodos padronizados sugere o emprego da densidade básica obtida através de gravimetria.

Segundo Scaramuzzi (1966), os métodos que utilizam deslocamento de líquidos são amplamente empregados baseando-se em trabalhos de Vintila, Kollmann, Bethel e Hanar, Henning, Ollinmaa, Smith, Larson, Ericson, Zobel e colaboradores, Richardson e Dinwoodie, Holz e Plickat, Goggans, Wedel e Polge.

Baseando-se na relação entre a densidade básica e o máximo teor de umidade da madeira, Keylwerth (1954), desenvolveu um método que posteriormente foi empregado com sucesso por diversos autores entre os quais Smith (1954), Smith (1955) e Scaramuzzi (1966). Usando-se este método são necessárias somente duas pesagens, uma com a amostra completamente saturada de água e outra com a amostra seca em estufa a 105 ± 3 °C até peso constante. As únicas possibilidades de erro, segundo Stamm (1964), seriam assumir a densidade da «substância madeira» como constante ($1,53 \text{ g/cm}^3$) quando a mesma varia entre 1,50 e $1,55 \text{ g/cm}^3$ e a dificuldade de se conseguir completa saturação da amostra com água em certos casos.

Vintila (1939), afirma a possibilidade de se atingir à saturação máxima trabalhando-se com amostras de volume entre 200 e 1.000 milímetros cúbicos. Smith (1955) destaca, que no ponto de vista prático, o Método de Máximo Teor de Umidade é inteiramente satisfatório quando o volume das amostras varia de 100 a 1.600 milímetros cúbicos.

Numa comparação entre vários métodos de determinação de densidade básica, Scaramuzzi já citado, concluiu que o Método do Máximo Teor de Umidade era o que menor desvio dava em relação ao da imersão em água, além de ser o mais rápido e de mais fácil execução.

2.2.2.1 Método de Imersão-baseado na Variação do Peso Líquido

Esse método se baseia-se no princípio de Arquimedes onde a perda aparente de peso de um corpo imerso em um líquido é igual ao peso do líquido deslocado. Verifica-se que o empuxo sofrido pela amostra de madeira é igual ao produto de seu volume pela densidade do líquido. Admitindo-se para água uma densidade de $1,000 \text{ g/cm}^3$, conclui-se que a diferença de peso indicada na balança corresponde ao volume de amostra.

Neste método, o volume foi obtido pela variação de peso ocasionada pela imersão da amostra na água. O procedimento utilizado foi o seguinte: adicionou-se aproximadamente 500ml de água num frasco de vidro (Beker). A seguir imergiu-se inteiramente a amostra saturada na água contida no frasco e obteve-se a diferença de peso indicada pela balança hidrostática.

Durante as pesagens das amostras imersas, tomou-se o cuidado para evitar contatos destas com a parede lateral e o fundo do frasco, através de um dispositivo que a manteve suspensa. A seguir, obteve-se o peso absolutamente seco. A densidade básica foi obtida utilizando a fórmula:

$$DB = \frac{PAS}{DPE} \text{ onde,}$$

DB= densidade básica de amostras (g/cm³);

PAS= peso da amostra absolutamente seca (g);

DPE= diferença de peso da amostra devido ao empuxo (g), que corresponde ao seu volume.

2.2.2.2 Método de Medição Direta do Volume por Paquímetro

Nas amostras preparadas em superfície planas, com faces formando ângulo de 90° entre si, foram realizadas as medições com um paquímetro de precisão 0,001 cm. As medidas foram tomadas nas arestas que formam a altura, a largura e o comprimento de cada amostra completamente saturada. A densidade básica foi obtido da seguinte maneira:

$$DB = \frac{PAS}{L \times A \times C} \text{ onde,}$$

DB= densidade básica da amostra (g/cm³);

PAS= peso da amostra absolutamente seca (g);

L= largura da amostra (cm);

A= altura da amostra (cm);

C= comprimento da amostra.

2.2.2.3 Método de Imersão-baseado na Variação do Peso da Amostra

A semelhança do Método de Imersão-baseado na Variação do Peso Líquido, este também se baseia no princípio de Arquimedes já citado. Este método é conhecido também como sendo o da balança Hidrostática e é proposto pela Associação Brasileira de Celulose e papel (1974), conforme a norma M 14/74.

Este método distingui-se por ser um dos mais empregados para a determinação da densidade básica da madeira em forma de disco e cunhas. Consiste em determinar o peso da amostra, no máximo teor de umidade, exposta ao ar e quando imersa em água, neste caso com o auxílio de uma balança hidrostática.

Quando a densidade básica da madeira for menor que a densidade da água, o volume da amostra é determinado somando-se os dois pesos; já quando a madeira afunda na água, o volume da amostra é obtido pela diferença entre o peso da madeira ao ar e o seu peso imersa em água. A seguir, obteve-se o peso absolutamente seco da amostra. A densidade básica foi determinada segundo a fórmula:

$$DB = \frac{PAS}{PAM - PAI} \text{ onde,}$$

DB= densidade básica da amostra (g/cm³);

PAS= peso da amostra absolutamente seca (g);

PAM= peso da amostra no máximo teor de umidade (g);

PAI= peso da amostra imersa em água via balança hidrostática (g);

PAM-PAI= volume da amostra.

2.2.2.4 Método do Máximo Teor de Umidade

Segundo Smith (1954), este método baseia-se na relação existente entre a densidade da madeira e o seu máximo teor de umidade. Determina-se a densidade básica sem contudo obter o seu volume. Para tanto a amostra de madeira deve estar completamente saturada. Browing (1967) sugere que este método deve somente ser aplicado para amostras pequenas, no máximo 3.000 mm³, devido a dificuldade de satura-las completamente.

2.2.3 Variação da Densidade no Sentido Longitudinal e Radial

A densidade da madeira varia entre espécie, entre indivíduos e procedência da mesma espécie e dentro da árvore, tanto no sentido longitudinal, ou seja da base para o topo (BARRICHELO et al., 1983), como no sentido radial da medula para a casca (BRASIL et al., 1977).

Panshin e De Zeeuw (1980) apresentam uma síntese dos padrões de variação longitudinal:

- a) Decresce uniformemente com a altura;
- b) Decresce até certo ponto e cresce deste, até o topo da árvore;
- c) Algumas vezes, pode decrescer levemente nas partes superiores;
- d) Crescente da base para o topo, não obedecendo a um padrão uniforme de variação.

Estes autores também classificaram a variação da densidade da madeira no sentido radial em quatro modelos gerais:

- a) Crescente da medula para a casca;
- b) Alta na medula, decrescendo nos primeiros anéis formados para, então aumentar até o máximo próximo a casca;

c) A densidade aumenta nos anéis próximos a medula, depois permanece mais ou menos constante e, às vezes pode decrescer nos últimos anéis próximos a casca;

d) Decrescente da medula para a casca.

A densidade básica da madeira é reconhecida como uma das características mais importantes da madeira, pois fornece informações para avaliação de sua qualidade e subsídios técnicos para sua utilização. Diversos são os trabalhos realizados com o objetivo de saber a variação dessa característica dentro da árvore, no entanto é difícil encontrar estudos que expliquem de que forma ocorre essa variação e quais fatores externos ou internos que possam influenciar nesta variação.

Ferreira (1972) observou alta e positiva correlação entre densidade da madeira ao nível do DAP e a média da árvore. O mesmo autor afirma que há uma variação muito grande da densidade básica no sentido longitudinal das árvores e as explicações na literatura estão baseadas na ocorrência de madeira de reação, cujos principais agentes seriam o peso da copa, tipo e ângulo de inserção dos ramos e a ação dos ventos.

Foelkel et al., (1982), afirmam que o cerne normalmente apresenta densidade inferior a do alburno, em função da medula apresentar uma densidade inferior em relação à casca. Em contra partida, Trugilho et al., (1989), verificaram que na espécie *Hymenaea courbaril* L. a densidade básica média do cerne foi superior a encontrada no alburno. Barrichelo et al., (1983), verificaram que a variação da densidade no sentido radial estava altamente correlacionada com o comprimento, o diâmetro do lúmen e a espessura da parede da fibra. Scurfield (1976), menciona que a densidade básica não é particularmente informativa sobre a natureza das variações existentes na madeira devido a outros fatores como defeitos internos, doenças, idade, condições climáticas e edáficas, dentre outros.

Os valores da densidade básica variam de acordo com a posição na árvore, tanto no sentido radial como longitudinal (SOUZA et al, 1979; CARPIM e BARRICHELO, 1984 e BARRICHELO et al, 1984), existindo correlações positivas entre a densidade básica em dado ponto e a densidade média da árvore conforme os trabalhos de Barrichelo et al, 1983 e Busnardo et al, 1983.

2.2.4 Retratabilidade

A madeira é um material orgânico, de estrutura complexa e heterogênea, que aumenta e diminui as suas dimensões, de acordo com a umidade do ambiente. Essa variação no teor de umidade afeta a geometria das peças em serviço e, por conseqüência, as características de resistência mecânica dos elementos estruturais, e está relacionado aos defeitos de secagem. A contração pode ocorrer e deve ser avaliada em quatro aspectos (PANSIN e DE ZEEUW, 1980):

- ✓ Contração volumétrica total - variação das dimensões da madeira considerando-se como parâmetros o seu volume total.
- ✓ Contração radial total - variação das dimensões da madeira no sentido dos raios.
- ✓ Contração tangencial total – variação das dimensões da madeira no sentido perpendicular aos raios.
- ✓ Contração longitudinal total.

A variação dimensional da madeira, devido à dessorção e adsorção de água, é conhecida como retratabilidade e constitui uma de suas propriedades mais importantes, pois afeta consideravelmente o emprego industrial da mesma em vários ramos de utilização.

O aumento de volume ou inchamento da madeira deve-se, principalmente, à inclusão de moléculas de água nos espaços submicroscópicos localizados entre as micelas, tendo como conseqüência o afastamento das mesmas. De idêntica forma,

porém em sentido contrário, a redução de volume de uma peça, explica-se pela saída de moléculas de água dos espaços mencionados, ocasionando a aproximação das micelas e, conseqüentemente, a retração da madeira.

Se a variação dimensional for observada para cada direção anatômica isoladamente (longitudinal, radial e tangencial), durante um processo de contração ou inchamento, verifica-se que a madeira mostra um comportamento diferente, o que a caracteriza como material anisotrópico.

A contração e o inchamento constituem, juntamente com a anisotropia, características indesejáveis da madeira, limitando seu uso para diversas finalidades, ou exigindo técnicas específicas para sua utilização.

Por água de impregnação, entende-se aquela que ocorre nos espaços submicroscópicos da parede celular. Este tipo de água é mantido no interior da madeira em camadas mono ou poli moleculares, por forças elétricas polares.

Água de impregnação, único responsável pela retratibilidade, ocorre na madeira desde seu estado seco (apenas com água de constituição) até um teor de umidade correspondente a saturação de todas as paredes celulares. Quando isto ocorre, diz-se que foi atingido o ponto de saturação das fibras o que na linguagem tecnológica é conhecido, abreviadamente, por PSF e coincide com um teor de umidade de 30% aproximadamente.

A contração e inchamento da madeira, em última análise, correspondem às alterações na quantidade de água de impregnação, isto é, à secagem ou ganho de umidade abaixo do PSF.

Segundo Vital e Trugilho (1997), as variações dimensionais, provocadas pela contração e inchamento da madeira, ocorrem quando há flutuações na umidade da madeira abaixo da umidade de saturação das fibras, correspondendo às alterações na quantidade de água de impregnação. Acima desse ponto, as alterações se resumem, tão somente, as pequenas oscilações de peso, sem alterações nas

dimensões. Segundo os mesmos autores, as variações dimensionais se devem ao ligamento ou desprendimento de moléculas de água das microfibrilas da parede celular.

O desdobro das toras deve ser orientado, visando minimizar os efeitos das rachaduras e contrações. Durlo e Marchiori (1992), asseguram que as variações dimensionais e a anisotropia são características indesejáveis da madeira, limitando o seu uso para diversas finalidades, exigindo, por isso, técnicas específicas de processamento e utilização.

Todo material higroscópico, como a madeira e vários outros materiais celulósicos, apresentam contração quando o teor de umidade do ponto de saturação das fibras (psf) é reduzido até à condição absolutamente seca ou anidra. A contração e a expansão higroscópica da madeira são dois dos mais importantes problemas práticos que ocorrem durante a sua utilização, como consequência da mudança do teor de umidade. 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.

Segundo Panshin e De Zeeuw (1980), a contração da madeira varia com a posição na árvore. Normalmente, as contrações transversais são menores próximo à medula (madeira juvenil), crescendo rapidamente desta para a casca, estando essa mudança relacionada com a rápida redução do ângulo microfibrilar na parede celular, com o aumento do comprimento da célula e do teor de celulose. Oliveira (1998), estudando várias espécies de eucalipto, verificou um aumento na retratibilidade volumétrica total, com o aumento radial a partir da medula. Hillis e Brown (1978) afirmaram que a madeira proveniente de árvores do gênero *Eucalyptus*, de rápido crescimento, apresenta uma contração excessiva e ocasiona defeitos de secagem, como empenamentos e fendilhamentos, que tendem a ser

piores em madeiras de menor densidade. Os autores relataram que tais defeitos são mais severos na zona ao redor da medula.

As variações dimensionais para a madeira processam-se praticamente até um valor fixo de umidade, que para a maioria das espécies está em torno de 28%; este valor é denominado ponto de saturação das fibras da madeira.

O que ocorre geralmente em uma peça de madeira durante a secagem é que, enquanto algumas regiões já tenham atingido a umidade no limite da estabilidade, outras regiões localizadas no interior da peça ainda não atingiram este limite e não começaram a retrair. Isto mostra que as retrações para pontos diferentes na madeira não ocorrem simultaneamente. Este aspecto será tanto mais evidente quanto maiores forem os gradientes de umidade durante a secagem, sendo estes dependentes da densidade e das dimensões da peça da madeira (REZENDE, 1997). Assim, os gradientes de umidade têm influência considerável na curva de retratibilidade da madeira.

O estudo das variações dimensionais da madeira são fundamentais para a sua utilização na indústria de base florestal e as relações existentes entre densidade, umidade, retratibilidade e expansão volumétrica da madeira são de grande importância para uma melhor utilização dessa matéria-prima.

2.2.4.1 Contração e Inchamento

As madeiras de todas as espécies sofrem alguma modificação em suas dimensões quando seu teor de umidade é alterado. Essas variações dimensionais ocorrem quando há flutuação na umidade da madeira abaixo da umidade de saturação das fibras, isto é, abaixo de 30%, teor de umidade normalmente observado na madeira em uso. A madeira incha e contrai diferencialmente segundo os sentidos de crescimento radial, tangencial e longitudinal, podendo acarretar defeitos durante a secagem e acondicionamento, tais como torções, rachaduras,

empenos e abaulamentos. A contração volumétrica total é obtida quando a madeira verde é seca até 0% de umidade (KOLLMANN, F. F. P. e CÔTÉ JR, W. A, 1968).

