

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Curvas de isopropriedades da madeira em árvores de *Pinus caribaea* var.  
*bahamensis***

**Sandra Monteiro Borges Florsheim**

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em  
Ciências na área de Recursos Florestais, com opção em  
Tecnologia de Produtos Florestais**

**Piracicaba  
2010**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



Sandra Monteiro Borges Florsheim  
Bióloga

**Curvas de isopropriedades da madeira em árvores de *Pinus caribaea* var. *bahamensis***

Orientador:  
Prof. Dr. **JOSÉ NIVALDO GARCIA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências na área de Recursos Florestais, com opção em Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba**  
**2010**

Aos meus pais Alda Ramos Monteiro Borges e Oswaldo Bernardino. Borges (*in memorium*)

Pelo amor e exemplo de vida.

Ofereço

Ao meu marido Geraldo Florsheim e filhos Esther Borges Florsheim, David Borges Florsheim e Henrique Borges Florsheim

Pelo carinho e compreensão

Dedico



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente meus sinceros agradecimentos ao orientador, professor Dr. José Nivaldo Garcia, pelos valiosos ensinamentos, confiança, incentivo e estímulo transformados em amizade e respeito.

Ao Instituto Florestal, pela autorização concedida e apoio para a realização do curso de pós-graduação.

A Divisão de Dasonomia e Seção de Madeira e Produtos Florestais, pelo apoio em fornecer a estrutura necessária para o desenvolvimento da pesquisa.

A Floresta de Manduri pela importante e fundamental contribuição no fornecimento do material para execução deste trabalho, e pela confiança em nós depositada.

Aos técnicos Francisco Bianco e Sonia Regina Campião, pela amizade colaboração incansável nos trabalhos desenvolvidos em campo e laboratório.

Aos funcionários da Floresta Estadual de Manduri pelo acolhimento e apoio especialmente a Bióloga Beatriz Ap. M. Fioruci, Wilson Fioruci, Marcos Adilson Palugan bem como auxílio profissional no escritório, em campo e serraria de todos os excelentes funcionários aqui representados pelo José Orivan Martins, Sandro R. Palugan, João C. do Nascimento Neto, Celson R. da Silva, Gilberto Arduino, Vicente Ferreira Leme, Evandro Ed. Camargo Rescia, Haroldo Ap. Milhorati e Aduino Fioruci

Ao amigo, pesquisador Marco Aurélio Nalon pela colaboração na execução deste trabalho.

Aos Dr. Israel Luiz de Lima e Dr. Eduardo Luis Longui, pela amizade e companheirismo, e pelas valiosas contribuições.

Ao Prof. Dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto, pela amizade, colaboração, orientação e apoio nas análises estatísticas.

A amiga técnica do Laboratório de Anatomia DCF/ESALQ, Maria Aparecida Rizzato pela colaboração recebida.

Aos amigos e companheiros de trabalho Itiberê M. S. Suckow, Gabriel Bibini, Ivelize Maciel Andrade, Rafael Garcia, Tatiana Cestini Gouveia, Diego Romeiro, Luís Santini Jr. e Rodrigo Fernando e Silva pelo valioso auxílio e empenho na coleta dos dados e apoio nos trabalhos de preparação das amostras.

Ao Departamento de Ciências Florestais ESALQ/USP, aos colegas funcionários e professores, pelo apoio incondicional recebido nas horas difíceis.

Ao amigo e Técnico do Laboratório de Máquinas e Engenharia da Madeira Luis Eduardo Facco pela valiosa colaboração nas diferentes fases da realização dos ensaios.

Aos amigos Claudio H. B. Monteiro, José Antonio de Freitas, Orlando Freire, Rita Sperr e Rodrigo Montagna, pela amizade, apoio, incentivo e carinho.

A Silvia Maria Zinsly meus agradecimentos pela valiosa contribuição na revisão das normas e demais correções.

Aos demais funcionários e colegas de curso especialmente a instituição a gloriosa Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, e aqueles que de alguma forma colaboraram na execução deste trabalho.

A aqueles que colaboraram para a execução deste trabalho e que tiveram seus nomes omitidos.

A minha Família, pela compreensão e incentivo cotidiano.

Meus sinceros agradecimentos.



## SUMÁRIO

RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	13
LISTA DE FIGURAS .....	15
LISTA DE TABELAS .....	25
1 INTRODUÇÃO .....	27
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	31
2.1 Características gerais da espécie .....	31
2.2 A madeira de coníferas .....	32
2.3 Definição e localização de madeira juvenil .....	37
2.3.1 Características da madeira juvenil .....	38
2.3.2 Importância da madeira juvenil .....	40
2.4 Propriedades da madeira .....	40
2.4.1 Características anatômicas .....	40
2.4.2 Proporção de lenho inicial e tardio .....	41
2.4.3 Largura dos anéis de crescimento .....	42
2.4.4 Qualidade da madeira .....	43
2.5 Propriedades físicas da madeira .....	46
2.5.1 Massa específica da madeira .....	47
2.5.2 Massa específica aparente da madeira .....	48
2.5.2.1 Fatores que afetam a massa específica na madeira .....	48
2.6 Propriedades mecânicas da madeira .....	51
2.6.1 Elasticidade e módulo de elasticidade da madeira .....	52

3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	55
3.1 Amostragem .....	55
3.2 Amostragem em campo .....	57
3.3 Desdobro .....	59
3.4 Tratamento preservativo .....	60
3.5 Isopropriedades .....	62
3.5.1 Isoidade .....	62
3.6 Amostragem .....	63
3.6.1 Amostragem para isopropriedades .....	63
3.6.2 Isodensidade .....	66
3.6.3 Isoproporção de lenho inicial e tardio .....	67
3.6.4 Isopropriedades mecânicas .....	68
3.6.4.1 Ensaio de flexão estática .....	68
3.7 Isoanatomia .....	69
3.7.1 Procedimentos macroscópicos e microscópicos do lenho .....	70
3.8 Análise estatística .....	73
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	75
4.1 Caracterização anatômica do lenho de árvores de <i>Pinus caribaea var. bahamensis</i> . .....	75
4.1.1 Descrição macroscópica do lenho .....	75
4.1.2 Descrição microscópica do lenho diâmetro .....	75
4.2 Variação das dimensões das traqueídes em árvores de idades diferentes e mesmo .....	78
4.2.1 Variação radial das dimensões das traqueídes entre a mesma idade .....	78
4.2.2 Variação das dimensões das traqueídes entre o 16º (último anel de crescimento) das árvores do grupo I com o 16º anel de crescimento no grupo II .....	84

4.2.3 Variação das dimensões das traqueídes entre o último anel de crescimento das árvores do grupo I e as do grupo II. ....	86
4.3 Curvas de isopropriedades .....	90
4.3.1 Grupo I (plantio de 1997) .....	91
4.3.2 Grupo II (plantio 1969) .....	113
4.4 Distribuição das isopropriedades físicas e mecânicas .....	137
4.4.1 Isopropriedades físicas da madeira .....	137
4.4.1.1 Isodensidade aparente ( $\rho_{ap}$ ) .....	138
4.4.1.2 Isoproporção de Lenho Inicial .....	144
4.4.1.3 Isoproporção de lenho tardio .....	152
4.4.2 Isopropriedades mecânicas da madeira .....	160
4.4.2.1 Módulo de elasticidade .....	160
4.4.2.2 Módulo de ruptura .....	167
5 CONCLUSÕES .....	183
REFERÊNCIAS .....	187
ANEXOS .....	199



## Curvas de isopropriedades da madeira em árvores de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*

### RESUMO

O objetivo dessa pesquisa foi determinar parâmetros qualitativos da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* em 3 classes de diâmetro com uma classe comum, nos plantios 1969 e 1992, da Floresta Estadual de Manduri do Instituto Florestal - SP. Foram coletadas 3 árvores por classe e retiradas toras de 3 m. de altura. De cada tora foi retirada a prancha principal e desta retiradas amostras da região da base e do topo. Foram realizadas medições do lenho inicial e tardio de cada anel de crescimento para construção do gráfico de distribuição dos anéis de crescimento de cada árvore. Também foi realizada a amostragem paralela à medula, a amostragem acompanhando o anel de crescimento e na primeira tora a amostragem acompanhando o anel no topo da tora para a realização dos ensaios físicos e mecânicos. As curvas das isopropriedades puderam então ser determinadas. Nas árvores de mesma idade e diâmetro diferentes, as variações das dimensões das traqueídes foram observados nos 3°, 6°, 9°, 12° e 15° anel de crescimento e entre o lenho inicial e tardio. Entre as diferentes idades foi determinado se as variações no 16°(último anel de crescimento) das árvores jovens foram correspondentes ao 16°(anel de crescimento) nas árvores adultas. Também foi determinado se havia variações das dimensões das traqueídes nos últimos anéis de crescimento nas duas idades. Os resultados demonstraram: a)- as características anatômicas foram compatíveis para a espécie; b)- as dimensões das traqueídes variaram no sentido radial, entre idades diferentes e mesma classe e mostraram nas árvores jovens o menor valor de comprimento e espessura da parede e o maior valor de diâmetro tangencial e lume das traqueídes; o crescimento variou entre o 9° e 12° anel de crescimento, c) a variação entre o lenho inicial e tardio nos 16° anéis de crescimento das árvores de menor idade comparada com os das árvores adultas, não apresentou um padrão definido; (d)- na comparação entre os últimos anéis de crescimento das árvores de idades diferentes o lenho inicial e tardio apresentou um padrão mais homogêneo. As curvas de isopropriedades mostraram o mesmo padrão de distribuição tanto das isopropriedades físicas como das mecânicas. Os tipos de amostras adotadas não apresentaram variações entre si. Os valores médios de cada isopropriedade no sentido axial mostraram os maiores valores de isodensidade aparente nas árvores adultas; para isoproporção de lenho inicial os maiores valores foram verificados nas árvores mais jovens e foram decrescentes no sentido radial; para isoproporção de lenho tardio e para isomódulo de elasticidade e ruptura, os maiores valores foram observados nas árvores adultas e foram crescentes da medula para a casca. Entre as idades estudadas verificam-se diferenças de distribuição das isopropriedades. O conhecimento da distribuição das curvas de isopropriedades possibilita um melhor aproveitamento de madeira.

**Palavras-chave:** *Pinus caribaea* var. *bahamensis*; Descrição macro e microscópica; Propriedades físicas e mecânicas; Isocaracterísticas e isopropriedades



## Curves of isoproperties in Wood from *Pinus caribaea* var. *bahamensis* trees

### ABSTRACT

The objective of this research has been to determine qualitative parameters of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* wood in three diameter classes with a common base in 1969 and 1992 plantations from Floresta Estadual from the Manduri Instituto Florestal – SP. three trees per class were collected and 3-m high logs were removed. From each log the main plank was removed and from this samples were taken from the base and top regions. Measurements of the early and late wood from each growth ring were made so that the distribution graph of the growth rings from each tree could be made. In order for the physical and mechanical tests to be made samplings were taken parallel to the pith, following the growth ring, and, in the first log, a sampling following the ring at the top of the log. The isoproperty curves could then be established. In the trees of same age and different diameters the variations in tracheid dimensions were examined at the 3<sup>rd</sup>, 6<sup>th</sup>, 9<sup>th</sup>, 12<sup>th</sup>, and 15<sup>th</sup> growth ring, and between early and late wood. Among different ages it was determined whether the variations at the 16<sup>th</sup> (last growth ring) of the young trees were equivalent to the 16<sup>th</sup> (growth ring) in adult trees. It was also determined whether there was any variation in tracheid dimensions in the last growth ring of the two ages. The results showed that: a) the anatomical characteristics were compatible for the species; b) the tracheid dimensions varied in the radial direction among different ages and same class, and showed in the young trees the lowest value for length and wall width, and the largest value for tangential diameter and tracheid lumen; the growth varied between the 9<sup>th</sup> and the 12<sup>th</sup> growth ring; c) the variation between early and late wood in the 16<sup>th</sup> growth rings of the youngest trees, as compared to adult trees did not show a definite pattern; d) in the comparison among the last growth ring of trees of different ages the early and late wood showed a more homogeneous pattern. The isoproperty curves showed the same distribution pattern, both of the physical and mechanical isoproperties. The kinds of samples used did not show variations from each other. The average values for each isoproperty in the axial direction showed the greatest values of apparent isodensity in adult trees; concerning the isoproportion of early wood, the greatest values were found in the youngest trees and decreased in the radial direction; concerning the isoproportion of late wood, and elasticity and rupture isomodule the greatest values were found in adult trees and decreased from pith to bark. Among the ages studied differences in the distribution of isoproperties can be found. The knowledge of the distribution of the isoproperty curves permits an improved use of the wood.

**Keywords:** *Pinus caribaea* var. *bahamensis*; Macroscopic and microscopic anatomical characteristics; Isoproperty curves; Physical and mechanical isoproperties





## LISTA DE FIGURAS

1 - Mapa de localização geográfica da região de coleta das amostras .....	55
2 - Curva de distribuição de árvores de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> de acordo com as classes de diâmetro do talhão instalado em 1969 e 1992.....	56
3 - Amostragem nos segmentos de toras das árvores. (a) do grupo II e (b) do grupo I .....	58
4 - Processamento das toras do plantio de 1962, em serra de fita simples. (a) costaneira e (b) prancha principal .....	59
5 - Processamento das toras do plantio de 1992 em serra dupla: (a) posicionamento da tora e em (b) prancha principal.....	59
6 - Tratamento preservativo com banho de imersão (a) e em campo escuro (b).....	60
7 - Secagem ao ar livre das pranchas, em pé (a) e deitadas (b).....	60
8 - Técnicas de polimento utilizadas com desengrossadeira (a) e com lixadeira (b).....	61
9 - Marcação do direcionamento da medula na prancha principal: (a) visualização da medula e (b) marcação da medula e anéis de crescimento .....	61
10 - Coleta das amostras da base e topo das toras sendo seccionadas (a) e as amostras retiradas (b).....	62
11 - Medição do lenho inicial e tardio. Em (a) equipamentos para medições e (b) anéis sob esteremicroscópio.....	63
12 - Amostragem para as isopropriedades físicas, mecânicas e proporção de lenho inicial e tardio .....	64
13 - Amostragem das posições de retirada dos corpos-de-prova. (a) posicionamento da medula; (b) marcação das amostras por posição (paralela e anéis de crescimento); (c) amostras codificadas; (d) retirada de amostras acompanhando os anéis de crescimento; (e) e (d) acabamento para obtenção das dimensões finais do corpo-de prova.....	65
14 - Corpo-de-prova utilizado na determinação da densidade aparente da madeira .....	66
15 - Aquisição de imagens para cálculo de proporção de lenho inicial e tardio.....	67

16 - Imagem digital dos corpos-de-prova.....	68
17 - Máquina universal utilizada para ensaios mecânicos (a); e momento de aplicação de carga (b).....	69
18 - Procedimentos para coleta de material lenhoso para maceração: (a) materiais utilizados na coleta; (b) coleta dos lenhos com goiva; (c) coleta dos lenhos com navalha; (d) lenho inicial e tardio separados para macerado.....	72
19 - Sistema de aquisição de dados e análise de imagens macro e microscópicas. (a) medições de comprimento dos traqueídeos e (b) medições de diâmetro e lume dos traqueídeos .....	73
20 - (A) Plano transversal macro 10x; (B) Plano transversal microscópico (20x); (C) Plano transversal (50x), com canal de resina axial, com células epiteliais no lenho tardio; (D) Plano longitudinal tangencial com raios unisseriados e fusiforme (canal de resina horizontal); (E) Plano longitudinal tangencial com destaque raio fusiforme com canal de resina; (F) Plano longitudinal radial, com pontoações areoladas unisseriadas e bisseriadas e opostas.....	77
21 - (A) Plano longitudinal radial – seta traqueídes radiais em parede secundária com formato denteado; (B) Plano longitudinal radial – seta campo de cruzamento traqueídes – raio com pontoações pinóides; (C) e (D) plano longitudinal tangencial canal de resina vertical e normal – seta parênquima epitelial longitudinal margeando o canal; (D) – seta célula epitelial.....	78
22 - Comprimento das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de <i>P. caribaea var. bahamensis</i> .....	79
23 - Comprimento das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de <i>P. caribaea var. bahamensis</i> .....	79
24 - Diâmetro tangencial das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de <i>P. caribaea var. bahamensis</i> .....	80
25 - Diâmetro tangencial das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de <i>P. caribaea var. bahamensis</i> .....	81

26 - Lume das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> .....	82
27 - Lume das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> .....	82
28 - Espessura da parede das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> .....	83
29 - Espessura da parede das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> .....	84
30 - Comprimento das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no 16º anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> .....	85
31 - Diâmetro tangencial das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no 16º anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> .....	85
32 - Lume das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no 16º anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> .....	86
33 - Espessura da parede das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no 16º anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> .....	86
34 - Comprimento das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no último anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> .....	87
35 - Diâmetro tangencial das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no último anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> .....	87
36 - Lume das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no último anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> . .....	88
37 - Espessura da parede das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no último anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> .....	88
38 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 1 .....	91
39 - Distribuição das isopropriedades da árvore 1 no sentido radial e axial. ....	92

40 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 2.....	94
41 - Distribuição das isopropriedades da árvore 2 no sentido radial e axial .....	95
42 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 3.....	97
43 - Distribuição das isopropriedades da árvore 3 no sentido radial e axial .....	98
44 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 4.....	99
45 - Distribuição das isopropriedades da árvore 4 no sentido radial e axial .....	100
46 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 5.....	101
47 - Distribuição das isopropriedades da árvore5 no sentido radial e axial. ....	102
48 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 6.....	103
49 - Distribuição das isopropriedades da árvore 6 no sentido radial e axial. ....	104
50 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 7.....	105
51 - Distribuição das isopropriedades da árvore 7 no sentido radial e axial .....	106
52 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 8.....	107
53 - Distribuição das isopropriedades da árvore 8 no sentido radial e axial .....	108
54 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 9.....	100
55 - Distribuição das isopropriedades da árvore 9 no sentido radial e axial .....	111
56 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 10.....	113

57 - Distribuição das isopropriedades da árvore 10 no sentido radial e axial .....	114
58 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 11. ....	115
59 - Distribuição das isopropriedades da árvore 11 no sentido radial e axial .....	116
60 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 12. ....	117
61 - Distribuição das isopropriedades da árvore 12 no sentido radial e axial. ....	118
62 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 13 .....	119
63 - Distribuição das isopropriedades da árvore 13 no sentido radial e axial. ....	120
64 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 14 .....	122
65 - Distribuição das isopropriedades da árvore 14 no sentido radial e axial .....	123
66 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 15 .....	124
67 - Distribuição das isopropriedades da árvore 15 no sentido radial e axial. ....	125
68 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 16. ....	126
69 - Distribuição das isopropriedades da árvore 16 no sentido radial e axial .....	127
70 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 17. ....	129
71 - Distribuição das isopropriedades da árvore 17 no sentido radial e axial .....	130
72 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 18. ....	132
73 - Distribuição das isopropriedades da árvore 18 no sentido radial e axial .....	133
74 - Distribuição da densidade aparente na 1ª tora do grupo I e respectivos valores .....	138
75 - Distribuição da densidade aparente na 1ª tora do grupo II e respectivos valores .....	138

76 - Distribuição da densidade aparente na 2ª tora do grupo I e respectivos valores .....	139
77 - Distribuição da densidade aparente na 2ª tora do grupo II e respectivos valores .....	139
78 - Distribuição da densidade aparente na 3ª tora do grupo I e respectivos valores .....	140
79 - Distribuição da densidade aparente na 3ª tora do grupo II e respectivos valores.....	140
80 - Distribuição da densidade aparente na 4ª tora do grupo I e respectivos valores .....	141
81 - Distribuição da densidade aparente na 4ª tora do grupo II e respectivos valores .....	141
82 - Distribuição da densidade aparente na 5ª tora do grupo I e respectivos valores .....	142
83 - Distribuição da densidade aparente na 5ª tora do grupo II e respectivos valores .....	142
84 - Distribuição da densidade aparente na 6ª tora do grupo II e respectivos valores .....	143
85 - Distribuição da densidade aparente na 7ª tora do grupo II e respectivos valores .....	143
86 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 1ª tora do grupo I e respectivos valores.....	144
87 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 1ª tora do grupo II e respectivos valores.....	145
88 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 2ª tora do grupo I e respectivos valores .....	145
89 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 2ª tora do grupo II e respectivos valores.....	146
90 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 3ª tora do grupo I e respectivos valores .....	147
91 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 3ª tora do grupo II e respectivos valores .....	147
92 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 4ª tora do grupo I e respectivos valores .....	148
93 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 4ª tora do grupo II e respectivos valores .....	149

94 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 5ª tora do grupo I e respectivos valores .....	149
95 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 5ª tora do grupo II e respectivos valores .....	150
96 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 6ª tora do grupo II e respectivos valores .....	151
97 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 7ª tora do grupo II e respectivos valores .....	151
98 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 1ª tora do grupo I e respectivos valores .....	152
99 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 1ª tora do grupo II e respectivos valores .....	152
100 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 2ª tora do grupo I e respectivos valores .....	153
101 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 2ª tora do grupo II e respectivos valores .....	154
102 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 3ª tora do grupo I e respectivos valores .....	155
103 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 3ª tora do grupo II e respectivos valores .....	155
104 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 4ª tora do grupo I e respectivos valores .....	156
105 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 4ª tora do grupo II e respectivos valores .....	156
106 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 5ª tora do grupo I e respectivos valores .....	157
107 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 5ª tora do grupo II e respectivos valores .....	158

108 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 6ª tora do grupo II e respectivos valores .....	158
109 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 7ª tora do grupo II e respectivos valores .....	159
110 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 1ª tora do grupo I e respectivos valores .....	160
111 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 1ª tora do grupo II e respectivos valores.....	161
112 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 2ª tora do grupo I e respectivos valores.....	161
113 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 2ª tora do grupo II e respectivos valores.....	162
114 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 3ª tora do grupo I e respectivos valores.....	162
115 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 3ª tora do grupo II e respectivos valores.....	163
116 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 4ª tora do grupo I e respectivos valores.....	163
117 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 4ª tora do grupo II e respectivos valores.....	164
118 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 5ª tora do grupo I e respectivos valores.....	164
119 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 5ª tora do grupo II e respectivos valores.....	165
120 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 6ª tora do grupo II e respectivos valores.....	166
121 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 7ª tora do grupo II e respectivos valores.....	166



122 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 1ª tora do grupo I e respectivos valores	167
123 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 1ª tora do grupo II e respectivos valores	168
124 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 2ª tora do grupo I e respectivos valores	168
125 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 2ª tora do grupo II e respectivos valores	169
126 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 3ª tora do grupo I e respectivos valores	170
127 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 3ª tora do grupo II e respectivos valores	170
128 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 4ª tora do grupo I e respectivos valores	171
129 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 4ª tora do grupo II e respectivos valores	171
130 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 5ª tora do grupo I e respectivos valores	172
131 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 5ª tora do grupo II e respectivos valores	173
132 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 6ª tora do grupo II e respectivos valores	173
133 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 7ª tora do grupo II e respectivos valores	174



## LISTA DE TABELAS

1 - Frequência de árvores de <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> em duas populações distintas.....	56
2 - Dados dendrométricos das populações de 1969 (G. I) e 1992 (G. II).....	57
3 - Dados por árvores das populações de 1969 (G. I) e 1992 (G. II).....	58
4 - Resumo da análise de variância efetuada GRUPO I.....	200
5 - Resumo da análise de variância efetuada GRUPO II.....	200
6 - Resumo da análise de variância efetuada 16-16.....	200
7 - Resumo da análise de variância efetuada 16-40.....	200
8 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 1.....	200
9 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 2.....	201
10 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 3.....	201
11 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 4.....	202
12 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 5.....	203
13 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 6.....	204
14 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 7.....	204
15 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 8.....	205

16 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 9 .....	207
17 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 10 .....	208
18 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 11 .....	210
19 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 12 .....	212
20 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 13 .....	214
21 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 14 .....	215
22 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 15 .....	217
23 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 16 .....	219
24 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 17 .....	221
25 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 18 .....	223

## 1 INTRODUÇÃO

A espécie *Pinus caribaea* Morelet. var. *bahamensis* Barr. et Golf., dentre outros pinheiros tropicais representa atualmente uma das espécies de maior importância, para a produção de madeira em regiões tropicais. Um dos fatores está no potencial de altos incrementos volumétricos. No estado de São Paulo, os primeiros resultados referentes à introdução de espécies do gênero *Pinus* no Brasil são apresentados por Albert Löfgren, em sua obra “Notas sobre as plantas exóticas introduzidas no Estado de São Paulo”, datada de 1906, que constituem os primórdios da pinocultura no País. Mas, foi a partir de 1955, que foram implantadas extensas áreas nas Estações Experimentais do Instituto Florestal do Estado de São Paulo dos chamados *Pinus* tropicais, segundo Kronka et al. (2005). Em seguida foram ampliadas por empresas particulares, objetivando principalmente a produção de aglomerados, laminados, madeira para caixotaria, móveis, serraria, celulose e, ainda, posteriormente surgindo à exploração de resina bem como a produção de sementes melhoradas, tanto para suprir as necessidades internas como para a exportação.

A utilização da madeira de várias espécies de *Pinus* nos setores industriais cresceu nas duas décadas seguintes, uma vez que o gênero foi introduzido para suprir a escassez de matéria-prima causada pelo extrativismo das nossas reservas de *Araucaria angustifolia*, o pinheiro do Paraná, que até então era a nossa única fonte viável de “madeira de fibra longa”. Com o aumento da demanda e pela oferta da madeira de *Pinus* spp, a custos relativamente baixos, esta passou a ser a matéria-prima mais importante, principalmente na região Sul. Porém, conceitos negativos sobre a qualidade dessas madeiras foram gerados, e persistem até hoje, em decorrência do desenvolvimento da qualidade da madeira e da tecnologia adequada ao processamento de *Pinus* spp., bem como do desconhecimento de técnicas adequadas de manejo, para conduzir a floresta no sentido de obter madeira com qualidade satisfatória.

Mesmo assim, avanços significativos ocorreram e a madeira de *Pinus* spp. está definitivamente incorporada ao setor industrial madeireiro do sul do País, bem como na vida do consumidor de produtos de madeira.

Nos setores industriais madeireiros a participação da madeira de *Pinus* spp. é verificada em inúmeros produtos que são fabricados para o mercado interno e para exportação, como no setor de madeira serrada, na crescente produção de laminados e compensados, na indústria de

aglomerados, na fabricação de móveis, em construção civil, madeira preservada para usos externos, casas pré-fabricadas, portas, molduras, blocos de madeira limpa para exportação e outros tantos produtos de madeira, além das tecnologias que ora estão sendo implantadas no País, como os painéis de fibras de média densidade (*MDF*) e os painéis estruturais de partículas orientadas (*OSB*), para os quais a madeira de *Pinus* spp. é a matéria prima essencial.

Sem nenhuma dúvida, um dos grandes desafios dos pesquisadores, a ser solucionado, na produção de madeira de reflorestamento, é quanto a sua formação principalmente relacionada à qualidade da madeira formada.

Para isso, torna-se necessário o conhecimento do processo de formação do lenho, pela atividade do meristema cambial e apical, que é regulado indiretamente pelo período e intensidade da produção de auxinas e de nutriente na copa da árvore. Existem sempre origens sistemáticas ou ontogênicas, de variação biológica na formação do lenho nas árvores, indutoras de variação qualitativa da madeira, e que em todo o processo de crescimento, em diâmetro e altura, estão diretamente dependentes da proximidade, ou da proporcionalidade do afastamento de qualquer ponto de formação do lenho.

A madeira é composta por agregações de células vegetais, sendo uma das principais matérias-primas industriais. Apresenta características tais como anisotropia (propriedades distintas nos diferentes sentidos de crescimento), higroscopicidade (capacidade de perder ou adquirir umidade dependendo das condições ambientais) e variabilidade nas propriedades.

A variabilidade da madeira ocorre de diferenças estruturais que na realidade são a fonte de variação que ocorre dentro da árvore, por exemplo, a madeira é produzida num ciclo anual por uma camada de tecido regenerativo cambial, que se situa interior à casca e, envolve completamente o tronco, galhos e raízes da árvore.

Sendo assim, em cada estação de crescimento, uma nova camada de tecido lenhoso é sobreposta aquela existente e a natureza das células da madeira é fortemente dependente da idade real do tecido cambial. Então, zonas distintas de madeira podem ser diferenciadas dentro da árvore, dependendo fortemente da posição da madeira em relação ao centro do tronco.

A proporção de madeira juvenil existente em uma tora é uma característica que depende fundamentalmente da idade da árvore, bem como do ambiente e do manejo; entretanto, em uma mesma idade e em condições semelhantes de ambiente e de manejo, pode-se verificar que existe grande variabilidade.

Uma vez estabelecida a importância do conhecimento e a falta de informações básicas sobre as características, propriedades e variabilidades da madeira de *Pinus caribaea* Morelet. var. *bahamensis* Barr. et. Golf, estabeleceu-se como objetivos:

Determinar parâmetros qualitativos da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* nas 3 classes de diâmetro dos plantios de 1969 e 1992 da Floresta Estadual de Manduri do Instituto Florestal SP.

Para se atingir o objetivo geral proposto, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Caracterizar a madeira de *P.caribaea* var.*bahamensis* sob seus aspectos anatômicos;
- Verificar se a distribuição dos anéis de crescimento nas árvores no sentido longitudinal e radial obedece a um padrão relacionado com a idade e classes de diâmetro;
- Verificar a variação da proporção do lenho inicial e tardio entre árvores de mesma idade e classes de diâmetro diferentes;
- Determinar as características morfológicas das traqueídes axiais e as relações existentes entre as suas dimensões entre árvores provenientes de plantio de idades diferentes e mesma classes de diâmetro;
- Determinar as isopropriedades físicas (massa específica aparente a 12% de umidade; porcentagem de lenho inicial e tardio), por árvore no sentido radial e axial e,
- Determinar as isopropriedades mecânicas (módulo de elasticidade e módulo de ruptura)





## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Características gerais da espécie

A espécie *Pinus caribaea* var. *bahamensis* tem sua região de origem nas Ilhas Bahamas, em áreas separadas e distanciadas em 600 km. A primeira inclui as Ilhas Grand Bahama, Great Ábaco, Andros e New Providence, entre 23° e 27° N. A segunda área inclui as Ilhas Caicos, entre 21° e 22° N. Nestas ilhas encontram-se altitudes que variam desde o nível do mar até 30 metros, em clima tropical (25° C), sub-úmido (chuvas anuais de 750 a 1.300 mm), com período de seca de seis meses, solos alcalinos (pH 7,5 a 8,5) e tolera também solos de baixadas (mal drenados), e com crescimento intermediário entre o *Pinus caribaea* Mor. var. *caribaea* e o *Pinus elliottii* Eng. var. *elliottii* (GURGEL GARRIDO et al. 1996). Golfari et al. (1978), em trabalho de zoneamento ecológico para reflorestamento de regiões tropicais e subtropicais, classificaram o *P. caribaea* var. *bahamensis*, como espécie que requer chuvas predominantes de verão, suporta seca invernal mais ou menos pronunciada, exige solo de fertilidade mediana, e tolera solo com profundidade e drenagem lenta. Entre as variedades de *P. caribaea*, é a mais indicada para solos de baixada, onde a drenagem é lenta. A madeira cuja densidade varia de 0,35 a 0,50 g/cm<sup>3</sup>, pode ser utilizada para construções leves e pesadas, construções de barcos, fabricação de laminados, chapas de fibras e de partículas e para a produção de polpa de fibras longas, entre outros usos. *P. caribaea* var. *bahamensis* é, adicionalmente, boa produtora de resina (CARPANEZZI et al. 1986). Para Bertolani (1978), essa variedade é intermediária entre o *P. caribaea* var. *caribaea* e o *P. caribaea* var. *hondurensis*, tanto em forma como em crescimento.

Segundo o sistema proposto por Cronquist et al. (1996), o *Pinus caribaea* var. *bahamensis* pode ser enquadrado taxonomicamente como: Divisão: Pinophyta; Sub-Divisão: Pinophytina; Classe: Pinopsida; Sub-Classe: Pinidae; Ordem: Pinales; Família: Pinaceae; Gênero: *Pinus*; Espécie: *Pinus caribaea* (Morelet); Variedade: *bahamensis* Barrett E Golfari.

Gurgel Garrido et al. (1996) afirmaram que o *P. caribaea* var. *bahamensis* constitui uma variedade com excelente potencial para produção de resina e elevadíssimo potencial para as regiões tropicais, mostrando-se superior às testemunhas de *P. caribaea* var. *hondurensis*, indicando a oportunidade de se investir no melhoramento genético da espécie.

Apesar do grande potencial da madeira de *Pinus* spp. relativamente poucos estudos foram conduzidos em relação à qualidade da madeira das principais espécies plantadas no Brasil, embora haja uma intensificação no interesse do setor industrial madeireiro, e mesmo do setor de celulose e papel, em estabelecer os parâmetros de qualidade da madeira de *Pinus* spp. para os diferentes processamentos. Entre os trabalhos citam-se a avaliação de algumas propriedades da madeira de *P. elliottii* e *P. taeda*, estudos sobre secagem de *P. elliottii*, estudos sobre chapa de composição efetuada por, Keinert (1988), Iwakiri (1989), Lara Palma (1994) e Matos (1997); estudos sobre a qualidade da madeira de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, por Klock (1989), qualidade da madeira de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* por Lara Palma (1994), Lucas Filho (1997), de indicações de uso na construção civil de seis espécies do gênero, por Bortoletto Júnior (1993); sobre classificação da madeira de *P. taeda*, por Matsunaga (1995); produção de painéis estruturais laminados de *P. taeda*, por Matos (1997); da qualidade da madeira de *P. taeda* atingida por incêndio florestal, por Bortoletto Júnior (1999) e um completo estudo de qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* realizado por Klock (2000).

## 2.2 A madeira de coníferas

As madeiras de coníferas apresentam uma estrutura relativamente simples, constituída por dois tipos de células: células de raio e traqueídes axiais. As traqueídes constituem cerca de 90 a 95% da madeira, enquanto que as células de raio correspondem a uma faixa de apenas 5 a 10% (SJÖSTRÖM, 1981). As traqueídes axiais são células compridas e delgadas, com extremidades fechadas mais ou menos afiladas, de acordo com a espécie. As traqueídes são arranjadas em filas radiais, com sua extensão longitudinal orientada na direção do eixo axial do tronco.

Considerando-se o sentido lenho inicial - lenho tardio, o diâmetro das células torna-se menor enquanto que a parede celular torna-se mais espessa. Ao final do período de crescimento, traqueídes com lumes e diâmetros radiais pequenos são desenvolvidas, enquanto que no início do período de crescimento subsequente, traqueídes com lumes e diâmetros grandes são desenvolvidos pela árvore. Estas mudanças abruptas são visíveis a olho nu, como um anel anual de crescimento.

O crescimento do anel inicia-se na primavera e termina no outono. No início do período de crescimento o lenho é denominado de inicial ou primaveril, e ao fim do período, de lenho tardio

ou outonal. O primeiro se caracteriza por apresentar células com paredes mais delgadas, diâmetro maior e comprimento relativamente menor do que as do lenho tardio, segundo Chimelo, (1989).

Existe variação nas propriedades de coníferas devido à variação na porcentagem de lenho inicial e tardio, (maior a porcentagem de lenho tardio, maior a massa específica da madeira), e se existir uma transição gradual ou abrupta do lenho inicial para o tardio, o que afeta a aparência da madeira, a trabalhabilidade e a superfície será mais ou menos áspera, (WHEELER, 2000).

Coníferas de madeiras mais densas (duras) apresentam uma transição abrupta do lenho inicial para o tardio. Enquanto que coníferas de madeiras menos densa (macias), embora apresentem anéis anuais de crescimento distintos, tem transição gradual entre os lenhos, e há geralmente pouco lenho tardio (WHEELER, 2000).

O comprimento das traqueídes, geralmente, encontra-se numa faixa entre 3 e 5 mm, entretanto, varia conforme a espécie, de 1,18 mm no *Juniperus steosperma* até 7,39 mm na *Sequoia sempervirens* (PANSIN E De ZEEUW, 1970). O comprimento de forma geral, é cerca de 100 vezes ou mais sua largura (THOMAS, 1991).

As traqueídes variam consideravelmente em comprimento em diferentes partes da mesma árvore é sempre mais curtas nos anéis próximos a medula do que nos próximos a casca. Em várias espécies de coníferas o comprimento médio das traqueídes no primeiro anel é menor do que 1mm, aumentando sucessivamente até cerca de 60 anos, após ocorrendo apenas pequena alteração no comprimento médio. A variação também ocorre na altura da árvore.

Visualizando um corte transversal de um fuste, é possível observar duas fases na madeira. A primeira, próxima à medula, corresponde à madeira juvenil, e a segunda, mais afastada da medula em direção à casca, é constituído da madeira adulta. A madeira juvenil representa uma fase de rápido crescimento longitudinal celular com mudanças fundamentais quanto à composição da parede celular, associado ao período de maturação cambial e que se estende por um período médio de 10 a 20 anos, mas pode apresentar situações de curta duração (5 anos), e de longos período, em torno de 60 anos. Existem espécies que apresentam períodos correspondentes ao lenho juvenil ainda maior, a exemplo da *Sequoia sempervirens*, que para atingir o comprimento máximo de suas fibras ocorre num período entre 200 a 300 anos (PANSIN E De ZEEUW, 1970).

As traqueídes de lenho tardio com suas paredes espessas conferem a sustentação mecânica, enquanto que os de lenho inicial, com seus grandes diâmetros predominantemente conduzem

água e minerais dentro da árvore, que passa de um traqueóide a outro através de aberturas chamadas pontoações que são uma das várias características microscópicas da madeira. As células são interconectadas por pontoações, sendo, portanto aberturas na parede secundária da célula. Quando as células são formadas por divisões do cambio vascular, elas apresentam a parede primária. A parede primária é delgada e flexível. Após as células atingirem o tamanho final, é depositada a parede secundária sobre a primária, as áreas onde não ocorre deposição consistem das pontoações, que aparentam a furos nas paredes celulares.

O número, forma e tamanho das pontoações variam conforme o tipo de célula, nas quais as características da membrana da pontoação também variam. Estas variações afetam a permeabilidade da madeira de coníferas, o que afeta a secagem da madeira, a polpação e os tratamentos com produtos químicos, (WHEELER, 2000).

Membranas de pontoações traqueíde-traqueíde em coníferas são diferenciadas com torus, uma área central espessada, e o margo, porção externa que possui aberturas (BURGER E RICHTER, 1991 e WHEELER, 2000). No alburno, as membranas das pontoações situam se no centro da câmara, e a água passa de uma célula a outra através das aberturas das membranas do margo. Quando uma bolha de ar chega à célula, se a membrana é flexível, move-se para um lado da câmara da pontoação e o torus sela a abertura desta. A maioria das pontoações é aspirada no cerne de coníferas, assim a madeira com cerne é menos permeável que o alburno, (CHIMELLO 1989).

Frequentemente as pontoações são aspiradas por deposição de extrativos que selam as aberturas. Geralmente as membranas das pontoações no cerne parecem mais espessas devido a deposição de extrativos. O cerne é mais difícil de tratar com produtos preservativos, para secar e para polpação devido à aspiração e devido à deposição de extrativos nas membranas das pontoações (BURGER E RICHTER, 1991 e WHEELER, 2000).

O armazenamento e transporte dos assimilados se dão pelas células de parênquima, as quais nas coníferas são predominantemente arrançadas no sentido radial (raios). Os elementos secretores são as células epiteliais, as quais circundam os canais resiníferos.

Espécies de vários gêneros de coníferas, como *Pinus* spp., apresentam tubos ladeados por células epiteliais que produzem resina. Os canais são orientados longitudinalmente e também em alguns raios (WHEELER, 2000, FERREIRA, 2009).

Canais de resina longitudinais ocorrem geralmente no lenho tardio e não na madeira primeiramente formada. São tubos forrados com células epiteliais (células parenquimatosas de paredes finas). Após uma árvore sofrer um dano, a madeira formada imediatamente após a injúria contém numerosos canais. Em alguns casos, após os danos, a madeira formada imediatamente após contém os canais de resina traumáticos, que não possuem o formato regular dos canais de resina normais (WHEELER, 2000; FERREIRA, 2009).

Nas coníferas, os raios são uniseriados ou uniseriados fusiformes que contêm canal resinífero (*Pinus* sp., *Picea* sp., *Larix* sp. e *Pseudotsuga* sp.). O volume médio relativo dos raios, em coníferas comercialmente mais importantes, é de aproximadamente, 7,0%, contudo, numa variação que se estende de 3,4 a 11,7%, e os raios fusiformes constituem apenas menos de 1% desses valores (THOMAS, 1991).

Os raios uniseriados, a exceção do *Chamaecyparis* sp., são compostos por células de parênquima radial ou parênquima com traqueíde radiais. Na segunda condição, as traqueídes se localizam no topo e fundo do raio, contudo, no *Chamaecyparis* sp., alguns raios uniseriados são compostos por traqueídes radiais apenas. Algumas espécies contêm raios que podem exceder 60 células de altura, mas de modo geral, a faixa comum situa-se em torno de 10 a 15 células, embora existam espécies que apresentam raios com 6 células apenas de altura (THOMAS, 1991; FERREIRA, 2009).

Os raios fusiformes, por sua vez, são compostos de células de traqueídes radiais, parênquima radial e células epiteliais radiais. As traqueídes radiais, conforme ocorre nos raios uniseriados, geralmente se localizam no topo e fundo dos raios, enquanto que as células de parênquima radial são encontradas tanto na porção estreita quanto na porção larga do raio. O canal resinífero, por sua vez, localiza-se na porção larga, circundado por células epiteliais radiais (THOMAS, 1991; WHEELER, 2000; FERREIRA, 2009).

Quanto às células do parênquima radial, possuem uma aparência retangular e um comprimento celular correspondente a 8 vezes superior a largura, sob uma faixa de variação de 0,3 a 0,8mm. Entretanto, comparativamente as traqueídes longitudinais, são de comprimentos muito inferiores. Além disso, o parênquima radial é caracterizado pela presença de paredes celulares finas, com pontoações simples (THOMAS, 1991; FERREIRA, 2009).

As traqueídes radiais apresentam forma aproximadamente retangular, além de serem mais curtos em relação ao parênquima radial, e seus respectivos comprimentos variam entre 0,1 a

0,2mm. Além disso, possuem pontoações areoladas com dimensões bem mais reduzidas do que as encontradas nos traqueóides longitudinais. As membranas das pontoações se caracterizam por possuírem um torus e um margo com aberturas bem reduzidas (THOMAS, 1991).

As células epiteliais, por sua vez, são responsáveis pela secreção de óleo-resina para o interior dos canais resiníferos. Nos *Pinus spp.*, tais células apresentam paredes delgadas com aparente ausência de pontoações, enquanto que em *Picea*, *Larix* e *Pseudotsuga*, as células epiteliais apresentam paredes espessas com presença de pontoações. Ainda em relação aos *Pinus spp.*, estes, por apresentarem canais resiníferos com dimensões e incidência mais elevadas, proporcionam a existência, neste gênero, do mais elevado volume de células epiteliais (THOMAS, 1991, FERREIRA, 2009).

As pontoações que ocorrem entre células de parênquima e traqueóides longitudinais são chamadas de pontoações semi-areoladas. O formato destas pontoações varia de um grupo de coníferas para outro, assim estes tipos de pontoações são uma das mais úteis características na identificação da madeira de coníferas. Normalmente é necessária a utilização de lentes objetivas de 40 vezes de aumento, para se distinguir o tipo de pontoação semi-areolada, e para se examinar o lenho inicial, pelo menos as cinco primeiras filas em seção radial (WHEELER, 2000).

O campo de cruzamento é definido como a área ligada pelas paredes interseccionadas de uma traqueíde e uma simples célula de parênquima radial, o formato, tamanho e número de pontoações por campo de cruzamento variam entre as madeiras de coníferas (BURGER E RICHTER, 1991; WHEELER, 2000).

Cinco tipos de pontoações são reconhecidos nos campos de cruzamento em coníferas de acordo com Burger e Richter, (1991); Wheeler, (2000), e são:

1. Fenestriforme - ocorre em madeira de *Pinus spp.* macios, usualmente 1 ou 2 pontoações grandes, na forma de janelas, por campo de cruzamento.
2. Pinóide - encontrada em madeira de *Pinus spp.* duros, 3 ou 4 pontoações por campo.
3. Piceóide - característico de gêneros como *Picea*, *Larix* e *Pseudotsuga*. As pontoações são muito pequenas e as aberturas estendidas ultrapassam as bordas.
4. Cupressóide - encontradas em *Cupressaceae* e *Tsuga spp.* Geralmente pequenas, com a abertura mais estreita que as bordas.
5. Taxodióide - grandes em algumas espécies, e pequenas em outras como em *Thuja spp.*

A abertura é relativamente grande enquanto as bordas são relativamente pequenas. Algumas espécies como *Taxodium distichum* podem apresentar uma mistura de pontoações taxodióide e cupressóide, ou parecerem intermediária entre os dois tipos.