A magnitude da retratibilidade longitudinal depende do tipo de madeira, peso específico, bem como a existência e quantidade de extrativos. De maneira geral, a madeira contrai-se e incha muito pouco no sentido longitudinal. Os valores situam-se entre 0,05 a 1,0%.

O inchamento e a contração radial fornecem a quantidade percentual de modificação das dimensões da madeira no sentido perpendicular aos anéis de crescimento, ou seja, no sentido paralelo aos raios. A retratibilidade neste sentido depende da espécie, cresce com o aumento do peso específico e porcentagem de lenho outonal (tardio) e diminui com o aumento da largura do anel de crescimento, bem como o tamanho e quantidade de raios. O inchamento radial situa-se entre 2,2 e 5,2% para coníferas, ficando na faixa de 1,2 a 8,5% para as folhosas (KOLLMANN, F. F. P. e CÔTÉ JR, W. A, 1968).

No sentido tangencial é que se observa a maior contração e inchamento da madeira, devido ao ganho ou perda de umidade. Os valores oscilam em torno do dobro daqueles observados no sentido radial e são cerca de vinte vezes os detectados no sentido longitudinal. Para as coníferas as modificações variam de 4,0 a 9,0% ao passo que para as folhosas entre 3,0 e 16,0%. Os valores de contração e inchamento no sentido tangencial também dependem da espécie lenhosa, sobretudo de seu peso específico, largura do anel de crescimento, porcentagem de lenho outonal e quantidade de extrativos.

Segundo Tsoumis (1991), Vital e Trugilho (1997), Rocha (2000), a magnitude da variação dimensional é normalmente maior para madeiras de maior massa específica, devido à maior quantidade de madeira por unidade de volume observado; além disso, madeiras de maior massa específica, para um mesmo teor de umidade, contêm mais água na parede celular.

Moreira (1999), em estudo com madeiras de várias espécies, verificou que a contração radial e volumétrica aumentaram no sentido medula-casca, como um reflexo do aumento da massa específica.

Determinadas substâncias, tais como resinas, taninos e óleos, bem como produtos introduzidos artificialmente, podem modificar a retratibilidade da madeira.

A contração ou o inchamento superficial de uma peça de madeira corresponde à alteração de área sofrida pela mesma, resultante da alteração de seu teor de umidade. Em consequência das modificações lineares e superficiais, resultam em alterações volumétricas na madeira.

2.2.4.2 Fator de Anisotropia

Segundo Durlo e Marchiori (1992), o mais importante índice para se avaliar a estabilidade dimensional da madeira é o coeficiente ou fator anisotrópico, definido pela relação entre as contrações tangencial e radial (T/R). Tal relação freqüentemente, explica as deformações da madeira que ocorrem durante a secagem. Lelles e Silva (1997) afirmaram que, em geral, observa-se que a contração na direção tangencial é, aproximadamente, 1,5 a 2 vezes maior do que a que ocorre na região radial. A utilização da madeira para produtos finais de alta estabilidade requer um fator anisotrópico baixo. Segundo os mesmos autores, uma anisotropia de contração igual a 1 representa uma alteração igual de dimensões nos sentidos radial e tangencial, situação considerada ideal e que não provocará formação de tensões internas. Quanto maiores forem os desvios nesses dois sentidos, mais alta será a anisotropia de contração e maiores serão os danos na madeira na fase de secagem.

Durlo e Marchiori (1992) estabeleceram a seguinte classificação da madeira em função dos seus coeficientes de anisotropia: 1,2 a 1,5: considerada excelente, ocorrendo em madeiras como cedro, sucupira, mogno, balsa, entre outras espécies; 1,5 a 2,0: considerada normal, ocorrendo em madeiras como ipê, pinus, peroba rosa, teca, entre outras espécies; acima de 2,0: considerada como ruim, que poderá ocorrer em madeiras de araucária, imbuia, álamo, jatobá, entre outras espécies.

O fator anisotrópico, tomado de forma isolada, no entanto, não caracteriza uma madeira como sendo estável, causando, ao contrário, uma falsa sensação de estabilidade. Coeficientes de anisotropia de contração baixo, oriundos de contrações tangencial e radial elevadas, revelam uma madeira de alta instabilidade dimensional (ROCHA 2000).

Inúmeros pesquisadores procuraram a explicação da anisotropia da madeira, através de sua estrutura anatômica. Consideraram que a contração e a expansão diferenciadas nas diferentes direções de crescimento são atribuídas, principalmente, à estrutura da parede celular e, em parte, à presença dos raios que dificultam a variação no sentido radial. Tsoumis (1991), a estrutura anatômica é a principal responsável para a contração e o inchamento anisotrópico.

Segundo Kollman e Côté (1968), a diferença entre a retratibilidade tangencial e radial em algumas espécies pode ser explicada pela influência restritiva dos raios na direção radial e pelo arranjo helicoidal das microfibrilas nas paredes tangenciais e radiais. Masseran e Mariaux (1985) afirmaram que o volume dos raios, a dimensão radial das fibras, bem como as diferenças químicas entre as paredes radiais e tangenciais são responsáveis pela anisotropia da madeira.

2.3 CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS

2.3.1 Fibras

Segundo Dadswell (1972), Knigge e Koltzenburg (1965), o comprimento das fibras e traqueóides, dos vasos e das células do parênquima axial é diretamente influenciado pelas divisões das células iniciais fusiformes no câmbio; tais células originam os elementos dispostos no sentido longitudinal e as células radiais, por sua vez, originam os elementos dispostos no sentido radial (raios).

Zobel e Buijtenen (1989) afirmam que as características morfológicas das fibras variam significativamente entre e dentro das árvores e podem ser controladas geneticamente, bem como apresentar alterações, em função de diferentes práticas silviculturais e da alteração da idade de corte.

Panshin e De Zeeuw (1980) e Tsoumis (1991), a variação do comprimento de fibras reflete duas fases: a) uma fase inicial, conhecida como período juvenil, próximo à medula, onde ocorrem mudanças fundamentais na composição da parede, associadas ao período de maturação cambial, onde ocorre um rápido aumento no comprimento da célula; b) uma segunda fase, onde o câmbio já se encontra maduro, produzindo células cujo comprimento pode variar intensamente nos anéis de crescimento adjacentes e, em conseqüência, resultando numa maior estabilidade.

A variação nas dimensões das células é também influenciada pela idade da árvore. Segundo Tomazelo Filho (1985), Andrade (1987) e Wilkes (1988), as células cambiais passam a produzir, durante um certo tempo, elementos com maiores dimensões, até atingir a sua estabilização, em idades mais avançadas, ao longo do raio. Em função disso, há um aumento no comprimento das fibras no sentido medula-casca, com o aumento da idade. Assim, as fibras localizadas nas camadas de crescimento, mais próximas a medula e a um dado nível do tronco,

apresentam menores dimensões do que aquelas localizadas nas camadas finais de crescimento, mais próximas à casca.

Segundo Panshin e De Zeeuw (1980), a espessura da parede das fibras de folhosas tende a aumentar no sentido medula-casca, situação também observada por Tomazello Filho (1985).

As dimensões das células parecem estar diretamente correlacionadas com as condições de crescimento, porém as fibras curtas do lenho juvenil são aparentemente geradas durante o período máximo de crescimento radial, e as fibras longas do lenho tardio durante o período de mínimo crescimento (CAMACHO e CANESSA, 1981).

A proporção de fibras e seu comprimento, segundo Moreira (1999), são as características de maior interesse tecnológico. O comprimento das fibras é diferentemente influenciado pelas divisões longitudinais-tangenciais no câmbio, como resultado da taxa de hormônios da árvore, que pode variar com a sazonalidade, condições ambientais, fatores genéticos da árvore. A fibra madura é, no máximo, cinco vezes mais longa do que a inicial fusiforme da qual se originou. Morey (1981), assegura que a causa do alongamento da fibra durante a fase de diferenciação se deve à interação do potencial genético da célula e à seqüência das mudanças fisiológicas, encontradas nas proximidades do câmbio, em função dos fatores ambientais.

Winandy e Rowel (1984), afirmaram que a celulose é responsável pela resistência da fibra, devido ao alto grau de polimerização e orientação linear da cadeia.

As fibras encontram-se em diferentes partes do vegetal, podendo ocorrer em raízes, frutos, folhas e caules, associados com vários tecidos diferentes, as mesmas podem estar presentes no xilema ou floema, como uma capa de feixe, associada com os feixes vasculares ou com uma bainha (FAHN, 1985).

Kollmann (1959), cita que as fibras formam a parte principal do corpo lenhoso da árvore, tendo forma alongada, delgada, pontiaguda e dentada em seus extremos. Sua proporção no volume total influi diretamente no peso específico, indicando as características de resistência.

Fibras são células muito mais compridas do que largas, de paredes reforçadas, geralmente com lignina, que funciona como elemento de sustentação, podendo armazenar reservas. Há, entre outra, fibras lenhosas, liberianas e percíclicas. Comercialmente, o termo se refere a todas e quaisquer partes vegetais utilizadas na confecção de tecidos, cordas, barbantes, vassouras, entre outros. (FERRI et al., 1978).

Um conhecimento da variação das fibras dentro da árvore poderá responder questões sobre o seu volume ou peso seco da madeira, devendo ser otimizado na operação florestal.

Se as decisões são baseadas exclusivamente no volume grosso e no peso da madeira desejado, grandes erros podem ocorrer, a menos que os efeitos das variações das fibras possam ser avaliados (ZOBEL e TALBERT, 1984).

Os estudos anatômicos possibilitam a identificação das espécies e, mais do que isso, informações sobre a estrutura do lenho, permitindo identificar as relações entre o lenho e as características gerais da madeira, principalmente nos aspectos referentes à resistência mecânica, permeabilidade, resistência natural e trabalhabilidade (FAHN, 1985).

Segundo Barrichelo e Brito (1985), os extrativos são componentes acidentais que não fazem parte da estrutura química da parede celular. Incluem um elevado número de compostos, sendo que a maioria são solúveis em água quente, álcool, benzeno e outros solventes orgânicos neutros. Apresentam baixo ou médio peso molecular, exceto alguns, como por exemplo os taninos. De acordo com Pettersen (1984), a presença de alguns desses componentes influencia a resistência ao ataque

de fungos e insetos, a coloração, o odor, a permeabilidade, a densidade e a dureza da madeira. Podem constituir até 8% do peso seco de madeiras normais de espécies de clima temperado, podendo chegar a até 20% em madeiras normais de espécies de clima tropical.

Um completo estudo anatômico sobre a variação do comprimento das fibras dentro de uma árvore, proporcionará informações importantes para industrialização da madeira.

2.3.2 Parede Celular

A parede celular da madeira é composta de uma parede primária e uma secundária. Essa última é composta de três camadas: S1, S2 e S3, sendo a camada S2 a mais espessa das três. Elas são formadas pelo agrupamento de micro fibrilas (KOLMANN e CÔTÉ, 1968). Devido a camada S2 ser mais espessa tem um grande efeito sobre o comprimento da célula e, conseqüentemente, sobre as propriedades da madeira.

Panshin e De Zeeuw (1980) afirmaram que a fibra adulta é formada por duas paredes, a primária e a secundária. Durante o crescimento em comprimento, a fibra apresenta apenas a parede primária. Sua espessura não chega a 0,1 μ m, representando apenas 2% do total da parede celular. A parede secundária, geralmente, aparece após ter cessado o aumento em comprimento. Segundo os mesmos autores, a parede secundária é dividida em três camadas: a primeira camada, denominada S1, com espessura de 0,2 μ m, representando 16% da espessura total da parede; a segunda camada, denominada S2 e considerada a mais importante, com espessura que varia de 2 a 5 μ m, representa 74% da espessura total da parede, e a terceira camada, denominada S3; com espessura de 0,1 μ m, representa 8% da parede celular.

2.3.3 Extrativos

Segundo Browning (1975) e Sjöström (1993), os extrativos são constituídos por substâncias, tais como taninos, gomas, corantes, amidos, gorduras, resinas e fitosteróis, além de outros, que podem ser removidos com água fria ou quente, ou com solventes orgânicos, tais como etanol, tolueno, acetona ou diclorometano.

Eles são responsáveis por determinadas características, tais como a cor, o desenho, o cheiro, a resistência ao apodrecimento, o gosto, etc. Alguns extrativos são utilizados comercialmente, tais como breu, taninos, terebentina, ácidos graxos e cânfora. Outros são prejudiciais à saúde, como os alcalóides e alguns outros materiais fisiologicamente ativos. Algumas substâncias contribuem para a corrosão de metais, enquanto a presença de amido aumenta a susceptibilidade da madeira ao ataque de insetos e a presença de sílica impõe, resistência aos perfuradores marinhos (HILLIS, 1971 e BROWNING, 1975).

Os extrativos têm sido classificados em vários grupos, com base nas suas características estruturais, nas suas propriedades físicas, assim como na solubilidade, ou de acordo com a família ou com o gênero botânico.

A classificação botânica é muito instrutiva, mas é limitada pelo fato de que muitas espécies não foram, ainda, estudadas completamente (BROWNING, 1975). De acordo com suas características estruturais, os extrativos podem ser classificados em terpenos e ácidos resinosos, formados por unidades de isopreno; polifenóis tais como flavonóides, antocianinas, quinonas, estilbenos, lignanas e taninos; tropolôneos, glucosídeos, açúcares, ácidos graxos e minerais. Fisiologicamente, eles podem ser classificados como: materiais de reserva (ácidos graxos, lipídios e óleos); materiais de proteção (terpenos, ácidos resinosos, fenóis e ceras); e hormônios vegetais (fitosterol e sitosterol). De modo mais refinado, eles são divididos em três subgrupos: compostos alifáticos (lipídios e ceras), terpenos e terpenóides, e compostos fenólicos (SJÖSTRÖM, 1993).

A sua distribuição na madeira é variável. As reservas alimentícias localizam-se nas células do parênquima. Terpenos e ácidos resinosos são encontrados nos canais de resinas e nas células epiteliais secretoras.

No cerne, encontra-se ampla gama de polifenóis. Extrativos solúveis em água, como os açúcares, são encontrados no alburno. O cerne de folhosas é rico em polifenóis e em extrativos gordurosos, que formam as tiloses (BROWNING, 1975 e FOELKEL, 1977).

Os locais de formação e o deslocamento posterior, para um local definitivo na madeira dependem da função do extrativo (FOELKEL, 1977). A transformação do alburno em cerne é acompanhada por várias mudanças químicas, incluindo consumo de amido, aumento na formação de tilose (em alguns gêneros) e aumento na formação de vários extrativos (PANSHIN e DE ZEEUW, 1980), resultando numa coloração mais escura deste tecido, que contrasta com a cor clara do alburno. Além disso, ele apresenta, ainda, baixa permeabilidade, durabilidade, às vezes, mais alta e densidade ligeiramente superior, tornando as propriedades mecânicas dele um tanto superiores às do alburno (CHIMELO, 1986).

Panshim e De Zeeuw (1980) afirmam que a quantidade de extrativos existente na madeira exerce grandes influências nas suas propriedades tecnológicas por estarem completamente infiltrados na parede celular ou podem ocorrer no interior do lume das células. Sua presença está diretamente relacionada com permeabilidade, densidade, dureza e resistência à compressão.

Os extrativos não se distribuem homoganeamente pela árvore. A concentração de extrativos com atividade fúngicas e, conseqüentemente, a resistência natural, é maior nas partes externas do cerne e próximo à base da árvore, diminuindo em direção à medula e ao topo (FARMER, 1967, citado por OLIVEIRA et alii, 1986).

3. METODOLOGIA

3.1 Local da Coleta das Árvores

As árvores do tauari vermelho (*Cariniana micrantha* – Lecythidaceae), em um total de três (fuste com 13m) foram coletadas na área de exploração da floresta certificada da empresa Mil – Madeireira Ltda, localizada no km 227 da AM-010 no município de Itacoatiara, nas coordenadas geográficas 2°43' a 3°04' S e 58°57' W a uma altitude de 40m acima do nível do mar. A precipitação pluviométrica anual local é de cerca de 2.200mm com menor volume mensal em agosto-outubro. A temperatura média é de 26 °C e a umidade relativa de cerca de 80%.

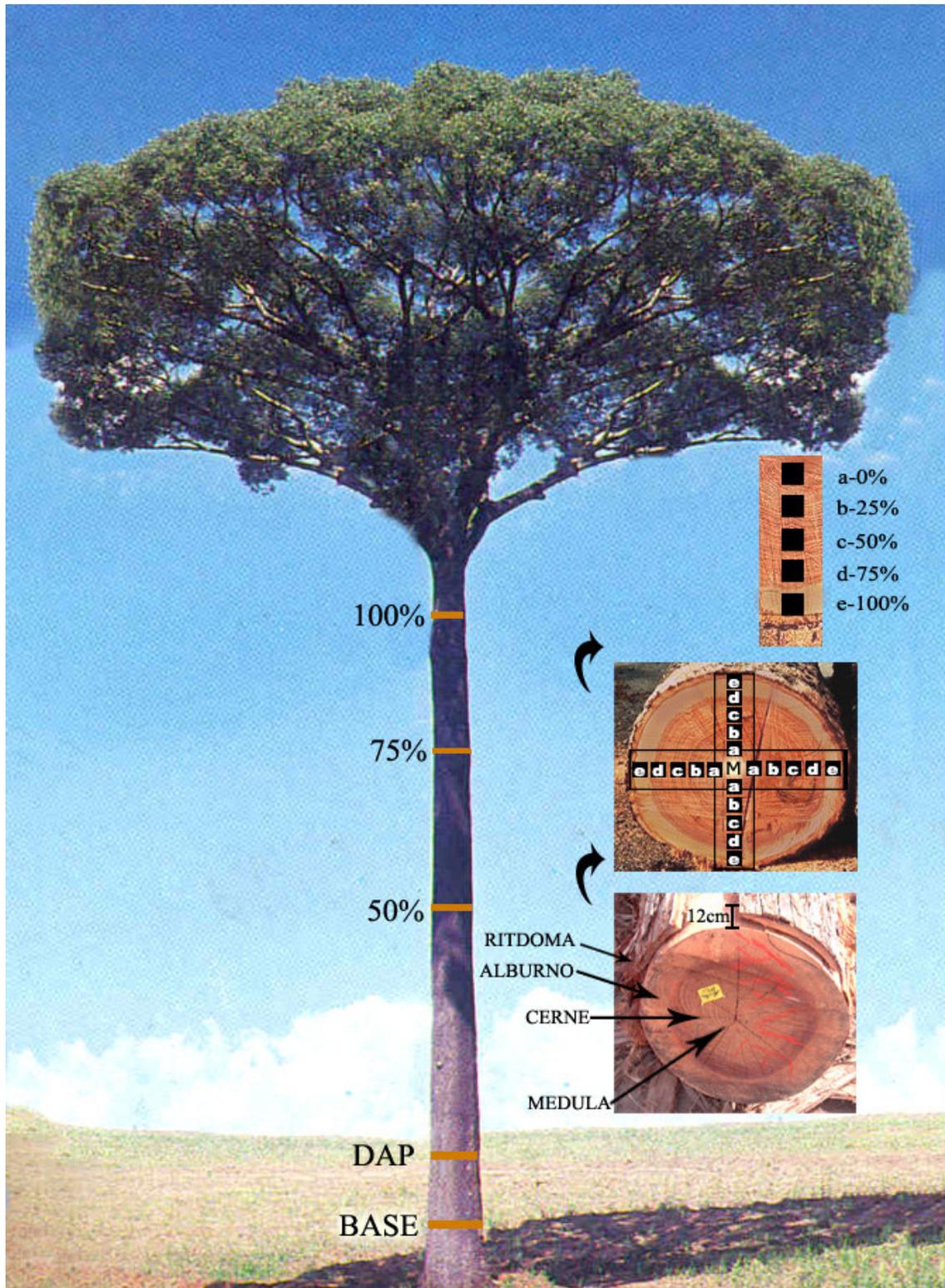
O solo está classificado no grupo dos Latossolos Amarelo Distrófico, de acordo com mapa dos solos do Brasil (EMBRAPA, 1981) e de acordo com RADAMBRASIL (1976). A floresta está classificada como Floresta Tropical Fechada de Terras Baixas da sub-região de baixos platôs da Bacia Amazônica. A floresta cresce sobre platôs de origem Terciária e sobre terraços dos rios recentes ou mais velhos. Tais florestas são conhecidas como uma categoria de árvores emergentes, com espécies alcançando o topo das árvores dominantes.

3.2 Obtenção da Madeira

Considerando a altura comercial das três árvores do tauari vermelho foram retirados de cada árvore 5 discos de 12cm de espessura: nas alturas Base, DAP, 50%,75% e 100% (Fig.01).

Estes discos foram retirados com o uso de uma motosserra, e acondicionados em sacos plásticos para diminuir a perda de umidade e imediatamente transportados para o Laboratório de Física da Madeira da Universidade Federal do Amazonas, onde foram submersos em água para evitar perda de umidade e ataque de organismos xilófagos.

Figura 01. Esquema de obtenção dos corpos de prova para determinação das propriedades físicas e anatômicas do tauari vermelho (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae).



3.3 Obtenção dos Corpos de Prova

Os corpos de prova foram retirados de 15 discos, em três árvores do tauari, sendo cinco para cada árvore, cada disco foi dividido em quatro amostras de forma ortogonal (fig 01). Em cada amostra foi traçado um raio e dividido por cinco posições equidistantes na seção transversal dos discos no sentido medula-casca correspondendo a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% totalizando 60 amostras e 300 corpos de prova (fig .02).

Destas amostras foram confeccionados os corpos de provas nas dimensões e orientações seguintes: 2cm (tangencial) x 3cm (radial) x 5cm (longitudinal) (Fig 2). Após a confecção os corpos de prova foram submersos em água destilada para total saturação por um período de 90 dias.



Figura 02 – Obtenção dos corpos de prova nas amostras.

4. DENSIDADE BÁSICA

4.1 MATERIAL E MÉTODOS

4.1.1 Densidade Básica

Para determinação da densidade básica foi utilizado o método do máximo teor de umidade de acordo com Smith (1954), utilizando-se corpos de prova com dimensões de 2 x 3 x 5cm.

4.1.2 Método do Máximo Teor de Umidade

Neste método determina-se a densidade básica sem contudo obter o seu volume. Para tanto a amostra de madeira deve estar completamente saturada. Após isso, deve-se remover o excesso de água de suas superfícies e determinar o peso saturado ao ar. A seguir obtém-se o peso absolutamente seco das amostras.

4.1.3 Análise Estatística

Para interpretação estatística dos resultados de densidade básica utilizou-se a ANOVA no esquema fatorial 5x5. O fator A são as cinco posições no fuste: A1= Base, A2=DAP, A3=50%, A4=75% e A5= 100%, o fator B são as cinco posições de amostragem no sentido medula-casca: B1=0%, B2= 25%, B3=50%, B4=75% e B5=100% e as três árvores são as repetições.

Utilizou-se o software Minitab versão 14 para a ANOVA. Quando o resultado da ANOVA for significativo, utilizar-se-à o teste de Tukey para comparação múltipla das médias (STEEL e TORRIE, 1980). Os resultados foram analisados estatisticamente, com significância de 5% de probabilidade.

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.2.1 Variação Radial

A variação da densidade básica, no sentido radial da árvore do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae), é apresentada na Figura 03. Os valores da densidade em relação as posições no sentido medula-casca são apresentados na tabela 01.

De uma forma geral a densidade básica no sentido medula casca tende a aumentar de 50% (cerne) e em seguida diminuir, obtendo os menores valores para 100% (alburno). Isto era esperado, considerando que o tauari é uma espécie rica em extrativos, os quais estão principalmente localizados no cerne. De acordo com Bodig e Jayne (1993) os extrativos são responsáveis pelo aumento da densidade da madeira. Existem muitos padrões de variação de densidade básica em espécies folhosas, sendo comum o padrão de densidade básica mais baixa próximo à medula, aumentando, gradativamente, com menor intensidade quando próximo à casca, para espécies com densidade média a alta e porosidade difusa (ZOBEL e BUIJTENEN, 1989).

Esse comportamento da densidade no sentido medula-casca, aproxima-se com a classificação \underline{c} de Panshin e De Zeeuw (1980), em que a densidade é maior na região medula-cerne, podendo decrescer na região do alburno próximo a casca. Oliveira e Silva (2002) encontraram diferença estatística significativa na densidade básica do cerne e alburno da maçaranduba (*Manilkara huberi* Ducke).

Os valores mínimos, de maneira geral, foram verificados na região do alburno próximo a casca, sendo estes valores diferentes entre as árvores.

As árvores foram retiradas do mesmo sítio e possuíam DAP e altura comercial semelhantes. Portanto, não é esperado ter havido influência das condições ambientais. Fatores genéticos que controlam a forma e o crescimento da árvore podem ter tido alguma contribuição nesta diferença.

Na figura 03, nota-se que a densidade básica na região do cerne é superior a densidade básica na região do alburno. Oliveira et al. (1990) relataram que, de acordo com o FOREST PRODUCTS LABORATORY, no sentido da medula para a periferia da árvore, nota-se uma queda do teor de umidade, o que é normal para as folhas. Ainda de acordo com o FOREST PRODUCTS LABORATORY, o teor de umidade do cerne é nitidamente mais elevado que o do alburno de onde pode-se presumir que a densidade básica será maior, o que foi encontrado neste trabalho.

O maior valor da densidade no cerne concorda com o observado por Fearnside (1997) no qual diz que a densidade no alburno das árvores da Amazônia é, em média, mais baixa que a do cerne. Relata ainda, que algumas espécies podem ter grandes diferenças entre cerne e alburno. Trugilho et al., (1990), por exemplo, encontraram para o jatobá (*Hymenea courbaril*) densidade básica no alburno 24,4% mais baixa que no cerne.

Os resultados mostrados na figura 3 contrasta com a afirmação de Foelkel (1982), o qual afirma que o cerne normalmente apresenta densidade inferior a do alburno.

Figura 03 - Variação da Densidade Básica no Sentido Radial (Medula-Casca) da madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythydaceae) em diferentes posições no tronco (base, DAP, 50%, 75% e 100%).

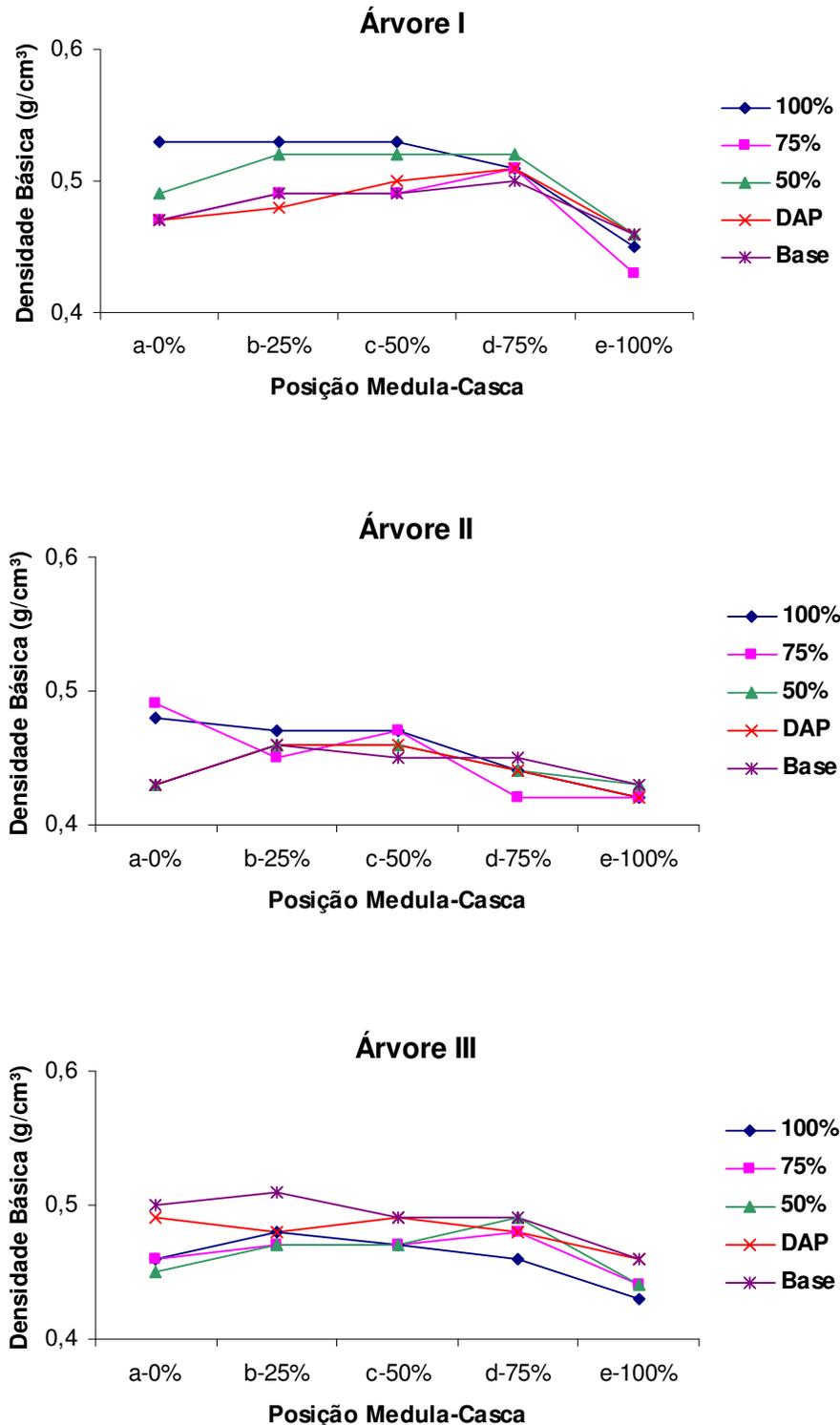


Tabela 01 - Valores de densidade básica das madeiras do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae).