### **2.3. Definição e localização de madeira juvenil**

A madeira juvenil em uma árvore é aquela que está compreendida dentro dos primeiros anéis anuais de crescimento do indivíduo, ou aqueles que estão mais próximos da medula. Diversos autores como Panshin e De Zeeuw, (1970), Jankowsky, (1979), Bendtsen, (1978) e Kellinson, (1981) entre outros, indicam que a madeira juvenil é "o xilema secundário produzido pelas regiões cambiais que são influenciadas pela atividade dos meristemas apicais".

A demarcação entre madeira juvenil e adulta não é clara devido à mudança gradual nas células. De fato, o número real de anéis da madeira juvenil depende de como ela é definida anatomicamente: por exemplo, o comprimento das traqueídes pode atingir estabilidade antes da espessura da parede celular.

Apesar da madeira juvenil, em geral, apresentar anéis anuais de crescimento largos, este aspecto não está necessariamente associado à madeira juvenil, já que existem outras variáveis que podem determinar o estado juvenil da madeira, como fatores silviculturais, de manejo, da plantação, ou fatores genéticos (TSOUMIS, 1991). A localização da madeira juvenil no fuste é discutida por muitos pesquisadores, estimando-se que está compreendida numa faixa entre o quinto e o vigésimo anel anual de crescimento (PANSHIN e De ZEEUW, 1970). Pesquisas realizadas na Nova Zelândia para *Pinus radiata*, indicam que a madeira juvenil pode ser identificada como aquela que se encontra até o décimo anel anual de crescimento. Entretanto, isto não representa um bom indicativo, visto que fortes variações foram determinadas de acordo com a procedência do indivíduo, tendo-se a madeira juvenil compreendida até o décimo quinto anel ou ainda, localizada na zona interna aos 10 primeiros anéis (COWN, 1980). Assim, vários fatores podem incidir sobre a formação da madeira juvenil, como o sítio, técnicas de manejo florestal e tratamentos silviculturais.

Cown (1980), concluiu que talvez o método mais fiel para detectar a presença de madeira juvenil, seria considerar como tal, a madeira com massa específica menor que 400 kg.m<sup>-3</sup>. Outros pesquisadores, como Goggans (1961); Hallock (1968) e Erickson E Harrison (1974),

sustentam que a determinação ou definição da localização da madeira juvenil, tem como principal critério o comprimento das traqueídes, pois se associam mais com a qualidade desta, concordando que a madeira juvenil limita-se em alguma parte entre o quinto e o vigésimo anel, dependendo da espécie e, com alguma extensão da localidade.

A mudança das características de madeira juvenil para adulta não se dá de forma abrupta, mas sim gradativa, de maneira que sua demarcação não é muito clara. O período de formação de madeira juvenil varia segundo a espécie e condições de crescimento, conforme as observações de Bendtsen (1978), e muitas características como o comprimento das fibras e traqueídes, espessura da parede celular, massa específica, ângulo das fibras, resistência, e outras, vão se modificando até atingirem determinada estabilidade na madeira adulta.

### 2.3.1 Características da madeira juvenil

A madeira juvenil apresenta características bastante peculiares sob determinados aspectos como o anatômico, e de suas propriedades físicas e mecânicas.

Como característica física marcante deste tipo de madeira cita-se a massa específica, que é menor do que a madeira adulta, assim como, a tendência de apresentar grã em espiral, o que gera defeitos, sobretudo torcimento na secagem de madeira serrada. Além destes aspectos, a madeira juvenil apresenta uma menor porcentagem de lenho tardio e uma maior incidência de nós que a madeira adulta, Bendtsen (1978), Cown (1980) e Klock (2000).

Zobel et al. (1959), comentam que a madeira juvenil em coníferas pode conter alta porcentagem de lenho de compressão. No *Pinus taeda*, por exemplo, ocorre uma diminuição de 13%, na massa específica, traqueídes mais curtos, menor espessura da parede celular, segundo Zobel E Blair (1976). A massa específica para espécies tropicais do gênero *Pinus* apresenta-se em média 12,6% menor (BOONE E CHUDNOFF, 1972). McAlister E Clark (1991), determinaram uma diminuição de 23,07%, também para *Pinus taeda*.

O comprimento das traqueídes é 52,2% inferior na madeira juvenil de espécies tropicais de *Pinus* (BOONE E CHUDNOFF, 1972) e para *Pinus taeda*, segundo Zobel E Blair (1976), o comprimento médio é menor em cerca de 30,37%, enquanto que a espessura da parede é 51,74% menor. O ângulo microfibrilar aumenta em 175% para madeiras de coníferas. (DADSWELL,



1958) e a contração longitudinal, a 12% de umidade desde o estado verde para *Pinus taeda* praticamente quadruplica (PEARSON E GILMORE, 1980).

Com relação às propriedades mecânicas, a madeira juvenil se caracteriza por apresentar menores valores de resistência. Peças estruturais que contenham uma determinada quantidade da madeira juvenil apresentam qualidades estruturais inferiores, sendo o motivo pelo qual as diferenças entre as propriedades da madeira juvenil e adulta são importantes para a utilização da madeira.

Olson et al. (1947), citados por Bendtsen (1978) trabalharam com sete espécies do gênero *Pinus* para avaliar a massa específica e a resistência da madeira com e sem a inclusão da medula e verificaram que as amostras que continham a medula forneceram resultados inferiores tanto em massa específica como em resistência. Choong et al. (1989), encontraram para *Pinus palustris* e *Pinus elliottii*, contrações tangencial e radial menores em corpos de prova obtidos de madeira próxima à medula, comparadas às contrações de corpos de prova retirados da madeira intermediária, e mais afastada da medula.

Várias pesquisas têm demonstrado modificações nas propriedades da madeira em função do rápido crescimento e da maior proporção de madeira juvenil, o que, segundo Bendtsen (1978), justifica um questionamento a respeito da aplicabilidade das tensões admissíveis até agora utilizadas para madeiras de povoamentos naturais em madeiras de florestas manejadas.

Pearson E Gilmore (1980), consideram que as árvores de rápido crescimento utilizadas em seu estudo, deveriam ser enquadradas como subespécies distintas, com suas próprias características e propriedades, devido à produção de grande porcentagem de madeira com propriedades mecânica inferiores à da madeira de *Pinus taeda* usada comercialmente nos Estados Unidos. Pela comparação entre as mudanças das propriedades da madeira central para a madeira externa, concluem que há indicações de que a madeira adulta das árvores de rápido crescimento tem, provavelmente, propriedades similares às da madeira de árvores de crescimento natural ao atingirem idades maiores.

Klock (1989 e 2000) e Muñiz (1993) determinaram em madeira juvenil de espécies do gênero *Pinus* plantadas no Brasil, de procedências distintas, valores médios do módulo de ruptura e módulo de elasticidade de flexão estática, menores em cerca de 40% a 100 % respectivamente, em relação a madeira adulta, e diferenças ainda maiores foram observadas para os valores médios do módulo de ruptura e módulo de elasticidade em compressão paralela, de 33 a 120%.

### 2.3.2 Importância da madeira juvenil

Comumente a madeira juvenil apresenta-se de forma mais pronunciada em coníferas do que em folhosas, podendo existir uma mudança abrupta ou ocorrer uma transição lenta entre as madeiras juvenil e adulta. No caso de espécies do gênero *Pinus*, parece ajustar-se melhor à segunda alternativa (COWN, 1980).

A madeira juvenil é particularmente importante em coníferas de rápido crescimento, podendo ocupar grande parte do volume dos fustes delgados em indivíduos cultivados em rotações curtas.

No caso de *Pinus taeda* estima-se que em uma árvore de 15 anos de idade 40% da madeira é constituída por madeira juvenil, a 40 anos de idade, cerca de 25%, (TSOUMIS, 1991).

Segundo Bendtsen E Senft (1986), dever-se-ia realizar um estudo interdisciplinar entre pesquisadores, silvicultores e tecnólogos da madeira, para demarcar as diferentes linhas de pesquisa tais como: comparação entre as propriedades da madeira adulta e juvenil; decisões sobre espaçamento, fertilização e período de rotação com base na proporção da madeira juvenil e adulta na árvore, e o conhecimento para selecionar os processos de secagem, tipos de máquinas e acabamento baseados na porcentagem de madeira juvenil.

## 2.4. Propriedades da madeira

### 2.4.1 Características anatômicas

A madeira é um material heterogêneo e sua variabilidade estrutural é refletida numa ampla gama de propriedades físicas tais como: permeabilidade, comportamento quanto à capilaridade, condutividade térmica e difusão da água de impregnação (SIAU, 1984).

A estrutura lenhosa é considerada como uma organização arquitetônica da madeira, ou seja, dependente da natureza e arranjo de seus componentes físicos (macroscópicos, microscópicos, ultramicroscópicos) e químicos (TSOUMIS, 1991).

As células do xilema, ou células lenhosas, podem ser classificadas como células de prosênquima e células de parênquima. Dependendo de suas funções, são classificadas como

células condutoras, de sustentação, de armazenagem, e de secreção, segundo Lewin E Goldstein (1991) e Klock (2000).

As células condutoras e de sustentação são inativas, e contêm cavidades denominadas de pontoações (SJÖSTRÖM, 1981). As células de parênquima são elementos de estocagem permanecem vivas por um período de tempo maior do que as prosenquimatosas, as quais perdem seu protoplasma no ano em que são formadas. Por sua vez, a denominação prosenquimatosa é aplicada aos outros tipos de células, da madeira adulta, cujas principais funções na árvore viva são as de condução e de sustentação (KOLLMANN E CÔTÉ, 1968).

A madeira é um material anisotrópico, com propriedades distintas nos seus três eixos ortotrópicos. Tais diferenças, assim como outras propriedades físicas da madeira, são o resultado direto da estrutura da parede celular, da orientação celular, do tipo de células presentes e sua distribuição, e das relativas proporções na quais estas estão presentes. Em decorrência da anisotropia, a resistência da madeira quanto à tensão ao longo da grã, ou sentido longitudinal, é várias vezes superiores à do sentido transversal. Além disso, alterações dimensionais, decorrentes da desorção ou absorção da água na madeira, ocorrem na faixa de 1 a 10% nos sentidos transversais (tangencial e radial), dependendo da espécie, enquanto que no sentido longitudinal é de apenas 0,1%, obedecendo de forma geral à seguinte tendência: tangencial > radial >> longitudinal. Da mesma forma, a permeabilidade da madeira ao fluxo de líquidos é superior no sentido longitudinal em relação ao transversal (BODIG E JAYNE, 1993 e BOTOSSO, 1997).

#### **2.4.2 Proporção de lenho inicial e tardio**

A proporção entre o lenho inicial e tardio é uma variável frequentemente observada em numerosos estudos sobre a qualidade da madeira. Esta proporção foi determinada por muitos autores, mostrando significativa afinidade com a massa específica, propriedades de resistência e outros fatores, como espécie, variedade, sítio, idade, posição no tronco, entre outros.

Segundo Brown et al. (1952), o efeito do lenho tardio na massa específica deve-se ao fato deste lenho conter maior quantidade de material lenhoso por unidade de volume do que o lenho inicial. Isto se torna evidente em madeiras de coníferas com transição abrupta de lenho inicial para lenho tardio e, em madeiras de folhosas com porosidade em anel. Nas últimas, a alta

densidade do lenho tardio deve-se ao menor diâmetro e quantidade de vasos e a uma maior proporção de fibras.

De acordo com Knigge E Schultz (1966), a proporção de lenho tardio é de grande interesse para as propriedades mecânicas da madeira, especialmente em se tratando de espécies com acentuada diferença de massa específica e estrutura entre as zonas de lenho inicial e tardio. Existe uma estreita correlação entre a massa específica e a porcentagem de lenho tardio, sendo de se esperar que, quanto maior for à porcentagem deste, tanto maior será a resistência da madeira, o que é facilmente verificável em coníferas.

A variação da porcentagem de lenho tardio é coincidente com a da massa específica, tanto no sentido transversal como no sentido longitudinal da árvore, diminui com a altura, e aumenta no sentido medula casca.

Trendelenburg E Mayer-Wegelin (1956), observaram que o decréscimo da porcentagem de lenho tardio em função da altura na árvore é mais acentuado em *Pinus* spp. que em outras espécies. Os métodos e instrumentos disponíveis para medição do lenho tardio exigem um trabalho bastante difícil e demorado, apesar de certas madeiras permitirem uma boa divisão entre lenho inicial e tardio, podendo apresentar uma correlação entre a porcentagem de lenho tardio e a largura do anel de crescimento, o que facilitaria a estimativa da proporção deste lenho (KNIGGE E SCHULTZ, 1966).

### **2.4.3 Largura dos anéis de crescimento**

Várias características da madeira são aplicadas como indicadores de suas propriedades desde o início de sua utilização, devido à sua fácil visualização. Dentro destas características destacam-se o formato e a distribuição dos anéis de crescimento, juntamente com a formação do cerne e o aspecto superficial (KNIGGE E SCHULTZ, 1966). Na maioria das coníferas a largura dos anéis de crescimento é facilmente identificável em corte transversal e pode ser indicadora de muitas características e do comportamento da madeira, tais como a regularidade e distribuição de determinadas propriedades, manutenção da forma depois de trabalhada, nodosidade interna, massa específica e propriedades mecânicas.

Segundo Trendelenburg E Mayer-Wegelin (1956), afirmam que a largura do anel de crescimento, por si só, não constitui uma escala muito segura para a estimativa da resistência da

madeira, concordando com outros autores. Knigge E Schultz (1966), afirmam que madeiras de coníferas com anéis de crescimento mais estreitos são mais pesadas e resistentes, ocorrendo o inverso em folhosas.

Pesquisas posteriores, no entanto, indicam que a porcentagem do lenho tardio contribui mais diretamente na massa específica e, conseqüentemente, na resistência, do que a largura do anel de crescimento (GURFINKEL, 1973).

Para a maioria dos autores, as folhosas com anéis porosos e coníferas de rápido crescimento que crescem em sítios normais, a correlação entre as propriedades mecânicas e a largura dos anéis anuais de crescimento tem validade, se bem que os valores fornecidos só podem ser considerados como uma estimativa bastante superficial, que pressupõe ainda grande variação. Outros autores aconselham utilizar como parâmetro para o julgamento da qualidade da madeira de coníferas de rápido crescimento o uso, bem como a regularidade e largura dos anéis de crescimento.

De acordo com Knigge E Schultz (1966), existem grandes variações de largura dos anéis de crescimento dentro de uma árvore tanto num plano transversal, no sentido radial, bem como em função de sua altura, no sentido axial. Estes mesmos autores, em conformidade com Krempf (1977), observaram valores máximos de largura nos anéis de crescimento no ápice e na base das árvores crescidas em maciços florestais, localizando-se a zona de largura média mais regular na posição a um terço da altura da árvore.

#### **2.4.4. Qualidade da madeira**

Das matérias-primas disponíveis a madeira é considerada a mais versátil, pois apresenta características como à anisotropia (propriedades distintas nos diferentes sentidos de crescimento), higroscopicidade (capacidade de perder ou adquirir umidade dependendo das condições ambientais) e variabilidade nas propriedades.

A variabilidade da madeira ocorre de diferenças estruturais desde aquelas observadas sob ultra-estruturas da parede celular até as geográficas, sendo que a fonte de variação que ocorre dentro da árvore talvez seja a mais significativa Cown (1974).

Segundo Klock (2000), a madeira produzida num ciclo anual por uma camada de tecido regenerativo cambial, que se situa interior a casca e envolve completamente o tronco, galhos e

raízes da árvore. Desta forma, durante cada estação de crescimento, uma nova camada de tecido lenhoso é sobreposta à madeira existente.

Para Cown (1974), a natureza das células da madeira é fortemente dependente da idade real do tecido cambial, sendo assim, zonas distintas de madeira podem ser identificadas dentro da árvore, dependendo da posição da madeira em relação ao centro do tronco e ao topo da árvore. Essa variação ocorre, geralmente, também para outras características, como na proporção de lenho inicial e tardio, massa específica e conteúdo de celulose.

As diferenças existentes entre as espécies, a variação das características anatômicas, das propriedades físicas e mecânicas dentro de um mesmo indivíduo, são de interesse para os pesquisadores há muito tempo. Sanio (1872) descreveu originalmente o padrão de variação do comprimento de traqueídes de *Pinus sylvestris* a sucessivos anéis de crescimento, da medula para o exterior do tronco, observando que a qualquer nível do tronco, o comprimento dos traqueóides gradualmente aumenta, até tornar-se constante. Esta variação ocorre, de modo geral, também para outras características, como na proporção de lenho tardio, massa específica e conteúdo de celulose.

Para um melhor entendimento das propriedades da madeira e seu comportamento, torna-se necessário conhecer a anatomia da madeira e suas variações. As propriedades da madeira e de produtos a base de madeira estão fortemente correlacionadas com sua estrutura anatômica (ZOBEL et al., 1959 E DINWOODIE, 1965).

O principal objetivo da investigação anatômica, segundo Hughes (1973), é verificar a relação existente entre as características estruturais da madeira e seu uso; por exemplo, as dimensões das fibras são indicações importantes do potencial de uma espécie de madeira, para a fabricação de papel com propriedades específicas.

Estudos comprovam a existência de estreita correlação entre volume de fibras, massa específica e resistência mecânica em dicotiledôneas, sendo os elementos celulares (fibras libríformes e fibrotraqueídes) os mais importantes em relação à resistência mecânica.

A variação das propriedades em função da idade da madeira e sua posição na árvore devem ser levadas em consideração, segundo Nicholls (1960), Burley (1969), Bendtsen E Senft (1986), Klock (1989 e 2000), entre outros, que quantificaram de acordo com a idade da madeira, a variação do comprimento de traqueídes, da massa específica, da porcentagem de lenho tardio e do ângulo fibrilar. Também Bisset E Dadswell (1950), anteriormente, constataram estas variações

para o comprimento de fibras, da massa específica e de diâmetros de vasos, para o eucalipto. Duffield (1961) afirma existirem grandes diferenças nas propriedades da madeira, e que o conhecimento da variação dentro das espécies é incompleto, devido à multiplicidade e interação das causas de variação dentro das mesmas. As causas são classificadas geneticamente, ambientalmente e pela posição no tronco. As variações são classificadas em dois grupos: fatores internos (inerentes à árvore) e fatores externos (inerentes ao ambiente e técnicas silviculturais).

Goggans (1961) cita a influência genética nas propriedades da madeira, e vários autores, entre eles Dadswell (1957), Jackson E Morse (1965), Nicholls (1971), Klock (1989), Muñiz (1993) e Lara Palma (1994), observaram a variação das propriedades da madeira de acordo com a posição no tronco. Para as coníferas a massa específica básica aumenta da medula para a casca, acontecendo o mesmo com o comprimento das traqueídes.

A influência das técnicas silviculturais na qualidade da madeira foi estudada por muitos pesquisadores, tais como: Fielding (1965 e 1967), Nicholls (1971), Cown (1974), Lima et al. (2005), além de outros. Entre os fatores estudados estão a poda, desbaste, fertilização, irrigação e espaçamento. De madeira geral, há consenso de que o tratamento silvicultural intensivo pode afetar a qualidade da madeira.

Fujiwara e Yang (2000), por exemplo, observaram em *Pinus banksiana*, *Picea mariana*, *Picea glauca* e *Abies balsamea*, correlação entre o comprimento das traqueídes e a taxa de crescimento em circunferência, sendo a relação negativa. Os autores concluíram que, a taxa de crescimento em circunferência é um bom indicador do efeito do crescimento da árvore no comprimento das células da madeira em coníferas e desta forma técnicas silviculturais como o desbaste e fertilização podem influir na variação do comprimento dos traqueóides em coníferas.

Atualmente no Brasil, devido à necessidade de se obter usos mais adequados para as espécies florestais, especialmente as de rápido crescimento, há intensificação no estudo da qualidade da madeira. Dando ênfase a pesquisas sobre massa específica orientação de grã, comprimento de fibras, resistência mecânica e sobre características tecnológicas destas espécies em relação a produtos e processos, para a correta utilização das mesmas. Foelkel (1976); Barrichello (1979); Lara Palma (1994); Lucas Filho (1997); Bortoletto Junior (1993 e 1999), e Klock (2000), entre outros, estudaram as características anatômicas, químicas, físicas e mecânicas das espécies do gênero *Pinus* plantadas em varias regiões do País, com idades diversas, comparando em alguns estudos com a madeira de *Araucaria angustifolia*, contribuindo

de forma importante para o estabelecimento da qualidade da madeira dessas espécies nas condições brasileiras.

Os primeiros estudos, comparando tecnologicamente as espécies do gênero *Pinus* de rápido crescimento em condições brasileiras, foram conduzidos por, Foelkel (1976) e Barrichello (1979), para relacionar a qualidade da madeira com a produção de celulose e propriedades do papel.

Tomaselli (1980), por exemplo, correlacionando a madeira de *Araucaria angustifolia* com a madeira *P. elliottii* e *P. taeda* de reflorestamentos de 18 anos, concluiu que a massa específica básica para as três espécies era a mesma, e que para os *Pinus* spp. foram encontradas grandes diferenças na resistência à flexão entre madeira juvenil e madeira adulta, o que não ocorreu com a *Araucaria*. Já para a madeira adulta das três espécies, nenhuma diferença foi encontrada, tendo sido considerados os valores obtidos para as espécies até certo ponto, surpreendentes. Também, Klock (1989), em estudo da qualidade da madeira de *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa*, de 14 a 20 anos, concluiu que existe diferenças significativas entre a madeira adulta e juvenil em todas as propriedades estudadas.

Santini et. al. (2000), estudando as propriedades físicas e mecânicas de *P. elliottii* e *P. taeda* com 13 anos e *A. angustifolia* com 19 anos, não encontrou diferença significativa na massa específica básica e nas contrações da madeira entre as espécies, e embora os valores nominais das propriedades da madeira de *Araucaria* fossem superiores, apenas o módulo de elasticidade em flexão estática, compressão axial e dureza axial foram estatisticamente diferentes; entre as duas espécies de *Pinus*, não houve diferença estatística.

A madeira juvenil em uma árvore é aquela que está compreendida dentro dos primeiros anéis anuais de crescimento do indivíduo, ou aqueles que estão mais próximos da medula. Diversos autores como Panshin E De Zeeuw (1970), Bendtsen (1978), Jankowsky (1979) e Moreschi (2000), entre outros, indicam que a madeira juvenil é o xilema secundário produzido pelas regiões cambiais que são influenciadas pela atividade dos meristemas apicais.

## **2.5 Propriedades físicas da madeira**

A utilização intensiva da madeira como matéria-prima para fins industriais ou construtivos deve ocorrer a partir do conhecimento adequado de suas propriedades. Por ser um elemento



orgânico heterogêneo, composto basicamente de celulose, polioses, lignina e extrativos, apresenta uma versatilidade enorme de usos para obtenção de uma série de produtos.

O aprimoramento no emprego de novas tecnologias para transformação e uso racional da madeira na geração de novos produtos, requer o conhecimento adequado de suas características e comportamento como matéria-prima. Sendo um recurso natural renovável, de suprimento praticamente inesgotável, continuará tendo possibilidades de utilização infindáveis.

### 2.5.1 Massa específica da madeira

A massa específica é uma das propriedades físicas mais importantes da madeira por estar relacionada diretamente com propriedades como resistência mecânica, grau de alteração dimensional e perda ou absorção de água. A essa propriedade estão relacionadas à maior parte das qualidades físicas e tecnológicas, sendo utilizada na prática como um parâmetro para classificação de madeiras.

A massa específica é importante, pois permite concluir a respeito da adaptabilidade da madeira como material de construção. Sendo esse o motivo da madeira ser procurada para fins estruturais, devido à boa relação de resistência/peso que ela apresenta (TRENDELENBURG E MAYER-WEGELIN, 1956).

A massa específica reflete a quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume, ou do volume de espaços vazios existentes em uma madeira. Segundo Kollmann (1959), a massa específica real da matéria lenhosa para todas as madeiras é de  $1,56 \text{ g.cm}^{-3}$ , com variações insignificantes.

Para Brown et al. (1952), a definição massa por unidade de volume é mais exata e independe da posição no espaço. Entretanto a razão peso por volume depende da gravidade.

A massa específica pode ser determinada pelo quociente da massa considerada ( $m$ ) pelo volume correspondente ( $V$ ).

$$\rho = m \div V$$

Onde:

$$\rho = \text{massa específica (kg.m}^{-3}\text{)}$$

$$m = \text{massa (kg)}$$

$$V = \text{volume (m}^3\text{)}$$

No Sistema Internacional, a massa é medida em kg e o volume, em m<sup>3</sup>.

Outras unidades utilizadas são o g.cm<sup>-3</sup> e g.l<sup>-1</sup>

### 2.5.2 Massa específica aparente da madeira

A massa específica é influenciada pelo teor de umidade da madeira. Comparações entre espécies devem, portanto, ser realizadas a um mesmo teor de umidade, Kollmann (1959).

A massa específica aparente está relacionada a um teor de umidade, por exemplo:

$\rho_{ap12} = m_{12} \div V_{12}$  para a massa específica aparente a 12% de umidade;

$\rho_{ap15} = m_{15} \div V_{15}$  para a massa específica aparente a 15% de umidade, e

$\rho_{ap0} = m_0 \div V_0$  para a massa específica aparente a 0% de umidade.

Nesta última, há grande dificuldade em manterem-se condições na câmara de secagem, e ainda, há a necessidade de medidas rápidas, para que a madeira não reabsorva umidade.

Existe ainda outra forma de determinação, de grande vantagem em estudos teóricos e comparações, denominada Massa Específica Básica Kollmann (1959). É obtida pelo quociente entre a massa da madeira seca a 0%, pelo volume verde da peça:

$$\rho_b = m_0 \div V_{verde}$$

#### 2.5.2.1 Fatores que afetam a massa específica na madeira

Sendo a madeira um material orgânico, heterogêneo, poroso e higroscópico sofre a influência de diversos fatores que atuam na organização de sua estrutura interna, determinando variações na sua massa específica, podendo-se citar:

- Espécie:- As espécies apresentam grande variabilidade na sua estrutura interna. Portanto diferentes espécies possuem massas específicas diferentes. As diferenças de arranjo dos tecidos, distribuição das células, dimensões do lume das células e espessura das paredes celulares determinam valores próprios de massa específica para cada espécie de madeira. Salienta-se que a resistência da madeira está estreitamente relacionada com sua massa específica (PARKER, 1979).

Esta variabilidade em valores de massa específica pode ocorrer ainda dentro de uma mesma espécie, dependendo da região onde árvore cresce. Portanto o valor de massa específica representa valores médios para a espécie, sendo importante, quando da sua determinação, uma amostragem adequada de árvores.

Segundo Trendelenburg E Mayer-Wegelin (1956), a grande variabilidade da madeira pode ser expressa pelas variações da massa específica. Esta afirmação é compartilhada por vários autores Brown et al. (1952); Kollmann (1959); (1952); Knigge E Schultz (1966); Kollmann E Côté (1968); Krempf (1977); Bendtsen (1978) e Desch (1982).

- Teor de Umidade:- A determinação da massa específica depende do peso do material tomado a um teor de umidade fixo. Variações do teor de umidade causam variações do peso da peça de madeira. Sendo assim é fácil perceber a alta influência que o teor de umidade exerce sobre a massa específica. Também o volume poderá sofrer alteração devido a contrações ou inchamento da peça de madeira, Kollmann (1959).

-Lenho inicial e lenho tardio:- Em muitas espécies florestais de clima temperado, existe diferenciação na velocidade de crescimento das árvores, influenciada pela variação das condições climáticas. Em períodos com maior disponibilidade de luz, calor e água no solo (primavera-verão), a planta apresenta intenso crescimento vegetativo, desenvolvendo células de paredes finas, lume grande e, no conjunto, uma coloração mais clara e, em consequência, de menor massa específica. No final do período vegetativo (outono-inverno) a planta reduz sua atividade vital, resultando em células de paredes espessas, lume pequeno e aspecto mais escuro, com maior massa específica (PANSHIN E De ZEEUW, 1970).

Esta distinção no crescimento do lenho, mais evidenciado em coníferas, exerce importante influência na massa específica média da árvore. Em folhosas, o contraste entre massas específicas dos lenhos iniciais e tardios é menos evidente.

Embora a massa específica constitua-se numa medida que reflete a somatória de inúmeras variáveis através dos anéis de crescimento (KOCH, 1972), vários estudos têm demonstrado sua relação direta com o teor de lenho tardio (RISI E ZELLER, 1960; SCHNIEWIND, 1961; ZOBEL E RHODES, 1965; SCARAMUZZI, 1965; NYLINDER, 1973; TATARANU, 1973; GUTH 1974 e KLOCK 1989 e 2000).

Kollmann E Côté (1968) afirmam que, como regra geral, a grande variabilidade na massa específica da madeira de coníferas depende mais da variabilidade da porcentagem de lenho tardio do que da variabilidade na massa específica individuais dos lenhos inicial e tardio.

-Posição no Tronco:- A árvore em geral forma anéis de crescimento mais largo no seu interior, próximo a medula, e anéis estreitos na parte mais externa, próximo a casca. Ocorrem variações de porcentagem de lenho inicial e lenho tardio, resultando em variações da densidade de massa. Outro aspecto importante relacionado com a posição no tronco é a ocorrência da madeira juvenil e da madeira adulta e em espécies de rápido crescimento. A grande diferença entre os dois tipos de lenho está na massa específica. A madeira juvenil é bem mais leve, de menor massa específica, apresentando menor resistência que a madeira adulta, de maior massa específica (PANSWIN E De ZEEUW, 1970).

Ao longo do tronco existem ainda grandes variações da massa específica, encontrando-se um valor máximo na base do tronco, onde são requeridos tecidos de sustentação mais rígidos. A massa específica decresce à medida que se distancia da base em direção a copa, Spurr E Hsiung (1954). Tal variabilidade ocorre entre indivíduos no sentido longitudinal e radial. As variações que ocorrem dentro das árvores, segundo Van Buijtenen (1969) e Barrichelo (1979), são geralmente as mais significativas.

Diversos autores têm-se preocupado com as variações da massa específica no tronco e realizaram estudos para verificar mudanças no sentido longitudinal e transversal da árvore (ZOBEL et al., 1959; KOLLMANN E CÔTÉ, 1968; ELLIOTT, 1970; BRASIL E FERREIRA, 1971; BARTZ, 1974; MONTGNA et al., 1974; KLOCK, 1989 e MUÑIZ 1993). Hasegawa (2003) em estudo de massa específica de três classes diamétricas, verificou que a massa específica se comportou de maneira semelhante nas três classes e decresceu em direção ao topo. Oliveira (2006) verificou que a idade da árvore influenciou significativamente a massa específica do *Pinus taeda*, principalmente entre as idades 9, 13 e 20 anos.

O meio físico onde as árvores crescem podem exercer influência sobre a massa específica. Estas alterações podem ser motivadas por fatores de crescimento como o clima, tipo de solo, altitude, umidade do solo, espaçamento e associação de espécies. Podem ainda ser motivados por aplicação de técnicas silviculturais como: adubação, poda, desbaste, densidade do povoamento entre outros (ZOBEL et al., 1959; KOLLMANN E CÔTÉ, 1968; VAN BUIJTENEN, 1969; ELLIOTT, 1970; OHTA, 1981 e PEREIRA, 1992).

Gonzalez et al.(2009) afirmam que a região de procedência da madeira teve influência na qualidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na suas propriedades físicas (densidade e retratibilidade) e mecânicas (MOR e MOE).

## **2.6. Propriedades mecânicas da madeira**

As propriedades mecânicas e elásticas da madeira podem fornecer, do mesmo modo que as propriedades físicas, informações muito valiosas sobre a qualidade para a industrialização da madeira.

No Brasil, as florestas implantadas com madeiras dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que atualmente completam ciclos de mais de 40 anos de idade, possuem suas propriedades e potencialidades de uso pouco conhecidas, Muñiz (1993).

A base para determinação das propriedades são as normas técnicas. Nelas se prescrevem os métodos exatos de condução de processos de amostragem e execução de ensaios. No Brasil alguns laboratórios se valem dos métodos descritos na norma NBR-7190 da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, em outros se utilizam das normas COPANT - Comissão Panamericana de Normas Técnicas, da ASTM, - American Society for Testing and Materials, ou mesmo as normas européias para alguns ensaios. Existe, portanto dificuldade de comparação de resultados obtidos em testes de muitas espécies, mais ainda ao se considerar que ao longo do tempo as unidades utilizadas para expressar os resultados, diferem das recomendadas pelo Sistema Internacional de Unidades.

Ensaio realizados com corpos de prova de madeira da mesma espécie, mesmas dimensões, e nas mesmas condições, podem apresentar uma variação considerável em valores de resistência. Parker, (1979); enfatiza que a variabilidade nos resultados obtidos em ensaios deve ser levada em consideração, quando são estabelecidos os esforços admissíveis para fins estruturais de diferentes espécies e classes de madeira.

A variação existente entre a madeira juvenil e a adulta de espécies de coníferas, segundo Simioni (1981), deve ser necessariamente considerada no cálculo de tensões admissíveis para a classificação da madeira em classes de qualidade.

Embora a experiência empírica e a disponibilidade da madeira freqüentemente sugerissem quais as espécies de madeira que deveriam ser utilizadas para uma finalidade em particular,

atualmente um conhecimento muito mais detalhado se faz necessário para uma utilização eficiente, bem como para a utilização de uma madeira de espécie desconhecida ou de crescimento em condição exótica, e ainda para a indicação de espécies para projetos de reflorestamento.

O valor e a regularidade das propriedades da madeira são parâmetros para o julgamento da sua qualidade e assim prognosticar uma estimativa do seu poder de concorrência no mercado, Noack, (1976); Noack E Schwab (1973).

Segundo Bodig E Jayne (1993), a crescente diversidade na utilização de produtos compostos de madeira atualmente, tem expandido a necessidade de se obter dados da resistência mecânica da madeira das diferentes espécies em uso e das novas espécies.

### **2.6.1 Elasticidade e módulo de elasticidade da madeira**

Quando um corpo sólido é submetido a uma carga relativamente baixa a deformação será proporcional a sua intensidade. A capacidade do material de voltar à forma inicial, ao ser removido o esforço, chama-se elasticidade. Porém se a grandeza da carga aplicada ultrapassar certo limite, chamado de "Limite de elasticidade ou proporcional", o corpo não retornará mais a sua forma original quando retirada a força atuante, se o esforço continuar o material se deformará até a ruptura, Parker, (1979).

Então, elasticidade é a propriedade que os corpos possuem de armazenar, sob a forma de energia potencial interna, o trabalho mecânico de deformação provocado por uma solitação externa, devolvendo esta energia total ou parcialmente quando desaparece a causa da deformação. A elasticidade é uma característica dos corpos sólidos abaixo de certos limites de tensão, acima destes limites, deformações podem ocorrer.

O Módulo de Elasticidade (MOE) expressa a carga necessária para estender um corpo de 1 cm<sup>2</sup> de área transversal de uma distância igual ao seu próprio comprimento. O Módulo de Elasticidade é apenas um valor teórico introduzido para maior facilidade de cálculos. Na realidade nunca se consegue uma deformação da grandeza do comprimento do próprio corpo, pois antes disto acontecer dá-se a ruptura do material, Parker, (1979).

Embora o Módulo de Elasticidade não ofereça informações reais sobre o comportamento do material, em geral pode-se deduzir que:

- Quanto mais alto o valor do Módulo de Elasticidade, mais alta a resistência do material.

- Quanto mais alto o valor do Módulo de Elasticidade, mais baixa a deformidade de um material.

- Quanto mais baixo o Módulo de Elasticidade, piores serão as qualidades do material para fins construtivos.

A classificação de madeiras para construção, em alguns países, é baseada no Módulo de Elasticidade. A classificação é feita de acordo com a deformação medida.

Os valores para cálculo podem ser lidos diretamente em uma curva gráfica, fornecida pela máquina de ensaios, ou curva traçada com base em leituras feitas em relógio deflectômetro, que registra a deformação da peça ensaiada pelas cargas aplicadas, Bodig E Jayne, (1993).

Para determinação do Módulo de Elasticidade a flexão. Uma carga  $P$  aplicada no meio de um corpo de prova que repousa sobre dois apoios causa tensões no seu interior e uma deformação até a ruptura. O teste de flexão estática encerra três tipos de tensões: tração, compressão e cisalhamento, sendo mais influenciado pelas tensões de compressão e tração, Kollmann E Côté, (1968); Bodig E Jayne (1993).

As medidas nominais dos corpos de prova são: 5 x 5 x 75 cm, segundo a Norma COPANT 555 (1973), embora também se utilizem os 2 x 2 x 30 cm de árvores com pequenos diâmetros, ou para se obter corpos de prova sem defeitos.

As distribuições das tensões se alteram no interior do corpo de prova durante o ensaio, no início do ensaio, durante o ensaio e no momento da ruptura: 1°. Início do teste - a zona neutra está sendo deslocada para o lado de tração. As tensões de compressão e de tração são iguais (área igual); 2°. A tensão do lado de compressão não aumenta mais, devido a deformações plásticas neste lado. O lado de tração resiste mais, sendo quase o dobro da compressão e 3°. Ocorre a ruptura quando a tensão do lado tracionado atinge a resistência máxima à tração da madeira testada, (KOLLMANN E CÔTÉ, 1968).





### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizada a espécie *Pinus caribaea* Morelet. var. *bahamensis* Barr. et Golf, proveniente de duas populações existentes na Floresta Estadual de Manduri do Instituto Florestal de São Paulo, sendo uma plantada em 1969 e outra em 1992 e não resinada. A Figura 1 ilustra a localização geográfica da região de coleta do material lenhoso.

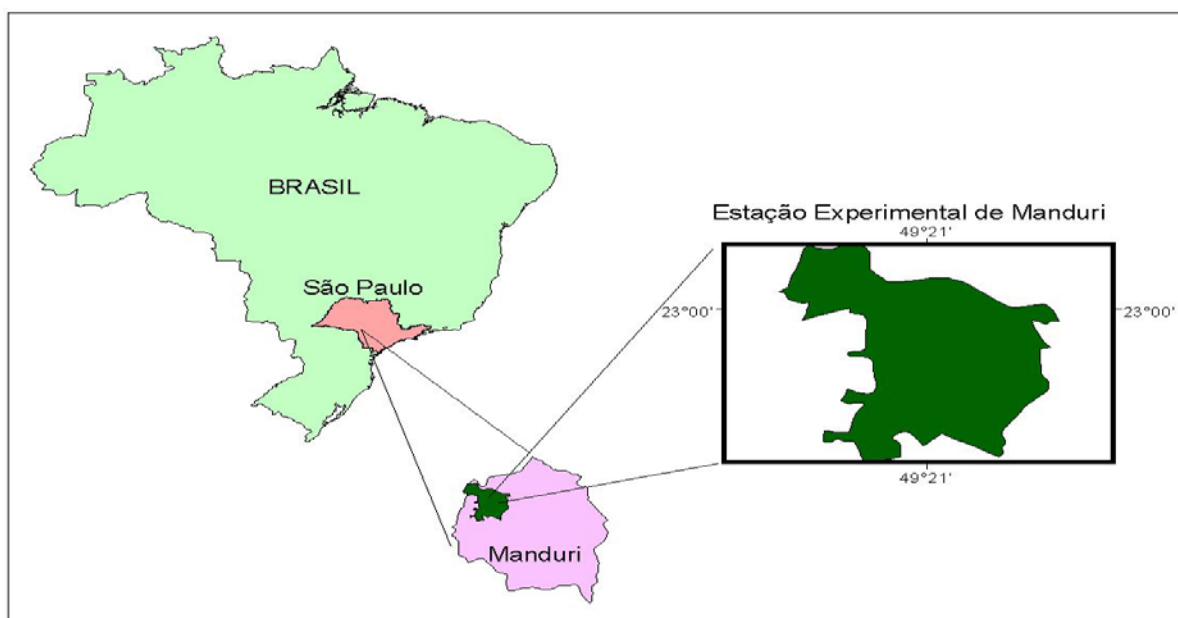


Figura 1 - Mapa de localização geográfica da região de coleta das amostras

O local está a 49° 29' de longitude oeste de Greenwich e 23° 00' de latitude sul, e a 700 m. de altitude. Com base no sistema Köppen, o clima é do tipo CWa clima temperado húmido com Inverno seco e Verão quente. A temperatura fica em torno de 20° a 21°C e a mínima entre 12° a 8°C, podendo ocorrer geadas no inverno. O tipo de solo varia de Regosol “intergrade” para Podzólico vermelho amarelo.

#### 3.1 Amostragem

Inicialmente foi realizado um inventário das populações bases, cujos dados estão estratificados na Tabela 1, dos quais definiram três classes de DAP em cada uma das populações

(1969 e 1992) sendo, pelo menos uma classe, comum às duas populações. Os dados obtidos (Tabela 1) estão plotados na Figura 2, de onde foram definidas as classes de diâmetro:

- centro de classe na população (mais nova) plantio de 1992: 18 25 e **32** cm de DAP;
- centro de classe na população (mais velha) plantio de 1969: **32** 45 e 58 cm de DAP.

Tabela 1 – Frequência de árvores de *P. caribaea* var. *bahamensis* em duas populações distintas.

DAP	16 anos	39 anos
17,5	35,00	
22,5	35,00	
27,5	23,00	
32,5	7,00	6,00
37,5		5,00
42,5		15,00
47,5		9,00
52,5		8,00
57,5		9,00
62,5		5,00

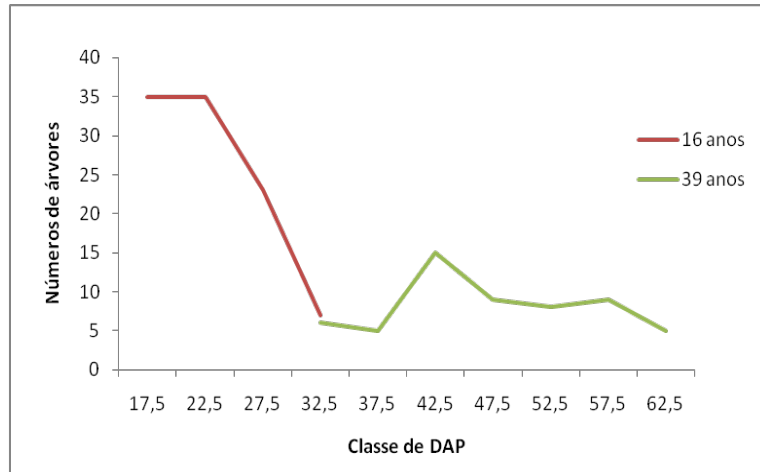


Figura 2 - Curva de distribuição de árvores de *P. caribaea* var. *bahamensis* de acordo com as classes de diâmetro do talhão instalado em 1969 e 1992

### 3.2 Amostragem em campo

Dentro de cada tratamento (grupo I = plantios de 1969 e grupo II = plantio de 1992), foram coletadas 9 árvores, através de uma seleção casual dentro de cada classe sendo, 3 em cada classe de DAP previamente estabelecida, perfazendo no total 18 árvores. A numeração das árvores e suas respectivas medidas de DAP (diâmetro a altura do peito a 1,30m.), altura total e altura do fuste, após a derrubada da árvore, constam da Tabela 2 e 3.

Tabela 2 - Dados dendrométricos das populações de 1969 (G. I) e 1992 (G. II)

<i>Pinus caribaea var. bahamensis</i>								
Tratamento	Nº Talhão	Plantio (Data)	Área (há)	Espaçam. Inicial	Nº de Desbastes	% Desbaste	Produção de madeira (st)	Total árvores remanescentes
Grupo I	03	1992	18,75	1,5 x 3,0	1º desb./2002	45	1.328,86	13.700
					2º desb./2005	40	1.378,41	
Grupo II	119a	1969	8,00	1,8 x 2,8	1º desb./1980	40	1.407,36	1.700
					2º desb./1982	50	1.488,36	
					3º desb./1986	35	666,00	
					4º desb./2005	50	2.500,00	

Tabela 3 - Dados por árvores das populações de 1969 (G. I) e 1992 (G. II)

<i>Pinus caribaea var. bahamensis</i>							
Grupo I = 1992				Grupo II = 1969			
Árvore	DAP (cm)	Altura Total (m)	Nº Pranchas	Árvore	DAP (cm)	Altura Total (m)	Nº Pranchas
1	18,2	18,5	3	10	31,9	25,5	7
2	18,9	19,5	3	11	32	25,0	6
3	18,5	17,5	3	12	32,1	24,5	6
4	25	19,0	4	13	42,5	25,5	7
5	25,6	20,5	4	14	45,7	25,7	7
6	26,3	20,5	3	15	47,5	26,5	7
7	32,1	21,0	4	16	52,8	24,5	6
8	32	22,5	5	17	57,5	27,5	7
9	31,8	22	5	18	62,5	29	7

De cada árvore após a derrubada com motosserra, foi demarcada a face norte com lápis de cera e reforçada com motosserra fazendo uma marcação em cruz. Posteriormente foram seccionados os segmentos de toras de 3 metros de comprimento até a altura comercial (10 cm. de diâmetro).

Todos os segmentos das toras sofreram identificação numérica na base, com lápis cópia, conforme a Figura 3 e demarcada a prancha principal com aproximadamente 4 cm de largura (seccionando a medula no meio).