Posição no Fuste	Posição Medula-Casca	DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)				
		ÁRVORE I	ÁRVORE II	ÁRVORE III	Média	Desvio Padrão
Base 0%	0 %	0,5608	0,4947	0,5940	0,5498	0,041
	25 %	0,5896	0,5371	0,6133	0,5800	0,032
	50 %	0,5878	0,5333	0,5810	0,5674	0,024
	75 %	0,6050	0,5224	0,5788	0,5687	0,034
	100 %	0,5434	0,4985	0,5380	0,5266	0,020
	Média	0,5773	0,5172	0,5810		
	Desvio Padrão	0,022	0,018	0,025		
DAP	0 %	0,5618	0,4954	0,5854	0,5475	0,038
	25 %	0,5751	0,5405	0,5739	0,5632	0,016
	50 %	0,5954	0,5389	0,5854	0,5732	0,025
	75 %	0,6062	0,5117	0,5743	0,5641	0,039
	100 %	0,5380	0,4931	0,5481	0,5264	0,024
	Média	0,5753	0,5159	0,5734		
	Desvio Padrão	0,024	0,020	0,014		
50%	0 %	0,5831	0,5011	0,5306	0,5383	0,034
	25 %	0,6238	0,5384	0,5557	0,5726	0,037
	50 %	0,6231	0,5368	0,5526	0,5708	0,038
	75 %	0,6208	0,5156	0,5844	0,5736	0,044
	100 %	0,5392	0,4964	0,5203	0,5186	0,018
	Média	0,5980	0,5177	0,5487		
	Desvio Padrão	0,033	0,017	0,022		
75%	0 %	0,5524	0,5845	0,5378	0,5582	0,020
	25 %	0,5916	0,5215	0,5538	0,5556	0,029
	50 %	0,5805	0,5488	0,5604	0,5632	0,013
	75 %	0,6066	0,4833	0,5734	0,5544	0,052
	100 %	0,5047	0,4931	0,5083	0,5020	0,006
	Média	0,5672	0,5262	0,5467		
	Desvio Padrão	0,036	0,037	0,022		
100%	0 %	0,6388	0,5654	0,5375	0,5806	0,043
	25 %	0,6390	0,5602	0,5679	0,5890	0,035
	50 %	0,6402	0,5549	0,5600	0,5850	0,039
	75 %	0,6118	0,5199	0,5478	0,5598	0,038
	100 %	0,5272	0,4856	0,5037	0,5055	0,017
	Média	0,6114	0,5372	0,5434		
	Desvio Padrão	0,043	0,030	0,022		

4.2.2 Variação Longitudinal

A Figura 04 mostra a variação da densidade básica ao longo do fuste do tauari.

As amostras retiradas no alburno próximo a casca (e-100%) apresentaram uma tendência de decréscimo na densidade básica no sentido base-topo.

Enfatiza-se aqui que o alburno próximo a casca é a região da madeira praticamente livre de extrativos, e por conseqüência não há efeito dos extrativos na densidade.

Estando esta tendência, de acordo com Panshin e De Zeeuw (1980) classificadas em a, ou seja, decrescente uniformemente com a altura. Também, percebeu-se na Fig. 04, que há uma tendência para valores mínimos de densidade básica serem encontrados no alburno (e-100%).

Nas demais posições (a-0%; b-25%; c-50% e d-75%) não há uma tendência clara e provavelmente o conteúdo de extrativo foi preponderante em aumentar ou diminuir a densidade de acordo com a sua maior ou menor quantidade. Nas árvores I e III houve uma maior homogeneização nos valores determinados na densidade básica, ou seja, árvore I (menor valor: 0,505 g/cm³ – maior valor: 0,640 g/cm³) e árvore III (menor valor: 0,504 g/cm³ – maior valor : 0,613 g/cm³). E também observa-se uma tendência geral nas árvores I e II de aumento da densidade no sentido base-topo até a posição de 50% passando em seguida para decréscimo na densidade da posição 50%-75% seguido novamente por um aumento na posição 100%. Estando esta tendência próxima a classificação d de Panshin e De Zeeuw (1980), ou seja, crescente da base para o topo, não obedecendo a um padrão uniforme de variação.

Nota-se na árvore III há uma tendência de diminuição em direção ao topo do fuste apresentando maiores valores na base do tronco. Resultado semelhante foi encontrado por Kuroda et al. (1995) que verificaram que a densidade básica

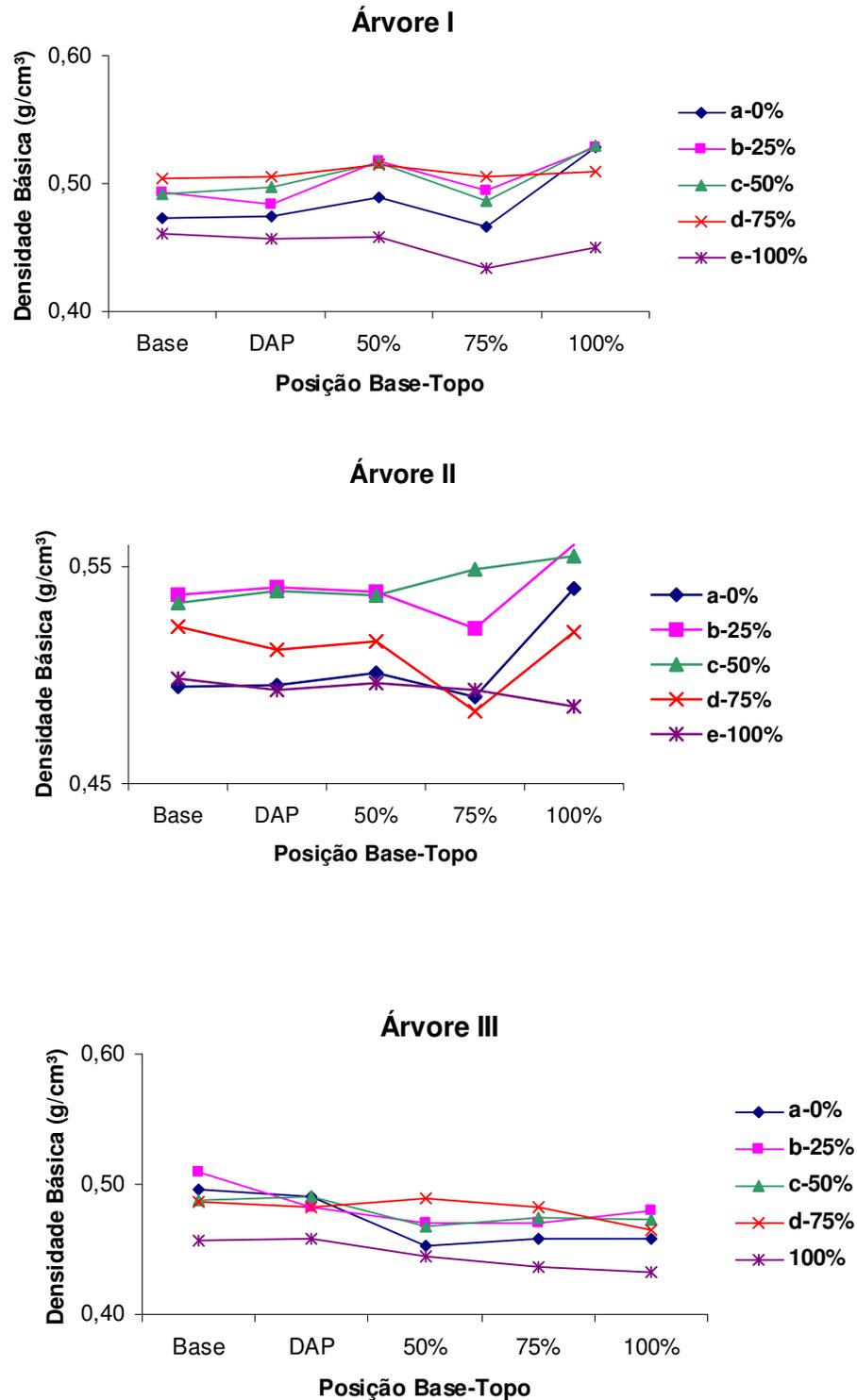
mostrou uma tendência a decrescer ao topo, tendo apresentado maiores valores na base do tronco. Descreveram ainda que a alta variação da densidade no tronco foi causada pelo acúmulo de extrativos e distribuição celular, que foi em torno de 10 a 20%.

Variações tem sido observado da medula para a casca e ao longo do comprimento do fuste em uma árvore e entre indivíduos da mesma espécie. Essa variação reflete a interação da planta com os fatores ambientais tais como, condições climáticas e edáficos, impactos naturais e competição por luz (CHUDNOFF, 1976; WIEMANN e WILLIAMSON, 1989; TRUGILHO et al., 1990; ILIC et al., 2000; FRANÇA, 2002; MULLER - LANDAU, 2004).

No geral, estudos tem determinado a variação na densidade radial e longitudinal para espécies na Amazônia (WIEMANN e WILLIAMSON, 1989; AMORIM, 1991; DE MACEDO, 1991; DE CASTRO et al., 1993; HIGUCHI e CARVALHO, 1994), os poucos resultados são para espécies restritas de certos grupos funcionais, ou somente medidas para variação radial ou longitudinal.

Ferreira (1972), afirma que há uma variação muito grande da densidade básica no sentido longitudinal e as explicações na literatura estão baseadas na ocorrência de madeira de reação.

Figura 04 - Variação da densidade básica no sentido longitudinal base-topo da madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae) a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da medula.



Através da análise da variância (ANOVA) em esquema fatorial, Anexo 01, realizada para verificar a existência ou não de diferença significativa entre a densidade básica no sentido radial do fuste (medula-casca) e longitudinal (base-topo), resultou não significativo no sentido longitudinal e radial x longitudinal, ou seja, indicando claramente que não houve diferença estatística entre a densidade básica no sentido longitudinal e radial x longitudinal do fuste do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae). Como pode ser observado no Anexo 01, houve diferença estatística significativa no sentido radial, o que exige a aplicação do teste de Tukey para verificação da diferenças existente entres médias.

Tabela 2 – Valores médios para densidade básica no sentido radial da madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae)

Posições	100%	75%	50%	25%	0%
Média	0,5157 a	0,5641 b	0,5718 b	0,5721 b	0,5549 b

Obs.: Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais ao nível de 5% de probabilidade.

O teste Tukey de comparações múltiplas de média mostrou para a densidade que somente a posição 100% foi estatisticamente diferente das demais. Enquanto estas foram estatisticamente iguais entre si, ou seja, a densidade do cerne foi estatisticamente maior que a densidade do alburno.

5. RETRATIBILIDADE

5.1 MATERIAL E MÉTODOS

Segundo Galvão e Jankowski (1985) para a determinação da retratibilidade volumétrica a ASTM recomenda corpos de prova de 5,0x5,0x15,0cm. O IPT usa corpos de prova de 2,0x2,0x3,0cm. Para retratibilidade dimensional temos: ASTM - 2,5x2,5x10cm; IPT – 2,0x2,0x10cm; ABNT/NBR 7190 2,0x3,0x5,0cm dimensões estas utilizadas no presente trabalho.

Para os ensaios de retratibilidade foram utilizados os mesmos corpos de prova retirados de cada amostra do disco no sentido longitudinal e radial do fuste do tauari, orientadas no sentido medula-casca, usados na determinação da variação da densidade básica.

Após a saturação as amostras foram pesadas em balança eletrônica digital com precisão de 0,01g, medidas linearmente com um paquímetro digital de precisão de 0,05 mm e armazenadas na câmara de climatização até atingirem a umidade de equilíbrio com o ambiente, em torno de 12%.

Após este período os corpos de prova foram levados para a estufa e iniciado o processo de secagem artificial utilizando-se as temperaturas (40 °C a 105°C) e mantida na temperatura de 105°C até a madeira alcançar a umidade de 0%. Durante todo este processo, as amostras foram novamente submetidas a sucessivas sessões de pesagem e de medidas das dimensões. A cada sessão de medição calculou-se a umidade e dimensões das amostras.

Com estes valores foi possível calcular a retratibilidade linear total nas direções axial, radial e tangencial, desde amostras perfeitamente saturadas até sua completa secagem.

A retratibilidade linear total foi determinada através da seguinte equação, de acordo com NBR 7190/97 (ABNT, 1997).

$$RL = \frac{(D_v - D_d)}{D_v} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

RL = Retratibilidade linear, em %;

D_v = Dimensão linear na condição de volume verde ou saturado, em cm;

D_d = Dimensão linear na condição de umidade desejada, em cm;

Para determinação da retratibilidade volumétrica, utilizou-se a equação:

$$R_v = \frac{(V_v - V_d)}{V_v} \times 100 \quad (2)$$

Sendo:

R_v = Retratibilidade volumétrica, em %;

V_v = Volume verde ou saturado (máximo)(cm³);

V_d = Volume na umidade desejada u% (cm³).

5.1.1 Análise Estatística

Para interpretação estatística dos resultados de retratibilidade utilizou-se a ANOVA no esquema fatorial 5x5. O fator A são as cinco posições no fuste: A1= Base, A2=DAP, A3=50%, A4=75% e A5= 100%, o fator B são as cinco posições de amostragem no sentido medula-casca: B1=0%, B2= 25%, B3=50%, B4=75% e B5=100% e as três árvores são as repetições.

Utilizou-se o software Minitab versão 14 para a ANOVA. Quando o resultado da ANOVA for significativo, utilizar-se-à o teste de Tukey para comparação múltipla das médias (STEEL e TORRIE, 1980). Os resultados foram analisados estatisticamente, com significância de 5% de probabilidade.

5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos coeficientes de retratibilidade total ou máxima da condição saturada para a condição seca de 0% de umidade para o tauari (*Cariniana micrantha* Ducke – Lecythidaceae), nas cinco posições equidistantes a partir da medula, estão apresentados na Tabela 03 e a representação gráfica nas Fig. 05, 06 e 07.

Os valores apresentam-se dentro dos valores citados na literatura para a variação da contração dimensional e volumétrica nas diferentes direções estruturais da madeira. De acordo com Galvão e Jankowski (1985) a contração total para a madeira varia percentualmente de 2,4-11 para a direção radial (R), de 3,5-15 para a direção tangencial (T) e de 6,0-27,0 para a contração volumétrica.

Verifica-se também na Tabela 03 que as maiores e menores contrações tanto dimensionais como volumétricas ocorreram para as maiores e menores densidades respectivamente. Isto está de acordo com a literatura. Stamm (1964) verificou experimentalmente a existência de uma correlação entre a variação volumétrica e a densidade básica da madeira, no sentido de que quanto maior a densidade básica maior a retração volumétrica da madeira. Com algumas exceções os valores dos coeficientes de variação foram baixos evidenciando uma certa homogeneidade entre as amostras utilizadas.

A análise da variância em esquema fatorial 5x5, (Anexos 02, 03, 04 e 05), realizada para verificar a existência ou não de diferença significativa entre as contrações no sentido radial do tronco (medula-casca) e longitudinal (base-topo), resultou não significativo no sentido longitudinal e radial x longitudinal para as contrações tangencial, radial e volumétrica, ou seja, indicando claramente que não houve diferença estatística entre as contrações no sentido longitudinal e radial x longitudinal do fuste do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae).

Somente para o fator anisotrópico resultou em não significativo no sentido radial, longitudinal e radial x longitudinal. No sentido radial para as contrações tangencial, radial e volumétrica houve diferença estatística significativa sendo necessário a utilização do teste de Tukey para comparação entre as médias.

Foi observado que os maiores valores de contração tangencial, radial e volumétrica corresponderam aos maiores valores de densidade básica (maior valor: tangencial 11,78 – densidade 0,48, radial 9,49 – densidade 0,49, volumétrica 17,63 – densidade 0,49). Para os menores valores de contração corresponderam aos menores valores de densidade básica (menor valor: tangencial 7,70 – densidade 0,44, radial 4,45 – densidade 0,44, volumétrica 11,67 – densidade 0,43). O maior valor para densidade básica foi de 0,49 g/cm³ no disco da base (b-25%) e o menor valor foi de 0,43 g/cm³ no disco 75% (e-100%).

5.2.1 Coeficientes de Retratabilidade Total

Sentido Medula-Casca

Observou-se que os valores de contração volumétrica tenderam a diminuir no sentido medula-casca independente da posição da amostra no fuste. Comportamento semelhante foi também observado para as contrações lineares nas direções tangencial e radial.

Este comportamento não foi observado por Moreira (1999), o qual verificou que a contração radial e volumétrica aumentaram no sentido medula-casca em estudo com madeiras de várias espécies. No sentido medula-casca para as três contrações radial, tangencial e volumétrica encontrou-se valores mais baixos de contrações na região do alburno e valores altos na área da medula e cerne.

Provavelmente os extrativos em maior quantidade na região medula-cerne poderiam ser os responsáveis pelo aumento na contração e melhorando a estabilidade dimensional da madeira nesta região. Esse comportamento pode estar diretamente relacionado com a densidade básica, a qual apresentou maiores valores na região do cerne e baixos na região do alburno. Muniz e Palma (1998) encontraram para pinus uma tendência crescente das propriedades mecânicas no sentido medula-casca e da densidade no mesmo sentido, indicando uma relação positiva entre essas duas propriedades.

Sentido Base-Topo

As contrações volumétrica e radial apresentaram diferentes comportamentos ao longo do fuste da base para o topo. A contração tangencial tendeu a diminuir apesar de aumentar no DAP e na posição 75% de altura.

5.2.2 Fator Anisotrópico

O fator anisotrópico é o resultado da relação direta entre as contrações tangencial e radial. Os resultados de fator de anisotropia são apresentados na tabela 03, onde os valores entre parênteses são coeficiente de variação e desvio-padrão e a representação gráfica na Fig. 06.

Sentido Medula-Casca

Verificou-se que houve um aumento do fator anisotrópico no sentido medula-casca com valores mínimos nas proximidades da medula e máximas na região do cerne ao alburno.

Segundo Durlo e Marchiori (1992), o mais importante índice para se avaliar a estabilidade dimensional da madeira é o coeficiente ou fator anisotrópico, definido pela relação entre as contrações tangencial e radial (T/R). Este resultado era esperado devido a maior presença de extrativos no cerne.

A região próximo a medula se destacou por apresentar os menores índices e, conseqüentemente, uma madeira de maior estabilidade dimensional, em função da menor variabilidade entre as contrações tangencial e radial. O gráfico da figura 06 destaca a existência de uma madeira mais instável dimensionalmente na região do cerne ao alburno, que deverá sofrer maior empenamento e, principalmente, fendilhamento quando sujeita a diferentes condições de umidade relativa. Segundo Foelkel (1997), a presença de extrativos pode reduzir a instabilidade dimensional da madeira e elevar a resistência mecânica.

Sentido Base-Topo

Foi observado uma diminuição do fator anisotrópico no sentido base-topo, apresentando o comportamento descrito a seguir: nas posições próximas a medula, tendeu a diminuir apesar de um aumento na posição 75% de altura. Nas posições mais periféricas, cresceu da base até a posição 50% e a partir desse ponto diminuiu até o topo do fuste. Os valores mínimos estão na posição 100% e máximos na posição 50%.

Tabela 03 – Valores médios para os coeficientes de retratibilidade total e densidade básica das madeiras do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae).

Posição no Fuste	Posição Medula-Casca	Contrações (%)			Relação T/R	Densidade Básica (g/cm ³)
		Tangencial	Radial	Volumétrica		
Base	0%	10,26 (9,12)(0,94)	7,16 (15,08)(1,08)	16,70 (6,66)(1,11)	1,46 (13,12)(0,19)	0,54 (7,51)(0,04)
	25%	11,30 (5,75)(0,65)	7,04 (14,71)(1,04)	17,63 (7,52)(1,33)	1,63 (10,46)(0,17)	0,58 (5,49)(0,03)
	50%	11,14 (5,27)(0,59)	6,03 (23,99)(1,45)	15,99 (15,05)(2,41)	1,94 (19,79)(0,38)	0,56 (4,27)(0,02)
	75%	10,71 (10,63)(1,14)	6,56 (6,86)(0,45)	16,81 (9,23)(1,55)	1,63 (5,69)(0,09)	0,56 (6,06)(0,03)
	100%	9,06 (8,92)(0,81)	5,48 (16,33)(0,89)	14,90 (19,16)(2,85)	1,67 (7,54)(0,13)	0,52 (3,80)(0,20)
DAP	0%	10,44 (12,25)(1,28)	7,47 (13,86)(1,04)	17,14 (15,54)(2,66)	1,41 (9,39)(0,13)	0,54 (6,96)(0,03)
	25%	10,57 (8,53)(0,90)	6,91 (15,54)(1,07)	17,24 (10,61)(1,83)	1,55 (8,15)(0,13)	0,56 (2,85)(0,01)
	50%	11,78 (14,05)(1,65)	7,19 (12,35)(0,89)	16,70 (16,72)(2,79)	1,64 (2,27)(0,04)	0,57 (4,29)(0,02)
	75%	11,14 (9,72)(1,08)	7,49 (7,07)(0,53)	16,94 (12,71)(2,15)	1,49 (10,20)(0,15)	0,56 (6,96)(0,03)
	100%	9,05 (15,58)(1,41)	5,33 (17,32)(0,92)	14,00 (20,02)(2,80)	1,70 (6,80)(0,12)	0,52 (4,54)(0,02)
50%	0%	9,42 (1,90)(0,18)	9,27 (28,91)(2,68)	17,34 (4,91)(0,85)	1,09 (24,21)(0,26)	0,53 (6,30)(0,03)
	25%	10,64 (11,34)(1,21)	5,83 (9,27)(0,54)	16,01 (12,59)(2,02)	1,83 (7,51)(0,14)	0,57 (6,44)(0,03)
	50%	10,20 (7,31)(0,75)	6,21 (22,83)(1,42)	15,08 (19,58)(2,95)	1,70 (15,71)(0,27)	0,57 (6,57)(0,03)
	75%	8,97 (24,87)(2,23)	5,52 (37,02)(2,04)	14,19 (30,09)(4,27)	1,77 (25,09)(0,44)	0,57 (7,60)(0,04)
	100%	7,70 (18,52)(1,43)	4,45 (32,93)(1,47)	12,07 (23,92)(2,89)	1,81 (17,51)(0,32)	0,51 (3,38)(0,01)
75%	0%	9,88 (8,51)(0,84)	7,38 (35,28)(2,60)	13,10 (14,75)(1,93)	1,51 (32,07)(0,48)	0,55 (3,49)(0,02)
	25%	10,19 (6,10)(0,62)	7,04 (21,52)(1,51)	16,30 (12,99)(2,12)	1,52 (22,71)(0,34)	0,55 (5,16)(0,02)
	50%	10,65 (8,27)(0,88)	8,05 (33,45)(2,69)	17,44 (22,90)(3,99)	1,42 (21,12)(0,30)	0,556 (2,33)(0,01)
	75%	9,87 (21,62)(2,13)	7,21 (26,10)(1,88)	14,78 (30,91)(4,57)	1,39 (13,50)(0,23)	0,55 (9,40)(0,05)
	100%	8,12 (15,56)(1,26)	4,88 (27,64)(1,35)	11,67 (23,64)(2,76)	1,73 (13,21)(0,23)	0,50 (1,29)(0,06)
100%	0%	8,90 (9,67)(0,86)	8,78 (13,22)(1,16)	16,59 (15,87)(2,63)	1,00 (10,23)(0,10)	0,58 (7,36)(0,04)
	25%	9,95 (6,03)(0,60)	9,49 (23,50)(2,23)	17,36 (9,12)(1,58)	1,09 (17,76)(0,19)	0,58 (6,02)(0,03)
	50%	10,36 (5,46)(0,57)	7,87 (13,62)(1,07)	17,34 (5,83)(1,01)	1,34 (14,21)(0,19)	0,58 (6,68)(0,03)
	75%	8,88 (19,77)(1,76)	6,31 (22,86)(1,44)	15,20 (19,0)(2,90)	1,43 (15,25)(0,22)	0,55 (6,87)(0,03)
	100%	8,26 (18,72)(1,55)	5,94 (30,0)(1,78)	13,32 (20,53)(2,74)	1,46 (16,07)(0,23)	0,50 (3,37)(0,01)

* Os valores entre parênteses são o coeficiente de variação e desvio padrão.

Figura 05 - Representação gráfica da variação das contrações volumétrica e lineares na direção medula-casca para a madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae).

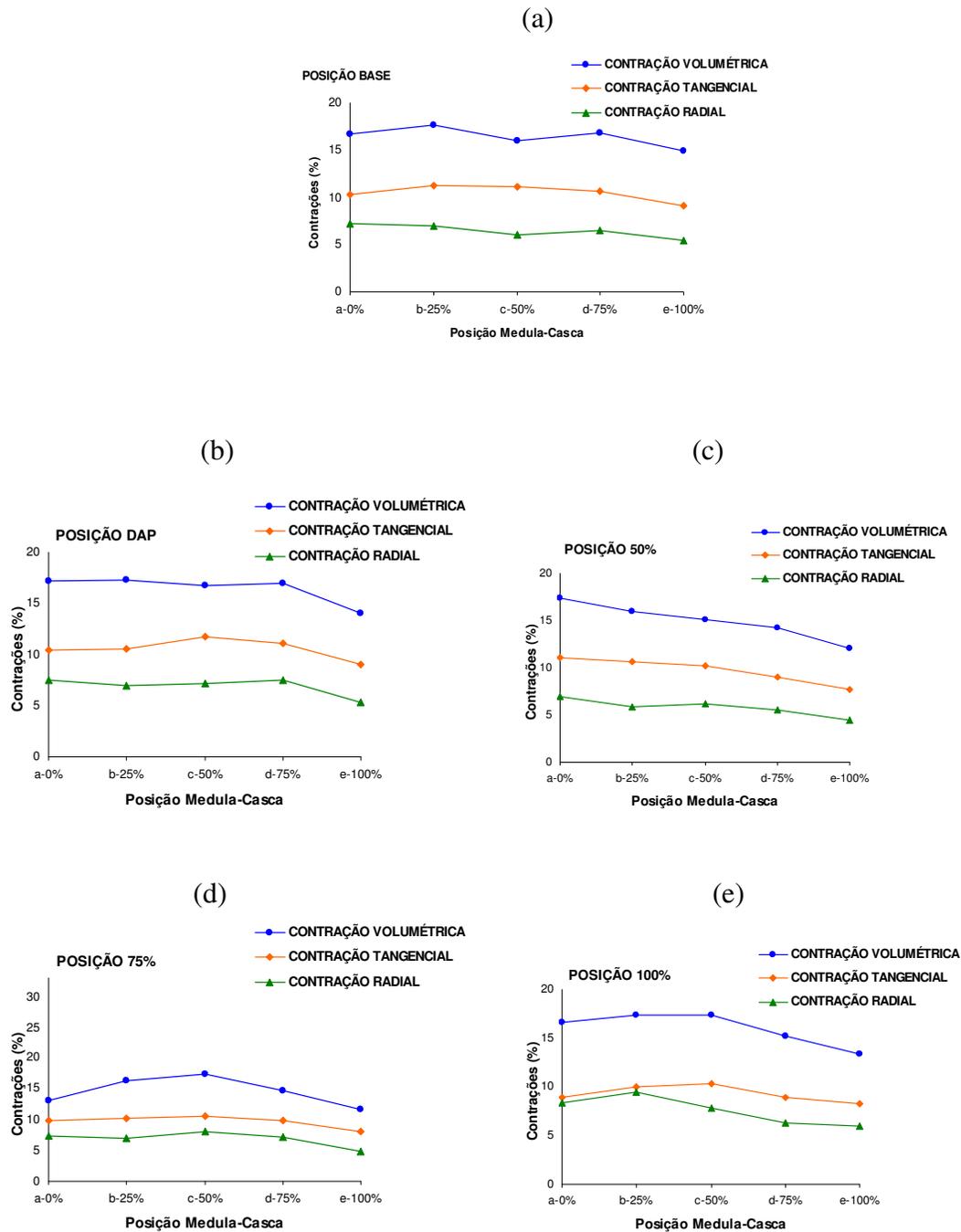


Figura 06 - Representação gráfica da variação do fator anisotrópico (T/R) total na direção medula-casca e base-topo para madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae).