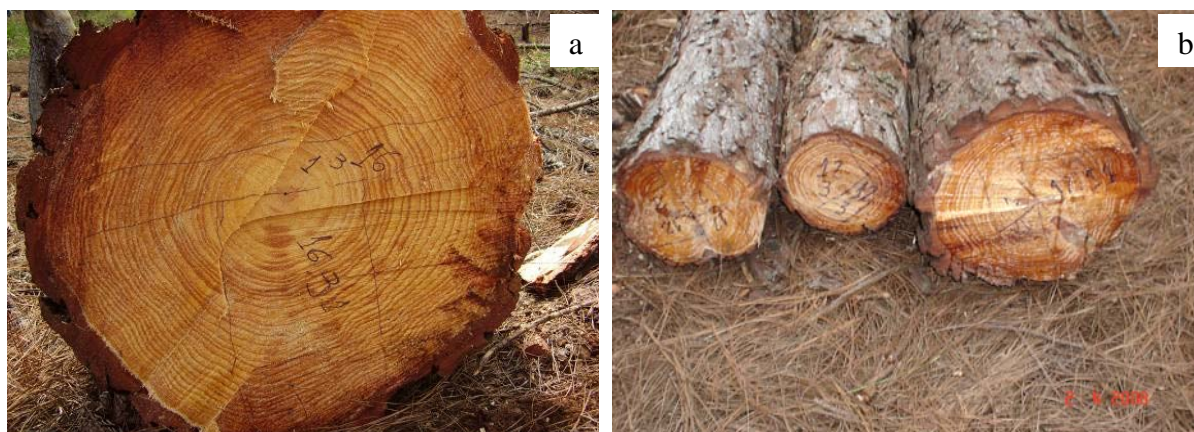


Figura 3 - Amostragem nos segmentos de toras das árvores. (a) do grupo II e (b) do grupo I

### 3.3 Desdobro

As toras foram processadas logo após a coleta destrutiva e a estratégia de corte definida foi mantida de tal forma a se obter a prancha central de 4 cm de espessura e contendo a casca.

As toras das árvores provenientes do plantio 1962, por possuírem maiores diâmetros, foram processadas em serra de fita simples (Figura 4) e as do plantio de 1992, foram processadas em serra de fita dupla, pertencente à Floresta Estadual Experimental de Mandurí (Figura 5).

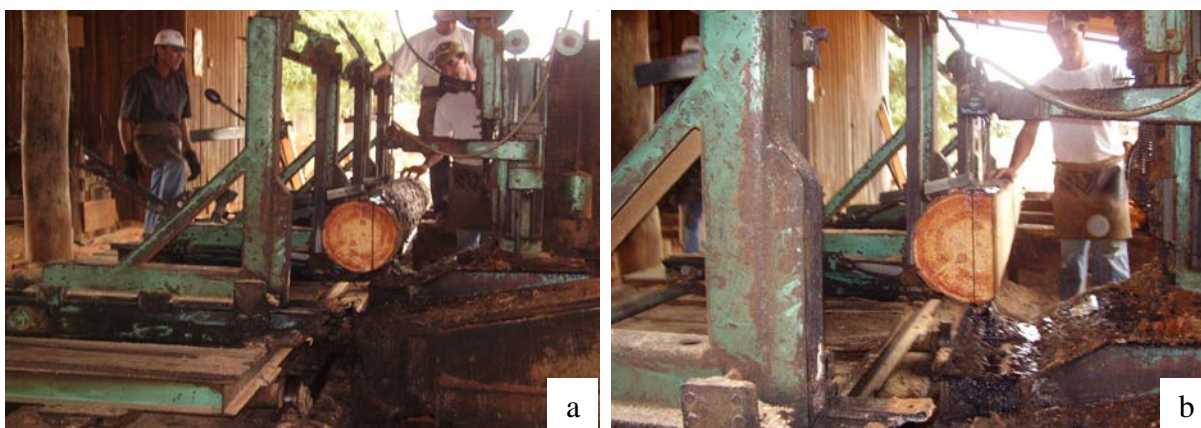


Figura 4 – Processamento das toras do plantio de 1962, em serra de fita simples. (a) costaneira e (b) prancha principal



Figura 5 – Processamento das toras do plantio de 1992 em serra dupla: (a) posicionamento da tora e em (b) prancha principal

### 3.4 Tratamento preservativo

As pranchas imediatamente após serem desdobradas e remarcadas com identificação numérica foram submetidas a um tratamento preservativo (banho de imersão por mais ou menos 5 minutos). A solução química usada no banho de imersão com preservativo era composta de uma mistura em partes iguais da solução fungicida a 5% de Osmotox Plus mais a solução inseticida a 2,5% de Osmose CP50 e água nas proporções (1:1). Após o banho, as pranchas de madeira foram empilhadas e envoltas em plástico, formando um campo escuro por 48 horas. (Figura 6). A secagem foi realizada ao ar livre por aproximadamente 2 meses. (Figura 7).



Figura 6 – Tratamento preservativo com banho de imersão (a) e em campo escuro (b)

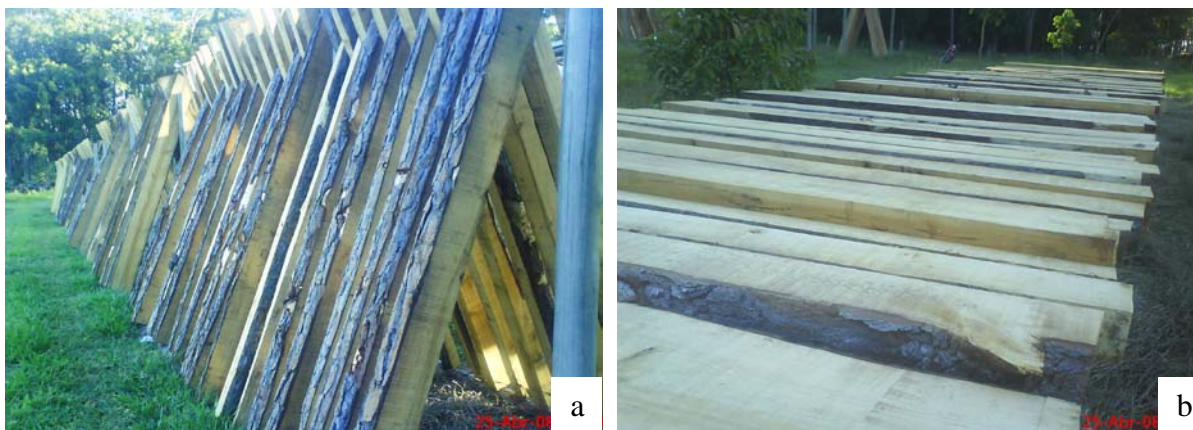


Figura 7 – Secagem ao ar livre das pranchas, em pé (a) e deitadas (b)

Após a secagem no campo as pranchas foram submetidas a um leve desgrossoamento, na desgrossadeira Invicta, na face que continha a medula, com a finalidade de revelar ou destacar os anéis de crescimento. As pranchas com diâmetro maiores foram lixadas com lixadeira Bosh (Figura 8).



Figuras 8 - Técnicas de polimento utilizadas com desgrossadeira (a) e com lixadeira (b)

Em seguida cada prancha principal foi codificada e demarcada com lápis cópia o direcionamento da medula e traçada uma linha de referência, da base até o topo em cada prancha (Figuras 9).

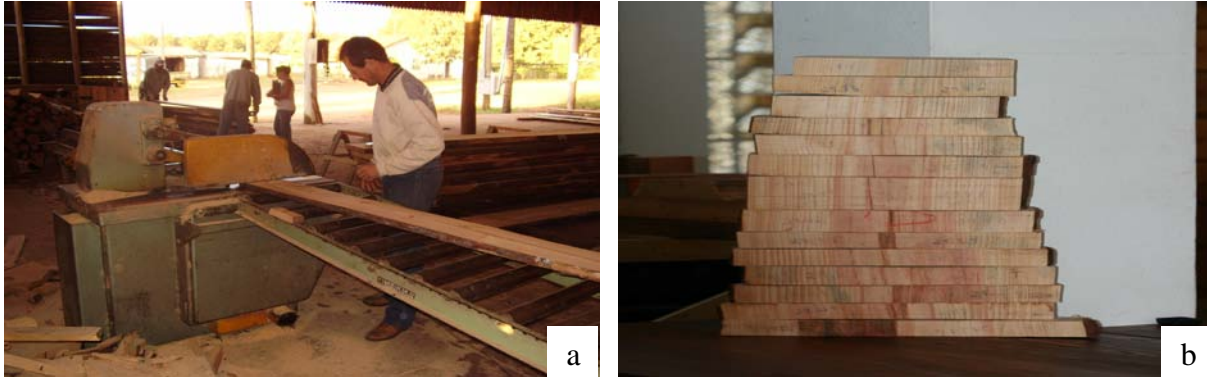


Figuras 9 - Marcação do direcionamento da medula na prancha principal: (a) visualização da medula e (b) marcação da medula e anéis de crescimento

### 3.5 Isopropriedades

#### 3.5.1 Isoidade

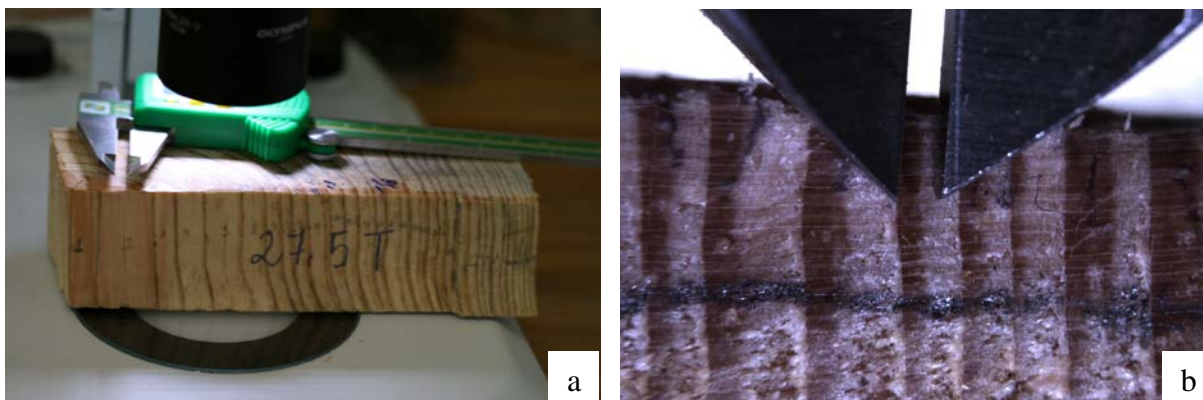
Amostras de aproximadamente 5 cm da base e topo de cada prancha de cada tora de todas as árvores foram retiradas, com auxílio de serra circular e devidamente codificadas (Figura 10).



Figuras 10 - Coleta das amostras da base e topo das toras sendo seccionadas (a) e as amostras retiradas (b)

As amostras em laboratório foram novamente orientadas a manter sempre a direção norte para medição dos anéis de crescimento da medula para a casca. Foram polidas com navalha no plano transversal para melhor visualização dos anéis de crescimento, em seguida sob estereomicroscópio Olympus SZ61 e com auxílio de paquímetro digital foram realizadas as medições em milímetros da largura de cada lenho inicial e tardio, no sentido radial de cada amostra da base e topo de cada tora de todas as árvores, tendo como referência a medula previamente demarcada conforme a Figura 11. Os dados de cada lenho inicial e tardio, o valor da distância de cada anel de crescimento em relação à distância da medula foram plotados em planilha, Excel. Com base nesses resultados foi construída a distribuição dos anéis de crescimento em cada árvore estudada.





Figuras 11 - Medição do lenho inicial e tardio. Em (a) equipamentos para medições e (b) anéis sob estereomicroscópio

### 3.6 Amostragem

#### 3.6.1 Amostragem para isopropriedades

Em todas as pranchas de uma mesma árvore foram demarcados sarrafos devidamente codificados com dimensões de 3x3x60cm na posição radial a 0, 25, 50, 75 e 100%, nas árvores de maior diâmetro ou pelo menos a 0, 50 e 100%, nas árvores de menor diâmetro (Figura 13). Na primeira prancha de cada árvore a primeira amostragem foi realizada na base da prancha nas posições acima citadas tendo como referência a medula e a partir desta em proporções das distâncias correspondentes do raio, partindo da medula, (P= amostras paralelas a medula). Em seguida foram realizadas as amostras acompanhando os anéis de crescimento (A), tendo como referência o anel do centro de cada amostra (P). Na região do topo da mesma prancha amostras (AT) tendo como referência o anel do centro de cada amostra (A), com auxílio de fio de nylon esticado a partir de cada amostra (P), conforme a Figura 12.

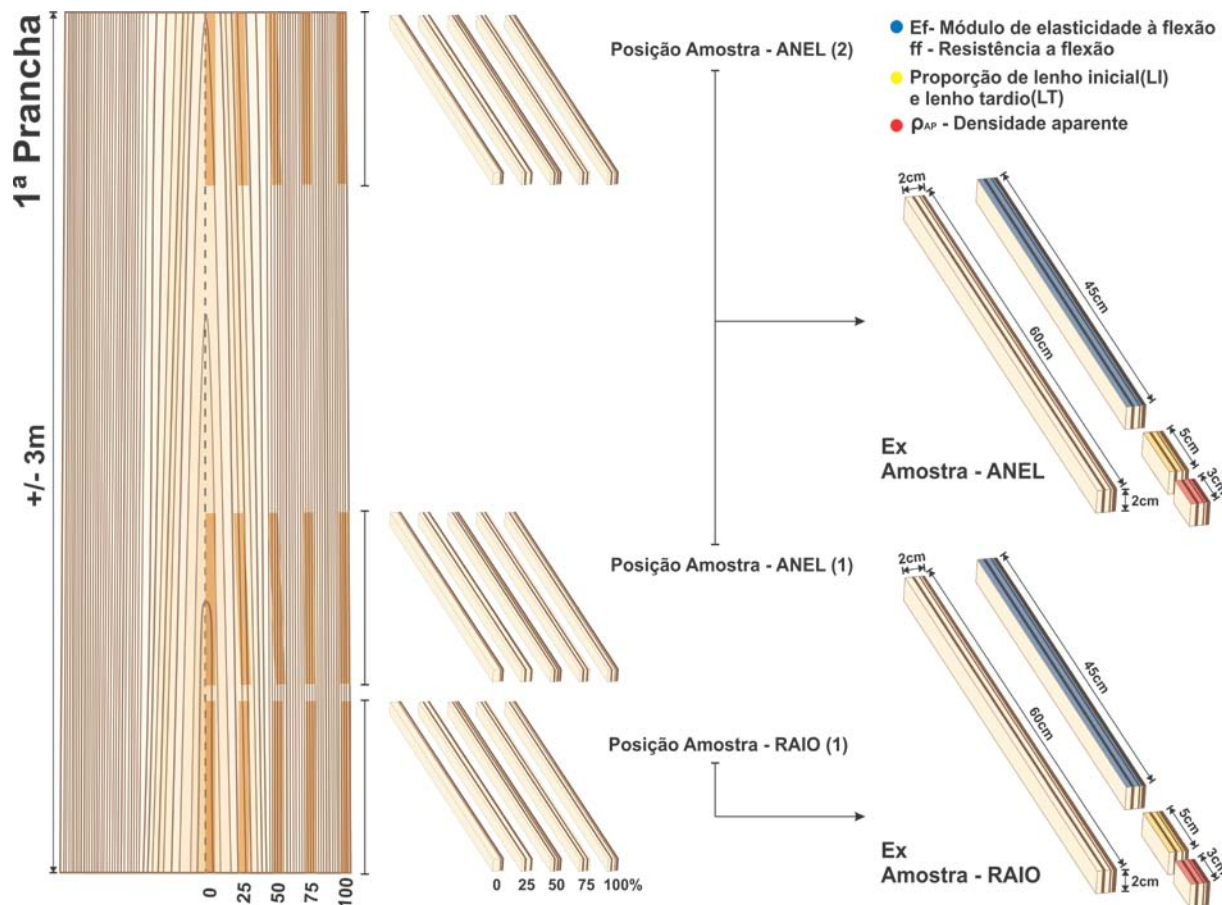


Figura 12 - Amostragem para as isopropriedades físicas, mecânicas e proporção de lenho inicial e tardio

Em seguida nas pranchas foram demarcados os sarrafos, sem defeito aparente e seccionados em serra de fita fina e receberam acabamento em desgrossadeira para obterem as dimensões de 2x2x60cm.



Figura 13- Amostragem das posições de retirada dos corpos-de-prova. (a) posicionamento da medula; (b) marcação das amostras por posição (paralela e anéis de crescimento); (c) amostras codificadas; (d) retirada de amostras acompanhando os anéis de crescimento; (e) e (d) acabamento para obtenção das dimensões finais do corpo-de prova

Dos sarrafos obtidos foram cortados corpos-de-prova com dimensões de 2x2x3 cm para determinação da densidade aparente ( $\rho_{12}$ ) e com 2x2x5 cm para proporção de lenho inicial (LI) e lenho tardio (LT). Para o ensaio de módulo de elasticidade à flexão (MOR e MOE), os corpos de prova foram cortados com 2x2x45 cm de comprimento, conforme Figura 12. Essas amostras foram aclimatadas em ambiente de laboratório até alcançar 12% de umidade. O número de

sarrafos variou conforme a variação do número de pranchas por árvore, diâmetro das toras e frequência de nó e outros defeitos aparentes.

As amostras foram ensaiadas de acordo com a Norma ABNT 26-40- Associação de Normas Técnicas.

### 3.6.2 Isodensidade

Dos sarrafos após aclimação e estabilização a 12% de umidade, foram retirados corpos-de-prova de 2x2x3cm para a determinação da densidade aparente (Figura 12 e 14).



Figura 14 - Corpo-de-prova utilizado na determinação da densidade aparente da madeira

A densidade aparente a 12% de umidade foi determinada obtendo-se o peso do corpo de prova em balança digital Marte Mod. AS-2000 e as medidas das arestas do corpo de prova com auxílio de paquímetro digital. Para a determinação da densidade aparente foram utilizados 991 corpos-de-prova e os procedimentos adotados seguiram as recomendações e de acordo com a Norma ABNT 26-40- Associação de Normas Técnicas.

$$\rho_{ap12\%} = M_{ap 12\%} / V_{ap 12\%}$$

Onde:

$\rho_{ap12\%}$  = densidade aparente a 12% de umidade (g/cm<sup>3</sup>);

$M_{ap 12\%}$  = massa do corpo-de-prova a 12% de umidade (g);

$V_{ap 12\%}$  = volume do corpo-de-prova a 12% de umidade (cm<sup>3</sup>)

### 3.6.3 Isoproporção de lenho inicial e tardio

Os corpos-de-prova com dimensões de 2x2x5cm para a realização das medições de área total, proporção de lenho inicial e tardio, foram retirados dos sarrafos descritos no item 3.6.1, conforme Figura 12.

Cada corpo-de-prova devidamente codificado foi polido na face transversal com lixadeira DeWalt Roto Orbital 5'', com lixa circular número 60, 120 e 280, para melhor visualização dos anéis de crescimento.

Os corpos-de-prova foram agrupados por posição na tora e árvore em grade utilizada como suporte de tubo de ensaio, e em molde vazado com identificação das posições: P, A e AT, conforme descrito no item Isoidade e o número da árvore e tora correspondente. Para adquirir as imagens foi utilizado um “scanner” Canon MP150, conforme Figura 15.



Figura 15 - Aquisição de imagens para cálculo de proporção de lenho inicial e tardio

A medição da área de lenho inicial e tardio foi realizada no software de geoprocessamento ArcView 3.2, onde as imagens escaneadas de todos os blocos, em formato JPEG, foram introduzidas e vetorizadas conforme Figura 16.

Posteriormente a área total dos anéis de crescimento inicial e tardio de cada bloco foi transformada em porcentagem por:

$$\text{Lenho Inicial (\%)} = \text{área lenho inicial (mm}^2\text{)} / \text{área total do bloco (mm}^2\text{)}$$

$$\text{Lenho Tardio (\%)} = \text{área lenho tardio (mm}^2\text{)} / \text{área total do bloco (mm}^2\text{)}$$

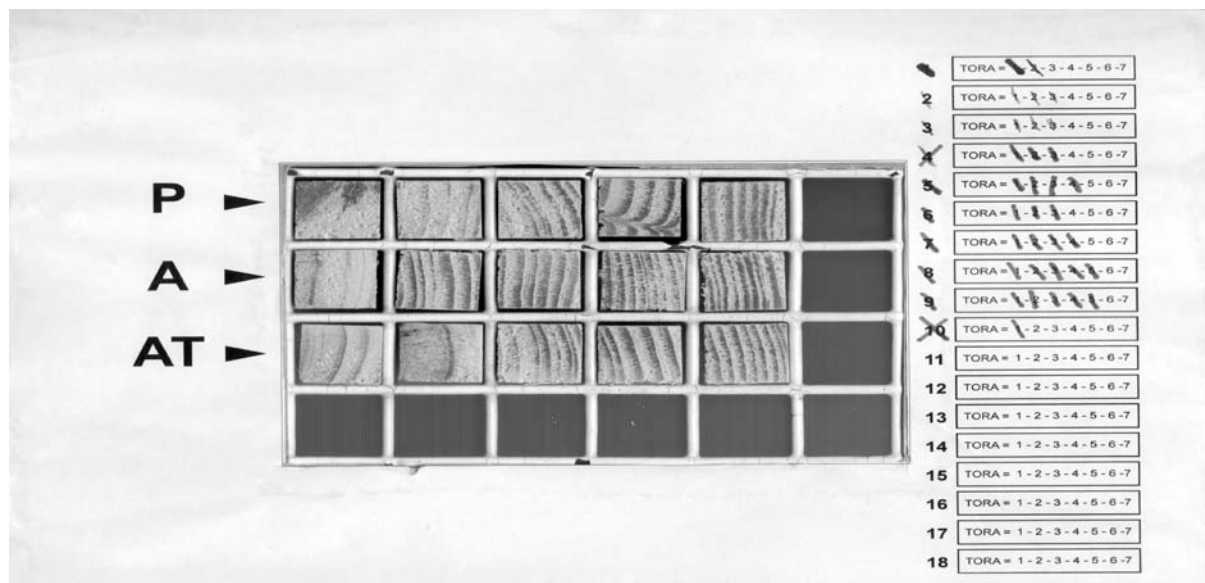


Figura 16 - Imagem digital dos corpos-de-prova

### 3.6.4 Isopropriedades mecânicas

#### 3.6.4.1 Ensaios de flexão estática

Das propriedades mecânicas, a flexão estática foi determinada a partir de corpos-de-prova obtidos nas posições e dimensões descritas no item 3.6.1, conforme Figura 12, totalizando 920 corpos-de-prova. O ensaio consistiu na aplicação de carga em um corpo-de-prova colocado sobre dois pontos de apoio. Esse teste foi realizado seguindo a norma técnica ASTM D-1037: 1999. Os corpos-de-prova ensaiados com as dimensões de 2 x 2 x 45 cm (direções radial, tangencial e longitudinal, respectivamente) e isentos de defeitos aparentes. Foram realizados ensaios de flexão estática para determinar o módulo de elasticidade – MOE e o módulo de ruptura – MOR, a carga no limite proporcional e deformação no limite proporcional dos corpos-de-prova

As amostras foram colocadas em câmara climatizada a 20°C e 65% de umidade relativa onde permaneceram até atingirem a umidade de equilíbrio.

Os testes foram realizados em máquina universal de ensaios conforme Figura 17, hidráulica, com capacidade de aplicação de carga de 20 toneladas no Laboratório de Máquinas e Engenharia da Madeira.

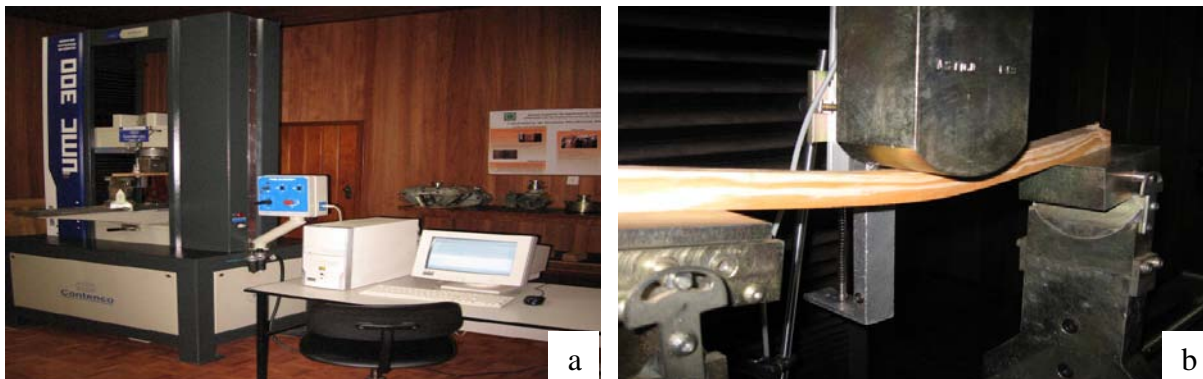


Figura 17 - Máquina universal utilizada para ensaios mecânicos (a); e momento de aplicação de carga (b)

### 3.7 Isoanatomia

Das árvores número 7,8,9 oriundas da população de 1992 (grupo I) e as de número 10,11,12 da população de 1969 (grupo II) pertencentes à mesma classe de diâmetro (32 cm.), após as medições da largura do lenho inicial e tardio em cada anel de crescimento com paquímetro digital, foram retiradas amostras de fragmentos de madeira de cada lenho por anel de crescimento, com auxílio de goiva e mini formão e colocados em vidros devidamente identificados para maceração, conforme procedimento descrito no item 3.7.1 sobre os procedimentos para estudos macro e microscópico do lenho.

Para verificar a variação das dimensões das traqueídes no sentido radial em cada lenho inicial e tardio de cada anel de crescimento e compará-los entre mesma idade, idades diferentes, o último anel de crescimento das árvores mais jovens com o anel de crescimento correspondente das árvores mais velhas, por exemplo, se o último anel de crescimento das árvores mais jovem foi o 16º anel então foi comparado com o 16º anel de crescimento da árvore mais velha e também foram comparados os últimos anéis de crescimento entre as idades estudadas. Para isso, foram utilizados os discos da base, por conter todos os anéis de crescimento. A técnica de maceração, confecção das lâminas provisórias e medições utilizadas estão descritas com detalhes abaixo, no item 3.7.1.

Para a análise da distribuição espacial ao longo do tronco das propriedades Densidade Aparente ( $\rho$ ), porcentagem de Lenho Inicial (LI%), porcentagem de Lenho Tardio (LT%), Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR), utilizou-se o método de interpolação Inverso do Quadrado da Distância. A superfície considerada foi à secção longitudinal do tronco de cada árvore estudada.

Cada ponto de amostragem foi identificado por suas coordenadas:

X: raio do tronco (m)

Y: altura ao longo do tronco (m)

Z: variável analisada (Densidade Aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), porcentagem de Lenho Inicial (%), porcentagem de Lenho Tardio (%), Módulo de Elasticidade (MPa) e Módulo de Ruptura (MPa).

Este método de interpolação estima o valor de uma célula pela média dos valores dos pontos vizinhos. Para tanto a superfície do tronco de cada árvore estudada foi transformada em uma grade de células de tamanho proporcional ao tamanho dos mesmos de forma automática pelo modelo. Os pontos mais próximos do centro da célula que está sendo estimada têm mais influência, ou peso, neste processo. Também se assume que a variável que está sendo mapeada diminui sua influência com a distância a partir de sua localização.

A potência 2 para a distância, aqui adotada, é a mais comumente utilizada neste método, onde quanto maior for a potência maior será a influência dos pontos mais próximos.

O limite da interpolação foi à própria geometria do tronco.

### **3.7.1 Procedimentos macroscópicos e microscópicos do lenho**

No que concerne à descrição macro e microscópica do material lenhoso, foram utilizadas as normas COPANT (1974), IBAMA (1992) e IAWA (2004), para a caracterização da espécie. Realizaram-se cortes histológicos, em corpos-de-prova, com as dimensões de 2x3x3cm retiradas no DAP (diâmetro a altura do peito = 1,30m) obtidos em 6 árvores diferentes sorteadas aleatoriamente entre as 18 árvores amostradas. Dessas, foram obtidas secções nos plano transversal, longitudinal tangencial e radial, com ajuda de um micrótomo de deslize Zeiss-Hyrax S50 e com navalha de fio de tungstênio e montadas as lâminas permanentes.

Os corpos-de-prova foram amolecidos por meio do cozimento em água e glicerina na proporção de (4:1) até apresentarem condições ideais para o seccionamento. Os corpos-de-prova



foram fixados no micrótomo de deslize e na superfície foi aplicado álcool 70% e após secagem, uma mistura de resina plástica para PVC e acetato de butila (2:1), após secagem da solução (5 min.) procedeu-se os cortes. As secções histológicas foram obtidas com espessura entre 15 e 20µm. Secções de cada amostra foram clarificadas em hipoclorito de sódio a 40% para retirada de conteúdos celulares; lavados e desidratados em série alcoólica (20-30-40, até 100%), submetidas à coloração com safranina (solução alcoólica 50%); em seguida em série de álcool-xilol (3:1), (1:1) e (1:3) e xilol. Na confecção das lâminas permanentes, os cortes foram colocados devidamente em lâmina de vidro untada com bálsamo do Canadá e cobertas com lamínulas, segundo Johansen (1940) e Sass (1951).

Além das secções histológicas, foi preparado o lenho dissociado segundo o método de Franklin modificado (Berlyn E Miksche 1976). Fragmentos de todas as amostras (lenho inicial e lenho tardio), de cada anel de crescimento na posição radial da região da base, foram cortados com navalha descartável para micrótomo (Figura 18c).

As amostras foram colocadas em vidros tipo “wheaton” contendo solução de peróxido de hidrogênio 100 volumes e ácido acético glacial (1:1). Os vidros foram vedados com fita adesiva e permaneceram 48 horas em estufa a 60<sup>0</sup>C. Posteriormente, o material foi lavado com água corrente e corado com safranina 1% alcoólica. As lâminas provisórias foram montadas com glicerina a 60%, segundo as técnicas de Dop E Gautié (1928).

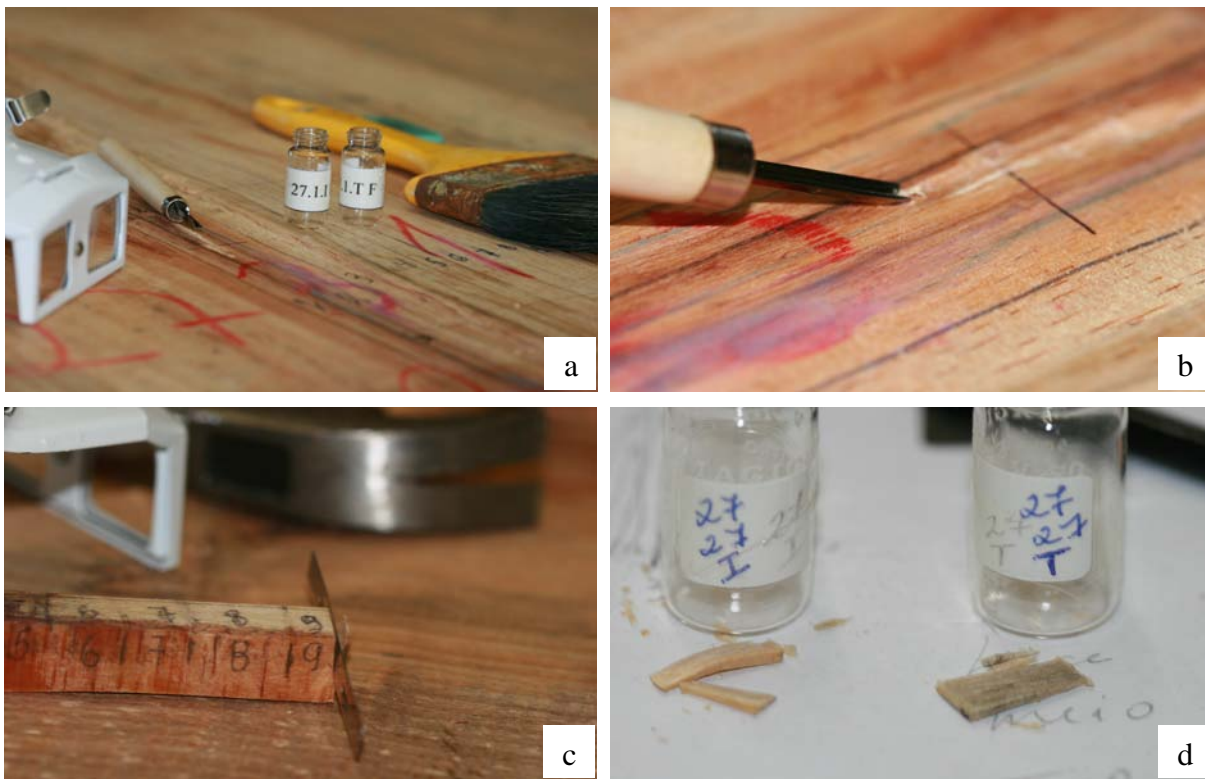


Figura 18 – Procedimentos para coleta de material lenhoso para maceração: (a) materiais utilizados na coleta; (b) coleta dos lenhos com goiva; (c) coleta dos lenhos com navalha; (d) lenho inicial e tardio separados para macerado

Foram avaliadas as características anatômicas sugeridas pelo IAWA Committee (2004), sendo que para cada característica foi adotado  $n = 25$ . Todas as mensurações foram realizadas em microscópio equipado para captura de imagens e sistema semi-automático de medições (Marca Olympus modelo BX 50 com software de análise de imagens Image Pro Express versão 6.3, (Figura 19)

As amostras lenhosas e as lâminas histológicas estão depositas no acervo da xiloteca do Instituto Florestal, registrada no Index Xilariorum sob a sigla (SPSFw), com os números SPSFw 3582, 3583, 3584, 3585, 3586, e 3582.

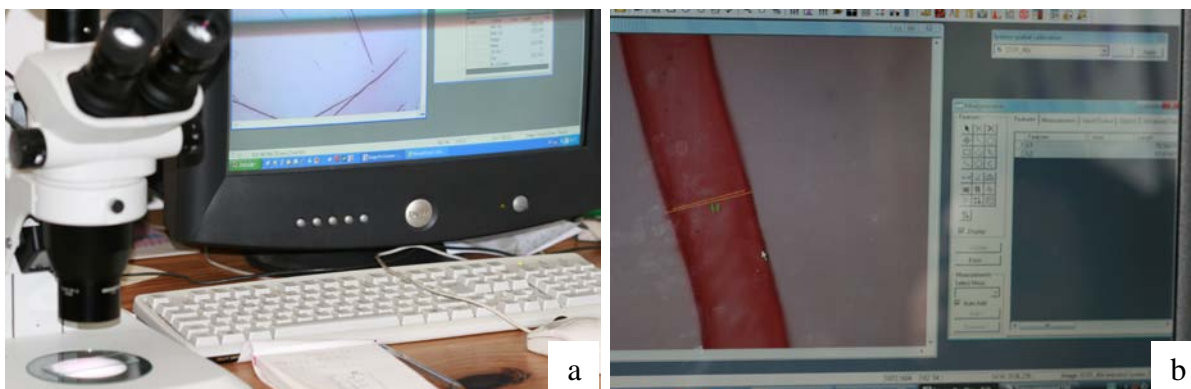


Figura 19 - Sistema de aquisição de dados e análise de imagens macro e microscópicas. (a) medições de comprimento dos traqueídeos e (b) medições de diâmetro e lume dos traqueídeos

### 3.8 Análise estatística

Todas as características quantitativas, determinadas em cada amostra, através das mensurações e contagens dos elementos anatômicos, foram analisadas estatisticamente. Para melhor verificação das variações das variáveis estudadas, determinou-se o número mínimo de medições necessárias para 95% de confiabilidade (N); utilizando-se da fórmula de Freese (1967) e também os valores máximos (MAX), mínimos (MIN) e médios (X); variância ( $s^2$ ); desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV%).

Na avaliação do experimento, utilizou-se de modelos matemáticos que foram ajustados para considerar a variação completa dos tratamentos, dentro de cada uma das posições axial e radial. Primeiramente foi efetuado o teste de homogeneidade de variância utilizando para esse fim o teste de Kolmogorov-Smirnov.

Foi verificada a necessidade de transformação dos dados e para isso foi utilizado as equações 1 a 4 que são transformação potência de Box e Cox

$$TC = CT^{(0,75)} \quad (1)$$

Em que:

TC= comprimento das traqueídes dado transformado;

CT= comprimento das traqueídes.

$$TD = DT^{(-0,25)} \quad (2)$$

Em que:

TD= diâmetro das traqueídes dado transformado;

DT = diâmetro das traqueídes.

$$TLUME = LUME^{(0,50)} \quad (3)$$

Em que:

TLUME= lume das traqueídes dado transformado;

LUME = lume das traqueídes.

$$TPARE = PARE^{(0,25)} \quad (4)$$

Em que:

TPARE= espessura da parede das traqueídes dado transformado;

PARE= espessura da parede das traqueídes.

Posteriormente, realizou-se o teste F de análise de variância segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado adotando-se esquema fatorial. Foram realizados testes para a comparação de médias através do teste de Tukey, sempre que era observada diferença significativa, ao nível de 5% de significância, de algum tratamento no teste F, para as variáveis estudadas. Os dados foram analisados no Laboratório de Métodos Quantitativos da ESALQ/USP, pelo SAS (Statistical Analysis System).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização anatômica do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

#### 4.1.1 Descrição macroscópica do lenho

O lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* apresentam cerne e alborno distintos, de coloração branco-palha ou amarelo levemente alaranjado intercalado com listras marrom escuras; cheiro característico de resina, grã direita, brilho moderado, textura fina a média, leve a pesada ( $0,50-0,85 \text{ g/cm}^3$ ); anéis de crescimento distintos demarcados pelo contraste de cor marrom-escura no lenho tardio e com transição brusca para o branco-amarelado no lenho inicial; do lenho inicial para o lenho tardio a transição é gradual e varia de estreito a largo, apresentando sua maior largura na região próximo a medula e de menor largura próximo a casca; foram observados falsos anéis de crescimento; o parênquima axial é indistinto sob lente; os raios são visíveis sob lente no topo e no plano tangencial apenas quando associados a um canal de resina radial formando o raio fusiforme; canais de resina presentes no topo são perceptíveis a olho nu, com coloração clara contrastando com o lenho tardio, nos planos tangencial e radial são facilmente visíveis sob lente como pequenos pontos marrons no lenho inicial.

#### 4.1.2 Descrição microscópica do lenho

As *traqueídes* longitudinais do lenho inicial na seção transversal apresentam formato prismático hexagonal ou quadrangular e paredes finas com o seu comprimento médio  $5.805,81\mu\text{m}$  ( $4.854,81-6.653,66\mu\text{m}$ ); diâmetro tangencial médio  $65,63\mu\text{m}$  ( $56,77-73,54\mu\text{m}$ ); lume  $50,06\mu\text{m}$  ( $39,40-56,22\mu\text{m}$ ) e espessura da parede  $7,79\mu\text{m}$  ( $5,60-8,80\mu\text{m}$ ); as do lenho tardio são retangulares com achatamento da parede radial e paredes espessas com o seu comprimento médio  $5.551,49\mu\text{m}$  ( $4.363,13-6.365,44\mu\text{m}$ ); diâmetro médio  $46,17\mu\text{m}$  ( $39,30-52,85\mu\text{m}$ ); lume  $28,94\mu\text{m}$  ( $8,10-42,70\mu\text{m}$ ) e espessura da parede  $16,81\mu\text{m}$  ( $14,83-19,94\mu\text{m}$ ). As pontoações areoladas nas paredes radiais das traqueídes são unisseriadas, ocorrendo as bisseriadas, opostas, com diâmetro médio de  $22,98\mu\text{m}$  ( $20,04-25,64\mu\text{m}$ ). *Parênquima axial*: ausente. *Parênquima radial*: predominam os raios heterogêneos, unisseriados com altura média de 6 células (2-13 células) e

com  $113,01\mu\text{m}$  ( $34,65\text{-}293,49\mu\text{m}$ ), ocorrendo em média  $3,47$  raios/mm ( $2$  a  $5$  raios/mm); a largura média dos raios  $18,44\mu\text{m}$  ( $9,37\text{-}25,31\mu\text{m}$ ), nos raios fusiformes com  $2$  células de largura e um único canal de resina radial e traqueídes radiais curtas e de parede denteada, as células do parênquima apresentam pontoações pinóides no campo de cruzamento sendo  $1\text{-}5$  por campo. *Canais secretores* de resina axiais ou canal resinífero vertical presentes nos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento em maior proporção no lenho tardio; com diâmetro médio de  $154,67\mu\text{m}$  ( $76,47\text{-}228,81\mu\text{m}$ ) e média de  $0,3$  canais de resina radiais  $/\text{mm}^2$  envolvidos em média por  $6$  ( $5\text{-}7$  células) células epiteliais de parede muito finas e células subsidiárias de forma aliforme em contato com o canal de resina; verifica-se que quanto mais distante do canal de resina maior é o grau de lignificação da parede secundária das células epiteliais e subsidiárias, estas podem estar agrupadas e são frequentes nas seções transversais do lenho e estabelecem comunicação com as traqueídes adjacentes através das pontoações semi-areoladas.

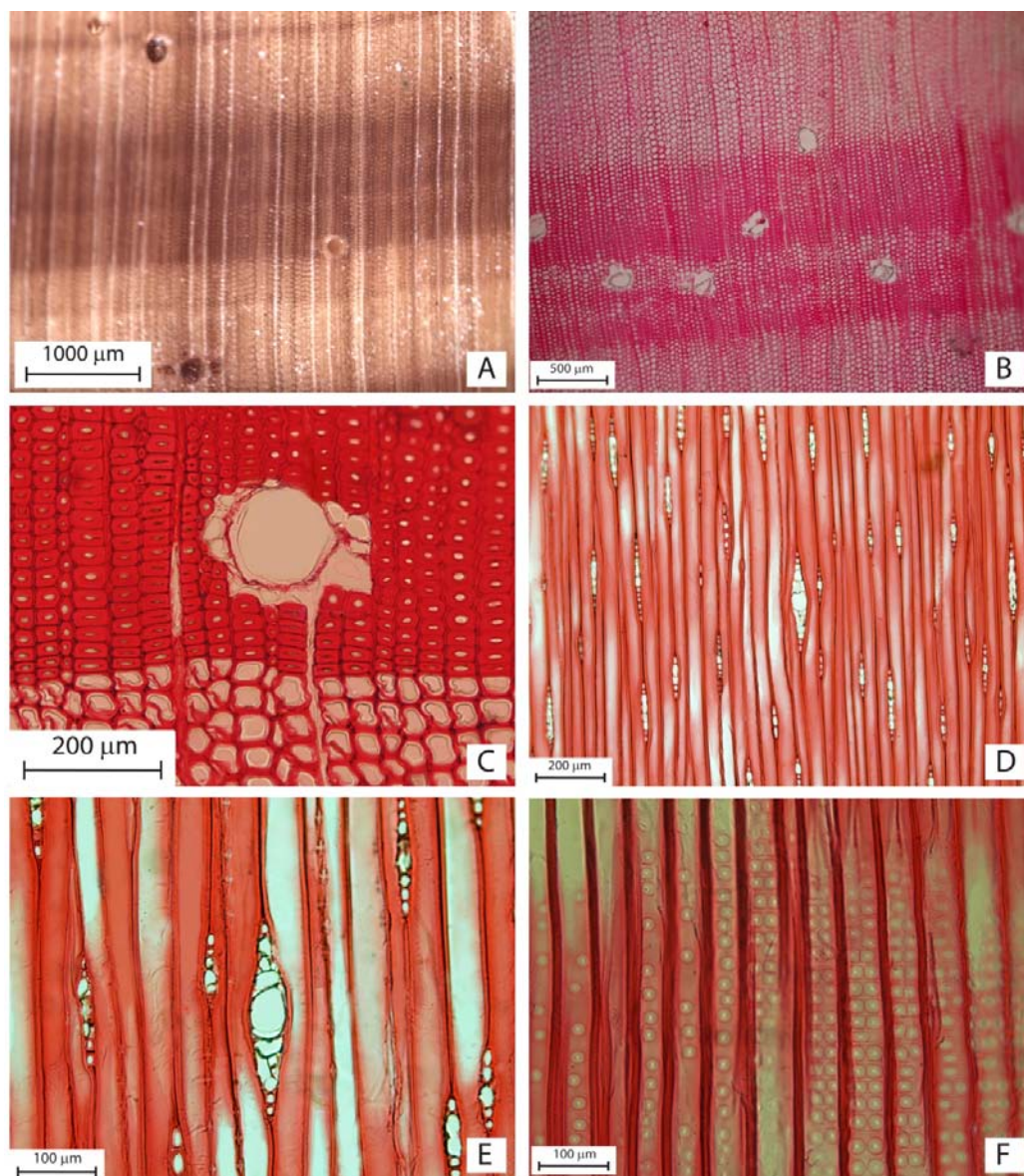


Figura 20 - (A) Plano transversal macro 10x; (B) Plano transversal microscópico (20x); (C) Plano transversal (50x), com canal de resina axial, com células epiteliais no lenho tardio; (D) Plano longitudinal tangencial com raios unisseriados e fusiforme (canal de resina horizontal); (E) Plano longitudinal tangencial com destaque raio fusiforme com canal de resina; (F) Plano longitudinal radial, com pontoações areoladas unisseriadas e bisseriadas e opostas

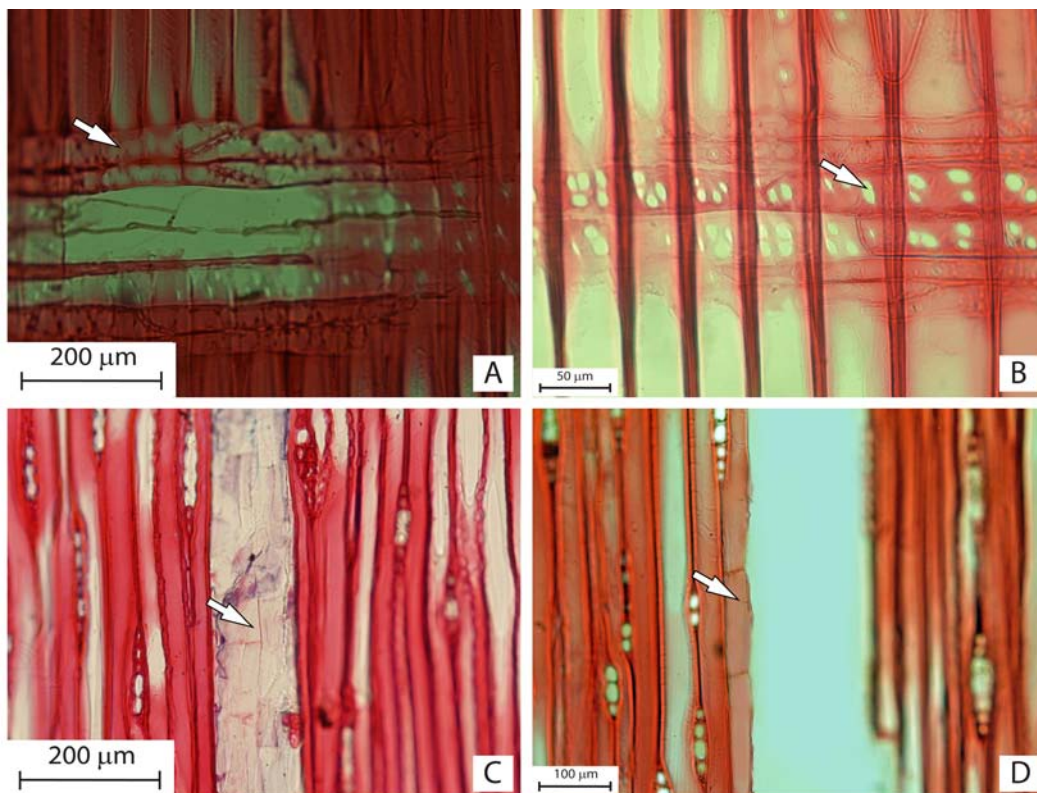


Figura 21 - (A) Plano longitudinal radial – seta traqueídes radiais em parede secundária com formato denteado; (B) Plano longitudinal radial – seta campo de cruzamento traqueídes –raio com pontoações pinóides; (C) e (D) plano longitudinal tangencial canal de resina vertical e normal – seta parênquima epitelial longitudinal margeando o canal; (D) – seta célula epitelial

Os resultados encontrados das características anatômicas macro e microscópicas para o lenho de árvores de *Pinus caribaea var. bahamensis*, estão de acordo com os resultados apresentado por autores Plumptre (1984), Ilvessalo-Pfaffli(1995), Farjon E Styles (1997), Esteban et al.(2004), Heinz (2004), Baas E Heinz apud. Oteng-Amoako E Brink (2008) e Ferreira (2009).