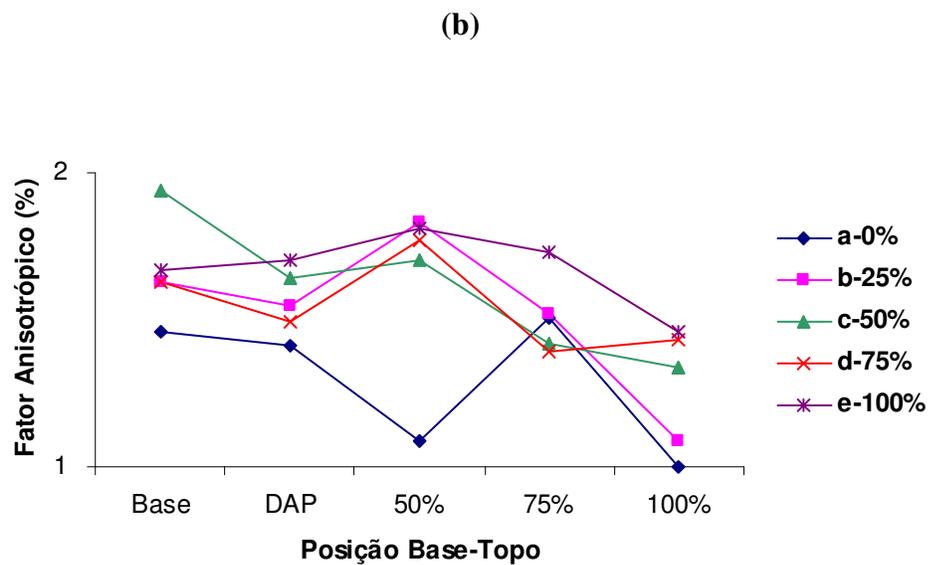
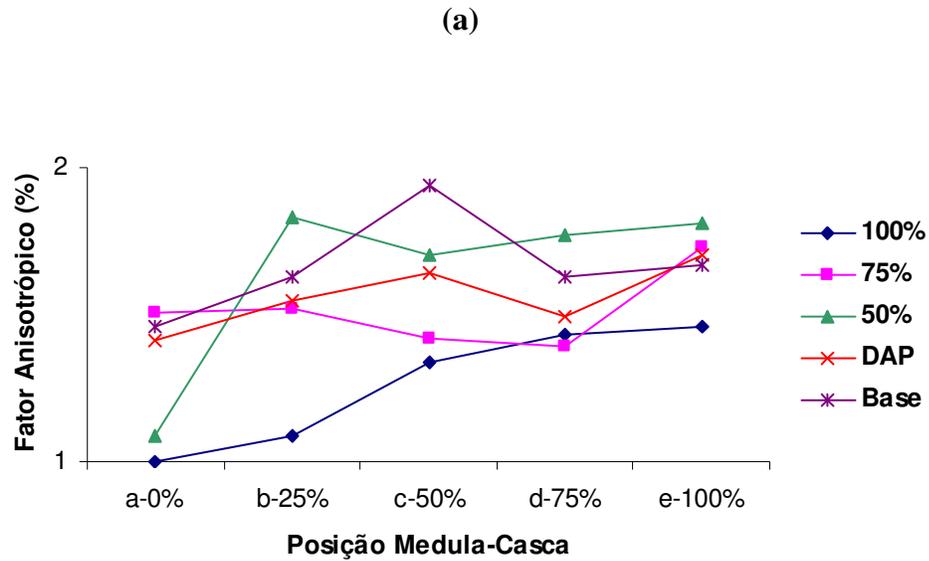
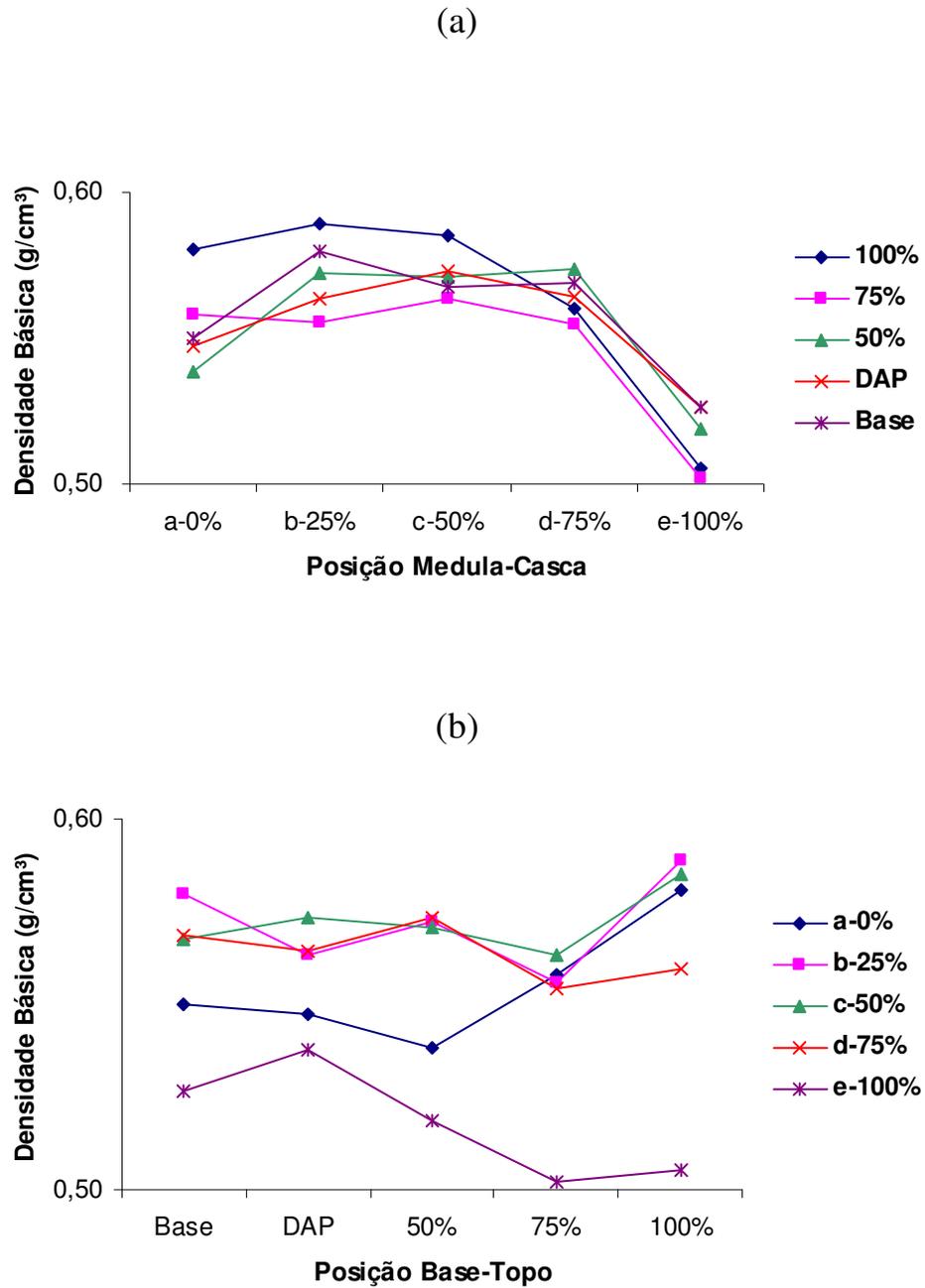


Figura 07 - Representação gráfica da densidade básica na posição medula-casca e base-topo para as três árvores do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae).



O teste Tukey de comparações múltiplas de média revelou para as contrações tangencial e radial, tabela 04 e 05, que somente a posição de 100%, o qual apresentou menor valor de contração, foi significativamente diferente das demais posições 0%, 25% e 50% com exceção da posição 75%. As contrações verificadas nas posições de 0%, 25%, 50 % e 75% não diferiram estatisticamente. Estes resultados são comparáveis à contração volumétrica radial (tabela 6).

Tabela 4 – Valores médios para contração tangencial no sentido radial da madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae).

Posições	100%	75%	50%	25%	0%
Média	8,445 a	9,915 ab	10,827 b	10,531 b	10,087b

Obs.: Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5 – Valores médios para contração radial no sentido radial da madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae).

Posições	100%	75%	50%	25%	0%
Média	5,217 a	6,617 ab	7,055 b	7,261 b	7,456 b

Obs.: Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6 – Valores médios para contração volumétrica no sentido radial da madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae).

Posições	100%	75%	50%	25%	0%
Média	13,192 a	15,587 ab	16,505 b	16,911 b	16,173 b

Obs.: Médias seguidas da mesma letra são estatisticamente iguais ao nível de 5% de probabilidade.

6. FIBRAS

6.1 MATERIAL E MÉTODO

6.1.1 Dimensão das Fibras

Para realizar o estudo do comprimento das fibras, foram confeccionadas um total de 750 lâminas, sendo 50 lâminas para cada disco, divididas em cinco para cada corpo de prova.

O tamanho dos corpos de prova para análise das fibras foram de 2x3x5 cm. Estes foram analisados em material macerado, para isso, pequenas porções de cada corpo de prova sofreram tratamentos seguindo o método descrito a seguir.

Pequenos cavacos de madeira foram retirados dos corpos de prova com o auxílio de navalha e colocados em frascos com tampas rosqueável, mergulhando-os na solução macerante que foi composta de 50% de ácido acético glacial, 38% de peróxido de hidrogênio e 12% de água destilada. Em seguida foi levada a estufa, em uma temperatura de 60°C, por 24 horas. Após este período os recipientes foram destampados e cobertos com uma meia de nylon e colocados sob água corrente, na torneira, até a evaporação completa do ácido acético. Para não contaminar os outros materiais a serem estudados, as meias foram utilizadas apenas uma vez.

Para a coloração utilizou-se safranina, durante o tempo de 5 a 15 minutos. Após este processo foi pingada sobre a lâmina devidamente limpa, uma gota de glicerina e depositado um pouco do material já corado. Um esfregão foi feito com a lâmina.

Em geral estas lâminas duram de 2 a 5 dias, mas para maior vida útil das lâminas foi efetuado lutagem com esmalte incolor. Após a montagem das lâminas, foi dado o início das medições das fibras com o auxílio do microscópio monocular ótico em escala graduada micrométrica.

6.1.2 Análise Estatística

Para interpretação estatística dos resultados do comprimento de fibras utilizou-se a ANOVA no esquema fatorial 5x5. O fator A são as cinco posições no fuste: A1= Base, A2=DAP, A3=50%, A4=75% e A5= 100%, o fator B são as cinco posições de amostragem no sentido medula-casca: B1=0%, B2= 25%, B3=50%, B4=75% e B5=100% e as três árvores são as repetições.

Utilizou-se o software Minitab versão14 para a ANOVA. Quando o resultado da ANOVA for significativo, utilizar-se-à o teste de Tukey para comparação múltipla das médias (STEEL e TORRIE, 1980). Os resultados foram analisados estatisticamente, com significância de 5% de probabilidade.

6.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As dimensões relativas ao comprimento das fibras estão apresentadas na Tabela 7. Os dados médios apresentados evidenciam uma constância no comprimento das fibras no sentido medula-casca, com pequenas variações.

Os menores comprimentos de fibras no sentido radial estão na região que vai da medula a periferia do cerne e os maiores estão na região do alburno. Evidenciando, desta forma, que o comprimento de fibras aumenta no sentido radial medula-casca. Tal resultado esta de acordo com estudos realizados por Tomazelo Filho (1985), Andrade (1987) e Wilkes (1988) os quais afirmam que as células cambiais passam a produzir, durante um certo tempo, elementos com maiores dimensões, até atingir a sua estabilização ao longo do raio. Em função disso, há um aumento no comprimento das fibras no sentido madula-casca. Assim, as fibras localizadas nas camadas de crescimento, mais próximas a medula e a um dado nível do tronco, apresentam menores dimensões do que aquelas localizadas nas camadas finais de crescimento, mais próximas à casca. Próximo à medula as fibras são curtas, possuem menor diâmetro e têm paredes mais finas e aumentam rapidamente da zona de madeira juvenil em direção à casca (DADSWELL, 1958; MAEGLIN, 1987; OLIVEIRA, 1997 e THOMAS, 1985). Resultado semelhante ao deste trabalho também foi encontrado por Castro e Silva (1992) estudando duas espécies madeireiras da Amazônia onde encontrou aumento crescente do comprimento da fibra, com algumas flutuações, da medula para a periferia e, também, aumento da base até atingir um valor máximo para então decrescer em direção ao topo.

No sentido longitudinal notou-se uma diminuição do comprimento de fibras, ao longo do fuste, nas camadas mais internas próximo a medula. Nas camadas externas percebeu-se três comportamentos diferentes:

- a) decrescente até a posição 50 e a partir desse ponto crescente até o topo do fuste;
- b) crescente até a posição 50 e a partir desse ponto decrescente até o topo do fuste;
- c) crescente até o DAP e decrescente até o topo do fuste.

Segundo Dadswell (1958), o comprimento das fibras, para folhosas, é duas vezes maior na madeira adulta do que na juvenil.

Através da análise da variância (ANOVA) em esquema fatorial, Anexo 06, realizada para verificar a existência ou não de diferença significativa entre o comprimento de fibra no sentido radial do tronco (medula-casca) e longitudinal (base-topo), resultou não significativo, ou seja, indicando claramente que não houve diferença estatística entre os comprimentos de fibras no sentido radial e longitudinal do tronco do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae).

Tabela 07 - Dados Estatísticos de comprimento de fibra da árvore do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae).

Comprimento de Fibras (μm)								
Posição no Fuste	Posição Medula -Casca	Árvore			Média	Desvio Padrão	Coeficiente Variação	Nº obs
		I	II	III				
Base	0%	1,7101	1,4306	1,4860	1,5423	0,121	7,836	300
	25%	1,6552	1,4452	1,5173	1,5392	0,087	5,660	300
	50%	1,7018	1,4339	1,4431	1,5263	0,124	8,136	300
	75%	1,6652	1,4810	1,5689	1,5717	0,075	4,785	300
	100%	1,6943	1,4914	1,4889	1,5582	0,096	6,176	300
DAP	0%	1,6425	1,4298	1,5418	1,5380	0,087	5,648	300
	25%	1,6546	1,4643	1,5585	1,5591	0,078	4,981	300
	50%	1,6933	1,5581	1,5931	1,6148	0,057	3,549	300
	75%	1,7416	1,5223	1,5931	1,6190	0,091	5,647	300
	100%	1,7196	1,4973	1,6676	1,6282	0,095	5,832	300
50%	0%	1,6681	1,4227	1,5006	1,5304	0,102	6,689	300
	25%	1,6414	1,4606	1,5693	1,5571	0,074	4,773	300
	50%	1,6352	1,4423	1,5577	1,5450	0,079	5,129	300
	75%	1,6647	1,4702	1,5264	1,5538	0,082	5,261	300
	100%	1,6247	1,5139	1,6143	1,5843	0,050	3,154	300
75%	0%	1,5785	1,4385	1,4102	1,4757	0,074	4,986	300
	25%	1,7047	1,4773	1,5543	1,5788	0,094	5,983	300
	50%	1,7447	1,5002	1,5260	1,5903	0,110	6,898	300
	75%	1,8010	1,4843	1,5802	1,6218	0,133	8,174	300
	100%	1,7797	1,4860	1,5710	1,6122	0,123	7,654	300
100%	0%	1,5968	1,4373	1,3610	1,4650	0,098	6,706	300
	25%	1,6193	1,5864	1,4914	1,5657	0,054	3,463	300
	50%	1,6822	1,4244	1,5631	1,5566	0,105	6,770	300
	75%	1,7306	1,4281	1,5048	1,5545	0,128	8,259	300
	100%	1,6781	1,4331	1,6214	1,5775	0,105	6,637	300
Média		1,681	1,470	1,536				
Desvio Padrão		0,053	0,042	0,066				
Coeficiente de Variação		3,142	2,859	4,303				
Máximo		1,801	1,586	1,668				
Mínimo		1,578	1,423	1,361				
Número de Observações		2500	2500	2500				

Figura 08 - Variação do comprimento de fibras no sentido radial (medula-casca) da madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae) em diferentes posições no tronco (base, DAP, 50%, 75% e 100%).

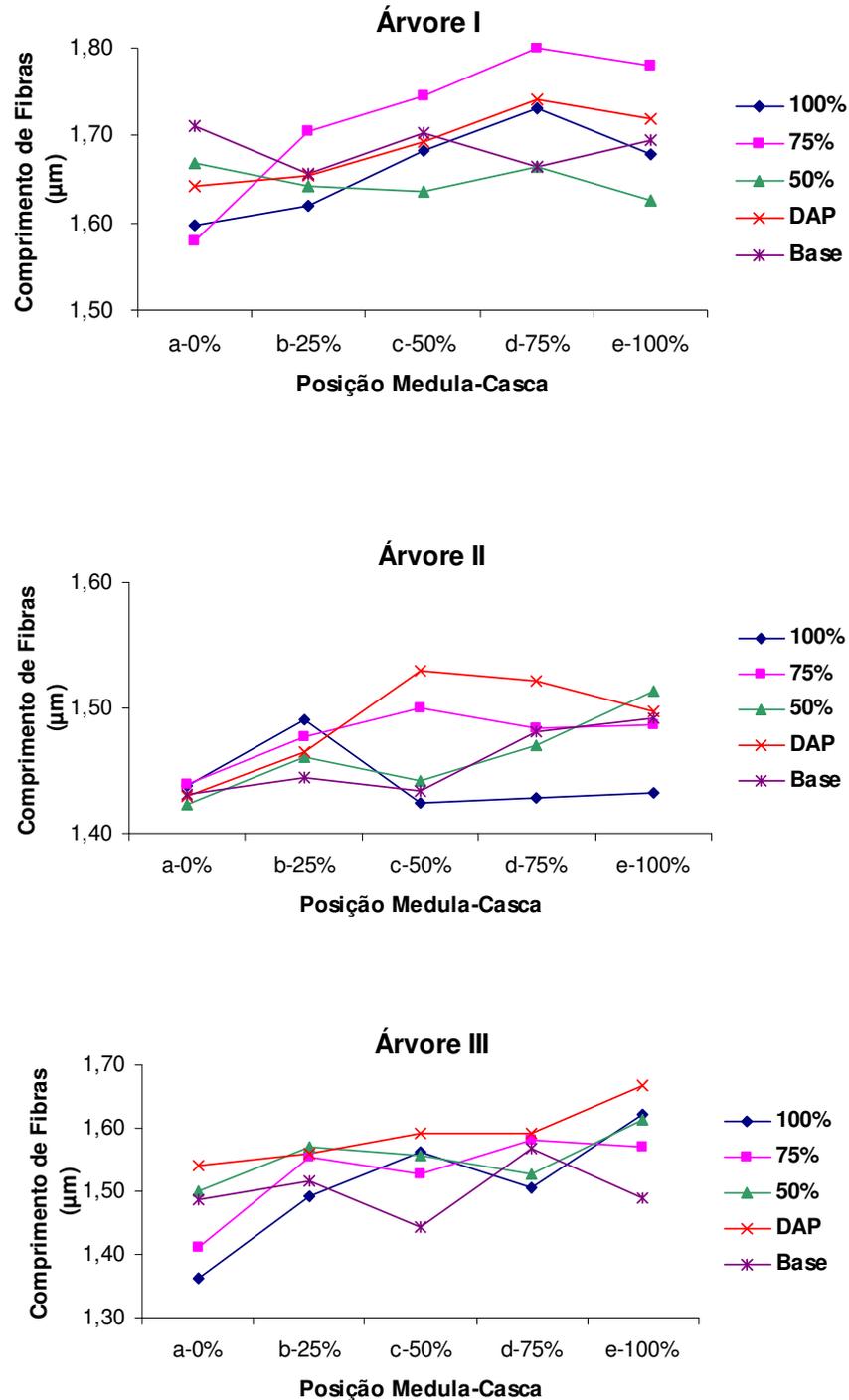
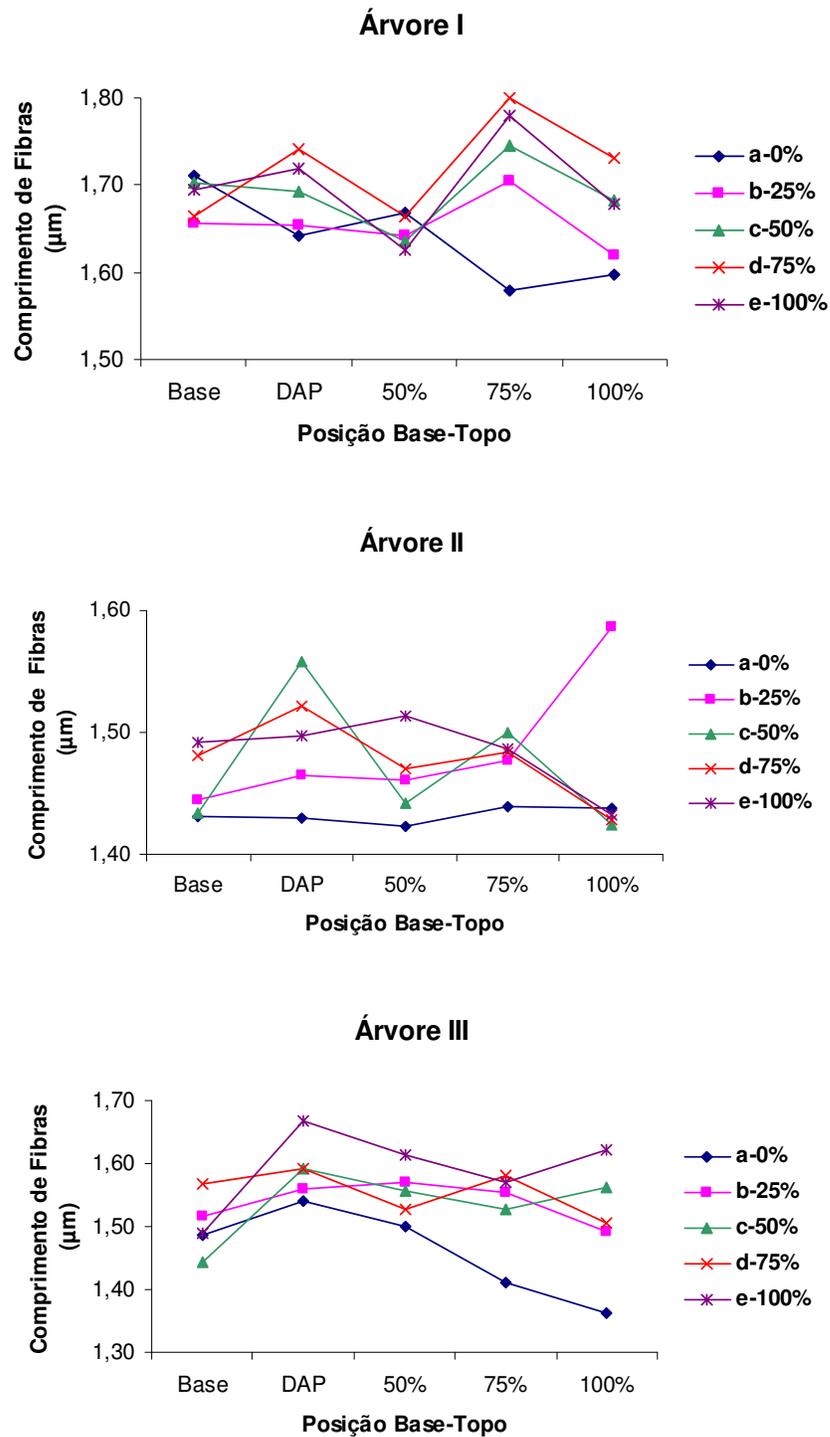


Figura 09 - Variação do comprimento de fibras no sentido longitudinal base-topo da madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae) a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da medula.



Oliveira e Silva (2002) também não encontraram diferença estatística nas dimensões das fibras medidas no sentido transversal (cerne e alburno) de Maçaranduba (*Manilkara huberi* Ducke). Porém, Parameswaram e Liese (1974), estudando a variação de várias espécies de madeiras das Filipinas e Indonésia encontraram a bem conhecida tendência radial do aumento em comprimento na direção do câmbio.

Segundo Bannam (1955, 1965 e 1967), o comprimento médio das células cambiais derivadas da célula-mãe, diminuem quando a frequência da divisão pseudotransversal das iniciais cambiais aumenta. A evidência indica que o comprimento das fibras está relacionado com a razão de divisões pseudotransversais das células cambiais.

De acordo com Philipson e Butterfield (1967), relacionado ao câmbio, o padrão de variação radial do comprimento das fibras é variado ao longo da árvore a uma extensão que a redução em comprimento ocorre ao longo da árvore com um aumento no crescimento radial conduzindo os elementos pequenos no topo da árvore.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, para a madeira do tauari vermelho (*Cariniana micrantha* Ducke - Lecythidaceae), as seguintes conclusões podem ser tiradas:

1. A densidade básica variou no sentido medula – casca com as amostras retiradas da posição do alburno próxima a casca diferindo de todas as demais posições de amostragem;
2. Os extrativos, normalmente depositados no cerne, podem ter contribuído para maiores valores de densidades básicas nesta região;
3. Não houve variação da densidade básica ao longo do tronco nas amostras retiradas da base até a próxima à copa, na altura comercial;
4. A contração total (radial, tangencial e volumétrica) da madeira do tauari também variou no sentido medula – casca;
5. Não houve variação da contração total ao longo do tronco nas amostras retiradas da base até a próxima à copa, na altura comercial;
6. Os extrativos presentes no cerne provavelmente podem ter contribuído para os maiores valores de contração encontrados nesta região;
7. O fator anisotrópico, assim como o comprimento de fibras foram estatisticamente não significativos, tanto no sentido longitudinal como radial ao tronco do tauari.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: **Projeto de Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro:ABNT, 1997.

ANDRADE, M.C.D. 1987. **Variação das características das fibras em função da densidade básica de cavacos de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex.Maiden**. Botucatu (SP), 43f. Dissertação (Mestrado - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita).

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O.; MIGLIORINI, A.J. 1983. **Estudo da variação da densidade básica em *eucalyptus* spp.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4º, Belo Horizonte, **Anais**, São Paulo, SBS, p.726-731.

BARRICHELO, L.E.G. & BRITO, J.O. **Química da madeira**. Piracicaba, SP, ESALQ, 1985. 125p.

BANNAN, I.W. 1955. **The vascular cambium and radial growth in *Thuja occidentalis***. Can. J. Bot., 33 : 113-138 p.

BANNAN, I.W. 1965. **The length, tangencial diameter and length width ratio of conifer tracheids**. Can. J. Bot., 43 : 967-984 p.

BANNAN, I.W. 1967. **Anticlinal divisions and cell length in conifer cambium**. For. Prod. J., 17 : 63-69 p.

BODIG, J.; JAYNE, B.A. 1993. **Mechanics of wood and wood composites**. New York: Van Nostrand Reinhold Company. 711p. Reprinted Edition with Corrections.

BRASIL, M.A.M.; VEIGA, R.A.A. e FERREIRA, M. 1977. **Variação da densidade básica da madeira nas secções transversais do caule da base do tronco para a copa de eucalipto**. IPEF, Piracicaba, (15): 73-82, dez.

BROWNING, B.L. 1967. **Methods of wood chemistry**. Nw York, Interscience. 364p.

BROWNING, B.L. 1975. **The chemistry of wood**. New York, John Willey & Sons, 689p.

BUSNARDO, C.A.; GONZAGA, J.V.; FOELKEL, C.E.B.; DIAS, C. e MENOCELLIS. **Em busca da qualidade ideal da Madeira de Eucalipto para a produção de celulose. III. A importância da altura de amostragem para avaliação da densidade básica média da árvore**. CONGRESSO ANUAL, 16, São Paulo, 21-26 novembro. 1983. Anais. São Paulo, 1983. V.1, p. 55-72.

CAMACHO, P.; CANESSA, E.. 1981. **Determinación de lãs características macroscópicas y microscópicas, padrones de variación de fibras de tropicales y su efecto em la elaboración de pulpa para papel**. Costa Rica, Instituto Tecnológico, 152p.

CARPIM, M.A. e BARRICHELLO, L.E.G. 1983. **Variabilidade da densidade de Madeira de Eucalyptus spp**. CONGRESSO ANNUAL DA ABCP, 16, São Paulo, 21-26 nov. 1983. Anais, São Paulo, V.1, p. 127-137.

CASTRO e SILVA, A. 1992. **Varição dimensional dos elementos xilêmáticos em duas espécies madeireiras da Amazônia**. Acta Amazonica, 22(2): 261-273.

CHIMELO, J.P. 1986. Anatomia da madeira. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT, Divisão de madeira. **Manual de preservação da madeira**. São Paulo. v.1, p. 42-67.

CHUDNOFF, M., 1976. **Density of tropical timbers as influenced by climatic life zones**. Commonw. For. Rev. 55, 203-217.

DADSWELL, H.E. 1958. **Wood structure variations occurring during tree growth and their influence on properties**. Wood Science, Madison, V1, p.11-32.

DADSWELL, H. E. 1972. The anatomy of eucalypt wood. Melbourne, **Forest Products Laboratory**, CSIRO, n. 66, p. 1-28.

DE CASTRO, F., WILLIAMSON, G.B., JESUS, R.M., 1993. **Radial variation in wood specific gravity of *Joannesia princeps*: the roles of age and diameter.** *Biotropica* 25, 176-182.

DE MACEDO, C.S.M., 1991. **Variação longitudinal da densidade básica e da composição química de madeiras e sua avaliação energética. Relatório Final, abril/1990-março/1991.** Iniciação Científica/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, Amazonas, Brazil. 18 pp.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. 1992. **Tecnologia da madeira: retratibilidade.** Santa Maria: CEPEF/ FATEC, 33p. (Série Técnica, 10).

EMBRAPA, 1981. **Mapa de solos do Brasil**, escala 1: 5,000,000. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro.

FAHN, A. 1985. **Anatomia vegetal.** Ediciones Pirâmides. Madrid-Espanha, 545p.