## 4.2 Variação das dimensões das traqueídes em árvores de idades diferentes e mesmo diâmetro

### 4.2.1 Variação radial das dimensões das traqueídes entre a mesma idade

Os valores médios das dimensões das traqueídes mensurados no lenho inicial e tardio e no 3°, 6°, 9°, 12° e 15° anel de crescimento, do disco da base das árvores com mesmo DAP (diâmetro à altura do peito = 1,30m), pertencentes ao grupo I (plantio 1992) e grupo II (plantio de 1969), são apresentados a seguir. A Tabela 134 e 135 com os resultados estatísticos constam no item Anexos.



Na Figura 22 está apresentada a variação radial do comprimento das traqueídes do lenho inicial e tardio, bem como a variação dos lenhos nos 3º, 6º, 9º, 12º e 15º anéis de crescimento, das árvores do grupo I (plântio de 1992), podendo-se observar que houve diferença estatística significativa entre o lenho inicial (menor valor) e o lenho tardio (maior valor). Nos anéis de crescimento o menor valor foi verificado no 3º anel e o maior no 12º, houve uma tendência de aumento do comprimento das traqueídes para as árvores de menor idade no sentido radial.

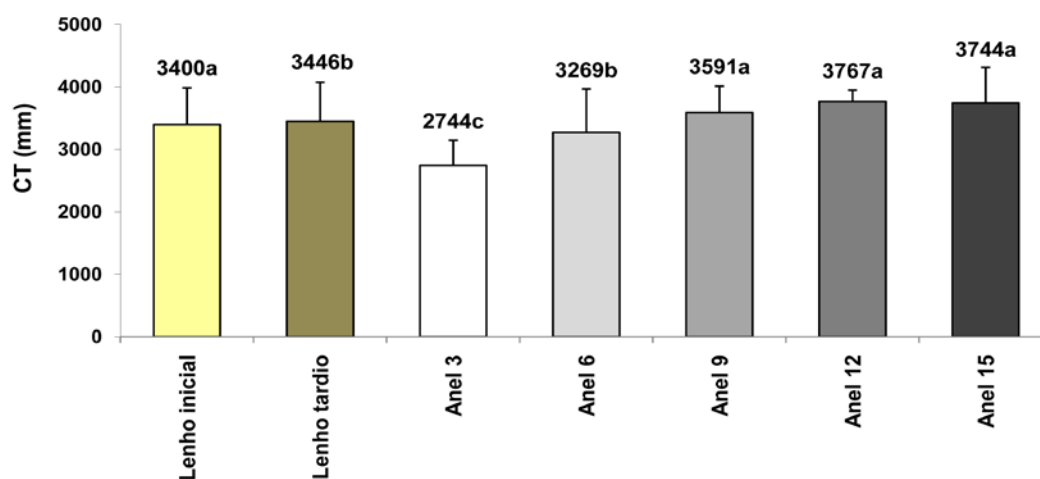


Figura 22 - Comprimento das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de *P. caribaea* var. *bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Da mesma forma para as árvores do grupo II (plântio 1969) na Figura 23 está apresentada a variação radial do comprimento das traqueídes do lenho inicial e tardio, cujos valores não diferem estatisticamente, bem como a variação dos lenhos nos 3º, 6º, 9º, 12º e 15º anéis, onde se verifica o menor valor no 3º e o maior no 15º e houve aumento dessa variável no sentido radial.

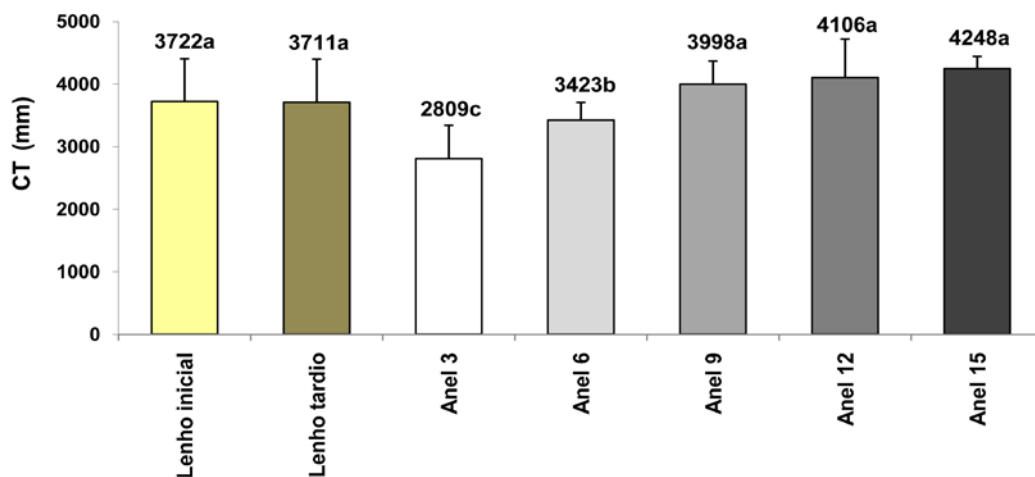


Figura 23 - Comprimento das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de *P. caribaea* var. *bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o diâmetro das traqueídes no grupo I verifica-se na Figura 24 que houve diferença estatística significativa entre o lenho inicial (maior valor) e o lenho tardio (menor valor). Para os anéis de crescimento o maior valor foi verificado no 3º anel e o menor no 12º e 15º, houve uma tendência de diminuição do diâmetro das traqueídes no sentido radial.

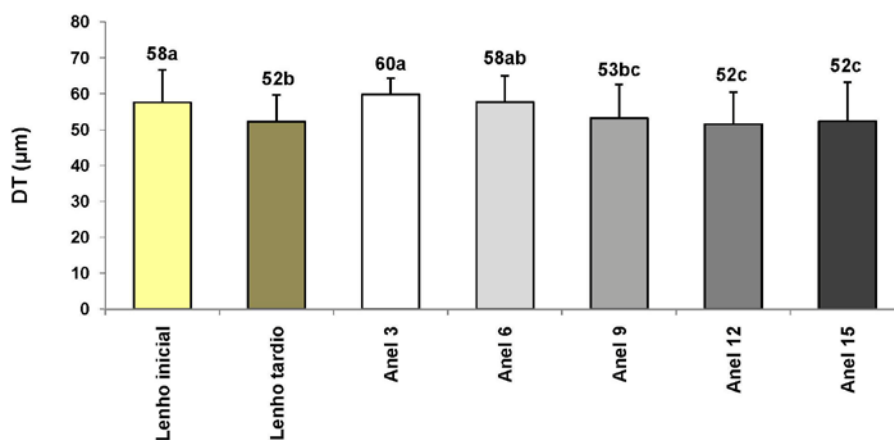


Figura 24 - Diâmetro tangencial das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de *P. caribaea* var. *bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O diâmetro das traqueídes no grupo II verifica-se na Figura 25 que apresenta diferença estatística significativa entre o lenho inicial (maior valor) e o lenho tardio (menor valor). Para os anéis de crescimento o maior valor foi verificado no 3º anel e o menor no 15º, houve uma tendência de diminuição do diâmetro das traqueídes para as árvores de menor idade, embora não houve diferença estatística significativa para essa variável entre os anéis de crescimento 9º, 12º e 15º.

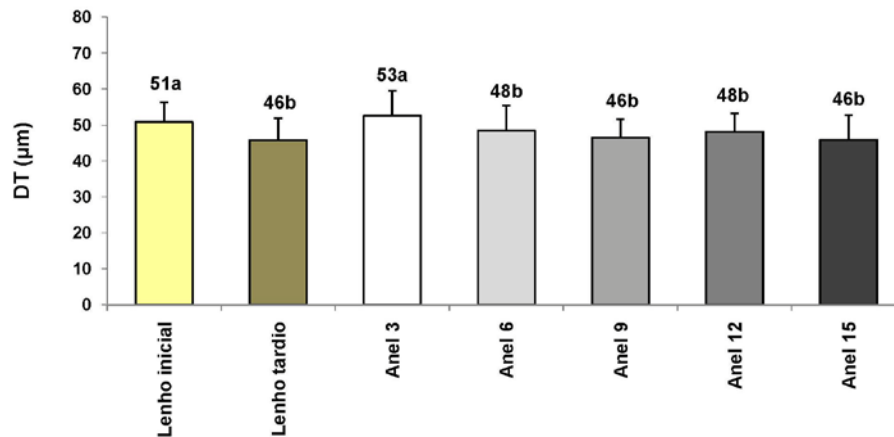


Figura 25 - Diâmetro tangencial das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de *P. caribaea var. bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o lume das traqueídes no grupo I na Figura 26 verifica-se que houve diferença estatística significativa entre o lenho inicial (maior valor) e o lenho tardio (menor valor). Para os anéis de crescimento o maior valor foi verificado no 3º anel e o menor no 12º, houve uma tendência de diminuição do lume das traqueídes para as árvores de menor idade no sentido radial.

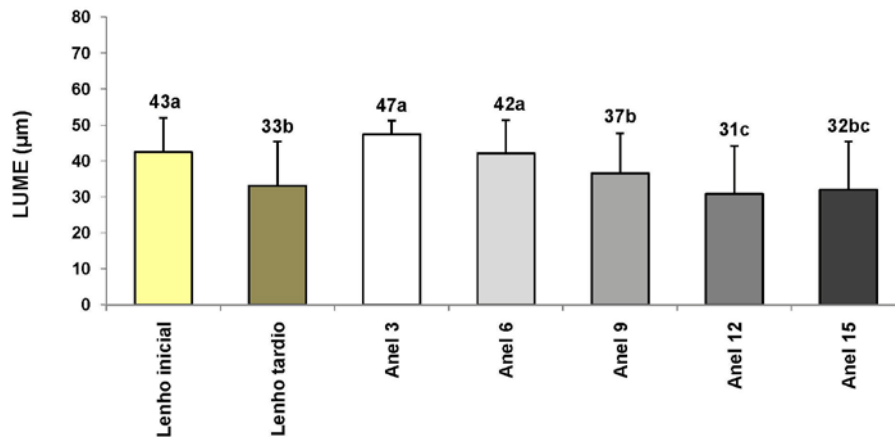


Figura 26 - Lume das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de *P. caribaea var. bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O lume das traqueídes no grupo II na Figura 27 apresenta diferença estatística significativa entre o lenho inicial (maior valor) e o lenho tardio (menor valor). Para os anéis de crescimento o maior valor foi verificado no 3º anel e o menor no 15º, mas não difere estatisticamente dos valores do 9º e 12º, houve uma tendência de diminuição do lume das traqueídes no sentido radial.

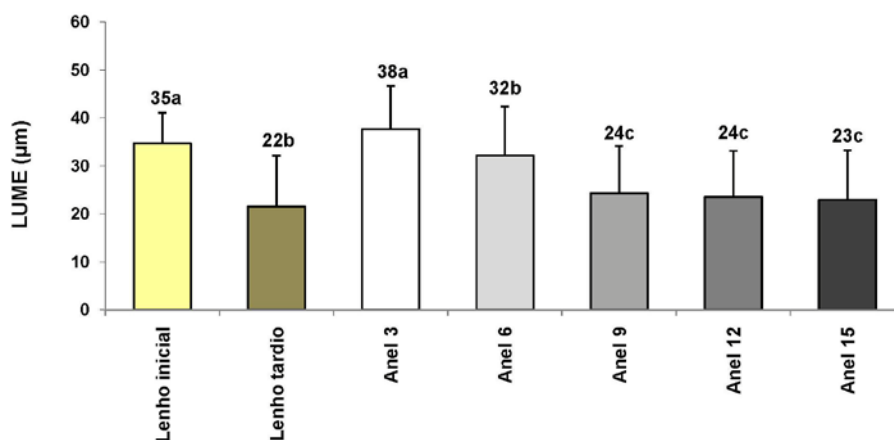


Figura 27 - Lume das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de *P. caribaea var. bahamensis*.

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Através dos valores da espessura da parede das traqueídes do grupo I na Figura 28 verifica-se que houve diferença estatística significativa entre o lenho inicial (menor valor) e o lenho tardio (maior valor). Para os anéis de crescimento o menor valor foi verificado no 3º anel e o maior no 12º e 15º, houve uma tendência de aumento da espessura da parede das traqueídes nas árvores de menor idade no sentido radial.

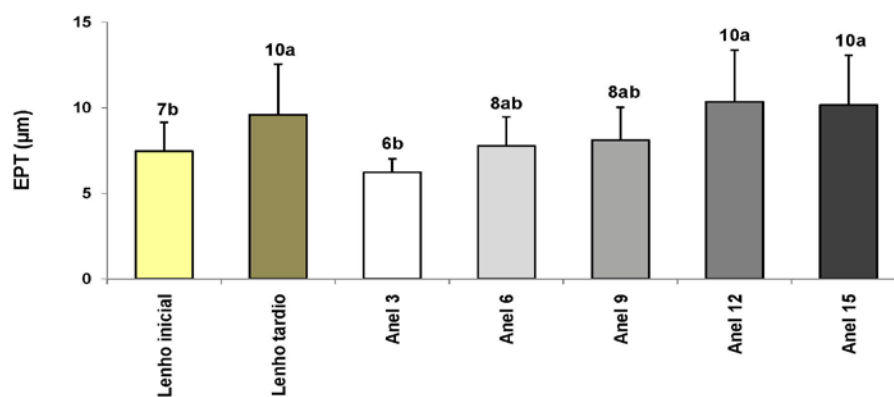


Figura 28 – Espessura da parede das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de *P. caribaea var. bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores da espessura da parede das traqueídes do grupo II na Figura 29 verifica-se que houve diferença estatística significativa entre o lenho inicial (menor valor) e o lenho tardio (maior valor). Para os anéis de crescimento o menor valor foi verificado no 3º anel e o maior no 12º, houve uma tendência de aumento da espessura da parede das traqueídes nas árvores de menor idade no sentido radial.

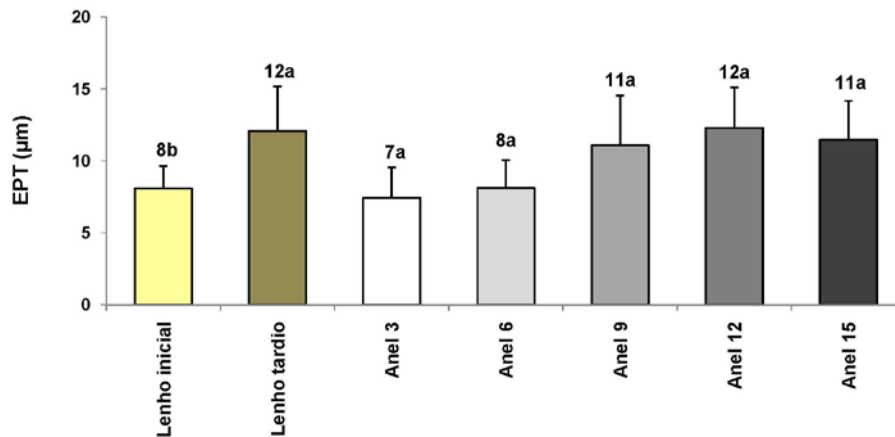


Figura 29 – Espessura da parede das traqueídes em função do lenho inicial, lenho tardio e número dos anéis de crescimento de *P. caribaea var. bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.2.2 Variação das dimensões das traqueídes entre o 16º (último anel de crescimento) das árvores do grupo I com o 16º anel de crescimento no grupo II

Comparando-se os valores médios das dimensões das traqueídes mensurados no 16º anel de crescimento (último anel de crescimento) do grupo I, comparados com o 16º anel de crescimento do grupo II no lenho inicial e tardio, do disco da base das árvores com mesmo DAP. A Tabela 136 com os resultados estatísticos consta no item Anexos.

Na Figura 30 pode-se verificar que o comprimento das traqueídes apresenta seu menor valor no lenho inicial para o grupo I (árvore mais jovens) e difere estatisticamente do maior valor do grupo II (árvores mais adultas). Para o lenho tardio o maior valor foi observado no grupo I e difere estatisticamente do menor valor encontrado no grupo II.

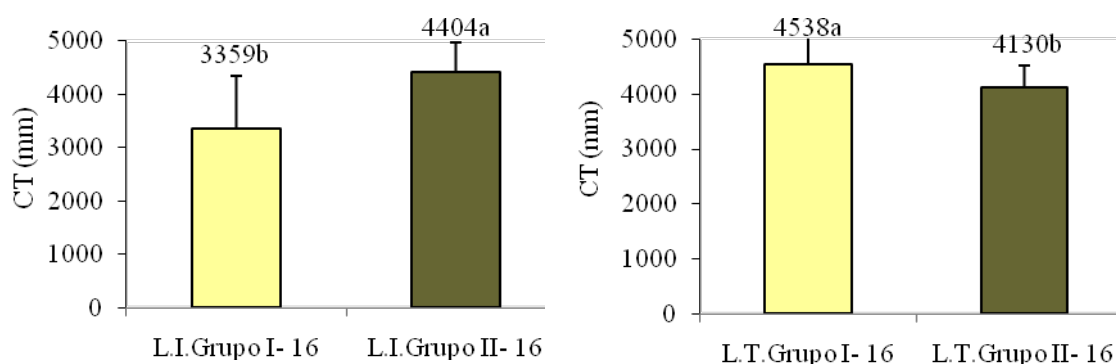


Figura 30 - Comprimento das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no 16º anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de *P. caribaea var. bahamensis*.

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas Figuras 31 e 32 pode-se constatar que o diâmetro e lume das traqueídes apresentam maiores valores observados no grupo I, tanto no lenho inicial, como no lenho tardio e esses valores diferem estatisticamente dos menores valores verificados no grupo II.

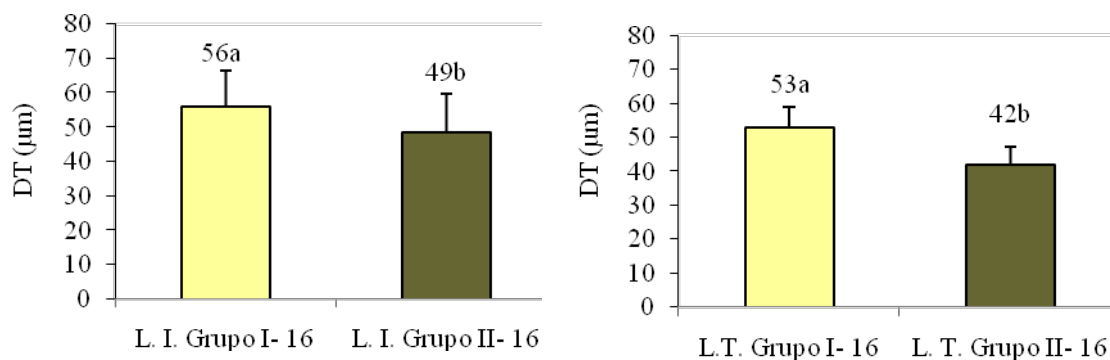


Figura 31 – Diâmetro tangencial das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no 16º anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de *P. caribaea var. bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

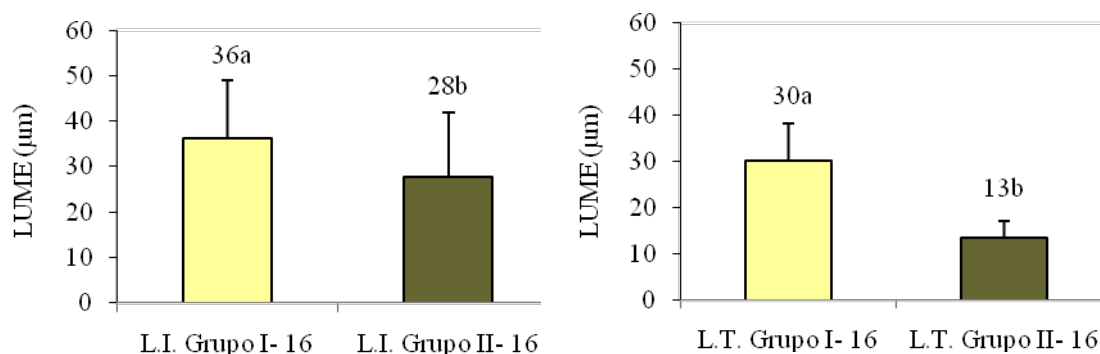


Figura 32 - Lume das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no 16º anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de *P. caribaea* var. *bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pode-se observar na Figura 33 que a espessura da parede das traqueídes, no 16º anel de crescimento apresenta valores iguais do lenho inicial, tanto para o grupo I, como para o grupo II. Entretanto, no lenho tardio essa variável apresenta no grupo I o menor valor e difere estatisticamente do maior valor do grupo II.

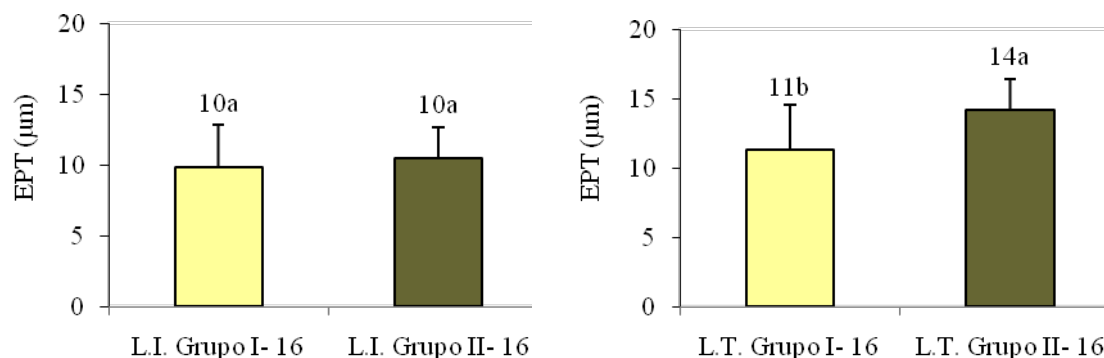


Figura 33 – Espessura da parede das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no 16º anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de *P. caribaea* var. *bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.2.3 Variação das dimensões das traqueídes entre o último anel de crescimento das árvores do grupo I e as do grupo II.

Os valores médios das dimensões das traqueídes mensurados no lenho inicial e tardio do 16º anel de crescimento (último anel de crescimento) do grupo I foram comparados com o 40º anel de crescimento (último anel de crescimento) do grupo II, do disco da base das árvores com mesmo DAP. A Tabela 137 com os resultados estatísticos consta no item Anexos.



Conforme a Figura 34, o comprimento das traqueídes no lenho inicial apresenta seu menor valor no grupo I e não difere estatisticamente do maior valor do grupo II. No lenho tardio não houve diferença estatística e o menor valor foi observado no grupo II.

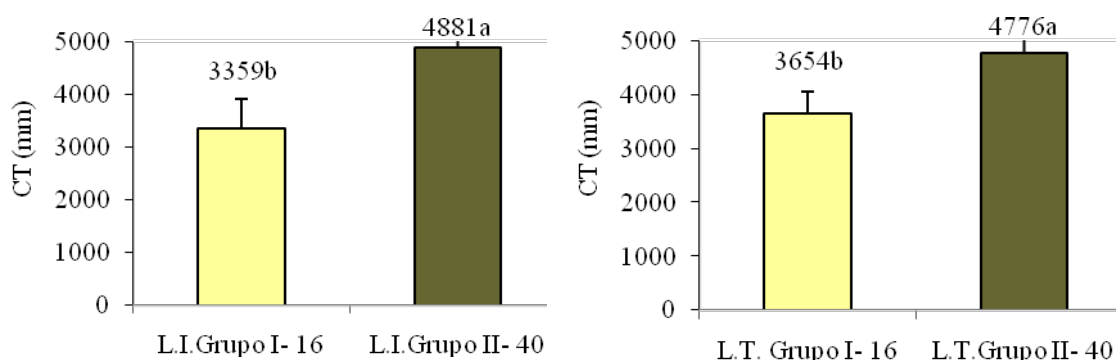


Figura 34 - Comprimento das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no último anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de *P. caribaea var. bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o diâmetro tangencial das traqueídes, Figura 35, não houve diferença estatística entre os grupos I e II e os lenhos estudados embora, o maior valor de diâmetro no lenho inicial e lenho tardio foi encontrado no grupo I.

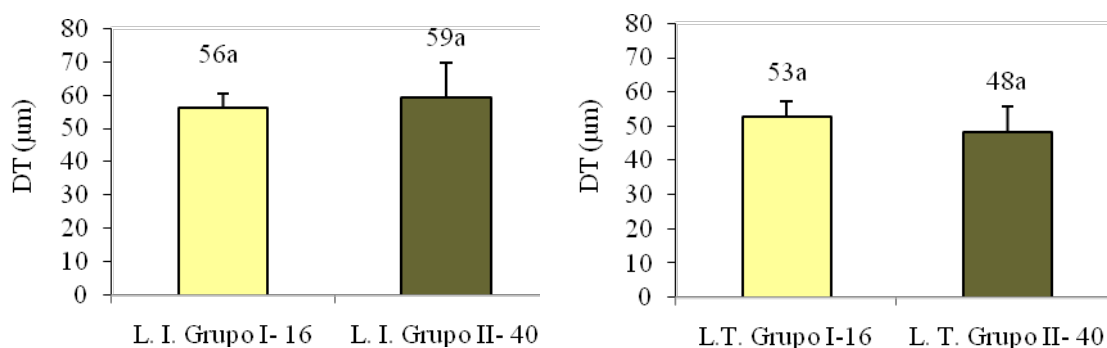


Figura 35 – Diâmetro tangencial das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no último anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de *P. caribaea var. bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A variação do lume das traqueídes, conforme a Figura 36 houve diferença estatística entre os grupos apenas para o lenho tardio. O maior valor do lume no lenho inicial e no lenho tardio foi observado no grupo II

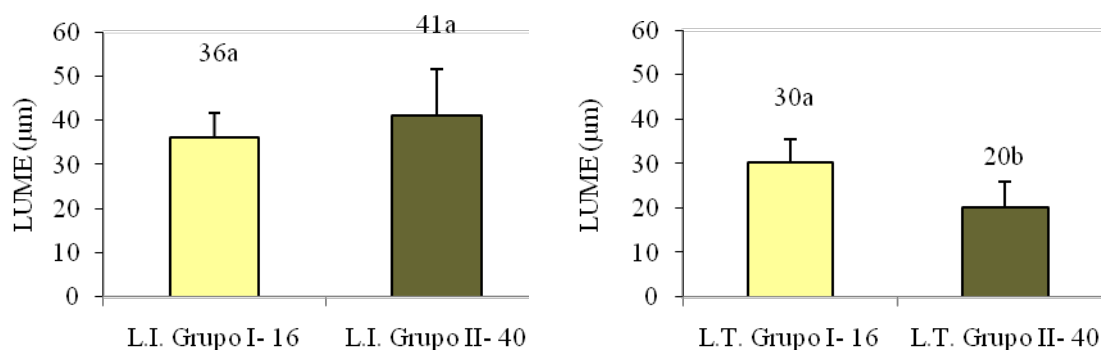


Figura 36 – Lume das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no último anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de *P. caribaea var. bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a variável espessura da parede tanto no lenho inicial como no lenho tardio não diferiram estatisticamente. O maior valor médio dessa variável no lenho tardio foi observado no grupo II, conforme Figura 37.

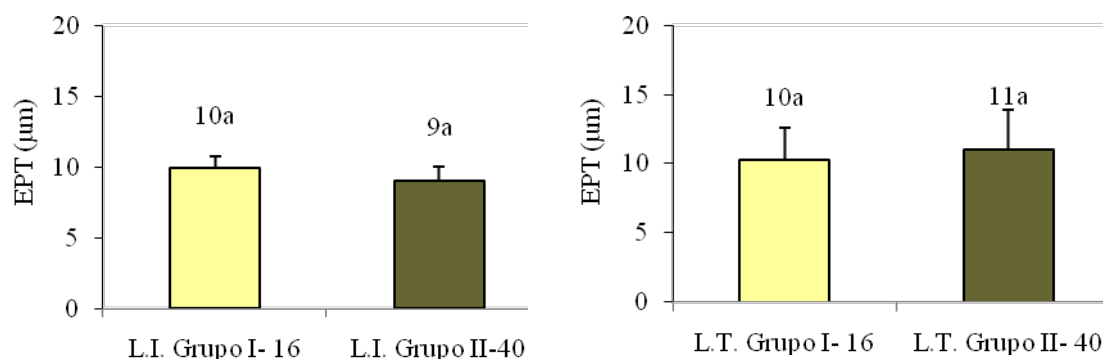


Figura 37 – Espessura da parede das traqueídes em função do lenho inicial e lenho tardio no último anel de crescimento do Grupo I e Grupo II de *P. caribaea var. bahamensis*

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando-se as dimensões das traqueídes entre o grupo I (plantio 1992) e o grupo II. (plantio 1969) e no 3°, 6°, 9°, 12° e 15° anel de crescimento, verifica-se que as árvores provenientes do plantio mais velho apresentam os maiores valores de comprimento, lume e espessura da parede das traqueídes. Uma tendência de aumento foi verificada para comprimento e espessura da parede e tendência de diminuição na direção radial. Observa-se que há pouca variação de valores após o 9° anel de crescimento para o diâmetro, lume e espessura da parede das traqueídes. Para o diâmetro e lume das traqueídes, nas árvores de menor idade, exibem

maiores valores e tendência de diminuição na direção radial. Com esses resultados verifica-se que há variação das dimensões de traqueídes entre as idades.

Na comparação entre o último anel de crescimento (16º anel) do grupo I (plantio 1992) com o correspondente 16º no grupo II, verificou-se que os valores encontrados diferiram estatisticamente. Esse resultado mostra que o 16º anel do plantio de 1992 é diferente do 16º anel do plantio de 1969, contrariando a afirmação de Cown (1974), que a madeira é fortemente dependente da idade real do tecido cambial.

Entretanto, ao se comparar os últimos anéis de crescimento do grupo I e do grupo II, verifica-se que as variáveis estudadas no lenho inicial e tardio não diferiram ou foram iguais. Esse resultado era esperado, pois os lenhos foram acrescentados pelo meristema cambial na mesma época com as mesmas variações ecológica e edafo-climáticas.

A característica de aumento no comprimento das traqueídes axiais é típica do lenho juvenil de espécies do gênero *Pinus*, segundo Zobel et al. (1959) e Zobel (1976). Esta tendência concorda com o padrão estabelecido por Sânio (1872), em seu experimento clássico, e confirmado por muitos pesquisadores (Dadswell, 1957; Burley, 1969; Nicholls, 1971; Bendtsen e Senft, 1986; Klock, 1989-2000, Muñiz, 1993, Ballarin E Palma 2003), entre outros. Todos demonstram em seus trabalhos, que em espécies do gênero *Pinus*, ocorre incremento rápido no comprimento das traqueídes axiais até o 10º ou 15º anel, diminuindo gradativamente nos anéis subsequentes. Valores médios encontrados na literatura mostram incrementos no comprimento que variam de 1,2 - 2,5 mm a 3,5 - 4,2 mm, do primeiro ao décimo anel anual de crescimento (Bisset E Wardrop, 1951; Cown, 1975; Klock, 1989-2000 e Muñiz, 1993). Ballarin E Palma. (2003), verificaram que o comprimento das traqueídes mostra um aumento acentuado e praticamente linear, da ordem de 66,5% até o 18º anel de crescimento a partir do qual diminui tendendo para um valor mais estável e quase constante.

Dos resultados apresentados, pode-se observar que em média as traqueídes axiais de *P. caribaea var. bahamensis* são mais longas nas árvores de maior idade, de maior diâmetro tangencial, maior diâmetro do lume nas traqueídes de lenho inicial e tardio das árvores mais jovens, com a parede celular no lenho tardio mais espessa.

A tendência de aumento rápido da taxa anual de incremento do comprimento das traqueídes a partir da medula até estabilização é característica na formação de madeira juvenil

nos primeiros anos da árvore, comportamento semelhante ao observado por vários autores em madeira de coníferas e folhosas de crescimento rápido, tais como: Panshin e De Zeeuw (1980); Senft et al. (1986); Jackson e Megraw (1985); Bendtsen e Senft (1986), Louzada e Fonseca (1991), Muñiz (1993). Oliveira et al. (2006), citando Koga (1988), que verificou a duração do período juvenil de 7 a 15 anos, variando de acordo com cada espécie e com o ambiente e em uma árvore de 15 anos, o lenho juvenil pode ocupar 85% do tronco e dos 30 anos em diante cerca de 10%. E ainda, a madeira juvenil apresenta, geralmente, traqueídes mais curtas e também menor densidade do que a madeira adulta, conseqüentemente apresenta propriedades físicas e mecânicas inferiores àquelas da madeira mais adulta. A madeira juvenil é considerada um problema significativo, influenciando diretamente na qualidade da madeira, segundo diversos autores como, Panshin e De Zeeuw (1980), Zobel (1981) e Oliveira et al. (2006).

Os valores médios do diâmetro tangencial e lume e também da espessura da parede celular das traqueídes de lenho inicial e tardio entre si, comparando-se as duas idades apresentam diferenças estatísticas, sendo o diâmetro tangencial e o lume, superiores no lenho inicial, enquanto que a parede celular é mais espessa no lenho tardio, como é esperado segundo observações de vários pesquisadores como, Dadswell (1957); Burley (1969); Nicholls (1971) e Bendtsen e Senft (1986). Em geral, estas tendências são observadas para as madeiras de coníferas, segundo Cown (1975) e Bamber E Burley (1983).

### **4.3 Curvas de isopropriedades**

A seguir serão apresentados os resultados por árvore e por idade da distribuição dos valores encontrados para a obtenção das curvas de isopropriedades. Inicialmente será apresentado o resultado a distribuição dos anéis de crescimento ao longo de cada árvore, com uma linha tracejada marcando o ponto central da distância da medula para a casca até o topo e a localização dos pontos de amostragem das variáveis estudadas, a seguir serão apresentadas as distribuições das curvas de isodensidade aparente, isoporcentagem de lenho inicial e tardio, isomódulo de elasticidade e ruptura. Os valores das isopropriedades para a obtenção das curvas de variação constam nas Tabelas

### 4.3.1 Grupo I (plantio de 1997)

#### Árvore 1

A árvore 1 é proveniente do plantio de 1992 e pertence a menor classe de diâmetro do grupo Na Figura 38 a distribuição dos anéis de crescimento da árvore 1 verifica-se que a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento.

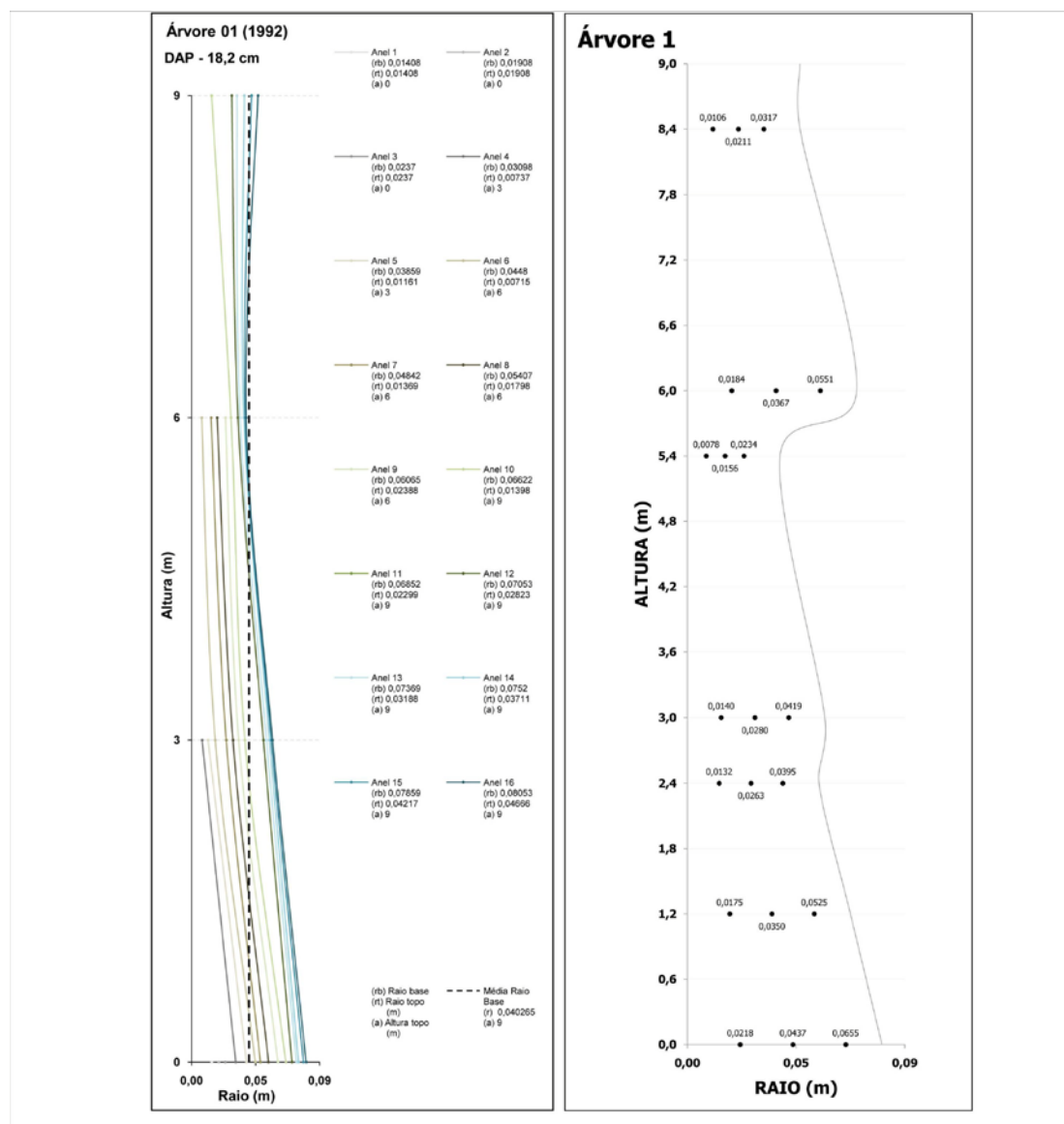


Figura 38 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 1

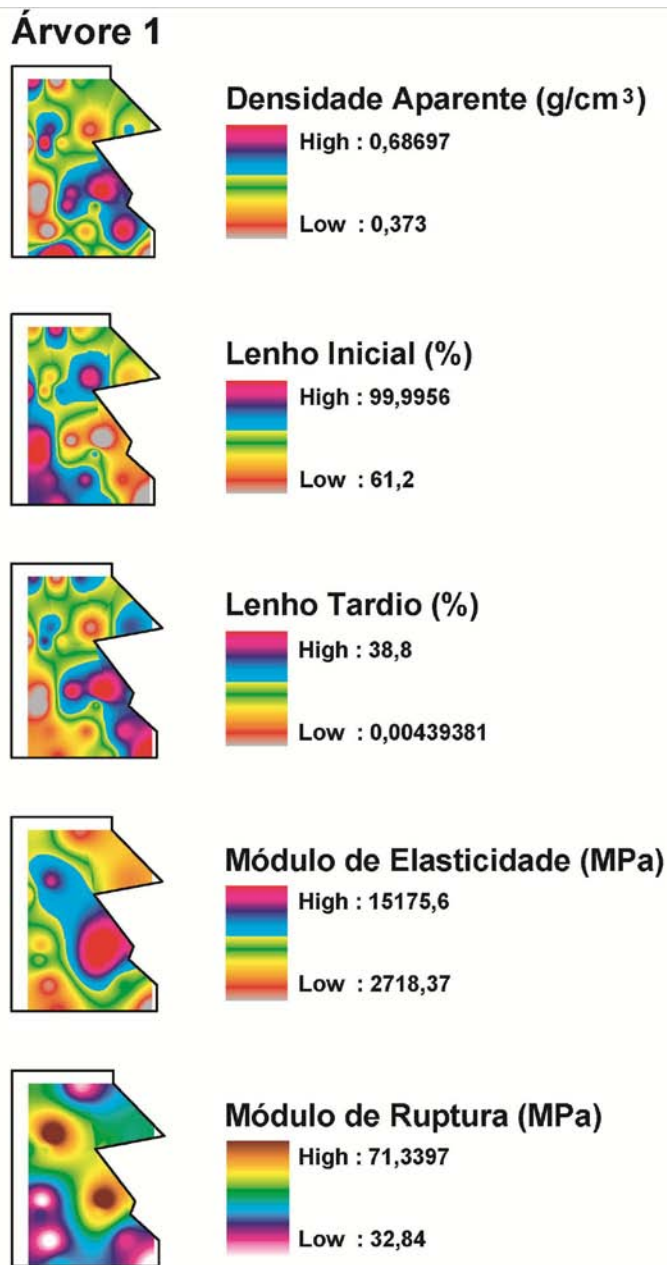


Figura 39 - Distribuição das isopropriedades da árvore 1 no sentido radial e axial

Na Figura 39 a distribuição da Densidade Aparente observa-se na região da base que os valores são maiores na medula e decrescendo no sentido radial. Logo acima já na segunda tora os valores são menores próximos à medula e aumenta gradativamente até atingir o valor máximo próximo à casca; na região da base da última tora os valores são menores na medula, aumenta rapidamente para o valor máximo e decrescem em direção à casca, no topo os maiores valores foram observados na medula, seguido pelo menor valor e estabilizando no valor médio até a

região da casca. De modo geral no sentido axial, os menores valores foram verificados na medula e os maiores na região da casca.

Para a distribuição dos valores de Lenho Inicial (%) verifica-se que os maiores valores foram encontrados próximos à medula e diminuindo em direção à casca. Também no sentido axial os maiores valores foram encontrados na base e somente diminuindo na região do topo da árvore.