FEARNSIDE, P.M. 1997. **Wood density for estimating Forest biomass in Brazilian Amazônia.** *Forest Ecology and Management.* p. 59-87.

FERREIRA, M. 1972. **Variação da densidade básica da madeira de povoamento comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos.** IPEF, Piracicaba, (4):65-89.

FERRI, M.G.; MENEZES, N. L. ; SCANAVACCA, W. R. M. 1978. **Glossário ilustrado de botânica.** Editora da Universidade de São Paulo – SP, 196p.

FLORA DA RESERVA DUCKE: **Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia central / José Eduardo L.da S. Ribeiro. [et al.].** Manaus: INPA,. 816 P. il.

FOELKEL, C.E.B. 1977. **Constituição química da madeira.** Viçosa. MG, CENIBRA/ UFV, 60P.

FOELKEL, C.E.B.; BUSNARDO; C.; SCHIMIDT; C.; SILVA, R.M.R. e VEZ, J.B.V. 1982. **Variabilidade radial de Madeira de Eucalyptus saligna**. In: IV CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Silvicultura. p. 782-791.

FIRST FOREST PRODUCTS LABORATORY. 1999. Wood Handbook. **Wood as an engineering material**. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 439p.

FRANÇA, M. B., 2002. **Modelagem de biomassa através do padrão espectral no sudoeste da Amazônia**. Tese de Mestrado em Ciência da Floresta Tropical, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-Fundação Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil 106 p.

FUKAZAWA, K. 1984. **Juvenile wood of hardwoods judge by density variation**. IAWA Bulletin n.s., 5(1): 65-73p.

GALVÃO, A. P. M. & JANKOWSKI, I. P. 1985. **Secagem racional da madeira**. Livraria Nobel. São Paulo.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. 1978. **Eucalyptus for wood production**. Melbourne: CSIRO, 434p.

HIGUCHI, N., SANTOS, J., RIBEIRO, R.J., MINETTE, L., BIOT, Y., 1998. **Biomassa da parte aérea da vegetação da Floresta Tropical Úmida de Terra-Firme da Amazônia Brasileira**. Acta Amazônica 28, 153-166.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JR., J.A. 1994. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: Seminário Emissão X Sequestro de Co₂. Rio de Janeiro, 1994. **Anais** . Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce.

ILIC, J., BOLAND, D., MCDONALD, M., DOWNES, G., BLAKEMORE, P., 2000. **Woody Density Phase 1 - State of Knowledge**. National Carbon Accounting System Technical Report 18, Australian Greenhouse Office, Canberra, Australia. 228 p.

KEYWERTH, R. 1954. **A Contribution to Qualitative Growth Analysis. Holz Roh-u Werkstoff.** Vol. 12(3): 77-83.

KIMO, J.W. 1986. **Aspectos químicos da madeira de Eucalyptus grandis, W. Hill ex Maiden, visando a produção de polpa celulósica.** Viçosa, MG, UFV, 45p.

KNIGE, W.; KOLTZENBURG, C. 1965. The influence of timber qualities and ecological conditions on the sizes and the proportions of types of cell in hardwoods in the temperate zones. **Proceedings... IUFRO.** n. 2, p. 1-24.

KOLLMANN, F., 1959. **Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones,** Instituto Florestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera, Madrid.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JR, W. A. 1968. **Principles of wood science and technology.** I. Solid Wood. New York:Springer.

KURODA, N; TUKAU, A.; IBRAHIM, W.A.W. 1995. **Intra-stem variation of basic density and green moisture content of eight species grown in Sarawak.** Wood Anatomy Research, p.12-19.

LELLES, J.G.; SILVA, J.C. 1997. **Problemas e soluções sobre rachadura de topo de madeiras de Eucalyptus sp. Nas fases de desdobro e de secagem.** In: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, p.62-69.

LOUREIRO, A.; SILVA, M.F; ALENCAR, J.C. 1979. **Essências madeireiras da Amazônia.** INPA. V.2. Manaus. 169p.

LOUREIRO, A.A. e SILVA, M.F. 1968. **Catálogo das madeiras da Amazônia.** INPA. Vol.02. Belém. 135 – 137p.

MAEGLIN, R.R. 1987. Juvenile wood, tension wood, and growth stresses effects on processing hardwoods. In: Applying the latest research hardwoods: proceedings of the annual hardwoods symposium of the hardwoods research council, 15, 1987, Memphis. **Proceedings...** Memphis: Hardwoos Research Council, p. 100-108.

MASSERANN, C.; MARIAUX, A. 1985. Anisotropie de retrait et structure du bois- recherche de l'influence des caracteres morphologiques transverses des fibres. **Bois et Forets des Tropiques**, Paris, n. 209, p.35-47.

MOREY, P. R. 1981. **O crescimento das árvores**. São Paulo: EDUSP, 78p.

MULLER-LANDAU, H.C. 2004. **Interspecific and inter-site variation in wood specific gravity of tropical trees**. *Biotropica* 36(1): 20-32.

MUNIZ, G.I.B. de; PALMA, H.A.L. 1998. **Variação das propriedades físicas e mecânicas de *Pinus elliottii***. VI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras. Vol. 3, p. 217-227.

MOREIRA, W. S. 1999. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. Viçosa (MG), 107f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa).

NASCIMENTO, C.C. SILVA, A. C. 1998. **Variação da densidade e dos elementos de vaso no xilema de árvores tropicais crescendo em diferentes regiões**. In: Conselho Nacional de Botânica XLIX. Resumos. Universidade Federal da Bahia – Instituto de Biologia, 36p.

OLIVEIRA, J. T. S. 1998. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 429 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, J.T.S.; DELLA LÚCIA, R.M. 1994. **Propriedades físicas e mecânicas das madeiras de *Araucaria cunninghamii*, de *Pinus caribaea* e de *P. oocarpa***. Viçosa: SIF, 7p. (Boletim Técnico, 8).

OLIVEIRA, J.T.S. et al. 1990. **Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da pindaíba (*Xylopia sericeae* St. Hil.)**. IV. Densidade, umidade e secagem da madeira. *Revista Árvore*, v.14, n.2, 139-154.

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

OLIVEIRA, V.S.; SILVA, A.R.M. 2002. **Variação da densidade e dimensão das fibras da madeira de maçaranduba – *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. no sentido transversal (cerne-alburno)**. In: II Congresso Ibero-Americano de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Florestais. Curitiba, PR: 12p. CD ROM.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. 1980. **Textbook of wood technology**. 4^a ed. New York, McGraw Hill, 722p.

PARAMESWARAM, N.; LIESE, W. 1974. **Variation of cell length in bark and wood of tropical tree**. Wood Sci. Techn., V.8, p.81-90.

PETTERSEN, R.C. 1984. The chemical composition of wood. In: ROWELL, R.(ed). **The chemistry of solid wood**. Washington, American Chemical Society. p.54-126.

PHILIPSON, W.R. & BUTTERFIELD, B.G. 1967. **A theory on the causes of size variation in wood elements**. Phytomorphology, Memorial Volume: 155-158.

PHILLIPS, E. W. J. - 1965. **Methods and Equipment for Determining the Specific Gravity of Wood**. Proceedings of I.U.F.R.O. Vol. 2. 14 p.

RADAMBRASIL. 1976. **Levantamento dos recursos naturais: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. RJ. (v.1-20).

REZENDE, M.A. 1997. **Uma abordagem não convencional sobre as principais características físicas da madeira com ênfase para a retratibilidade, densidade e técnica de atenuação da radiação gama**. Botucatu, 144p. Tese (Livre-docência) – Instituto de Biociência. Universidade Estadual Paulista.

RIBEIRO, J. E. et al 1999. **Flora da reserva Ducke: Guia de indentificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme na Amazônia Central**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus – Am. 375p.

ROCHA, M.P. 2000. **Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus dunnii Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias.** Curitiba. 157f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná).

SCARAMUZZI, G. 1966. **A Comparison of Some Methods for Determining the Basic Density of Increment Cores of Euramerican Poplar Hybrids.** Proceedings of Sixth World Forestry Congress. Vol. III: 3454-3459.

SCURFIELD, G. 1976. **Structural features of hardwood and their influence on paper properties.** TAPPI, Atlanta, v. 59, n. 7, p. 110-113.

SJÖSTRÖM, E. 1993. **Wood chemistry-fundamentals and applications.** New York, Academic Press, 223p.

SHIMOYAMA, V. R. S. 1990. **Variação da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp.** Piracicaba, 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo).

SHIMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELLO, L.E.G. 1991. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24., São Paulo. **Anais...** São Paulo, ABTCP, p.178-183.

SILVA, J.C. 1984. Parâmetros da densidade na qualidade da Madeira ESALQ. Piracicaba, 82p.

SMITH, D.M. 1954. **Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples.** Report 2014. Madison: Forest Products, Laboratory. 8p.

SMITH, D.M . 1955. **A Comparison of Two Methods for Determining the Specific Gravity of Small Samples of Second Growth Douglas-Fir.** U. S. Forest Products Laboratory. Report n.o 2033. 21 p.

SOUZA, A. P. 1979 ; DELLA LÚCIA e REZENDE. G.C. **Estudo de densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muel, cultivado na região de Dionísio, MG.** ÁRVORE, Viçosa, 3(11):p. 16-28.

SPURR, S.H.; HYVARINEN, M.J. 1954. **Wood fiber length as related to position in tree and growth.** Bot.Ver. V.20, p. 561-575.

STAMM, A.J. 1964. **Wood and cellulose science.** New York, Ronald Press, 459p.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. 1980. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.** 2.ed. New York: McGraw-Hill, 631p.

SUDAM (1979) – **Pesquisas e informações sobre espécies florestais da Amazônia.** Departamento de Recursos Naturais – Centro de Tecnologia Madeira. Belém. 62-84p.

TOMAZELLO FILHO, M. 1985. **Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de eucalipto cultivadas no Brasil.** IPEF, Piracicaba, v. 29, p. 25-36.

THOMAS, R.J. 1985. The characteristics of juvenile wood. In: SYMPOSIUM ON UTILIZATION CHANGES ON WOOD RESEARCH SOUTH US. **Proceedings...** Raleigh, North Carolina State University, p. 1 - 18.

TRUGUILHO, P.F.; SILVA, D.A.; FRAZÃO, F.J.L.; MATOS, J.M.L. 1990. **Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira.** Acta Amazônica. Manaus – Am. 20 (único): p.307-319.

TSOUMIS, G. 1991. **Science and technology of wood: Structure, properties and utilization.** New York, Van Nostrand Reinold, 494p.

VITAL, B. R.; TRUGILHO, P. F. 1997. **Variação dimensional e uso da Madeira de *Eucalyptus*.** In: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 18, n. 186, p. 57-61.

VITAL, B. R. 1984. **Métodos de determinação da densidade básica da Madeira.** SIF. Viçosa, 21p. (Boletim Técnico número 1).

VINTILA, E. 1939. **Untersuchungen Uber Raumgewicht und Schwindmasse von Fruhund Spatho1z Bei Nadelholzern. Holz als Roh-und Werkstoff.** Vol. 2(1): 345-357.

WIEMANN, M.C., WILLIAMSON, G.B., 1988. **Extreme radial changes in wood specific gravity in some tropical pioneers.** Wood and Fiber Science 20, 344-349.

WIEMANN, M.C., WILLIAMSON, G.B., 1989. **Radial gradients in the specific gravity of wood in some tropical and temperate trees.** Forest Science 35, 197-210.

WILKES, J. 1984. **The influence of rate of growth on the density and heartwood extractives content of eucalypt species.** Wood Science and Technology, v. 18 p. 113-120.

WILKES, J. 1988. Variations in wood anatomy within of Eucalyptus. Australia. **IAWA Bulletin**, v. 9, n.1, p. 13-23.

WINANDY, J. E.; ROWEL, R. M. 1984. The chemistry of wood strength. In: ROWEL, R. M. **The chemistry of solid wood.** Washington. American Chemical Society, c. 5, p. 211-215.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. 1984. **Applied Forest tree improvement.** John Wiley & Sons, Inc. New York, 505p.

ZOBEL, B. J.; BUIJTENEN, J. P. 1989 **Wood variation: its causes and control.** Berlin: Springer-Verlag, 363 p.

ANEXOS

Anexo 01 - Análise da variância para a variação da densidade básica das madeiras do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke – Lecytidaceae)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Radial	4	0,033007	0,008252	5,30	0,001*
Longitudinal	4	0,002413	0,000603	0,39	0,817ns
Radialx Longitudinal	16	0,005826	0,000364	0,23	0,999ns
Erro	50	0,077880	0,001558		
Total	74	0,119126			

ns = não significativo a 95% de probabilidade.

*= significativo.

Anexo 02 - Análise da variância para a variação da contração tangencial da madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke – Lecytidaceae)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Radial	4	50,8951	12,7238	5,62	0,001*
Longitudinal	4	19,8361	4,9590	2,19	0,084ns
Radial x Longitudinal	16	14,4730	0,9046	0,40	0,977ns
Erro	50	113,2897	2,2658		
Total	74	198,4939			

ns= não significativo a 95% de probabilidade.

*= significativo.

Anexo 03 - Análise da variância para a variação da contração radial da madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke – Lecytidaceae)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Radial	4	48,2511	12,0626	3,81	0,009*
Longitudinal	4	26,1591	6,5398	2,07	0,099ns
Radial x Longitudinal	16	20,2843	1,2677	0,40	0,976ns
Erro	50	158,2144	3,1643		
Total	74	252,9079			

ns= não significativo a 95% de probabilidade.

*= significativo.

Anexo 04 - Análise da variância para a variação da contração volumétrica da madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke – Lecytidaceae)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Radial	4	129,5631	32,3907	3,19	0,021*
Longitudinal	4	40,8023	10,2005	1,01	0,414ns
Radial x Longitudinal	16	53,0483	3,3155	0,33	0,992ns
Erro	50	507,3252	10,1465		
Total	74	730,7389			

ns= não significativo a 95% de probabilidade.

*= significativo.

Anexo 05 - Análise da variância para a variação da relação T/R da madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke – Lecytidaceae)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Radial	4	2,3023	0,5755	0,58	0,675ns
Longitudinal	4	5,6274	1,4068	1,43	0,238ns
Radial x Longitudinal	16	20,4445	1,2777	1,30	0,235ns
Erro	50	49,2027	0,9840		
Total	74	77,5770			

ns= não significativo a 95% de probabilidade.

Anexo 06 - Análise da variância para os comprimentos de fibras da madeira do tauari (*Cariniana micrantha* Ducke – Lecytidaceae)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Radial	4	0,05532	0,01383	1,01	0,412ns
Longitudinal	4	0,02449	0,00612	0,45	0,774ns
Radial x Longitudinal	16	0,03613	0,00226	0,16	1,000ns
Erro	50	0,68536	0,01371		
Total	74	0,80131			

ns= não significativo a 95% de probabilidade.