A distribuição dos valores de Lenho Tardio (%) na Figura 39 é inversa a do lenho inicial, onde os menores valores foram observados na região próxima a medula e aumentando em direção a casca; no sentido axial na região da medula houve um aumento da base para o topo e na região da casca os maiores valores foram observados ao longo do tronco somente diminuindo no topo da árvore.

O Módulo de Elasticidade (MOE), conforme a Figura 39 apresenta na região da base próxima a medula o menor valor, aumenta e volta a decrescer na região da casca; na região mais central da altura do tronco os valores são de crescimento da medula para a casca, onde é verificado o maior valor dessa variável; no topo os valores são médios e decrescem em direção a casca. No sentido axial da medula para o topo há um aumento dos valores, da casca para o topo foi menor valor na base em seguida há um aumento e diminuindo na região do topo da árvore.

O Módulo de Ruptura (MOR), nas Figuras 39 apresenta a mesma característica de distribuição do módulo de elasticidade.

### Árvore 2

A árvore 2 é proveniente do plantio de 1992 e pertence a menor classe de diâmetro do grupo I

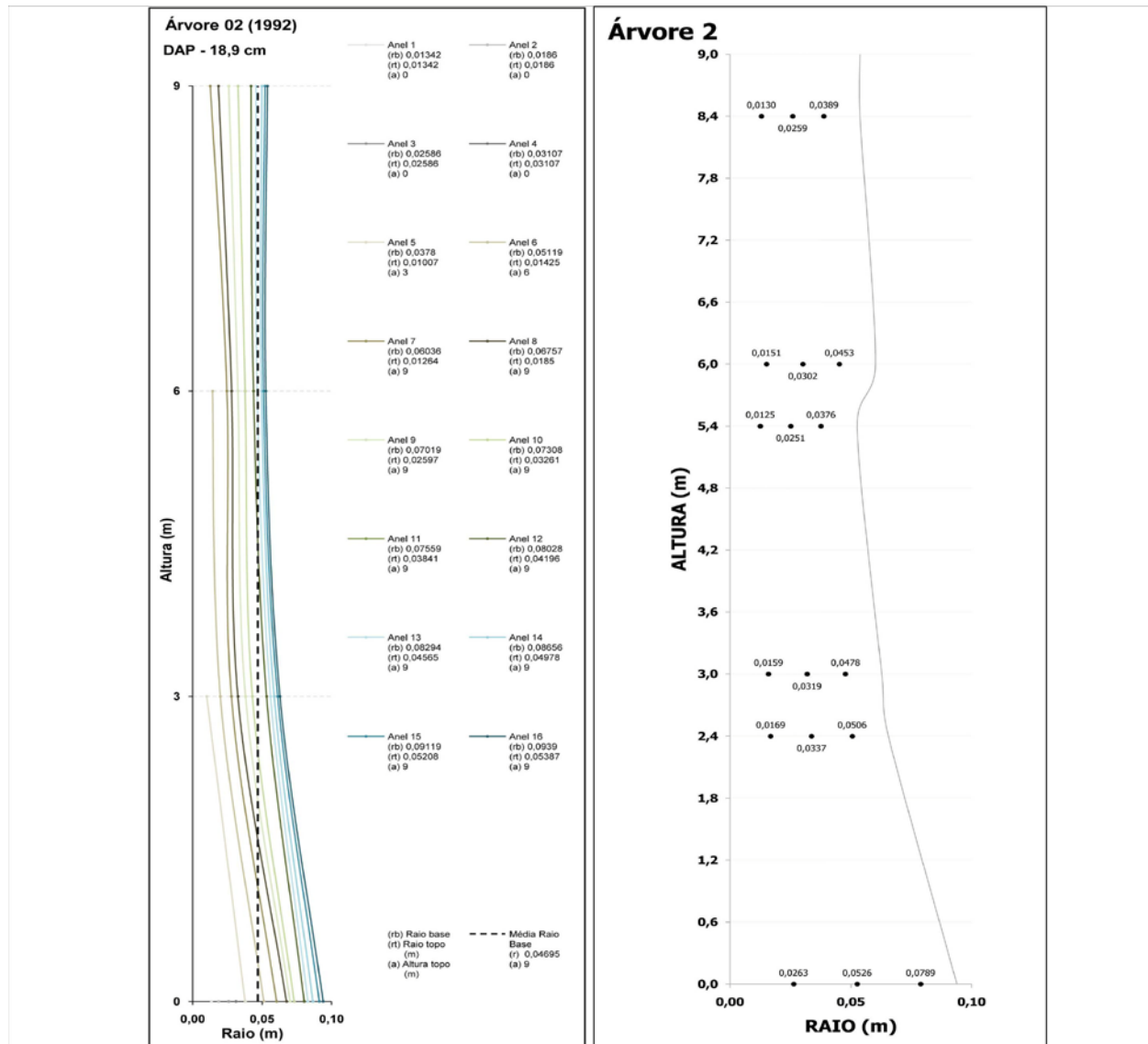


Figura 40 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 2

A Figura 40 mostra a distribuição dos anéis de crescimento da árvore 2 verifica-se que a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento.



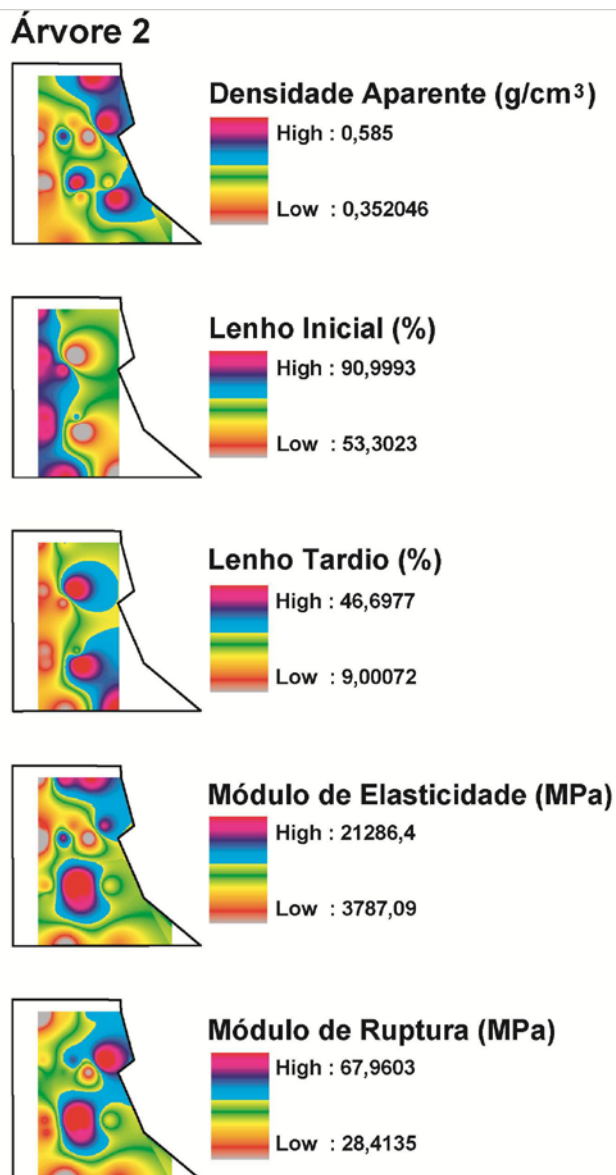


Figura 41 - Distribuição das isopropriedades da árvore 2 no sentido radial e axial

Na Figura 41 a distribuição da Densidade Aparente observa-se na região da base que os valores são menores na medula e aumenta no sentido radial. Logo acima já na segunda tora os valores são menores próximos à medula e aumenta até atingir o valor máximo próximo à casca; na região da base da última tora os valores são menores na medula, aumenta rapidamente para o valor máximo e decrescem e volta a aumentar em direção à casca, no topo os menores valores foram observados na medula, aumentando até a região da casca. De modo geral no sentido axial, os menores valores foram verificados na medula e os maiores na região da casca.

A distribuição de Lenho Inicial (%), Figura 41, apresenta seus maiores valores na região da medula decrescendo em direção à casca em todas as alturas do tronco. Exatamente o inverso ocorre com a distribuição da curva de isopropriedades, do Lenho Tardio (%).

Nessa árvore o MOE e o MOR, Figura 41, apresentam o mesmo padrão de distribuição de seus valores, na região da base os valores tiveram um crescimento no sentido radial; na região central em altura próximo a medula os valores são menores crescendo gradativamente e decrescendo em direção à casca; no topo houve um aumento no sentido radial. No sentido axial verifica-se que os menores valores foram encontrados na região próxima a medula.

## Árvore 3

A árvore 3 é proveniente do plantio de 1992 e pertence a menor classe de diâmetro do grupo I

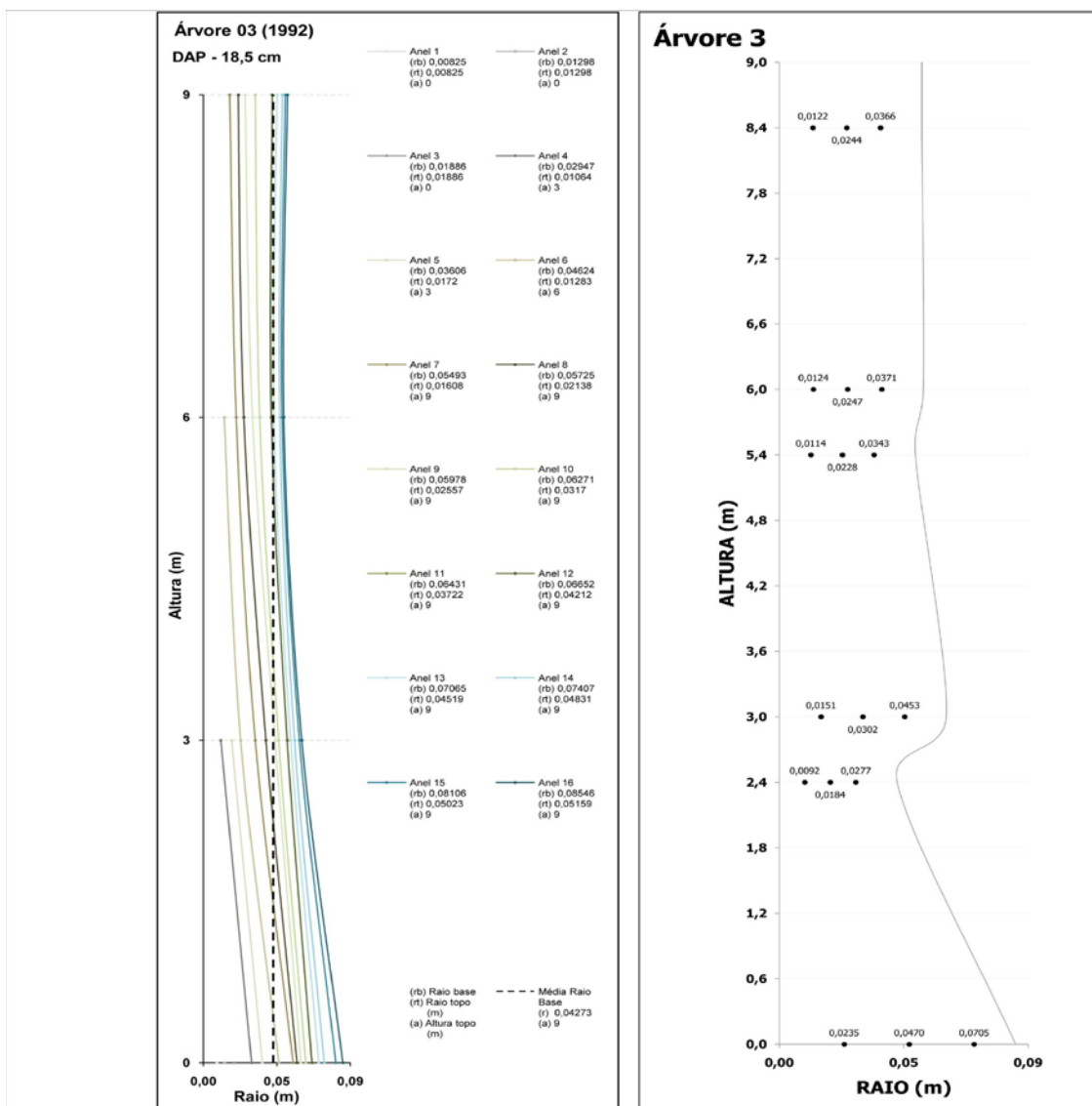


Figura 42 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 3

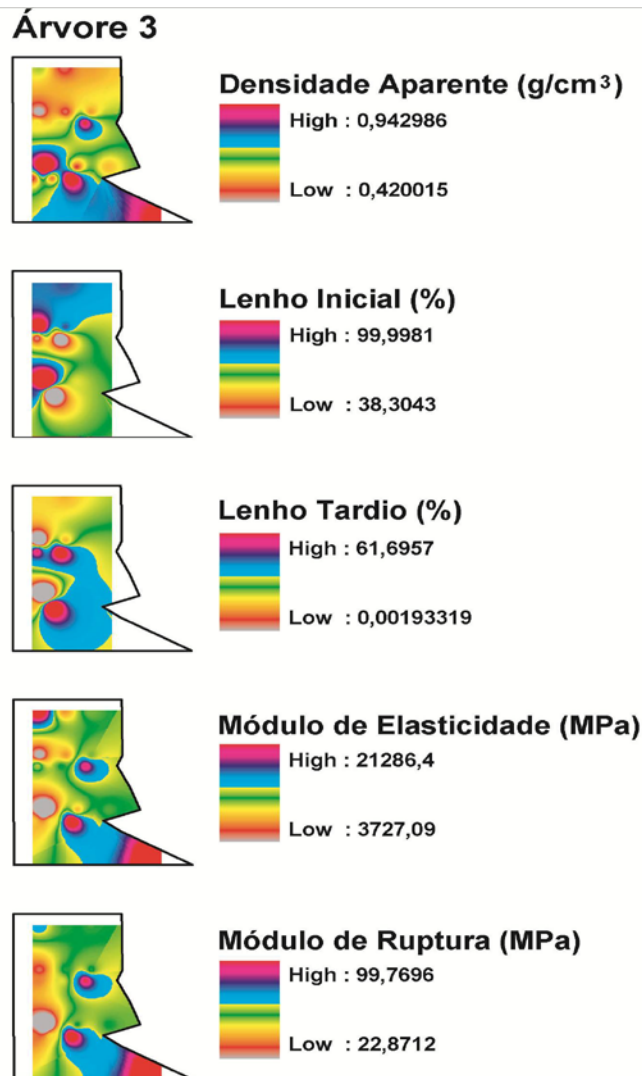


Figura 43 - Distribuição das isopropriedades da árvore 3 no sentido radial e axial

Na Figura 43 verifica-se que a Densidade Aparente, apresenta seus maiores valores na região da base, no primeiro segmento de tora (3m.), onde bem próximo a medula ocorre o menor valor crescendo até atingir o maior valor próximo à casca, na metade da árvore em altura os maiores valores estão próximos a medula decrescendo no sentido radial, no topo os valores não apresentaram variação.

A distribuição de Lenho Inicial (%), Figura 43, na região da base não apresenta variação, entretanto, na região central em altura próximo à medula ocorre os maiores valores e decrescem na direção radial; na região do topo são distribuídos os maiores valores. Exatamente o inverso ocorre com a distribuição da curva de isopropriedades do Lenho Tardio (%).

O MOR e o MOE apresentam o mesmo padrão de distribuição de seus valores, na região da base até o final da primeira tora ocorre um crescimento no sentido radial, no sentido axial os menores valores ficam na região próxima a medula até próximo ao topo quando ocorre um crescimento.

### Árvore 4

A árvore 4 é proveniente do plantio de 1992 e pertence a classe de diâmetro média do grupo I.

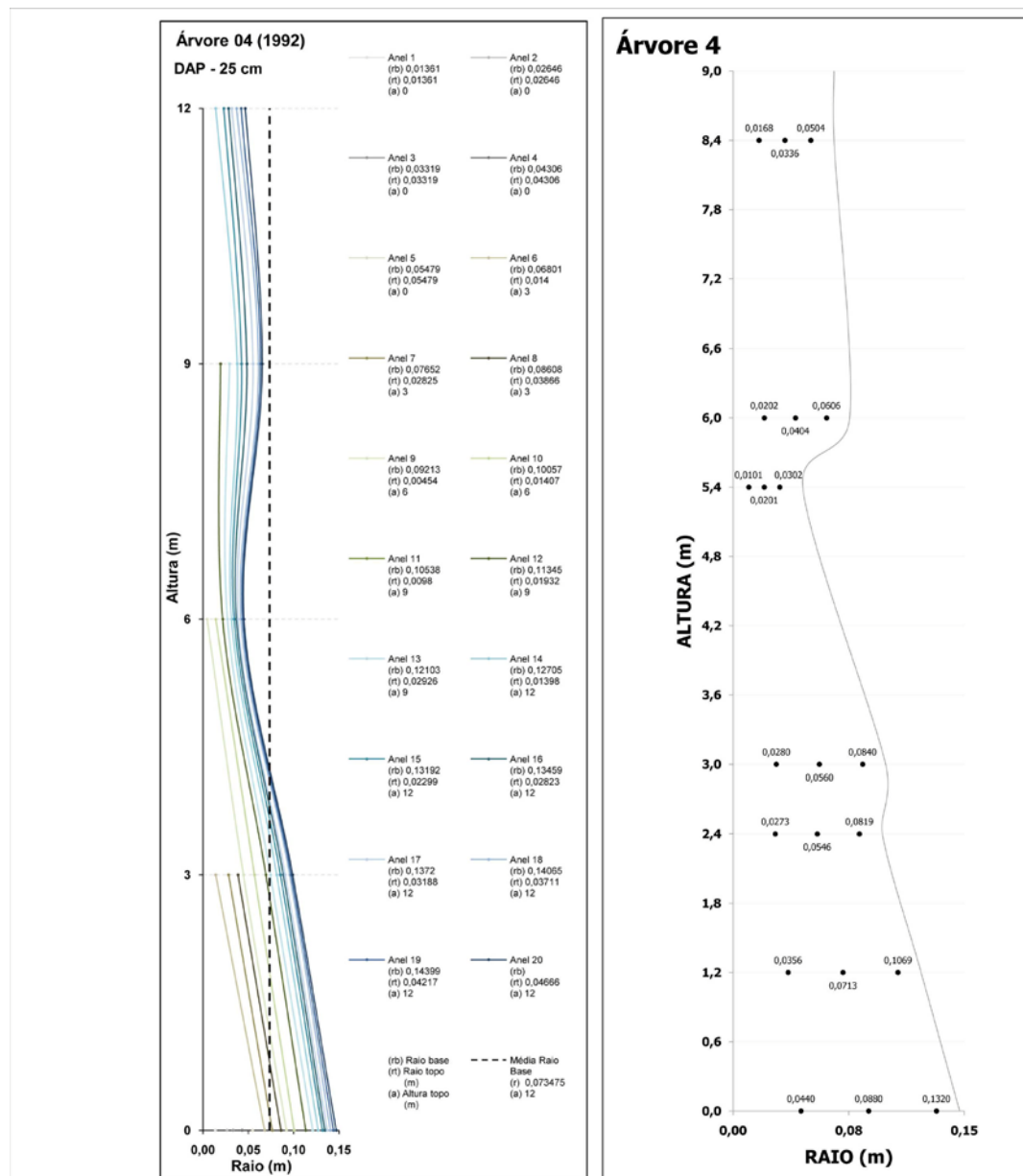


Figura 44 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 4

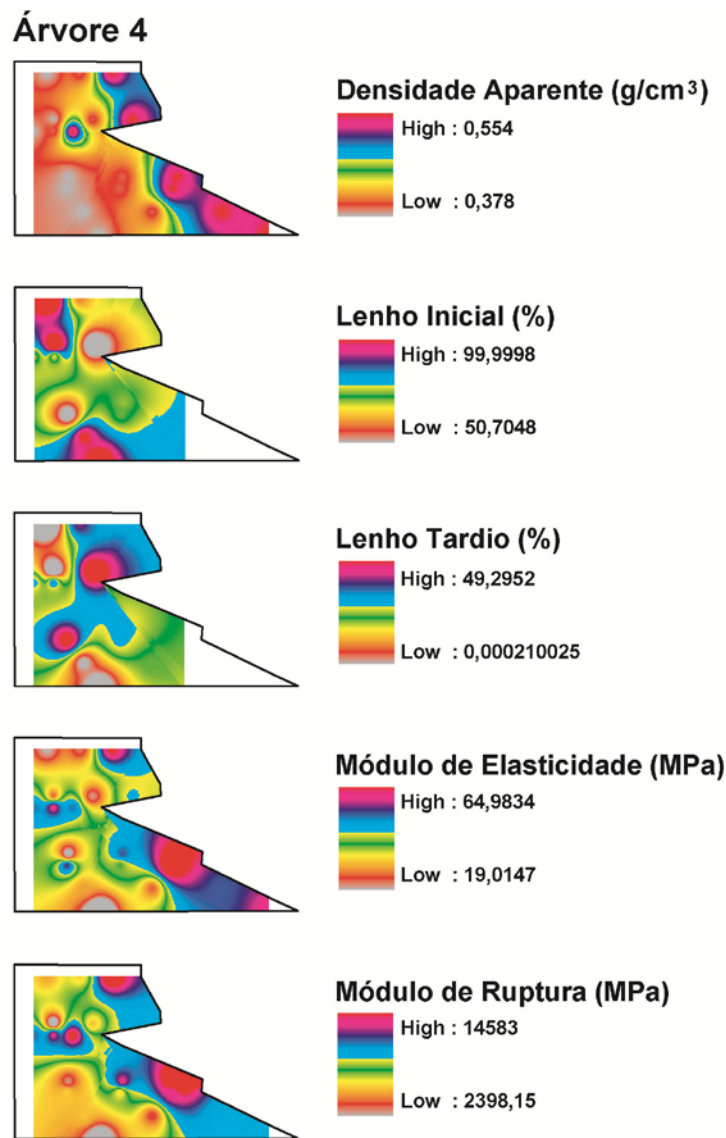


Figura 45 - Distribuição das isopropriedades da árvore 4 no sentido radial e axial

Na Figura 45 os valores da Densidade Aparente se distribuem de maneira mais uniforme observa-se que na região da medula desde a base até o topo são encontrados os menores valores e com crescimento na direção radial, onde atinge os maiores valores.

A distribuição de Lenho Inicial (%), Figura 45, apresenta seus maiores valores na região da medula decrescendo em direção à casca na região da medula na parte central do tronco em altura os valores são menores e com tendência a crescer em direção à casca; na região do topo da árvore os maiores valores estão na região da medula e decrescem no sentido radial. O inverso ocorre com a distribuição dos valores observados na curva de isopropriedades no Lenho Tardio (%).

Para o MOE e o MOR ocorre o mesmo padrão de distribuição de seus valores.

## Árvore 5

A árvore 5 é proveniente do plantio de 1992 e pertence a classe de diâmetro médio do grupo I.

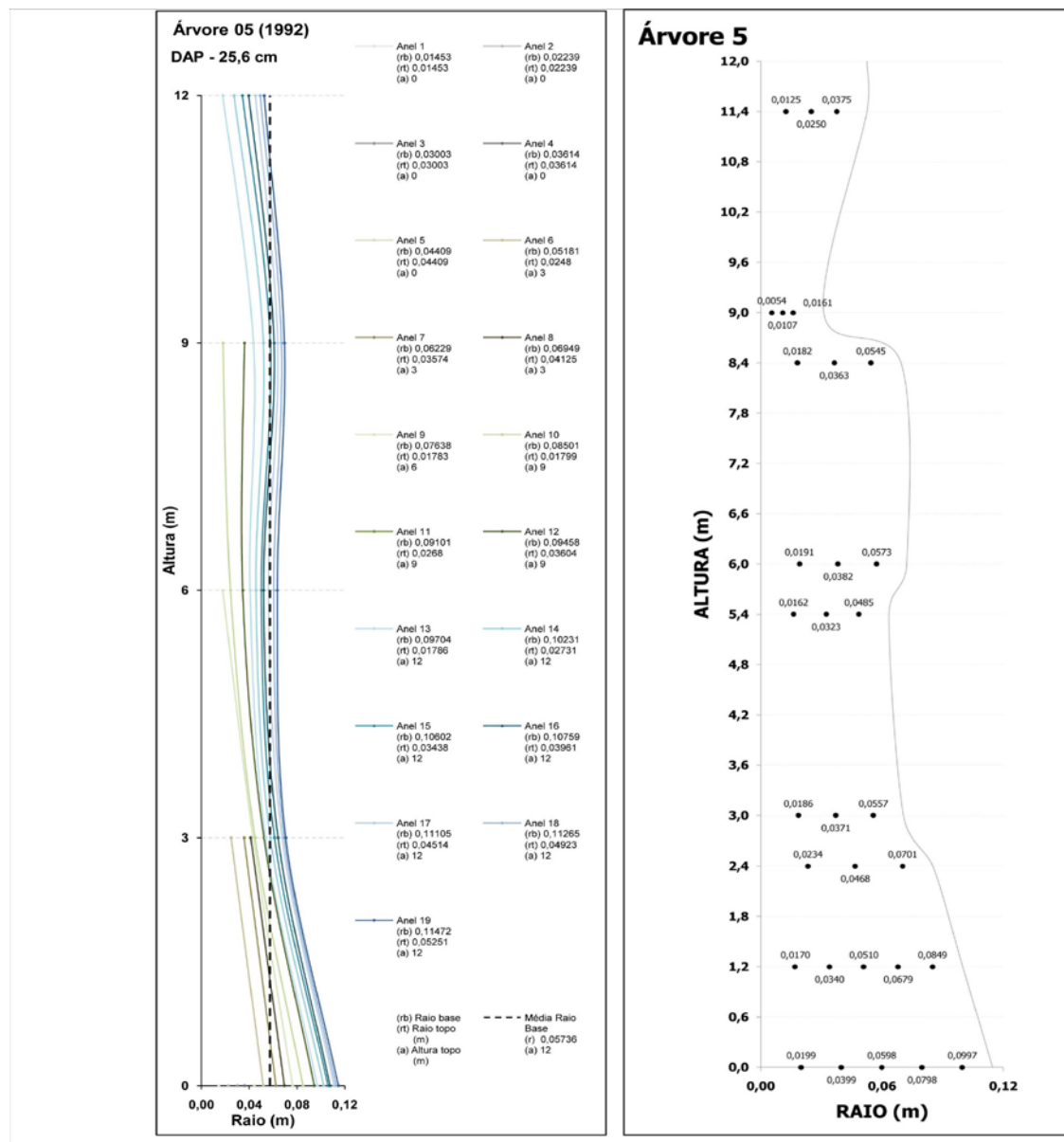


Figura 46 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 5

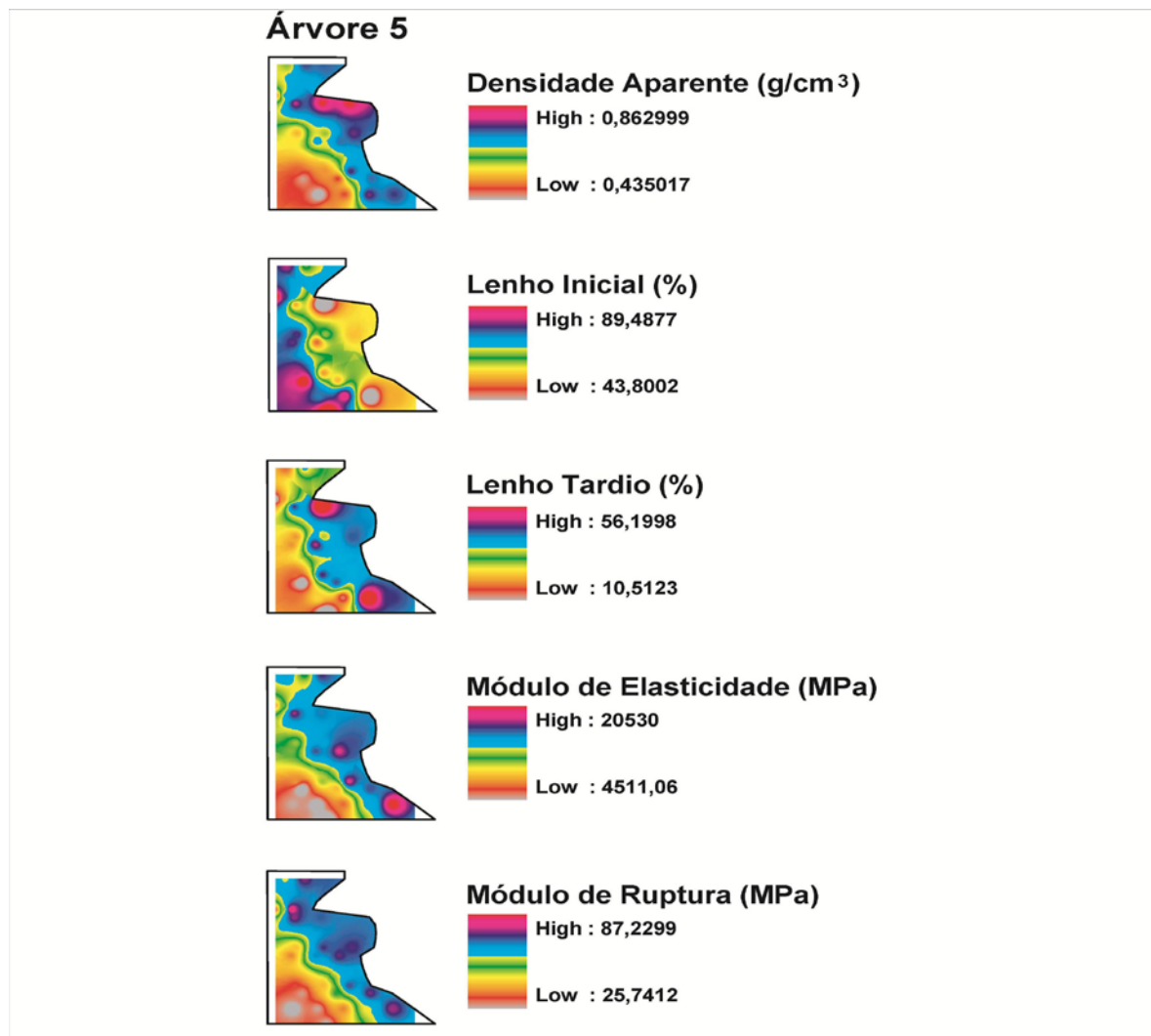


Figura 47 - Distribuição das isopropriedades da árvore5 no sentido radial e axial

Na Figura 47 verifica-se que a Densidade Aparente, apresenta um padrão de distribuição onde na região da base verificamos os menores valores e crescendo em direção à casca. No sentido axial seus menores valores são observados na base e crescendo com a altura da árvore, na região próxima a casca os valores são maiores desde a base até o topo. O mesmo padrão de distribuição ocorre para o Lenho Tardio (%), MOE e MOR. O padrão de distribuição do Lenho Inicial (%) foi inverso a do Lenho Tardio (%).



Árvore 6

A árvore 6 é proveniente do plantio de 1992 e pertence a classe de diâmetro médio do grupo I.

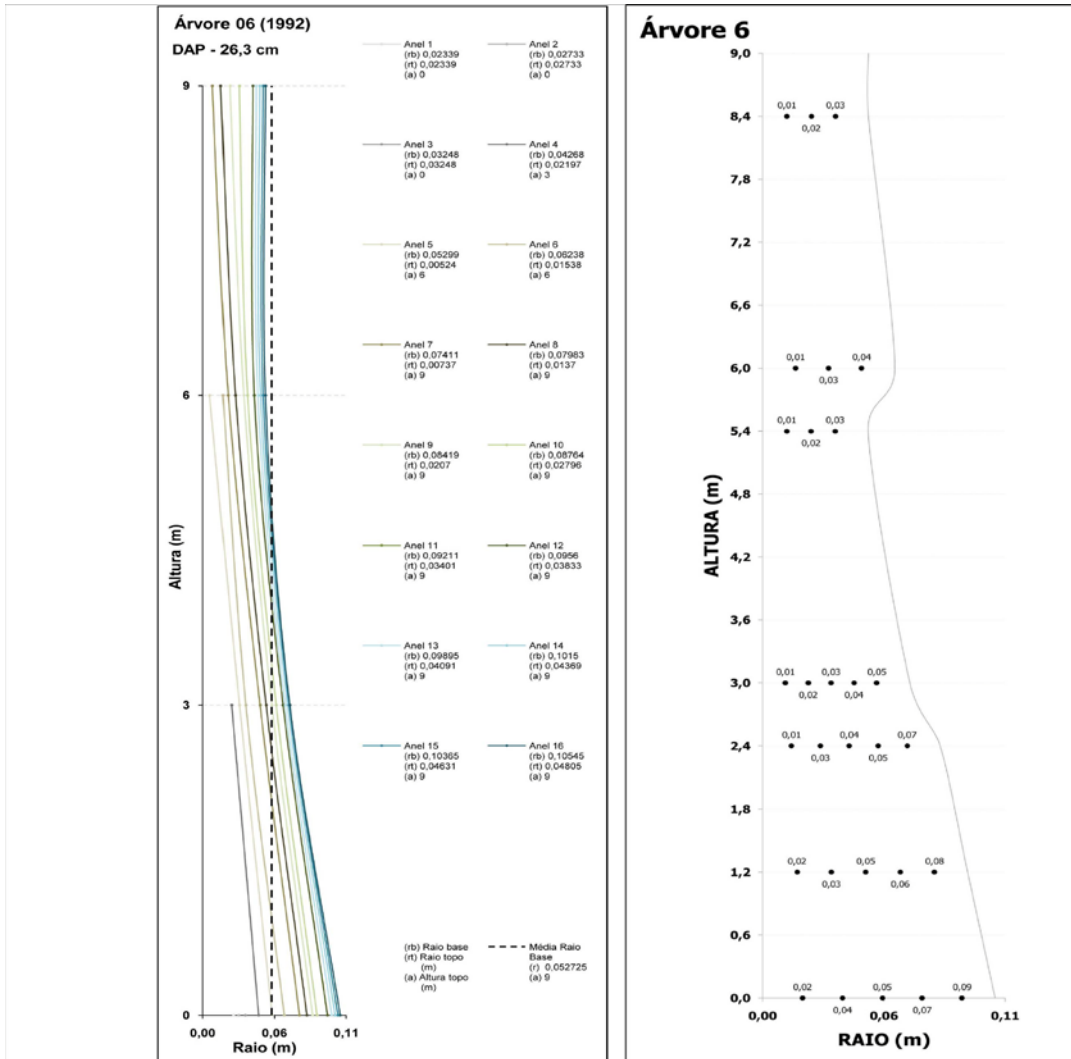


Figura 48 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 6

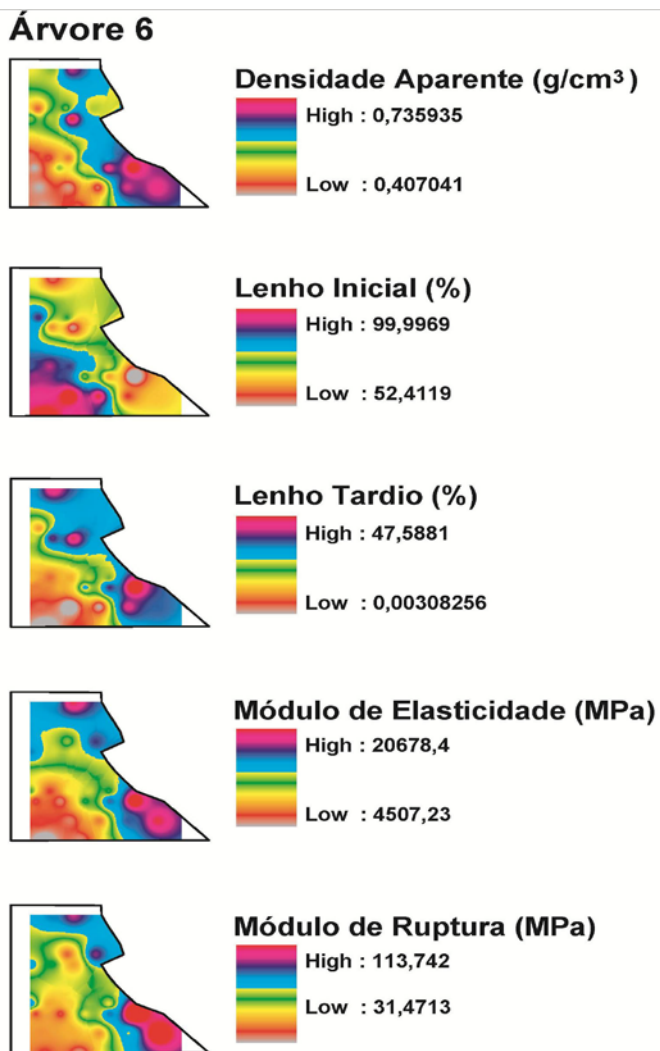


Figura 49 - Distribuição das isopropriedades da árvore 6 no sentido radial e axial

Na Figura 49 verifica-se que a Densidade Aparente, apresenta um padrão de distribuição onde na região da base verificamos os menores valores e crescendo em direção à casca, esse padrão foi verificado nas outras alturas do tronco também. No sentido axial seus menores valores são observados na base e crescendo com a altura da árvore, na região próxima à casca os valores são maiores desde a base até o topo. O mesmo padrão de distribuição ocorre para o Lenho Tardio (%), MOE e MOR. O padrão de distribuição do Lenho Inicial (%) foi inverso a do Lenho Tardio (%).

Árvore 7

A árvore 7 é proveniente do plantio de 1992 e pertence à maior classe de diâmetro do grupo I.

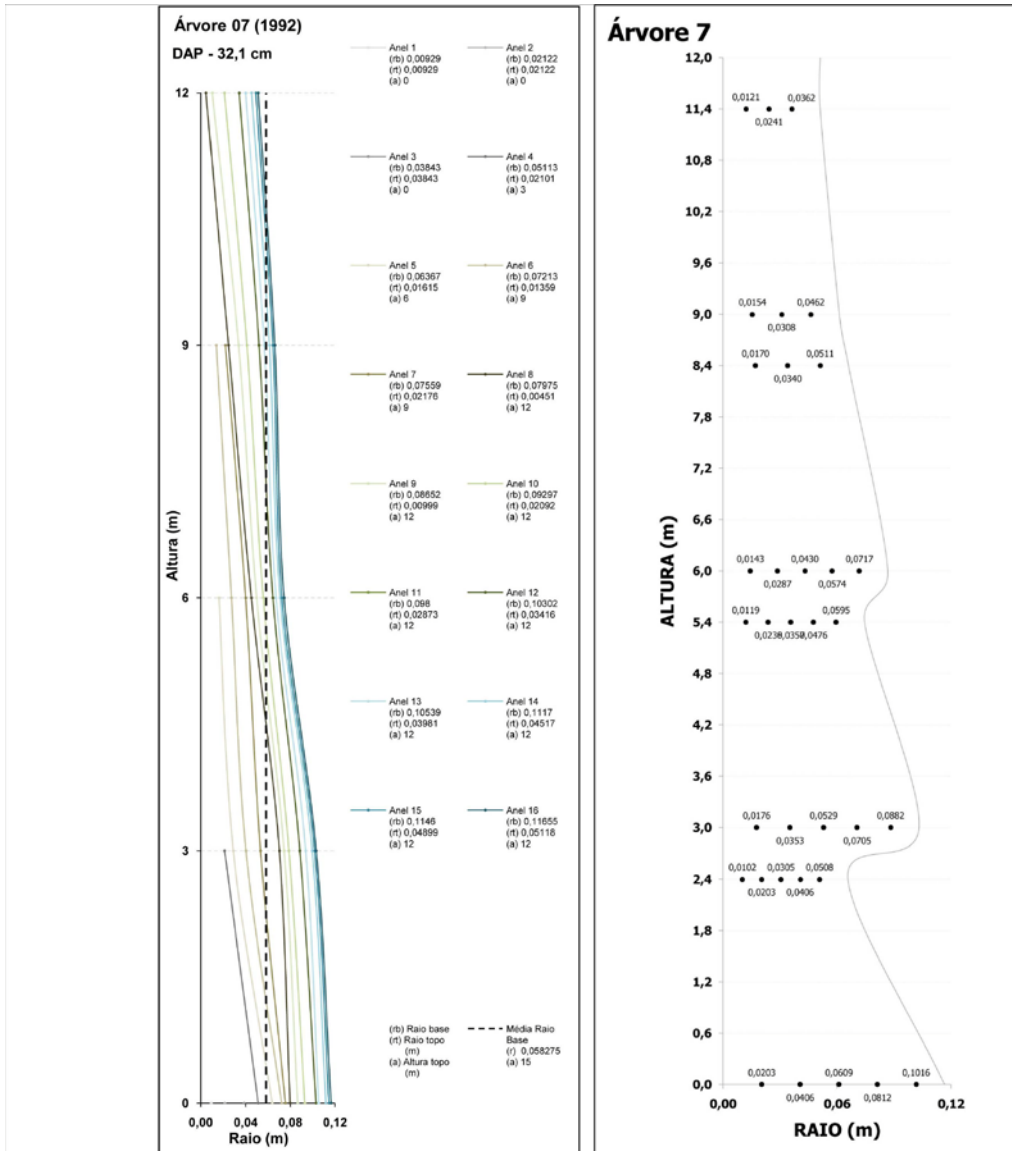


Figura 50 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 7

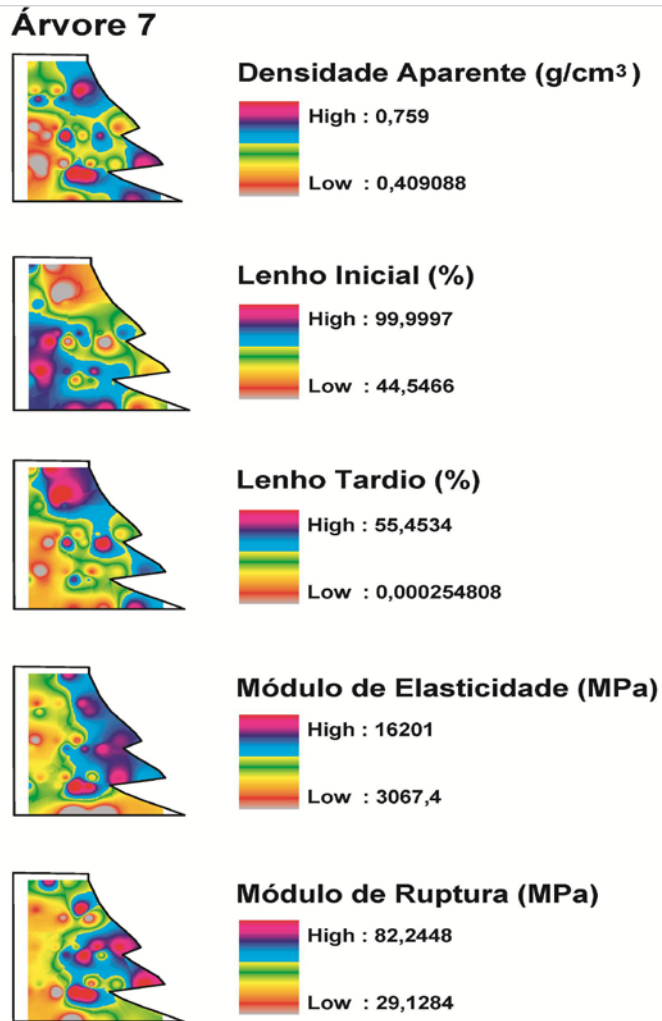


Figura 51 - Distribuição das isopropriedades da árvore 7 no sentido radial e axial

Na Figura 51 verifica-se que a Densidade Aparente, apresenta seus menores valores na região da medula e crescendo no sentido radial, apenas na região mais central em altura do fuste verifica-se um menor valor na medula crescendo rapidamente e voltando a decrescer em direção à casca. No sentido axial na região da medula a tendência é de crescimento da base para o topo, os maiores valores ficaram concentrados na região da casca. Esse mesmo padrão de distribuição de valores foi verificado para o MOR e o Lenho Tardio (%) e o inverso dos valores e distribuição foram verificados para o Lenho Inicial (%).

Para o MOE (Figura 51) verifica-se que na região da base da árvore no sentido radial a distribuição dos menores valores e de modo geral no sentido axial os menores valores se concentraram na região da medula. Os maiores valores foram verificados da região central para a casca.

Árvore 8

A árvore 8 é proveniente do plantio de 1992 e pertence à maior classe de diâmetro do grupo I.

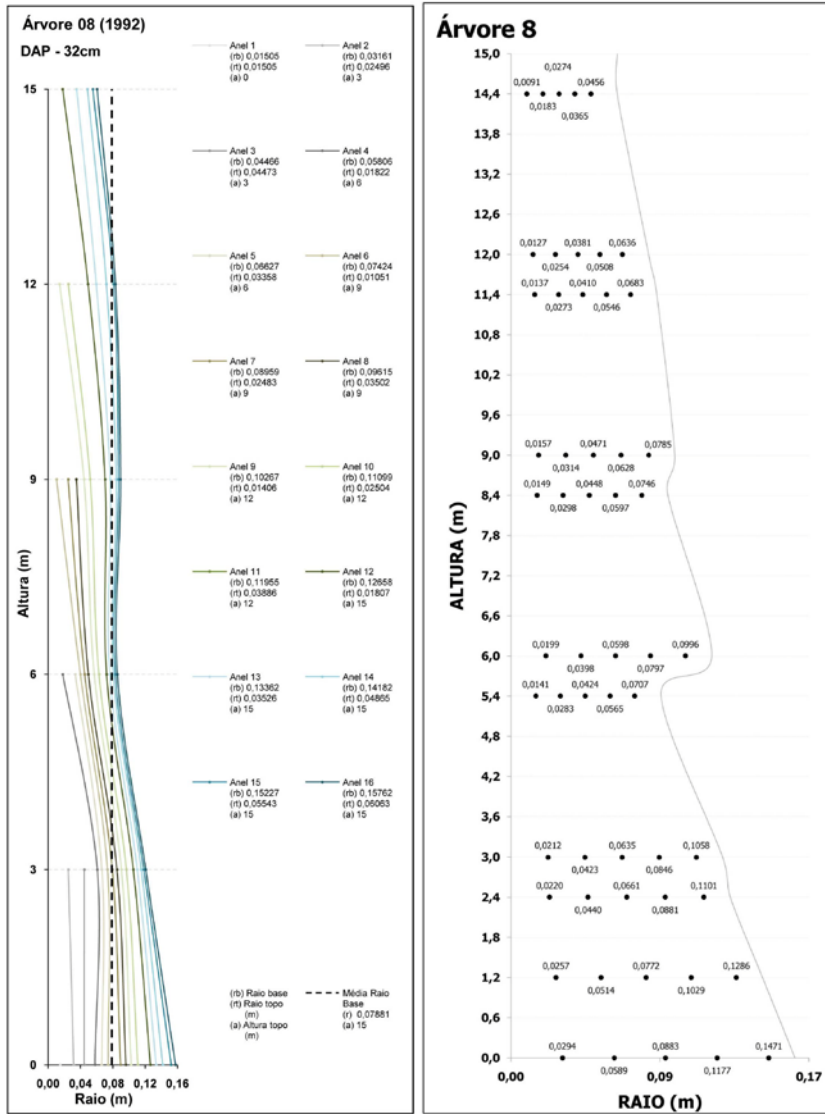


Figura 52 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 8

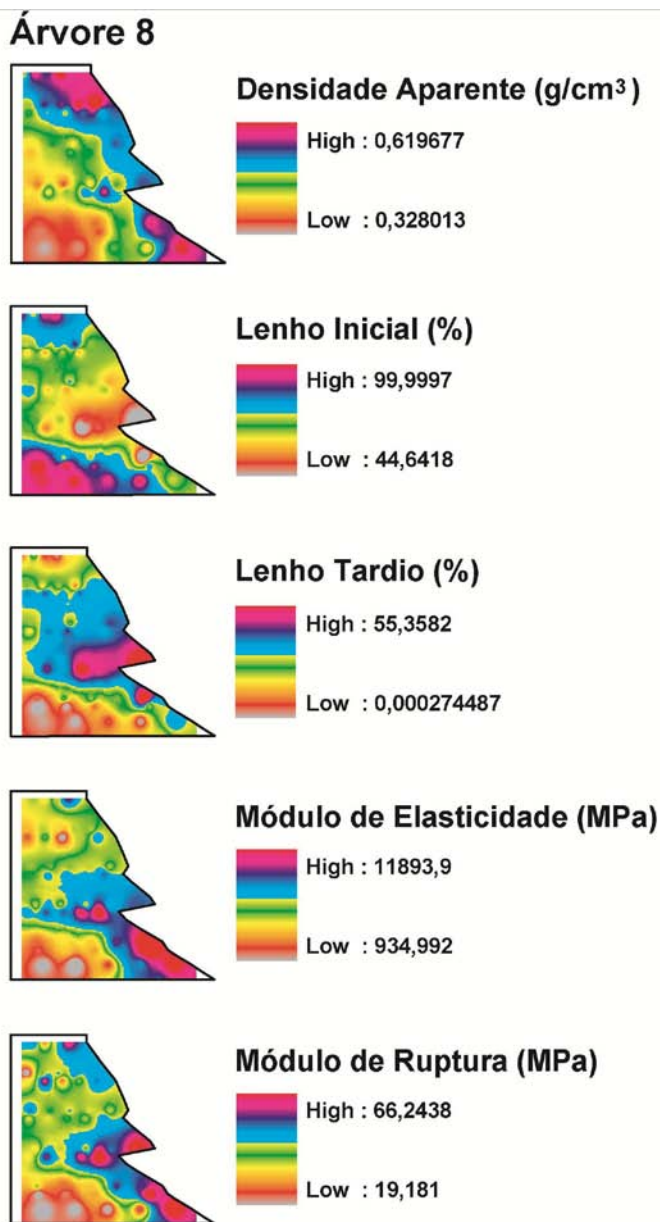


Figura 53 - Distribuição das isopropriedades da árvore 8 no sentido radial e axial

Na Figura 53 verifica-se que a Densidade Aparente, apresenta seus menores valores na região da medula e crescendo gradativamente até atingir o valor máximo no sentido radial. No sentido axial na região da medula a tendência é de crescimento da base para o topo, os maiores valores ficaram concentrados na região da casca e no topo da árvore.

A distribuição de Lenho Inicial (%), Figura 53, apresenta seus maiores valores na região da medula decrescendo em direção à casca na região da medula na parte central do tronco em altura os valores são menores e com tendência a decrescer em direção a casca; na região do topo

da árvore os maiores valores estão distribuídos igualmente no sentido radial. O inverso ocorre com a distribuição dos valores observados para o Lenho Tardio (%).

Verifica-se que as isopropriedades do MOE e do MOR apresentam o mesmo padrão de distribuição. Os menores valores estão localizados na região da medula na parte inferior da árvore crescendo em direção à casca até a 1/3 da altura total da árvore. No sentido axial na base na região próxima à medula estão os menores valores e crescem em direção ao topo, os maiores valores estão localizados na região da casca e somente na região próxima ao topo que decrescem.

### Árvore 9

A árvore 9 é proveniente do plantio de 1992 e pertence à maior classe de diâmetro do grupo I.

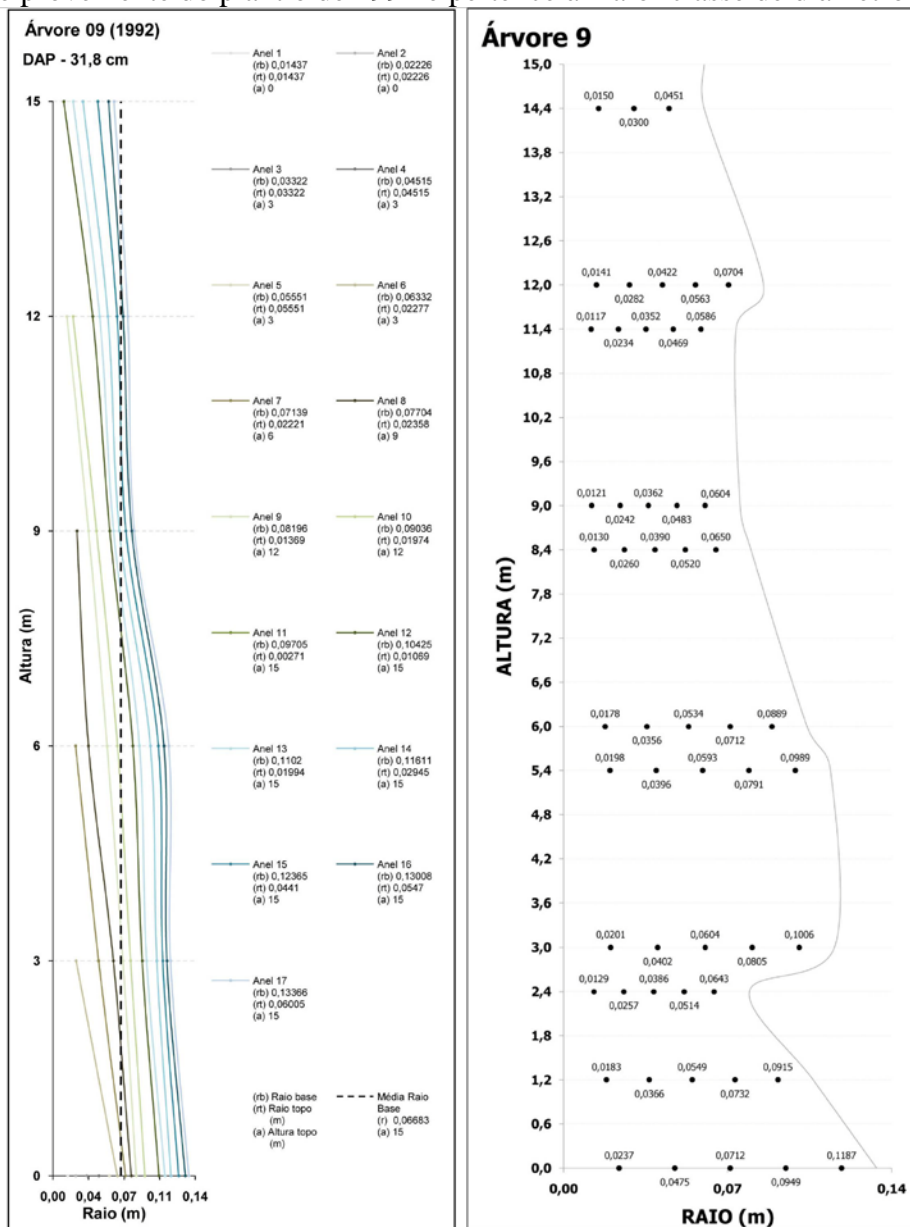


Figura 54 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 9



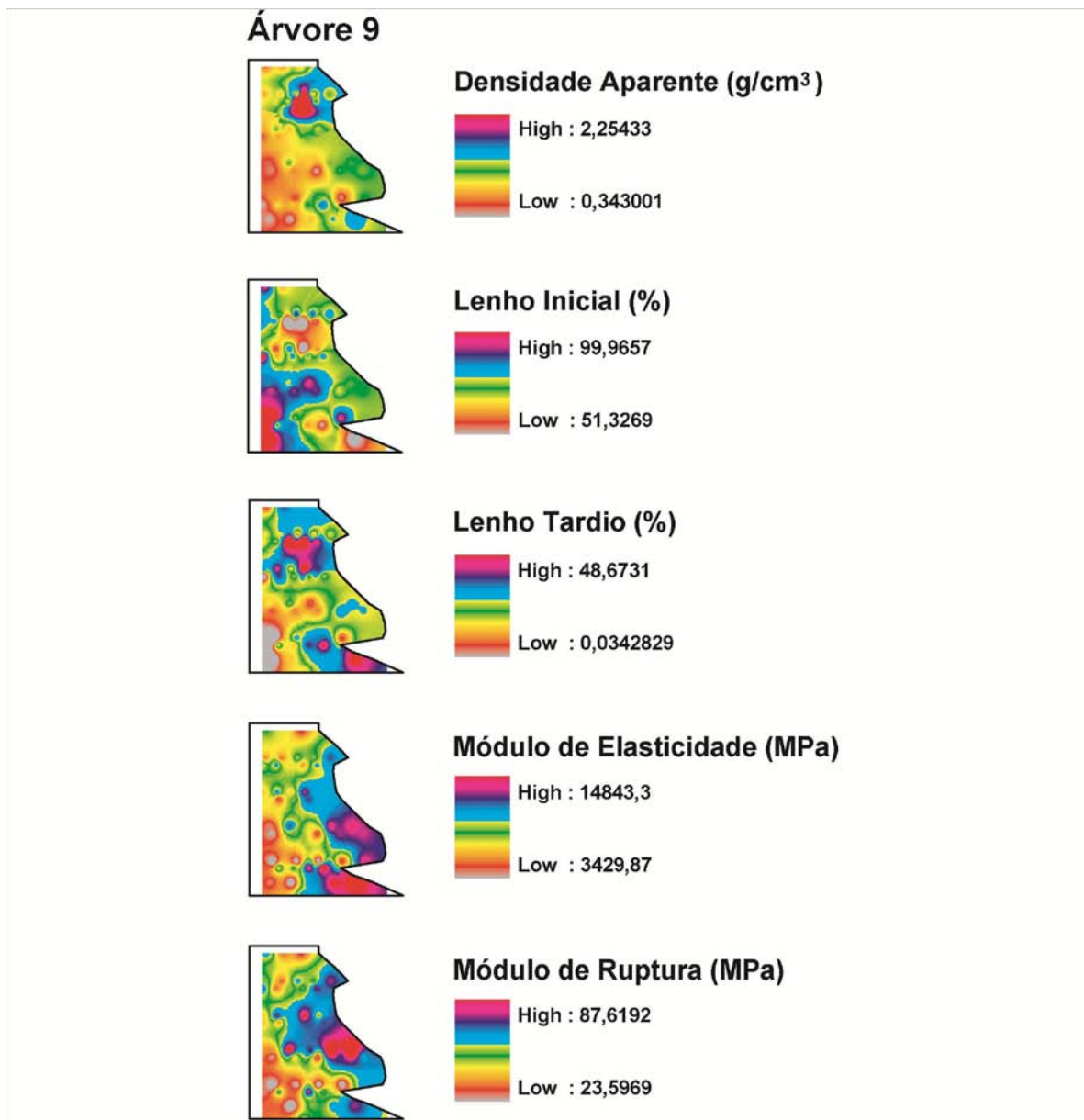


Figura 55 - Distribuição das isopropriedades da árvore 9 no sentido radial e axial

Na Figura 55 verifica-se que a Densidade Aparente, apresenta um padrão de distribuição onde na região da base verificamos os menores valores e crescendo em direção à casca, esse padrão foi verificado nas outras alturas do tronco, somente na região mais próxima ao topo é que houve variação, onde aos valores menores estão próximos à medula crescem e tendem a decrescer na região da casca. No sentido axial seus menores valores são observados na base e crescendo com a altura da árvore, na região próxima à casca os valores são maiores no topo.

O Lenho Inicial (%) apresenta de modo geral, de acordo com a Figura 55, seus maiores valores na região da medula decrescendo gradativamente em direção a casca No sentido axial os

maiores valores estão próximos à medula e os menores próximos a casca. Para o Lenho Tardio (%) a distribuição dos valores foi inversa a do Lenho Inicial.

Para o MOE e o MOR os menores valores foram verificados na região próxima a medula crescendo em direção a casca, na região do topo os valores decresceram em direção a casca.

### 4.3.2 Grupo II (plântio 1969)

#### Árvore 10

A árvore 10 é proveniente do plântio de 1969 e pertence à menor classe de diâmetro do grupo II.

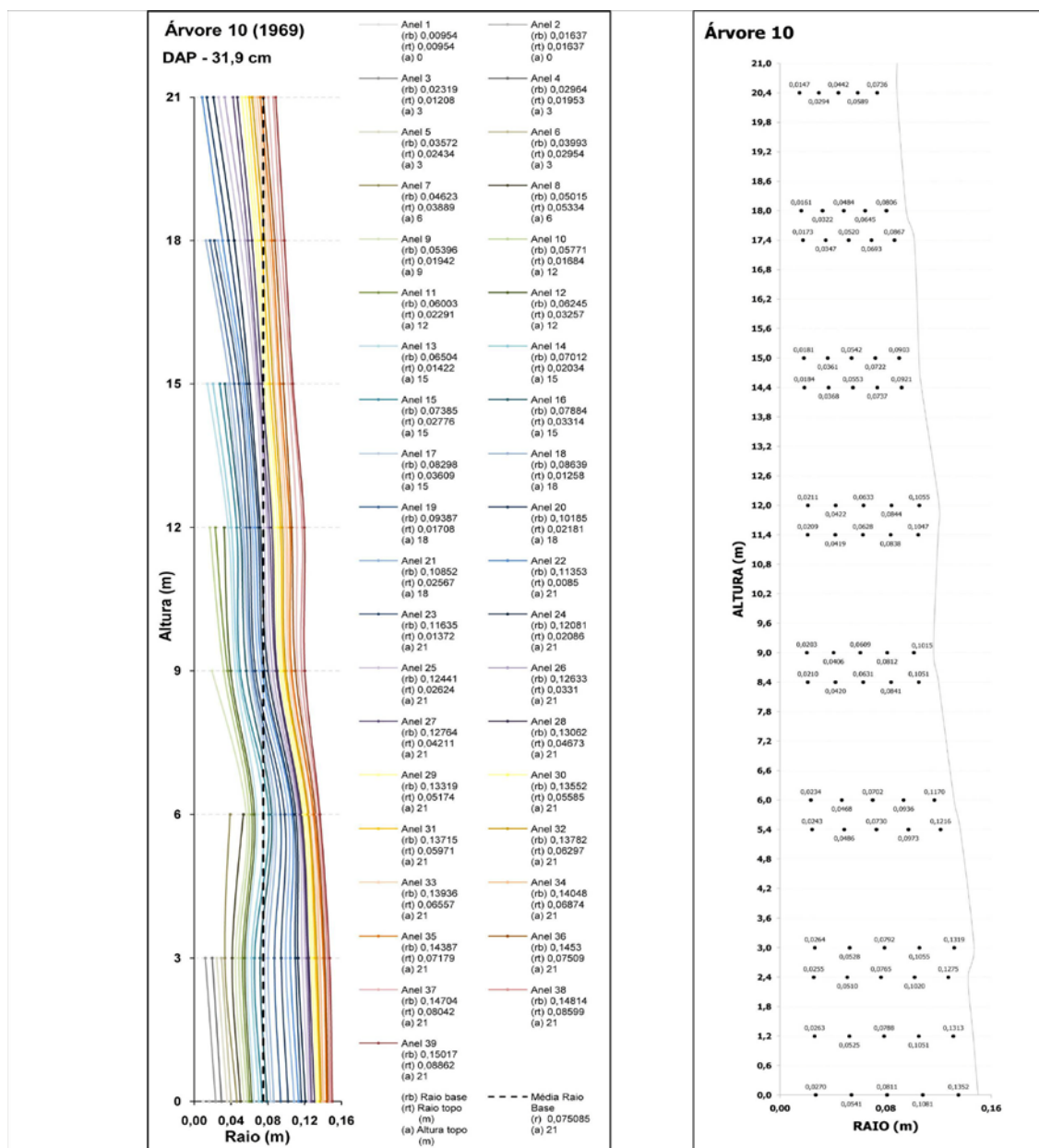


Figura 56 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 10

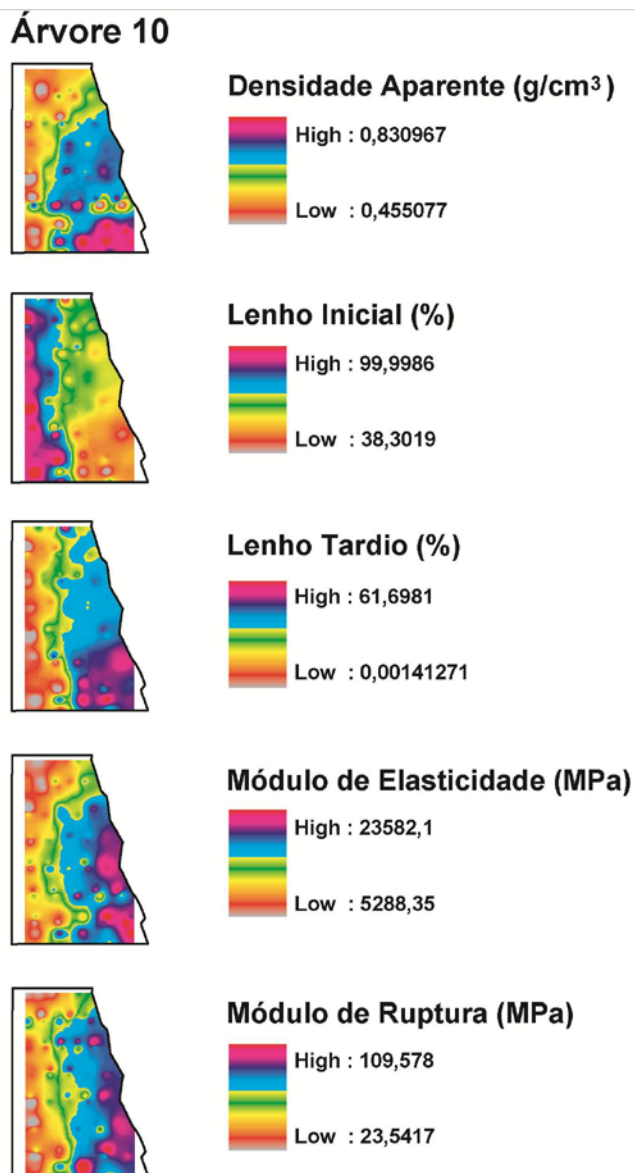


Figura 57 - Distribuição das isopropriedades da árvore 10 no sentido radial e axial

As isopropriedades da Densidade Aparente, Lenho Tardio (%), MOE e MOR, conforme Figura 57, apresentaram de modo geral, um mesmo padrão de distribuição. No sentido radial apresenta crescimento dos valores da medula para a casca. No sentido axial os menores valores estão na região próxima à medula e os maiores valores na região da casca. Para o Lenho Inicial (%) a distribuição dos valores foi inversa.

### Árvore 11

A árvore 11 é proveniente do plantio de 1969 e pertence à menor classe de diâmetro do grupo II.

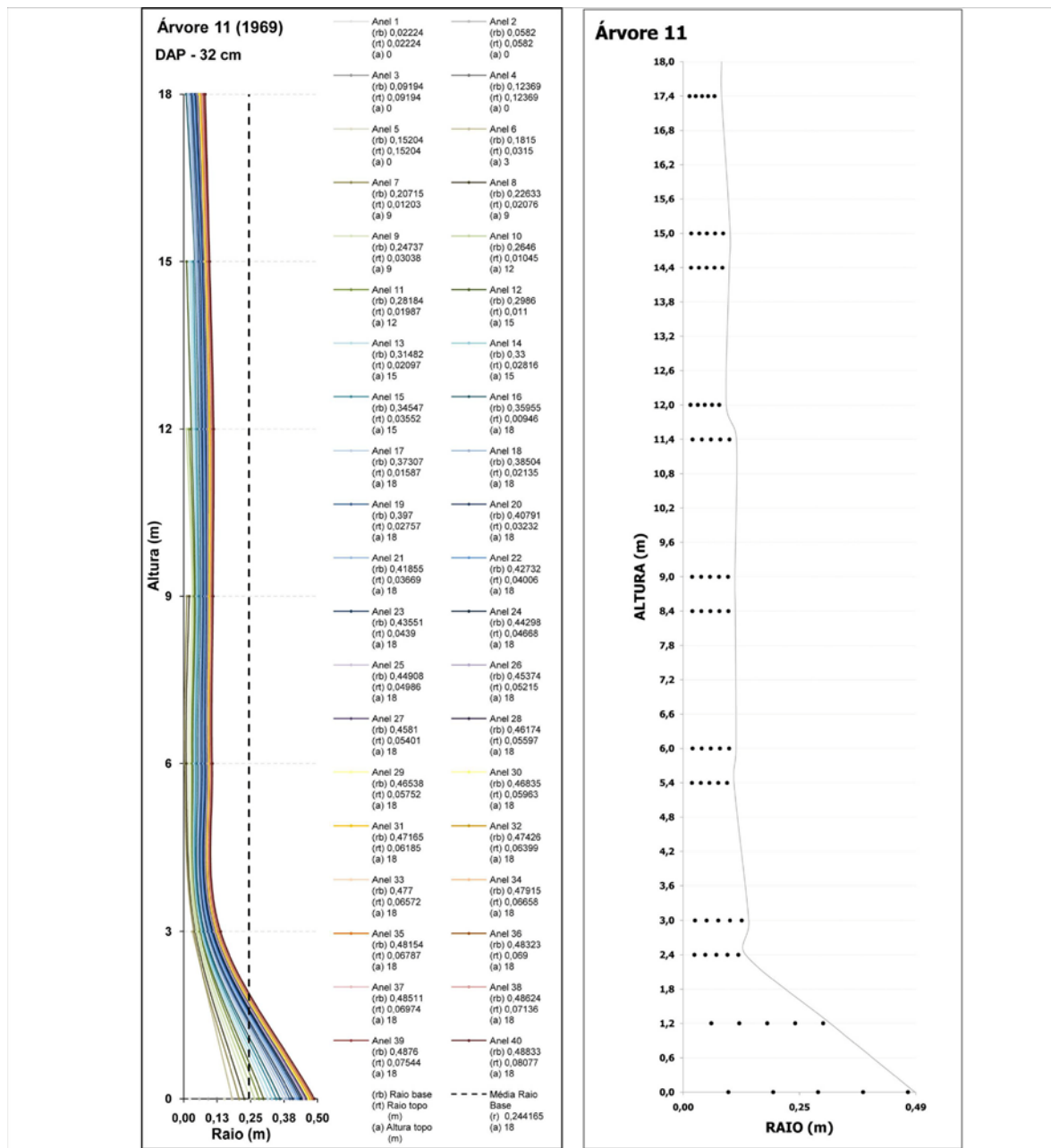


Figura 58 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 11

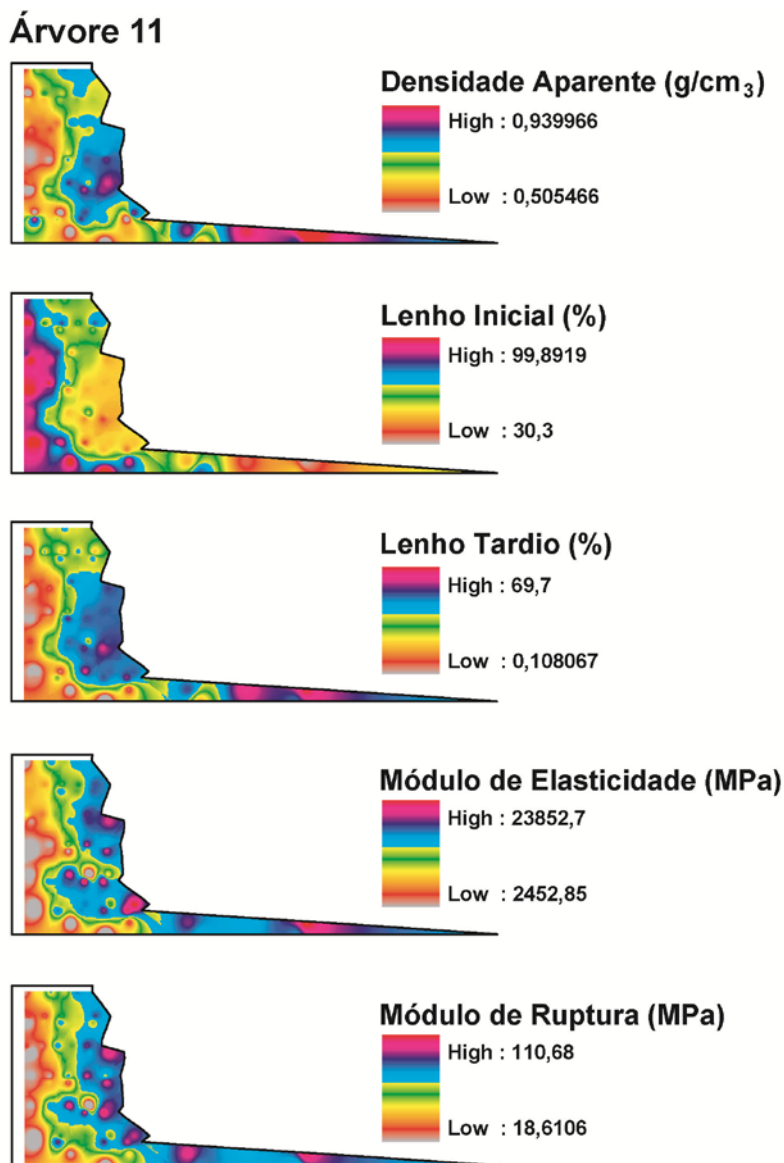


Figura 59 - Distribuição das isopropriedades da árvore 11 no sentido radial e axial

Na Figura 59 as curvas das isopropriedades de Densidade Aparente, Lenho Tardio (%), MOE e MOR, apresentaram de modo geral, um mesmo padrão de distribuição. No sentido radial apresenta crescimento dos valores da medula para a casca. No sentido axial os menores valores estão na região próxima à medula e os maiores valores na região da casca. Para o Lenho Inicial (%) a distribuição dos valores foi inversa.

Árvore 12

A árvore 12 é proveniente do plantio de 1969 e pertence à menor classe de diâmetro do grupo II.

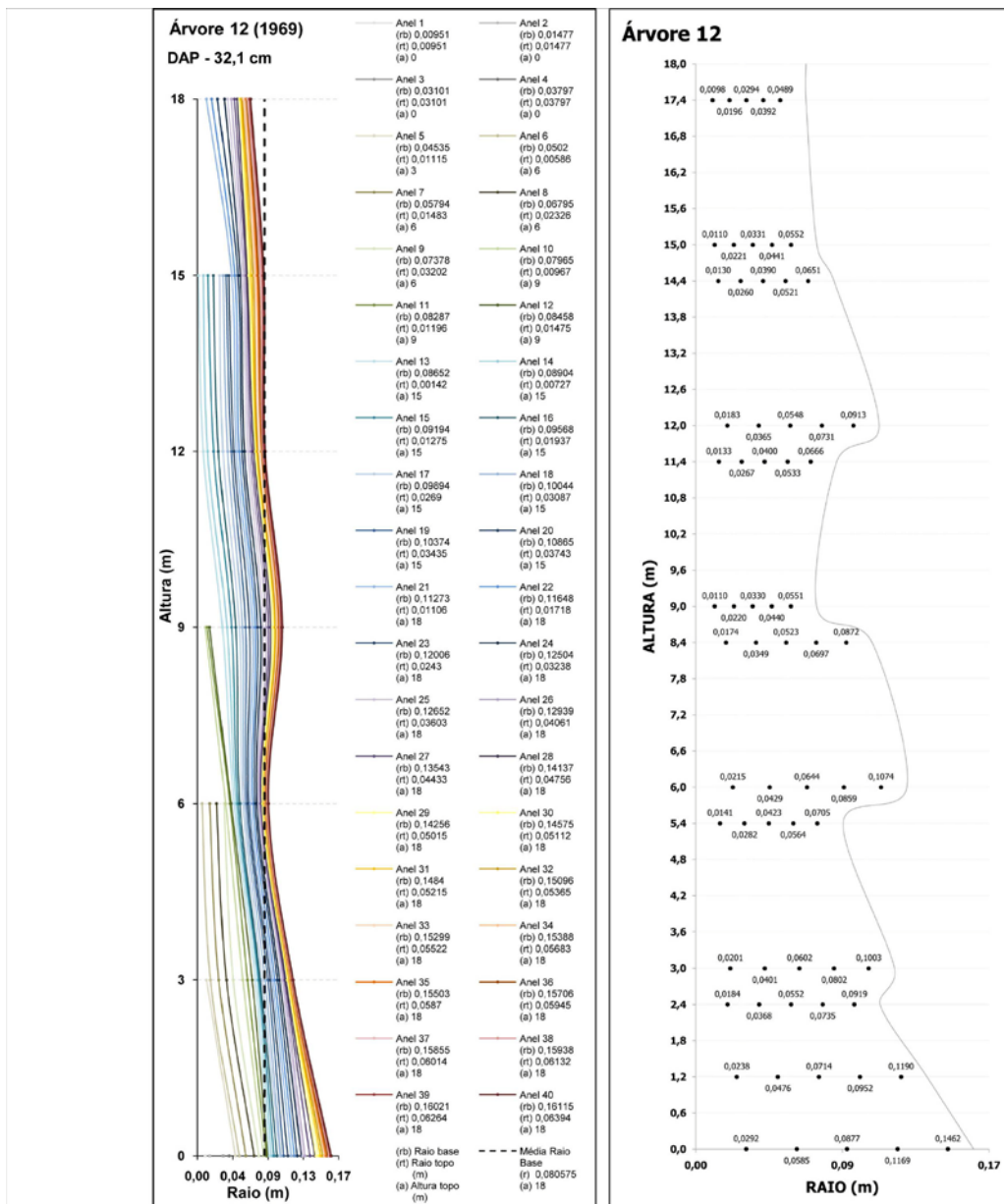


Figura 60 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 12

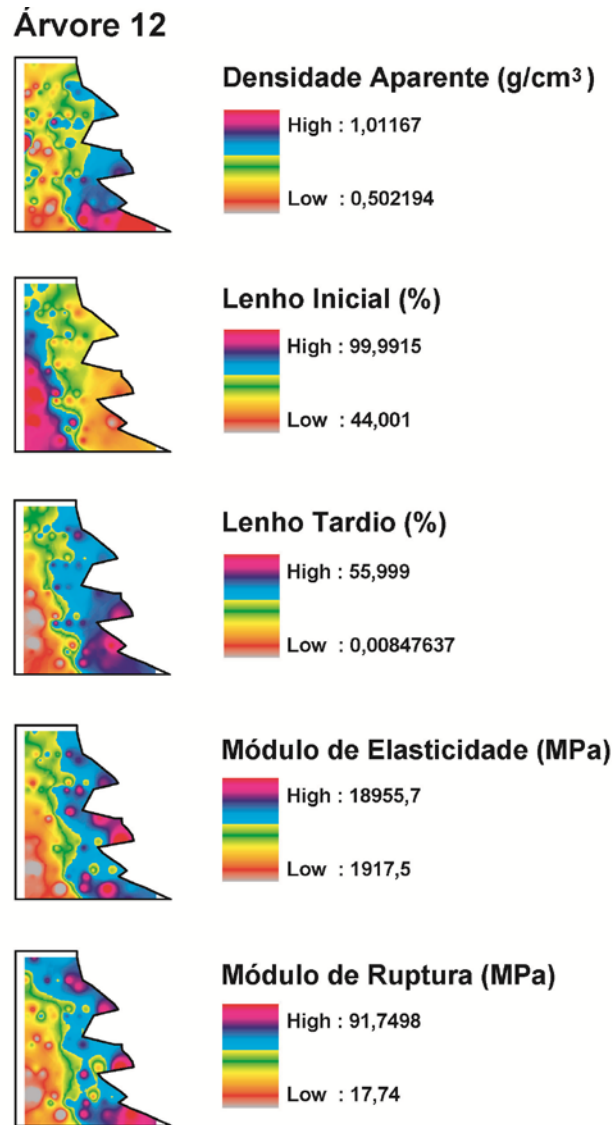


Figura 61 - Distribuição das isopropriedades da árvore 12 no sentido radial e axial

Na Figura 61 para a Densidade Aparente os menores valores estão na região da medula e crescendo rapidamente até os maiores valores na região da casca, da base do tronco até a metade da árvore, onde há uma tendência dos valores decrescerem no sentido radial, no topo da árvore há novamente uma tendência ao crescimento. De maneira geral no sentido axial os maiores valores foram localizados na região próxima a casca.

Para o Lenho Tardio, MOE e MOR a distribuição dos valores apresentaram um mesmo padrão, onde os menores valores foram detectados na região próxima à medula e os maiores na região da casca. No sentido axial na região da medula houve um crescimento dos valores principalmente a partir da metade da tora em altura e na região da casca os valores foram maiores



desde a base até o topo. Para o Lenho Inicial a distribuição dos valores foi inversa, tanto no sentido radial como no axial.

### Árvore 13

A árvore 13 é proveniente do plantio de 1969 e pertence classe média de diâmetro do grupo II.

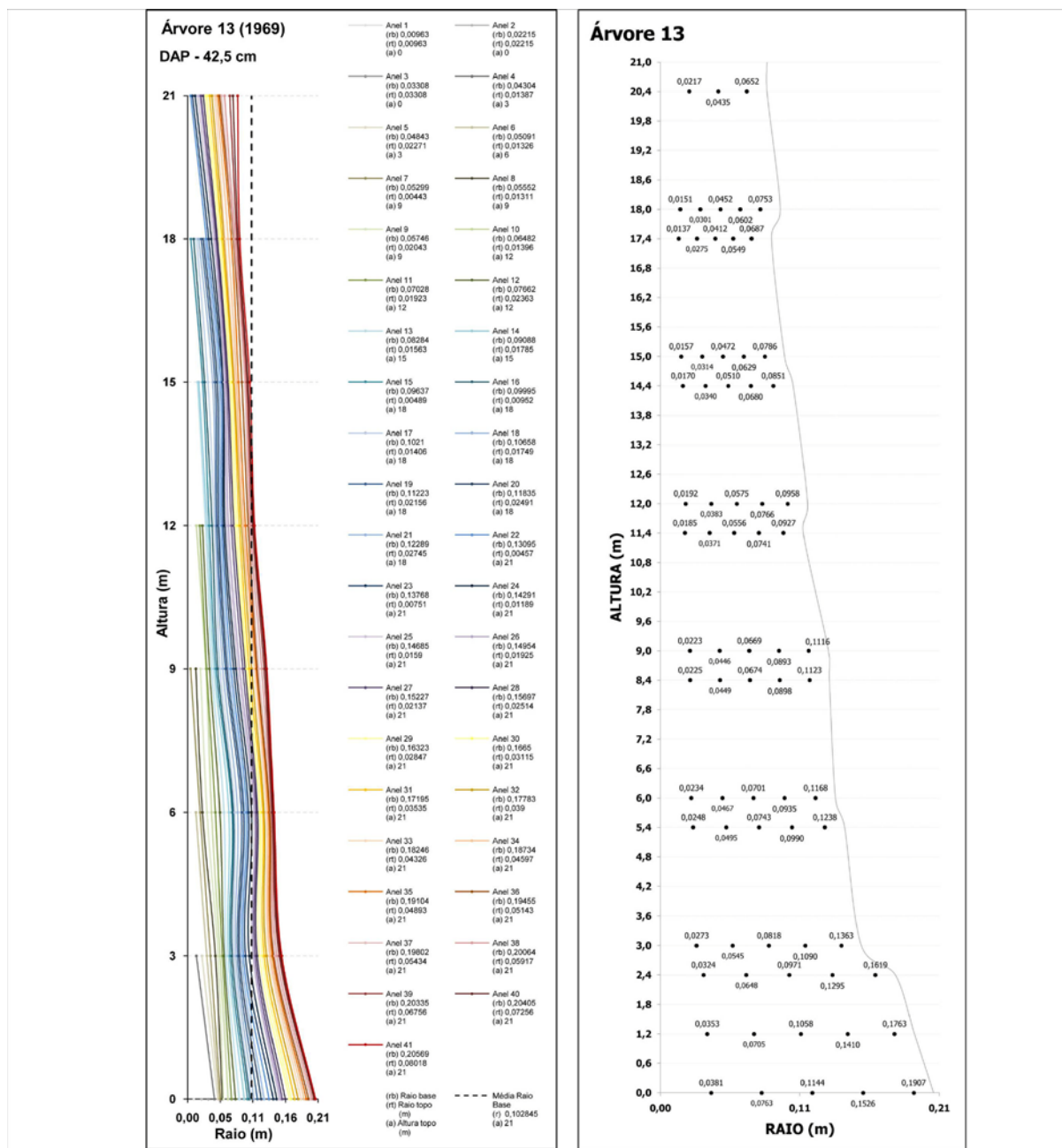


Figura 62 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 13

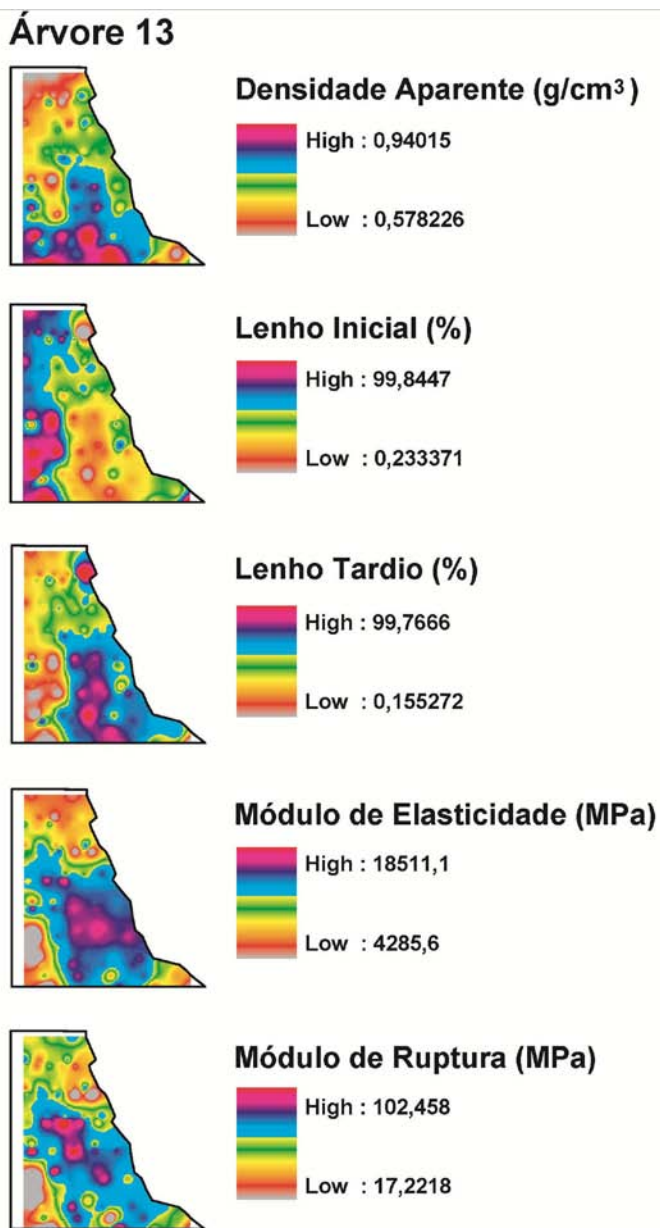


Figura 63 - Distribuição das isopropriedades da árvore 13 no sentido radial e axial

Na Figura 63 a Densidade Aparente apresenta no sentido radial os maiores valores na região próxima à medula e se estendendo até próxima à casca onde os valores decrescem, na metade em altura da árvore verifica-se que os valores são menores, crescem e voltam a decrescerem; no topo os valores são menores da medula para a casca. No sentido axial, houve uma diminuição dos valores com a altura da árvore na região da medula até a região da casca onde se observa valores menores

Para o Lenho Tardio, MOE e MOR a distribuição dos valores apresentaram um mesmo padrão, onde os menores valores foram detectados na região próxima à medula e os maiores na

região da casca. No sentido axial na região da medula houve um crescimento dos valores principalmente a partir da metade da tora em altura e na região da casca os valores foram maiores desde a base até o topo. Para o Lenho Inicial a distribuição dos valores foi inversa, tanto no sentido radial como no axial.

### Árvore 14

A árvore 14 é proveniente do plantio de 1969 e pertence classe média de diâmetro do grupo II.

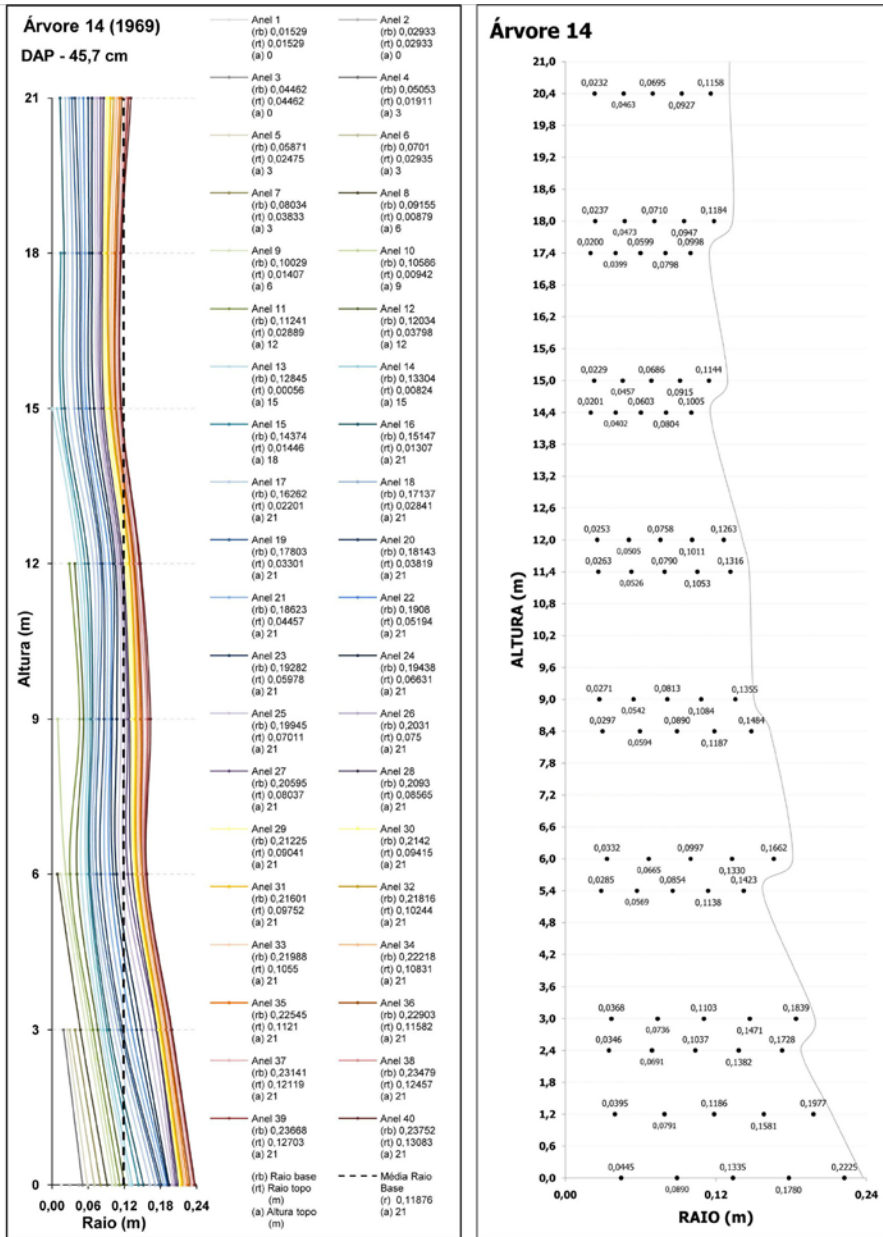


Figura 64 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 14

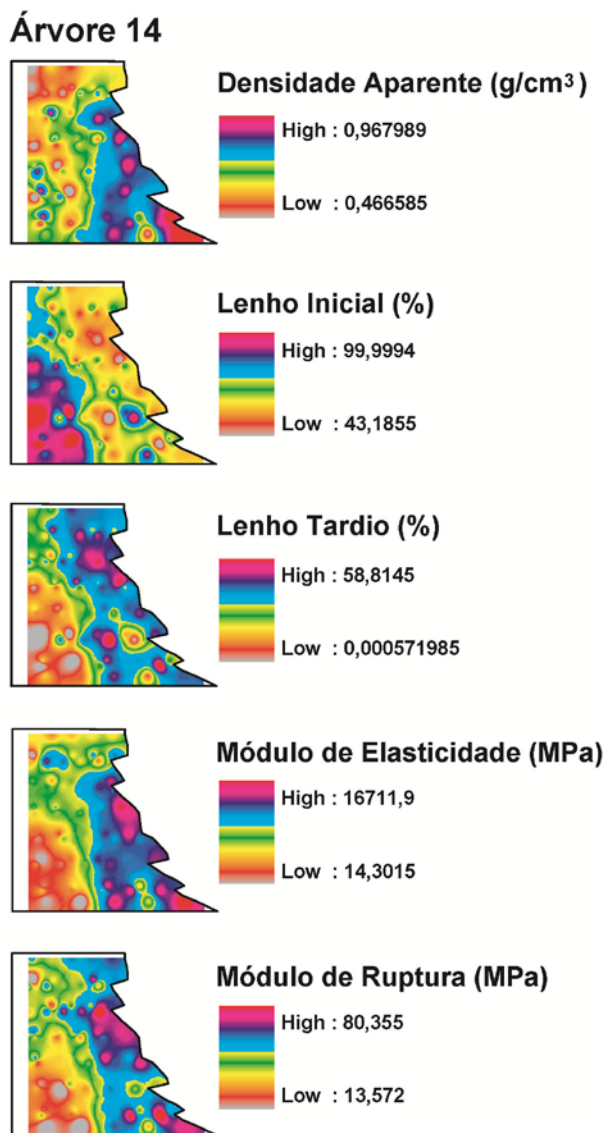


Figura 65 - Distribuição das isopropriedades da árvore 14 no sentido radial e axial

Na Figura 65 para a Densidade Aparente os menores valores estão na região da medula e crescendo rapidamente, decresce e novamente cresce com os maiores valores na região da casca, da base do tronco até a região do topo da árvore, onde há uma tendência dos valores crescerem no sentido radial. No sentido axial os maiores valores foram localizados na região próxima à casca.

Para o Lenho Tardio, MOE e MOR há semelhança na distribuição dos valores, onde os menores valores foram detectados na região próxima a medula e os maiores na região da casca. No sentido axial na região da medula houve um crescimento dos valores principalmente a partir da metade da tora em altura e na região da casca os valores foram maiores desde a base até o topo, com exceção da região do topo onde os valores decresceram para o MOE. Para o Lenho



### Árvore 15

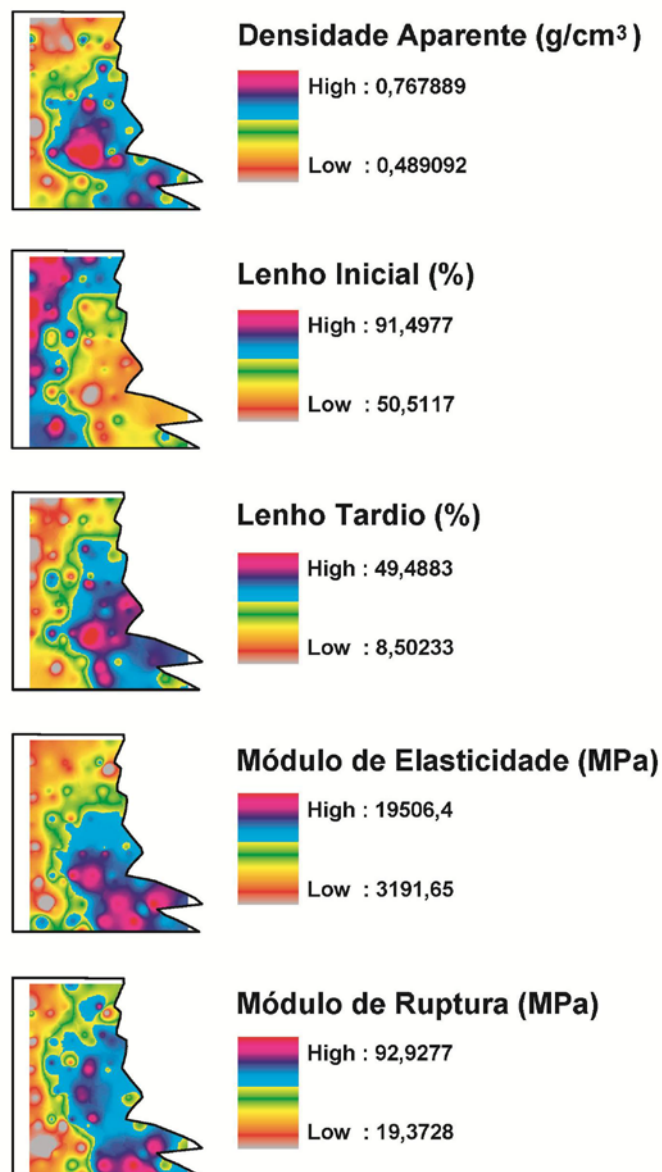


Figura 67 - Distribuição das isopropriedades da árvore 15 no sentido radial e axial

A Densidade Aparente na Figura 67 os menores valores estão na região da medula e crescendo gradativamente para a região da casca, os menores valores estão distribuídos na região do topo da árvore. No sentido axial os maiores valores foram localizados na região próxima a casca.

Para o Lenho Tardio, MOE e MOR há semelhança na distribuição dos valores, onde os menores valores foram detectados na região próxima à medula e os maiores na região da casca. No sentido axial na região da medula estão distribuídos os menores valores, na região da casca

são verificados os maiores valores e decrescem até a região próxima ao topo da árvore. Para o Lenho Inicial (Figura 67) a distribuição dos valores foi inversa a do Lenho Tardio, tanto no sentido radial como no axial

### Árvore 16

A árvore 16 é proveniente do plantio de 1969 e pertence à maior classe de diâmetro do grupo II.

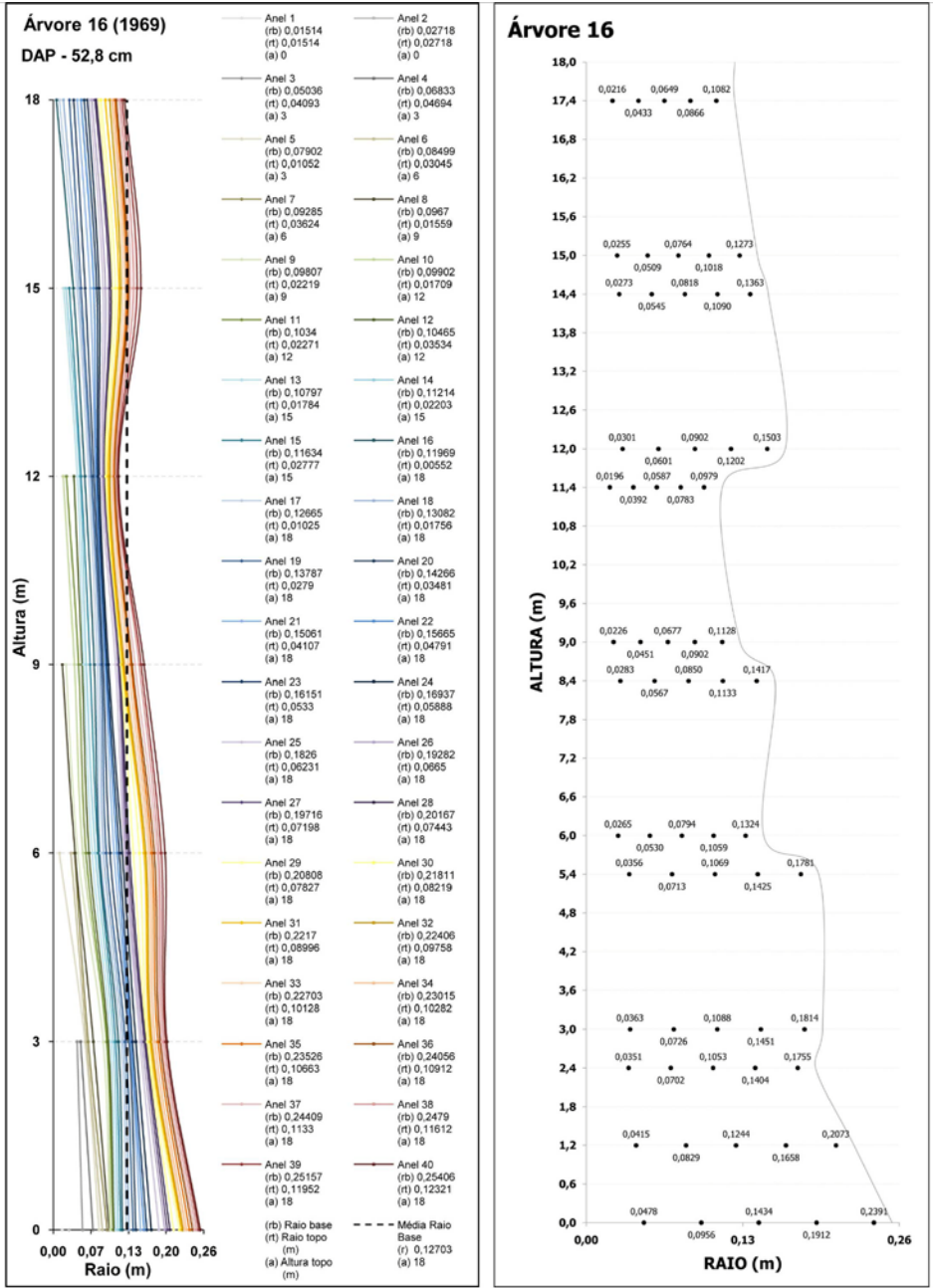


Figura 68 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 16



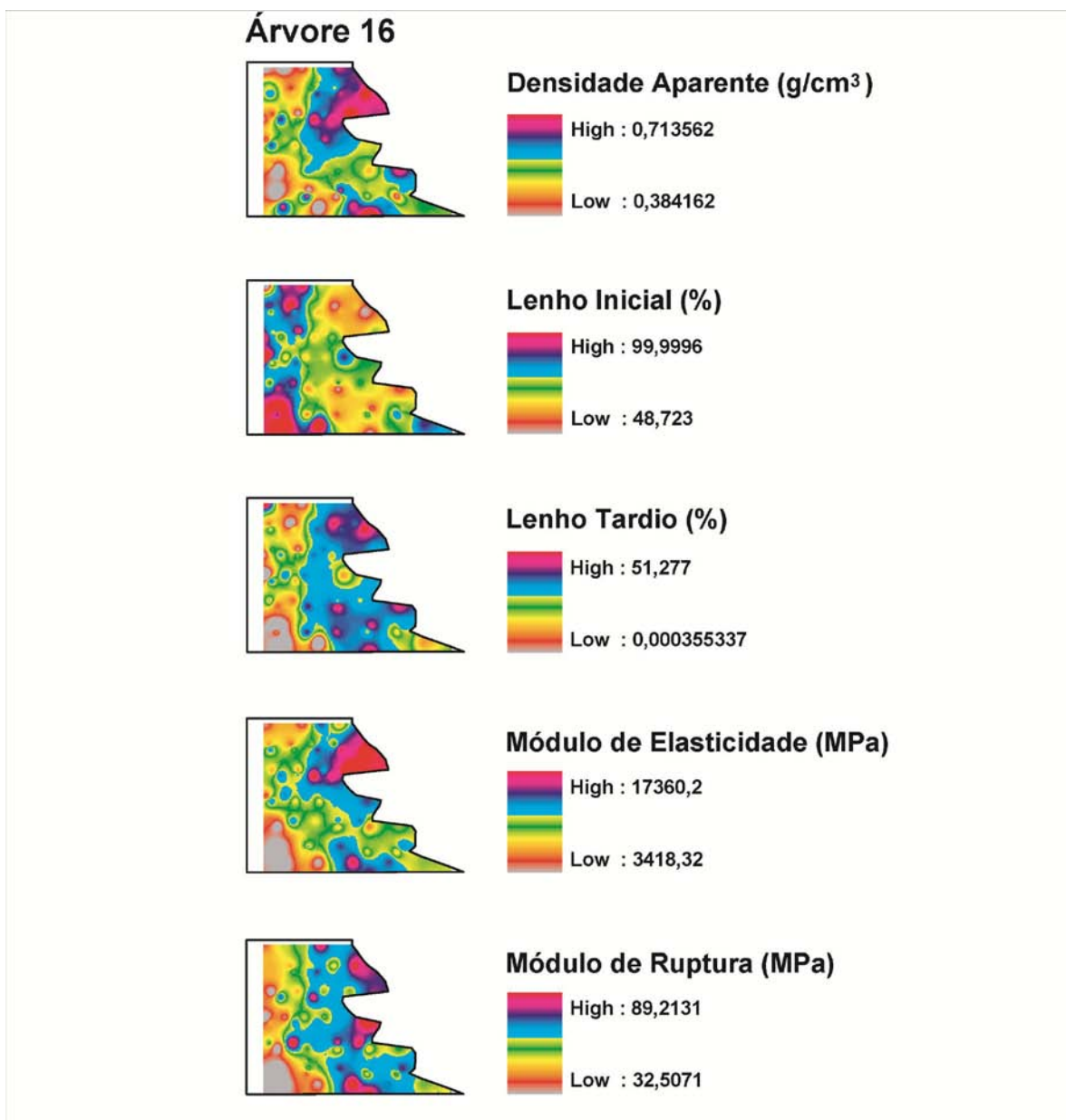


Figura 69 - Distribuição das isopropriedades da árvore 16 no sentido radial e axial

Na Figura 69 para a Densidade Aparente a distribuição dos valores na base é bastante variada, na região próxima à medula os valores são menores, crescem rapidamente, voltam a decrescer, atinge os maiores valores e novamente decrescem em direção a região da casca, mais para o meio da altura da árvore e no topo os valores crescem no sentido radial. No sentido axial os maiores valores foram localizados na região próxima à casca e mais concentrados da metade da altura da árvore em direção ao topo.

Para o Lenho Tardio, MOE e MOR há semelhança na distribuição dos valores, onde os menores valores foram detectados na região próxima à medula, os maiores valores na região média da distância no sentido radial e decrescem em direção da casca. Na região da metade da árvore em altura até o topo os valores são crescentes no sentido radial. No sentido axial na região da medula estão distribuídos os menores valores, na região da casca são verificados os maiores valores e crescem até a região do topo da árvore. Para o Lenho Inicial (Figura 69) a distribuição dos valores foi inversa a do Lenho Tardio, tanto no sentido radial como no axial.

## Árvore 17

A árvore 17 é proveniente do plantio de 1969 e pertence à maior classe de diâmetro do grupo II.

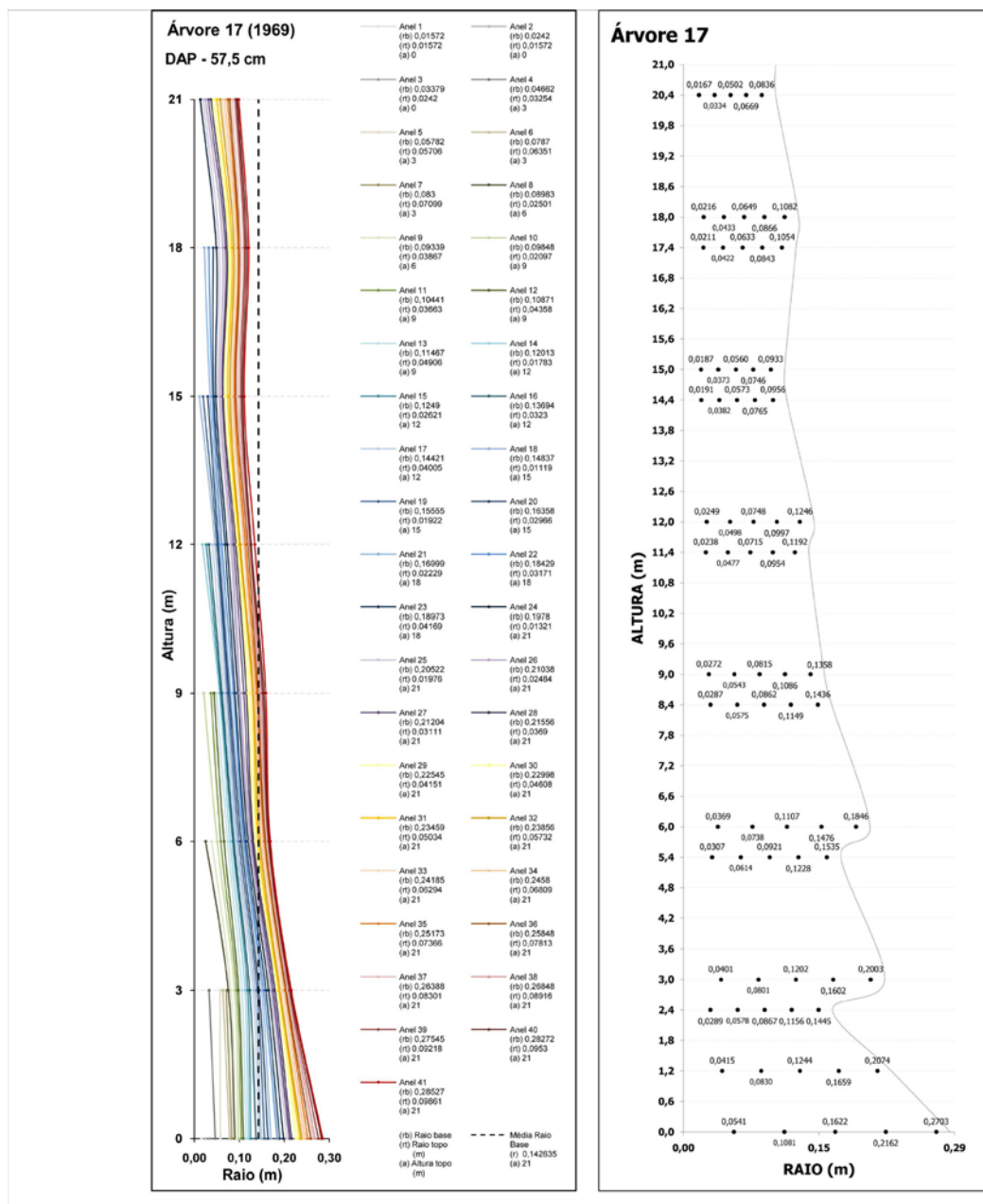


Figura 70 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 17

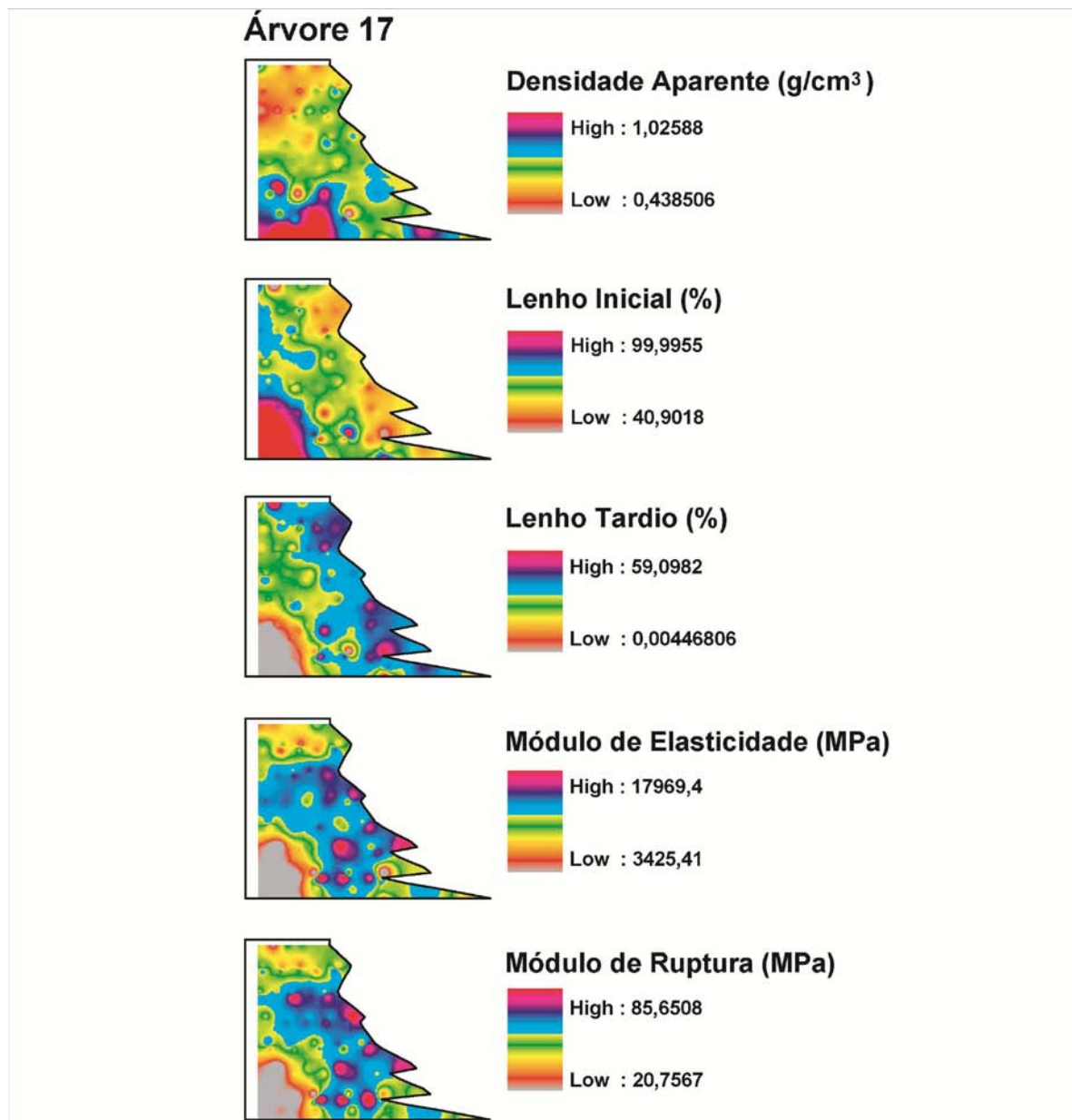


Figura 71 - Distribuição das isopropriedades da árvore 17 no sentido radial e axial

Na Figura 71 verifica-se que a Densidade Aparente, apresenta um padrão de distribuição que na região da base os maiores valores estão na região da medula decrescendo e voltando a crescer em direção à casca, na região média em altura da árvore o padrão verificado foi de crescimento no sentido radial. No sentido axial seus maiores valores são observados na base e decrescem com a altura da árvore.

Para o Lenho Tardio, MOE e MOR há semelhança na distribuição dos valores, onde os menores valores foram detectados na região próxima a medula, os maiores valores na região

média da distância no sentido radial e decrescem em direção da casca. Na região da metade da árvore em altura até o topo os valores são crescentes no sentido radial. No sentido axial na região da medula estão distribuídos os menores valores, na região da casca são verificados os maiores valores e crescem até a região do topo da árvore somente para o Lenho Tardio, para os demais na região do topo a uma diminuição dos valores. Para o Lenho Inicial (Figura 71) a distribuição dos valores foi inversa a do Lenho Tardio, tanto no sentido radial como no axial.

### Árvore 18

A árvore 18 é proveniente do plantio de 1969 e pertence à maior classe de diâmetro do grupo II.

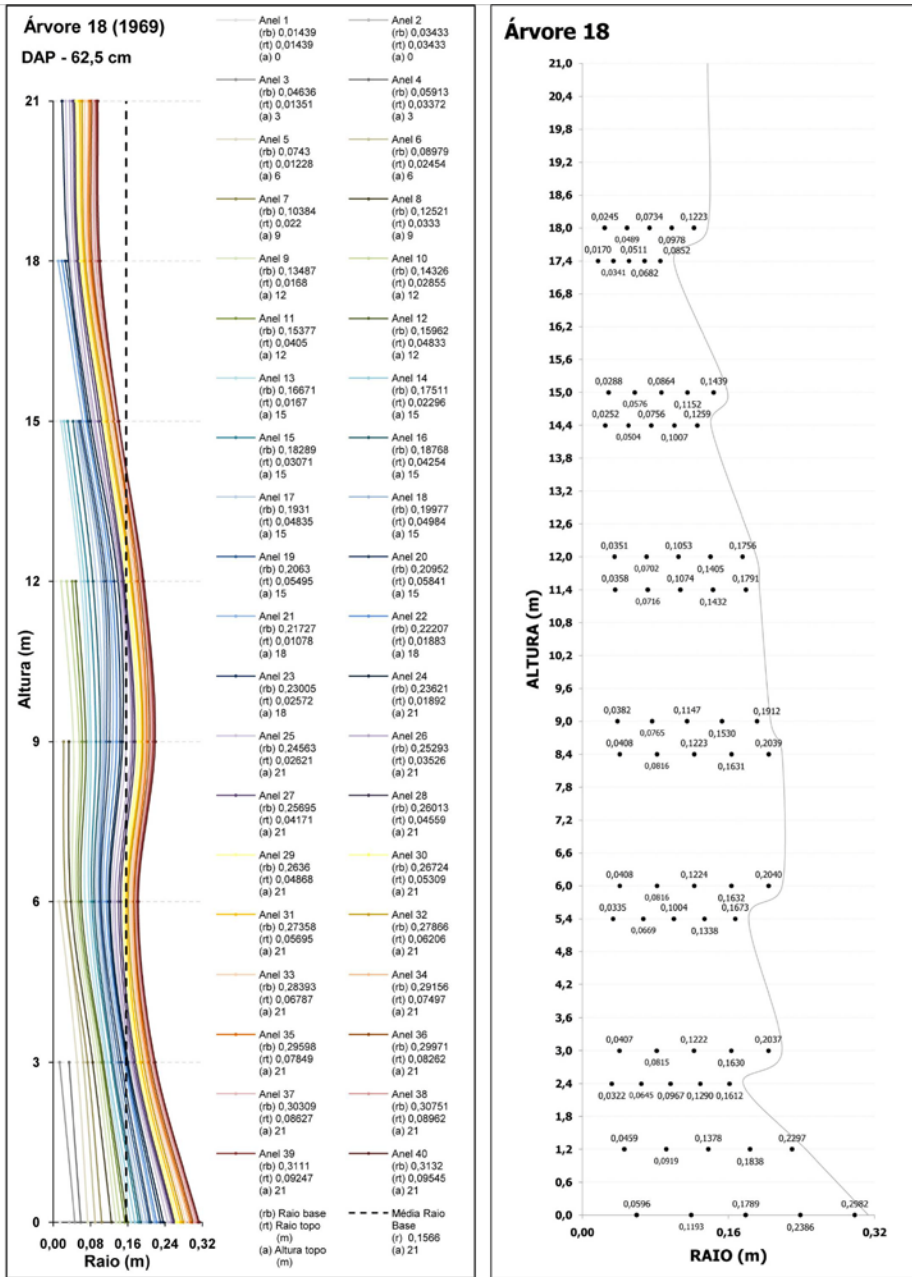


Figura 72 - Distribuição dos anéis de crescimento com a linha central ao longo do tronco cruza diferentes anéis de crescimento e posições de retirada das amostras da árvore 18

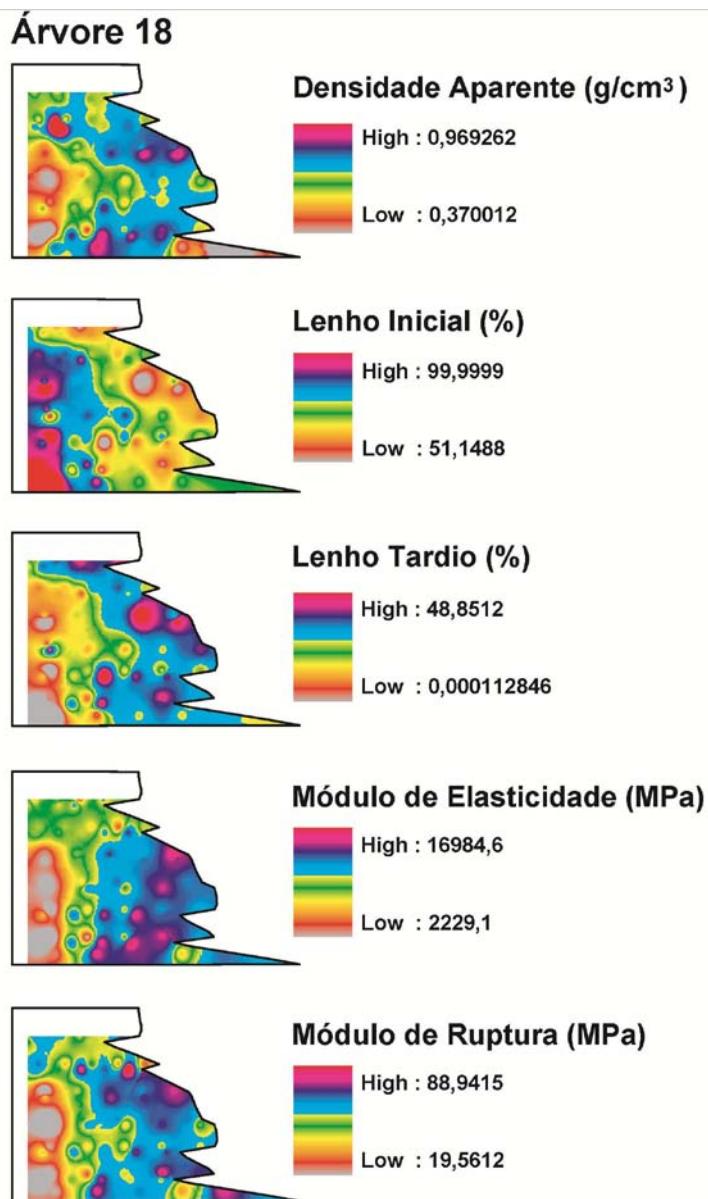


Figura 73 - Distribuição das isopropriedades da árvore 18 no sentido radial e axial

Na Figura 73 para a Densidade Aparente os menores valores estão na região da medula, cresce rapidamente e decresce na região da casca, da base do tronco até a região da metade da árvore em altura, onde há uma tendência dos valores crescerem no sentido radial. No sentido axial na região da medula os valores tendem a crescer, mas os maiores valores foram localizados na região próxima à casca, acima da região da base da árvore.

Para o Lenho Tardio, MOE e MOR há semelhança na distribuição dos valores, onde os menores valores foram detectados na região próxima à medula e os maiores na região da casca. No sentido axial na região da medula houve um crescimento dos valores e na região da casca os

valores foram maiores desde a base até o topo para o Lenho Tardio, para o MOE e o MOR na região do topo os valores decresceram. Para o Lenho Inicial a distribuição dos valores foi inversa a do Lenho Tardio, tanto no sentido radial como no axial.

Dos resultados obtidos pode-se inferir que houve variação na distribuição das isopropriedades em função da idade. No estudo da variação das camadas de crescimento, verificou-se, após a análise de todas as árvores que estas apresentam uma distribuição homogênea de crescimento.

De acordo com a literatura varias características da madeira são aplicadas como indicadores de suas propriedades desde o início de sua utilização, devido à sua fácil visualização. Para Knigge E Schultz (1966), destas características destacam-se o formato e a distribuição dos anéis de crescimento, a largura dos anéis de crescimento é facilmente identificável em corte transversal e pode ser indicadora de muitas características e do comportamento da madeira, tais como a regularidade e distribuição de determinadas propriedades, manutenção da forma depois de trabalhada, nodosidade interna, massa específica e propriedades mecânicas.

Os resultados revelam que para a Densidade Aparente, Lenho Tardio, MOE e MOR existe semelhança na distribuição dos valores, onde os menores valores foram detectados na região próxima a medula e os maiores na região da casca. No sentido axial na região da medula houve um crescimento dos valores e na região da casca os valores foram maiores desde a base até o topo para o Lenho Tardio, para o MOE e o MOR na região do topo os valores decresceram. Para o Lenho Inicial a distribuição dos valores foi inversa a do Lenho Tardio, tanto no sentido radial como no axial. Brown et al. (1952), verificou que o efeito do lenho tardio na massa específica deve-se ao fato deste lenho conter maior quantidade de material lenhoso por unidade de volume do que o lenho inicial. Isto se torna evidente em madeiras de coníferas com transição abrupta de lenho inicial para lenho tardio De acordo com Knigge E Schultz (1966), a proporção de lenho tardio é de grande interesse para as propriedades mecânicas da madeira, especialmente em se tratando de espécies com acentuada diferença de massa específica e estrutura entre as zonas de lenho inicial e tardio, e ainda existe uma estreita correlação entre a massa específica e a porcentagem de lenho tardio, sendo de se esperar que, quanto maior for à porcentagem deste, tanto maior será a resistência da madeira, o que é facilmente verificável em coníferas.

A variação da porcentagem de lenho tardio é coincidente com a da massa específica, tanto no sentido transversal como no sentido longitudinal da árvore, diminui com a altura, e aumenta



no sentido medula casca. Trendelenburg E Mayer-Wegelin (1956), observaram que o decréscimo da porcentagem de lenho tardio em função da altura na árvore é mais acentuado em *Pinus* spp. que em outras espécies.

Os níveis mais próximos da base apresentam espessuras das camadas de crescimento médias, com valores aproximados das duas camadas, sendo a do lenho inicial maior, em média, mas à medida que o nível se situa mais próximo da copa existe uma maior diferenciação entre estas duas camadas. A diferença observada é provavelmente devido à idade fisiológica do câmbio e ao fato de níveis mais próximos da copa apresentar uma maior porcentagem de lenho juvenil. Por sua vez, a variação observada da largura da camada de crescimento é devido às diferentes espessuras da camada de lenho inicial.

Pelos resultados obtidos não se observa uma variação semelhante por classe de diâmetro das curvas de distribuição das isopropriedades estudadas, o padrão de distribuição foi semelhantes para todas as classes, concordando com os resultados obtidos por Hasegawa (2003), que em um estudo de massa específica de *P. taeda* em três classes diamétricas, verificou que a massa específica se comportou de maneira semelhante nas três classes, decrescendo em direção ao topo. Como não houve diferença estatística significativa entre os valores médios de massa específica das três classes, o autor concluiu que a classe diamétrica exerce pouca influência na massa específica.

Os resultados permitem verificar que as árvores do grupo II (1969) apresentam maiores valores das isopropriedades em comparação com as árvores do grupo I (1992) e segundo Serpa *et al.* (2003), para obtenção de madeira mais densa, estável e com maior resistência à flexão e à compressão paralela às fibras, é necessário realizar a colheita de árvores mais velhas, pois estas tendem a possuir uma porcentagem maior de madeira adulta, que apresenta, então, maior resistência, maior densidade, além de ser mais estável dimensionalmente. Em geral, a madeira de árvores mais jovens, constituída de alta porcentagem de lenho juvenil, possui propriedades mecânicas inferiores àquelas de árvores maduras. Pearson E Gilmore (1980) demonstraram que o MOR (módulo de ruptura) em madeiras juvenil e adulta de árvores de quinze anos correspondeu, em média, a 48% e 76%, respectivamente, do lenho adulto de árvores com 41 anos de idade.

De acordo com Larson *et al.* (2001), os módulos de elasticidade (MOE) e MOR da madeira são altamente correlacionados com a densidade e, portanto, são influenciados pela quantidade da madeira juvenil. Os trabalhos encontrados na literatura apresentam valores baixos

para a madeira juvenil, nessas duas propriedades. Dal Ponte Filho *et al.* (2004) concluíram que houve aumento da média dos valores da massa específica, resistência à compressão e resistência à flexão, de *P. taeda*, com o aumento da idade da população.

Oliveira et al.(2006) verificaram para *Pinus taeda* a idade das árvores influenciou a massa específica, resistência à compressão paralela às fibras e resistência à flexão, observando-se diferenças significativas entre as idades 9, 13 e 20 anos; para a retração volumétrica não ocorreram diferenças significativas entre as idades das árvores; ocorreu aumento da massa específica, resistência à compressão paralela às fibras e resistência à flexão com o aumento da idade da população; ocorreu aumento da massa específica, resistência; à compressão paralela às fibras e resistência à flexão no sentido da medula para a casca; para a retração volumétrica não houve diferenças entre as posições 0% e 50%, e ocorreram altas correlações positivas entre as propriedades de resistência à massa específica.

Os resultados demonstram que em geral os anéis de crescimento tanto do grupo I, como do grupo II, nas classes de diâmetro estudadas, plantadas no mesmo local, apresentaram uma distribuição uniforme. Esse resultado corrobora com a literatura que sugere que a variação dos anéis de crescimento, ou seja, a espessura das camadas de crescimento varia devido aos fatores ambientais

Verifica-se que segundo a literatura a variação da qualidade da madeira dentro do tronco, e entre árvores da mesma espécie, afeta a qualidade da matéria prima para o desdobro (serraria), bem como o rendimento em peças de boa qualidade. Um dos modos de se estudar algumas das características que afeta o crescimento das árvores, é analisando os seus anéis de crescimento. A variabilidade das camadas dos anéis de crescimento influencia as diferentes características físico-químicas e mecânicas. Assim é de elevada importância o conhecimento e caracterização da variabilidade dos anéis de crescimento. Os autores argumentam ainda, que um dos fatores que mais influencia as camadas dos anéis de crescimento é o clima de acordo com Callado et al, (2001) e Margarido et al (2005), uma vez que os fatores climáticos irão contribuir para o maior ou menor crescimento das camadas de lenho inicial e tardio, assim como a sua densidade. Os anéis de crescimento são camadas concêntricas de tecido. Quanto à sua formação, inicialmente, a árvore é composta por lenho juvenil, mas à medida que se vai desenvolvendo tem formação simultânea dos dois tipos de lenho, juvenil e adulto.

Segundo Savva et al. (2002) existem três fatores que influenciam o crescimento e a estrutura da madeira: o ambiente, a idade e a hereditariedade. Os anéis de crescimento integram complexos processos da formação da madeira, que são influenciados, por um lado, por fatores genéticos, e por outro, por fatores ambientais.

Ferreira E Tomazello Filho (2009) verificaram que *Pinus caribaea* var. *hondurensis* mostrou diferença significativa, pela espessura e porcentagem dos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento e a densidade aparente média do lenho das árvores de pinus da classe de diâmetro alta e das classes média-baixa, mostrou diferença significativa, pela espessura e porcentagem dos lenhos inicial/tardio dos anéis de crescimento, anéis de crescimento falsos ocorrem em maior frequência no lenho inicial dos anéis de crescimento anuais face a variabilidade climática.

#### **4.4 Distribuição das isopropriedades físicas e mecânicas**

##### **4.4.1 Isopropriedades físicas da madeira**

Os resultados médios das isopropriedades físicas da madeira de *P.caribaea* var. *bahamensis* para densidade específica ( $\rho_{ap}$ ), porcentagem de lenho inicial e tardio das árvores amostradas do grupo I (plantio 1992) e grupo II (1969), para cada segmento de tora em altura, são apresentados neste item.

#### 4.4.1.1 Isodensidade aparente ( $\rho_{ap}$ )

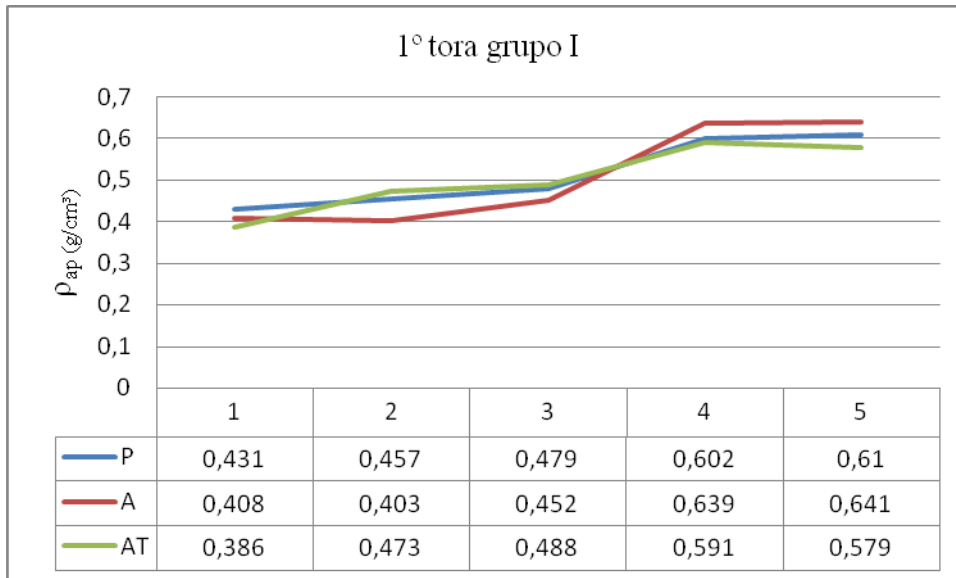


Figura 74 - Distribuição da densidade aparente na 1<sup>a</sup> tora do grupo I e respectivos valores

Comparando-se a média da densidade aparente as árvores do grupo I (1992), com as das árvores do grupo II (1969), verifica-se na primeira tora que as árvores mais jovens apresentam menores valores de 0,386 a 0,641 g/cm<sup>3</sup> e foram crescentes na direção radial tanto para as amostras paralelas (P) a medula, as acompanhando os anéis de crescimento (A), como também nas dos anéis de crescimento no topo da primeira tora (AT), conforme Figura 74.

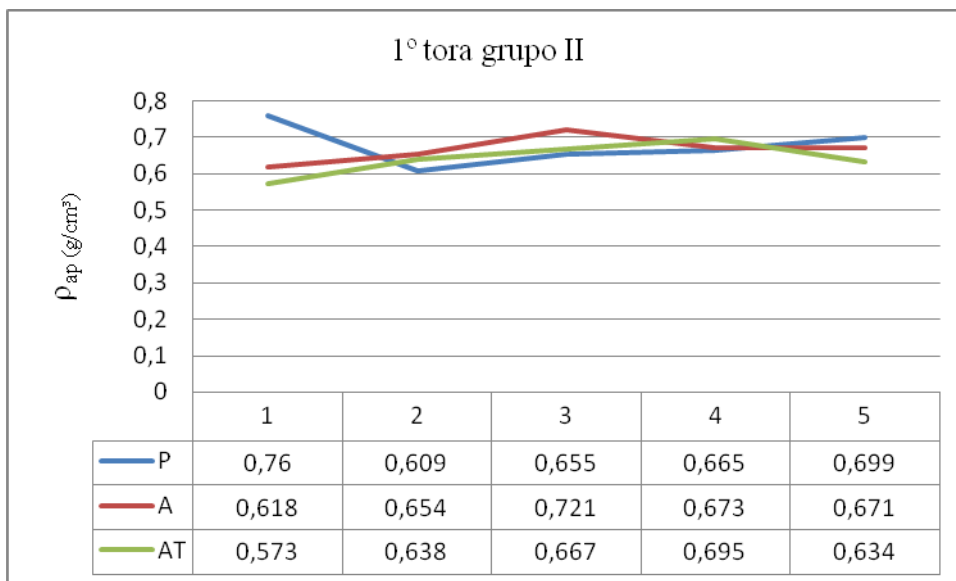


Figura 75 - Distribuição da densidade aparente na 1<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

As árvores adultas na primeira tora do grupo II (1969) variaram de 0,573 a 0,760 g/cm<sup>3</sup>., entretanto apresentaram uma maior variação de distribuição, para as amostras paralelas a medula

o maior valor foi verificado na região da medula, decresceu e voltou a crescer em direção a casca, para as amostras por anéis de crescimento apresenta um até a 50% então decresce em direção a casca, para a dos anéis de crescimento no topo apenas decresceu a 100% da distância da medula para a casca.(Figuras 75)

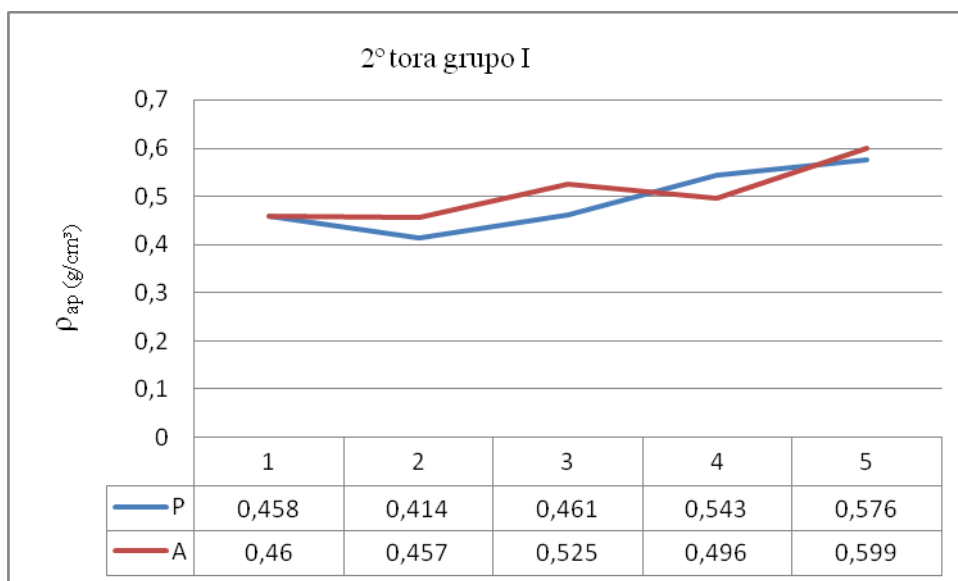


Figura 76 - Distribuição da densidade aparente na 2ª tora do grupo I e respectivos valores

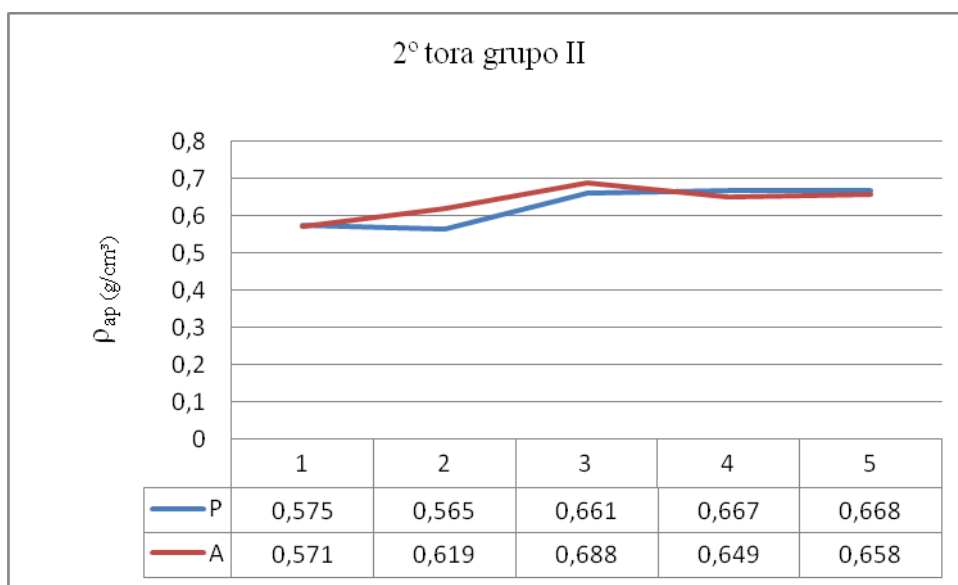


Figura 77 - Distribuição da densidade aparente na 2ª tora do grupo II e respectivos valores

Na segunda tora, Figuras 76 e 77, para as árvores do grupo I as médias variaram de 0,414 a 0,599 g/cm<sup>3</sup> e do grupo II onde variaram de 0,565 a 0,688 g/cm<sup>3</sup>, nas amostras paralelas a medula as médias apresentaram o mesmo padrão de distribuição onde apresenta uma diminuição

dos valores a 25% da distancia da medula para a casca e voltam a crescer nessa direção. Nas amostras por anéis de crescimento, para o grupo I verifica-se que a 25% e 75% apresenta um decréscimo do valor aumentando em direção a casca; para o grupo II os valores foram crescentes até a 50% a partir deste decresceu em direção a casca.

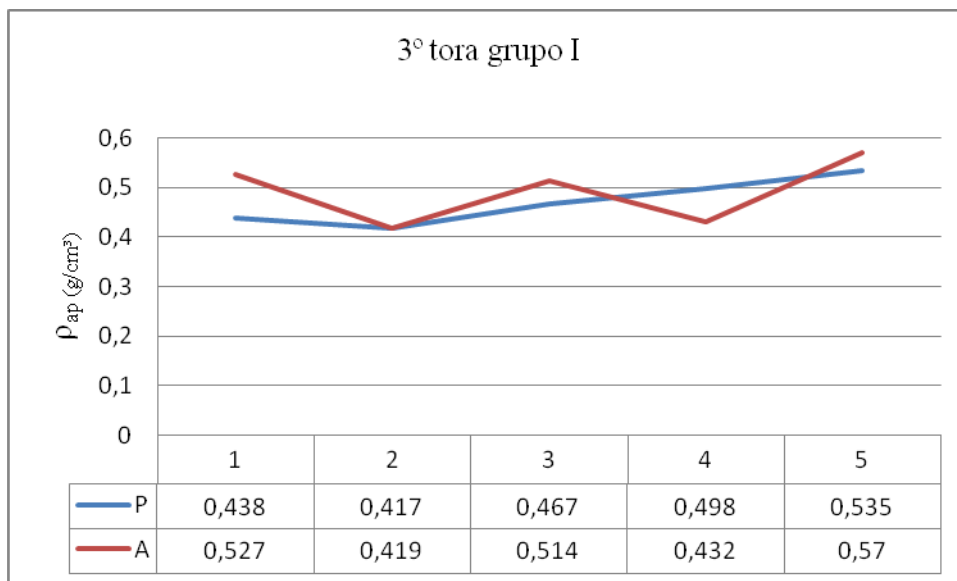


Figura 78 - Distribuição da densidade aparente na 3<sup>a</sup> tora do grupo I e respectivos valores

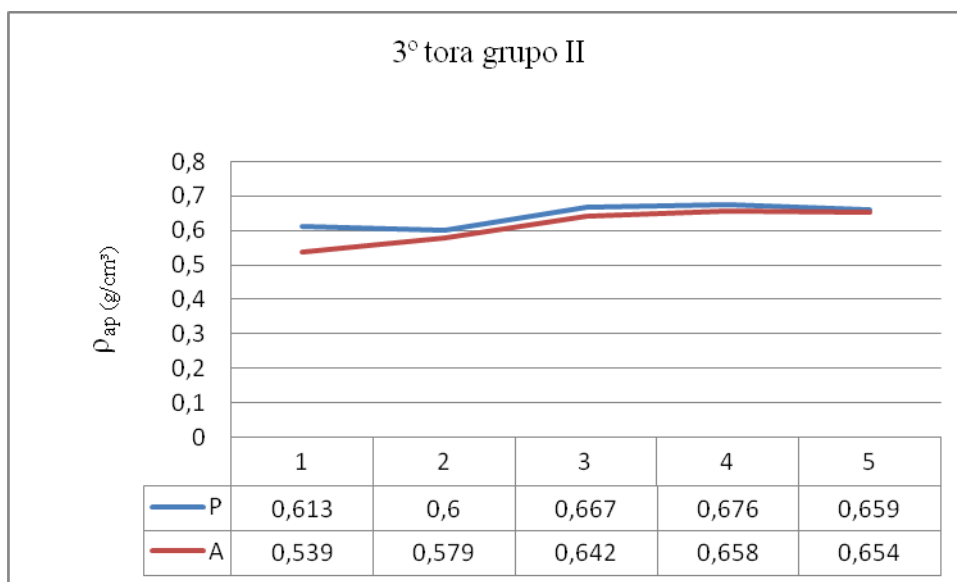


Figura 79 - Distribuição da densidade aparente na 3<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Para a terceira tora as médias das árvores do grupo I, na Figura 78, variaram de (0,417 a 0,570 g/cm<sup>3</sup>), as amostras paralelas a medula apresentam uma diminuição dos valores a 25% em direção a casca e voltam a crescer nessa direção, para as amostras por anéis de crescimento as médias decresceram a 25% e 75%, crescendo novamente na direção radial. No grupo II, os

valores variaram de 0,539 a 0,676 g/cm<sup>3</sup> e as amostras paralelas a medula apresenta uma diminuição dos valores a 25% e a 100% em direção a casca, para as amostras por anéis de crescimento só decresceu a 100%, nota-se na Figura 79 que os valores das amostras a partir de 50% crescem e com tendência a se manter constantes.

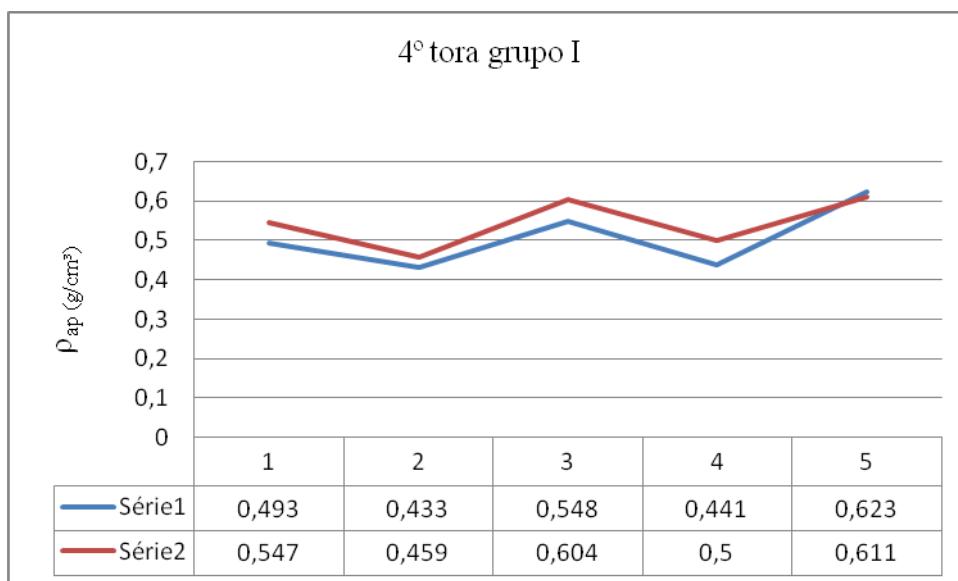


Figura 80 - Distribuição da densidade aparente na 4<sup>a</sup> tora do grupo I e respectivos valores

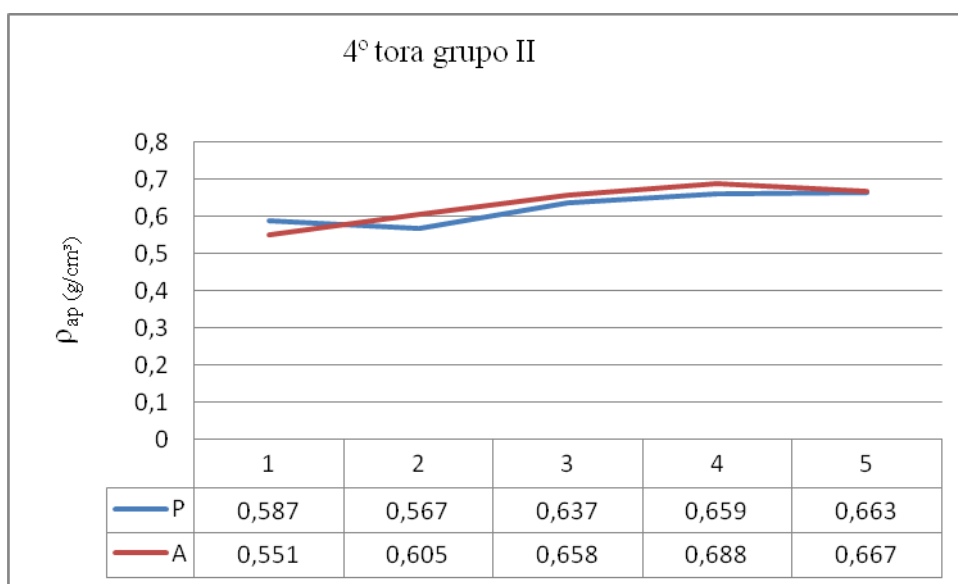


Figura 81 - Distribuição da densidade aparente na 4<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Na quarta tora, Figuras 80 e 81 para as árvores do grupo I os valores variaram de 0,433 a 0,623 g/cm<sup>3</sup> e tanto nas amostras paralelas como nas amostras por anéis de crescimento, o padrão de distribuição dos valores foram semelhantes onde decresceram a 25% e 75%, voltando a crescer em direção a casca. As médias do grupo II variaram de 0,551 a 0,688 nas amostras

retiradas paralelas a medula houve uma diminuição a 25%, voltando a crescer em direção a casca, para as amostras por anéis de crescimento os valores foram crescentes e decresceu a 100%. Os valores das amostras estudadas apresentam uma tendência de crescimento e após 75% de se manterem constantes.

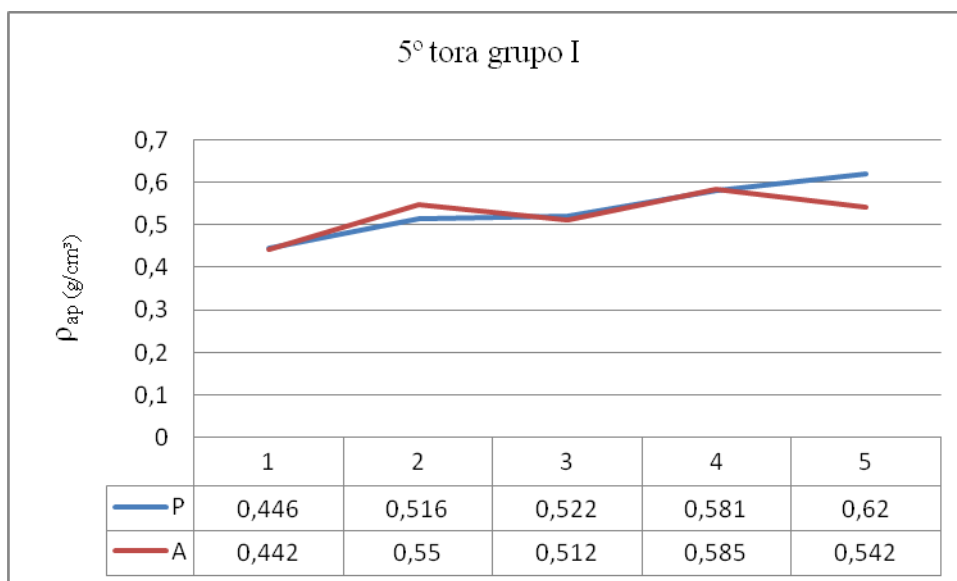


Figura 82 - Distribuição da densidade aparente na 5ª tora do grupo I e respectivos valores

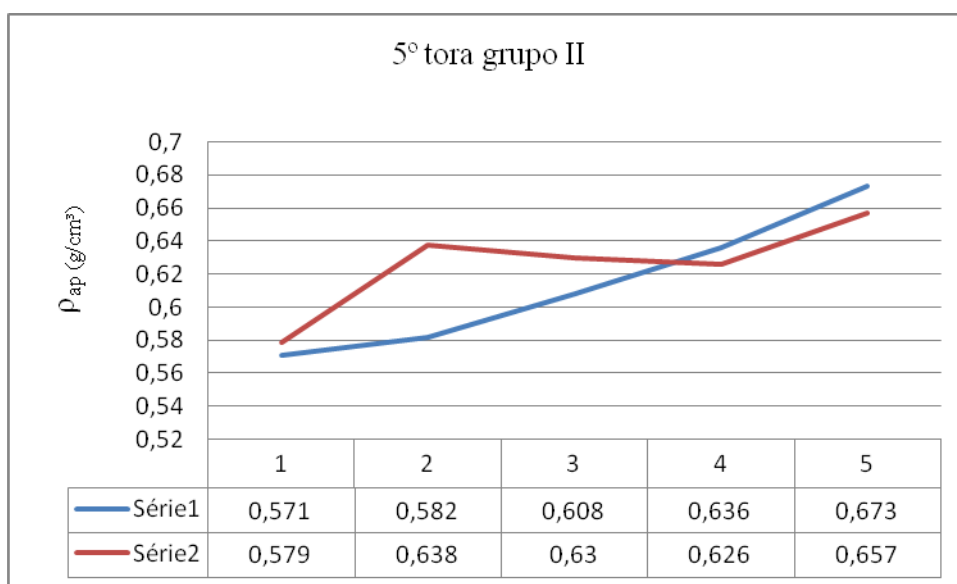


Figura 83 - Distribuição da densidade aparente na 5ª tora do grupo II e respectivos valores

Para a quinta tora, Figuras 82 e 83 as médias das árvores do grupo I (0,442 a 0,620g/cm<sup>3</sup>), as amostras paralelas a medula crescem em direção a casca, para as amostras por anéis de crescimento as médias decresceram a 50% e 100%. No grupo II os valores variaram de 0,571 a



0,673 g/cm<sup>3</sup> e as amostras paralelas a medula crescem no sentido radial, para as amostras por anéis de crescimento só decrescem a 50% e 75%, voltando a crescer na direção radial.

A seguir serão apresentados os resultados encontrados para a sexta e sétima tora somente das árvores do grupo II, por serem mais adultas e apresentarem fustes mais altos.

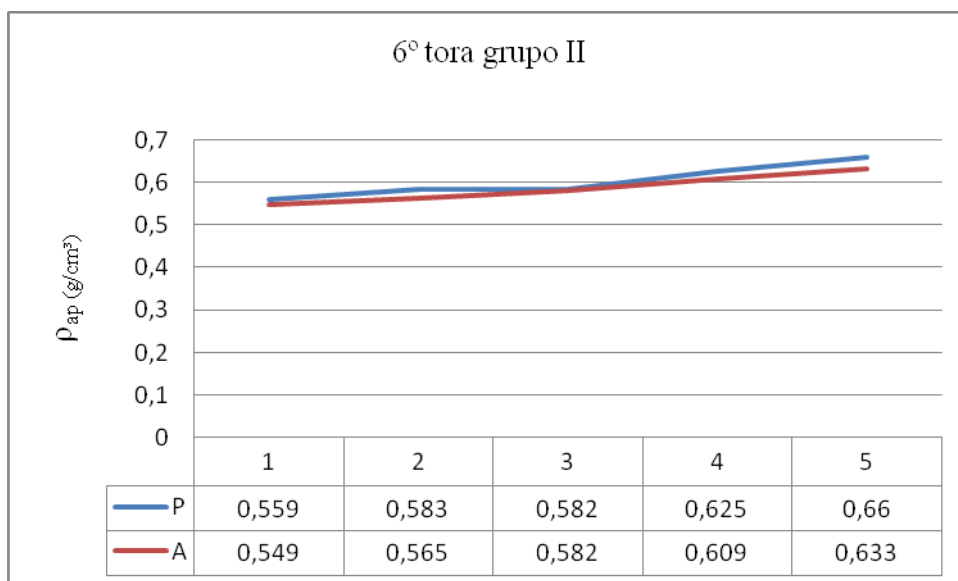


Figura 84 - Distribuição da densidade aparente na 6ª tora do grupo II e respectivos valores

Os valores médios variaram de 0,549 a 0,660 g/cm<sup>3</sup> e cresceram da medula para a casca tanto nas amostras paralelas a medula quanto nas acompanhando os anéis de crescimento, conforme Figura 84.

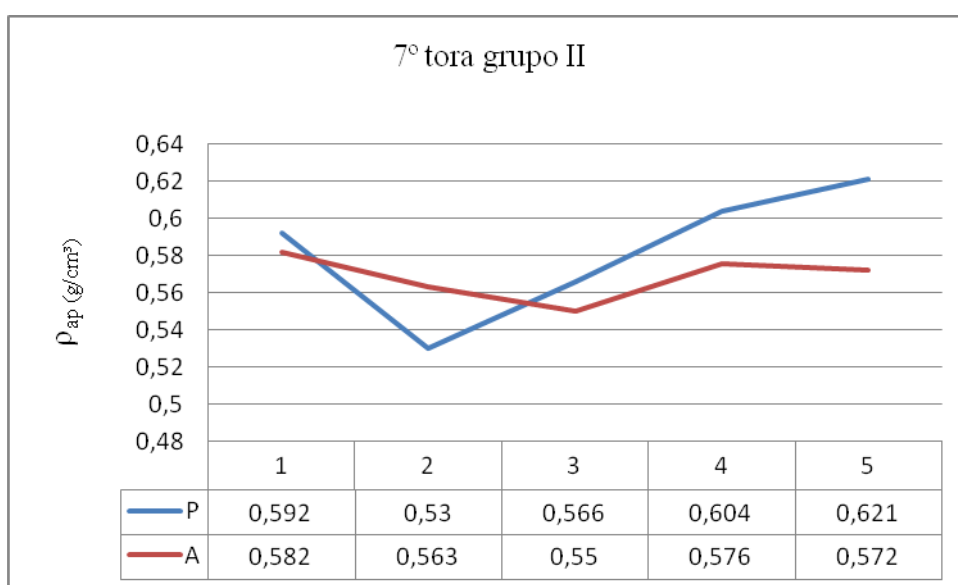


Figura 85 - Distribuição da densidade aparente na 7ª tora do grupo II e respectivos valores

Na última tora, Figura 85, do grupo II, os valores médios variaram de 0,530 a 0,621 g/cm<sup>3</sup>, nas amostras paralelas a medula apenas a 25% os valores decresceram, nas com tendência de crescimento da medula para a casca e para as amostras por anéis de crescimento os maiores valores foram verificados na região da medula e os menores a 50%, decrescendo em direção a casca.

#### 4.4.1.2 Isoproporção de Lenho Inicial

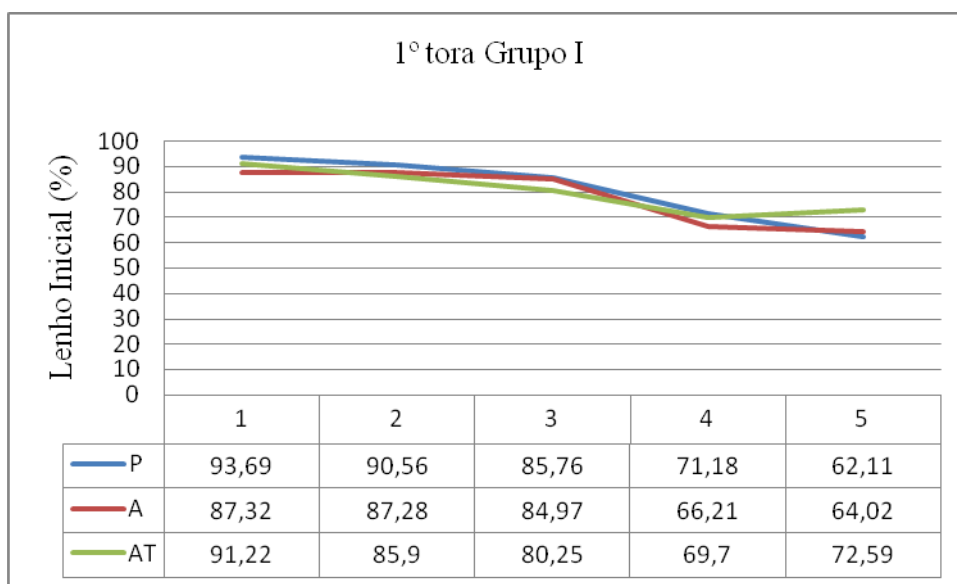


Figura 86 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 1ª tora do grupo I e respectivos valores

Os valores médios de porcentagem de lenho inicial, Figura 86, para as árvores na primeira tora do grupo I (plântio 1992) variaram de 62,11 a 93,69% e em todas as amostras paralela a medula, acompanhando os anéis de crescimento e anéis no topo da tora, foram decrescentes no sentido radial.

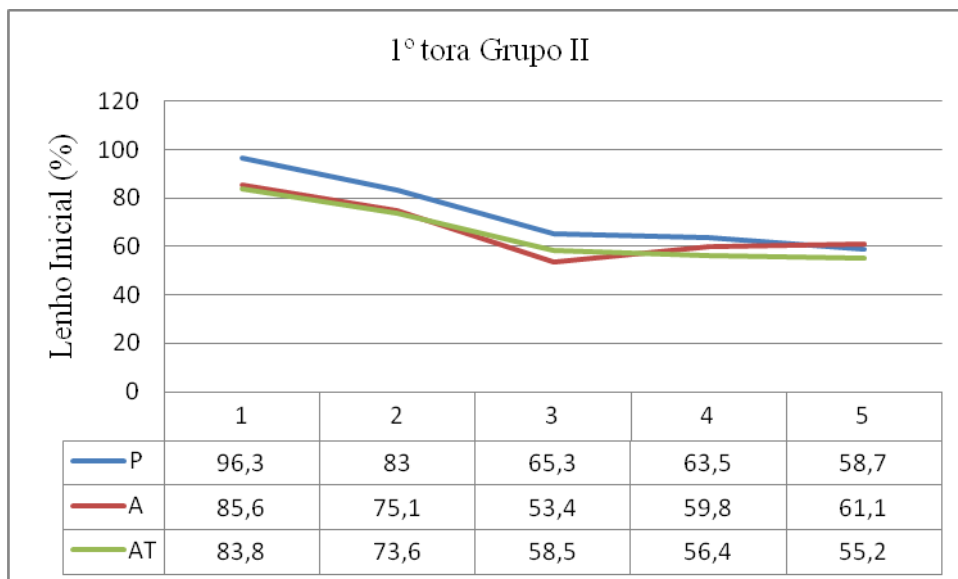


Figura 87 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 1ª tora do grupo II e respectivos valores

Para as árvores do grupo II (plântio 1969) os valores médios de porcentagem de lenho inicial para as árvores na primeira tora variaram de 53,4 a 96,3% e para as amostras estudadas apresentam distribuição dos valores decrescentes no sentido radial, (Figura 87).

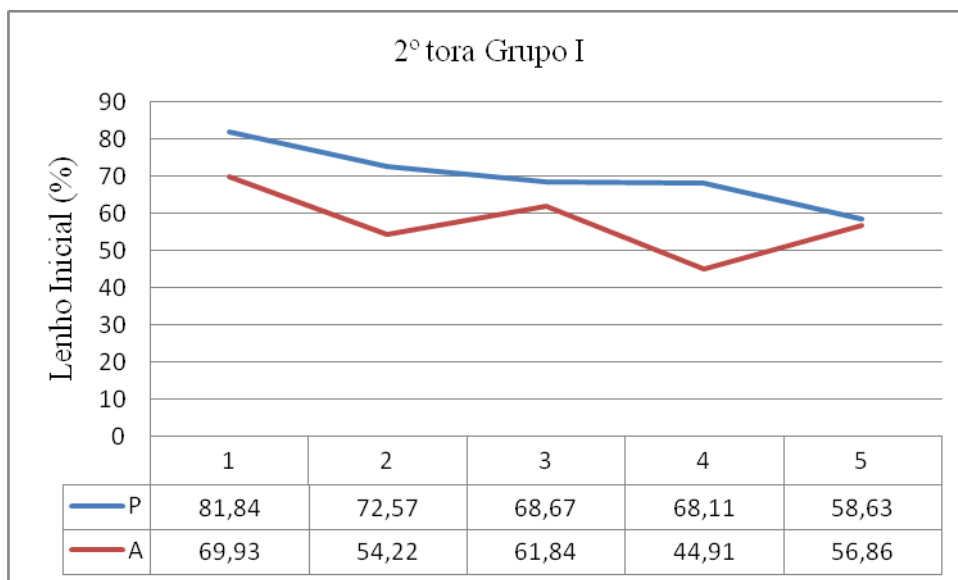


Figura 88 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 2ª tora do grupo I e respectivos valores

Na segunda tora do grupo I os valores médios de porcentagem de lenho inicial variaram de 44,91 a 81,84% sendo que nas amostras retiradas paralelas a medula os valores foram decrescentes no sentido radial e para as amostras por anéis de crescimento também foram

decrecentes até a 50% da distância da medula para a casca, volta a decrescer a 75% e cresce a 100%, embora apresente maior valor na região da medula, conforme Figura 88.

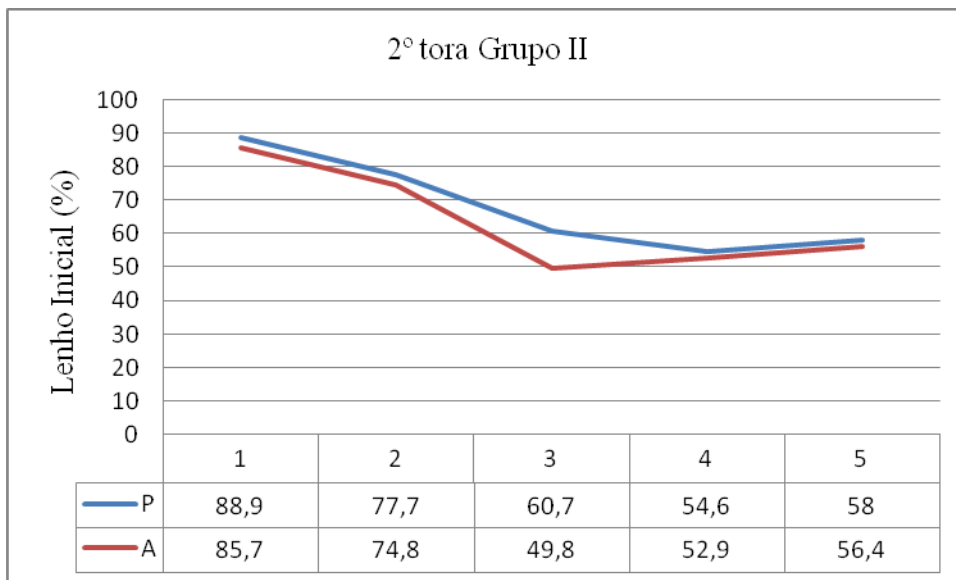


Figura 89 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 2ª tora do grupo II e respectivos valores

Para as árvores do grupo II, na segunda tora, Figura 89, os valores médios de lenho inicial variaram de 49,8 a 88,9% e tanto para as amostras paralelas como as acompanhando os anéis de crescimento foram decrescentes da medula para a casca, com os menores valores observados a 75%.

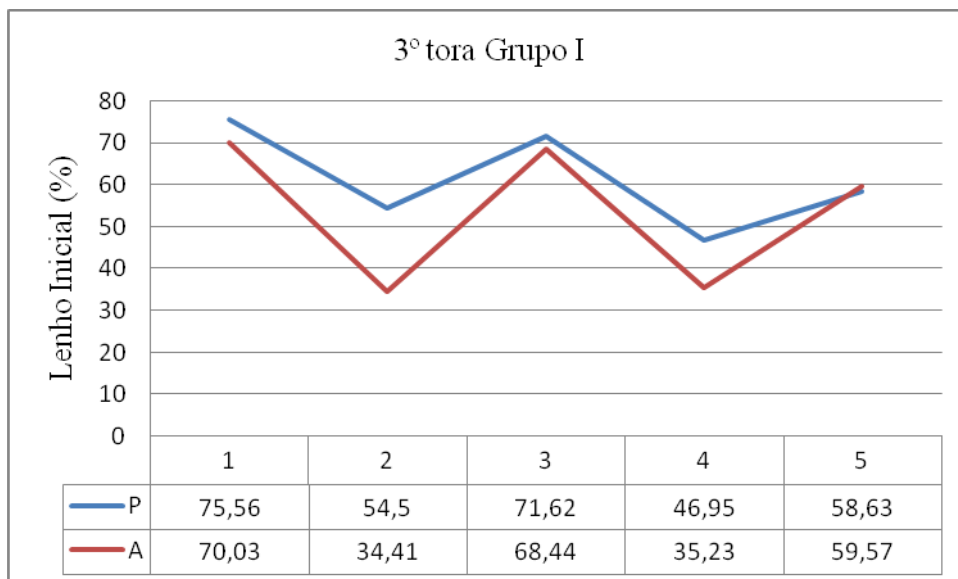


Figura 90 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 3<sup>a</sup> tora do grupo I e respectivos valores

Os valores médios variaram de 34,41 a 75,56%, na terceira tora do grupo I e apresentam o mesmo padrão de distribuição tanto nas amostras paralelas como por anéis de crescimento, onde os maiores valores foram verificados na região da medula e decrescem em direção a casca, e os menores valores foram observados a 25 e 75% da distância da medula para a casca de acordo com a Figura 90.

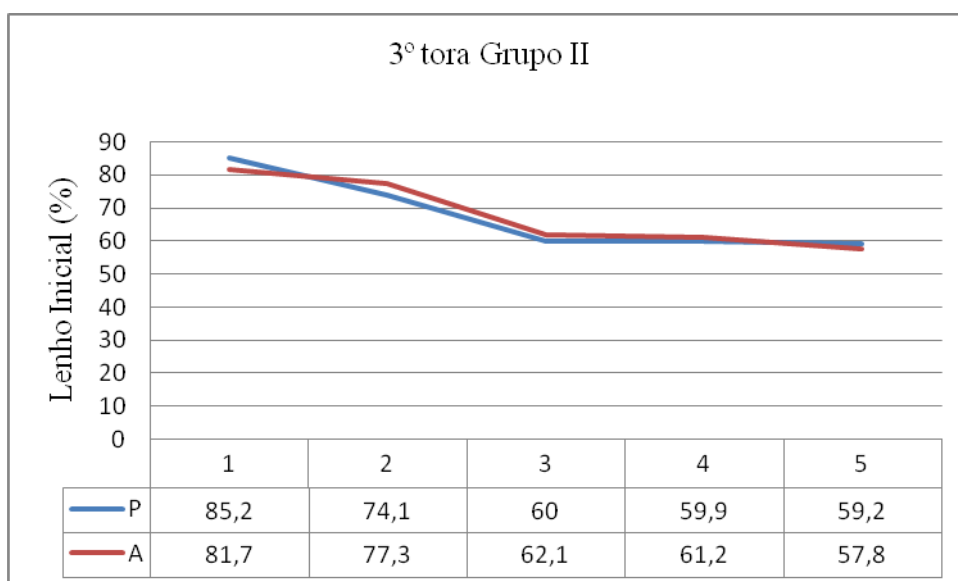


Figura 91 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 3<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Para as árvores do grupo II, Figura 91, os valores médios de lenho inicial variaram de 57,8 a 85,2% e tanto para as amostras paralelas como as acompanhando os anéis de crescimento foram decrescentes da medula para a casca.

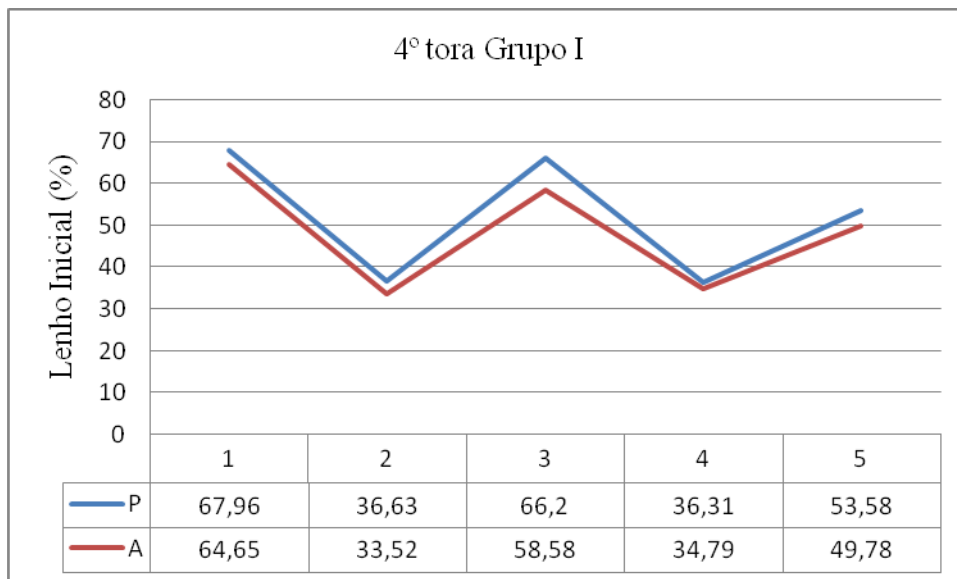


Figura 92 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 4<sup>a</sup> tora do grupo I e respectivos valores

Os valores médios variaram de 33,52 a 67,96%, na quarta tora do grupo I e apresentam o mesmo padrão de distribuição tanto nas amostras paralelas como por anéis de crescimento, onde os maiores valores foram verificados na região da medula e decrescem em direção a casca, e os menores valores foram observados a 25 e 75% da distância da medula para a casca, conforme Figura 92.

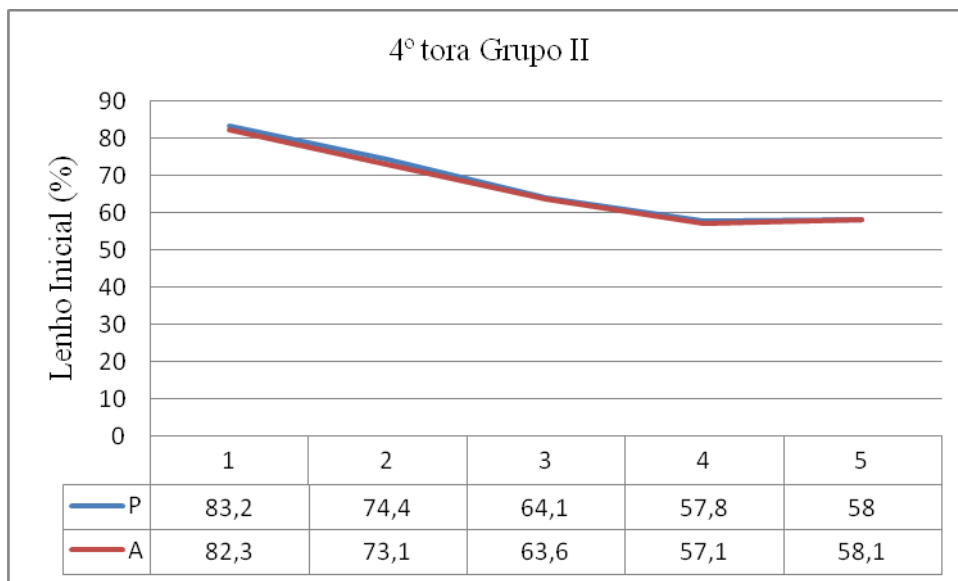


Figura 93 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 4<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Para as árvores do grupo II, Figura 93, os valores médios de lenho inicial variaram de 57,8 a 85,2% e tanto para as amostras paralelas como as acompanhando os anéis de crescimento foram decrescentes no sentido radial e os menores valores foram observados a 75% da distância da medula para a casca

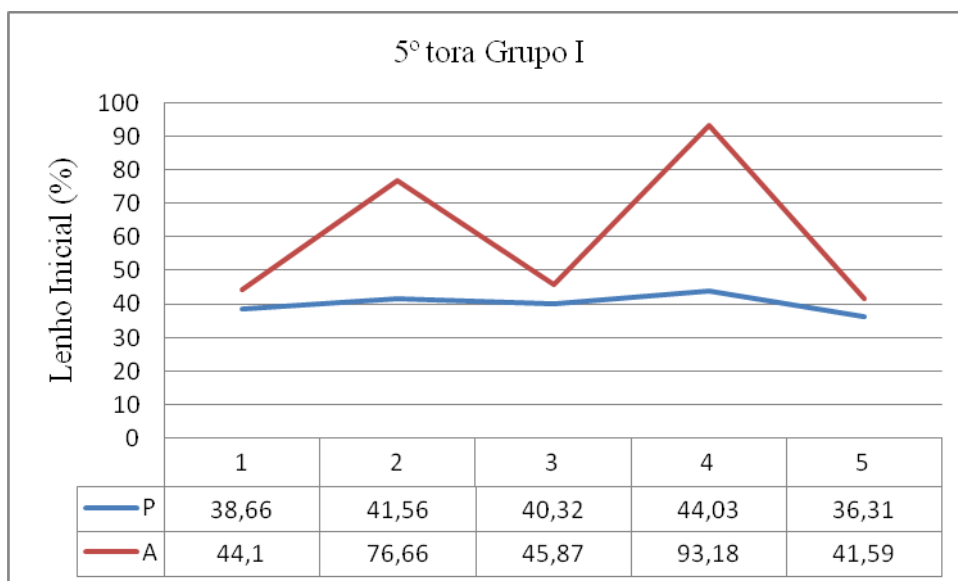


Figura 94 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 5<sup>a</sup> tora do grupo I e respectivos valores

Na quinta tora do grupo I, conforme a Figura 94, os valores médios de porcentagem de lenho inicial variaram de 36,31 a 93,18% sendo que nas amostras retiradas paralelas a medula e

as amostras por anéis de crescimento os valores foram decrescentes no sentido radial, quando se compara os valores de 0 e 100% da distância radial, mas apresenta valores maiores a 25, 50 e 75%.

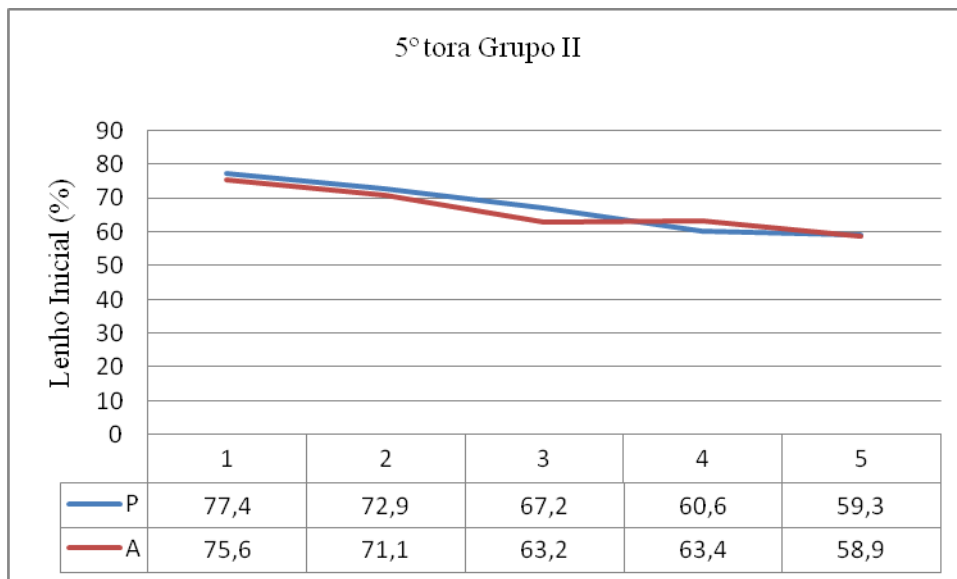


Figura 95 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 5ª tora do grupo II e respectivos valores

Para as árvores do grupo II os valores médios de lenho inicial variaram de 58,9 a 77,4% e tanto para as amostras paralelas como as acompanhando os anéis de crescimento foram decrescentes da medula para a casca, de acordo com a Figura 95.

As Figuras 96 e 97 apresentam os valores médios da sexta e sétima tora das árvores do grupo II.



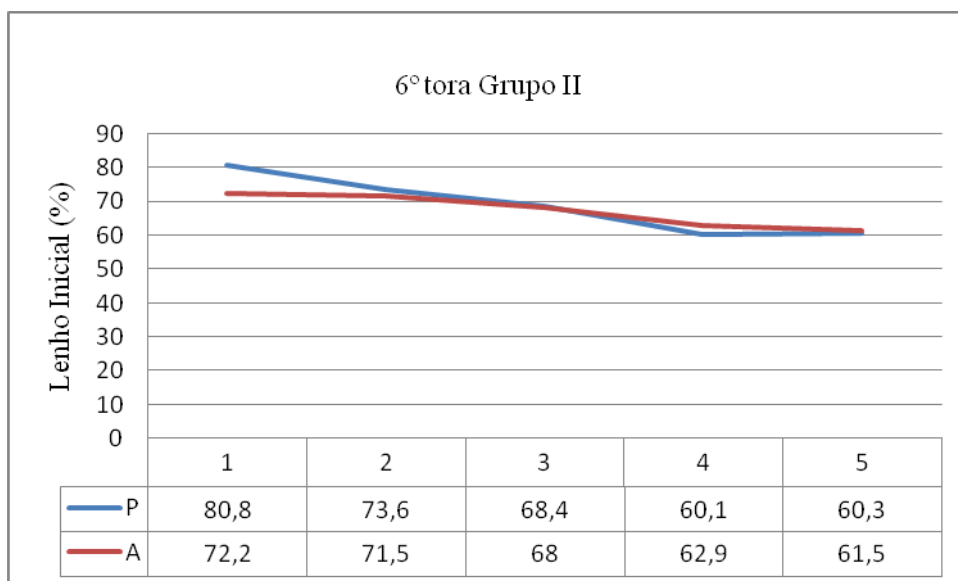


Figura 96 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 6<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Os valores médios de lenho inicial variaram de 60,1 a 80,8% e tanto para as amostras paralelas como para as acompanhando os anéis de crescimento foram decrescentes da medula para a casca.

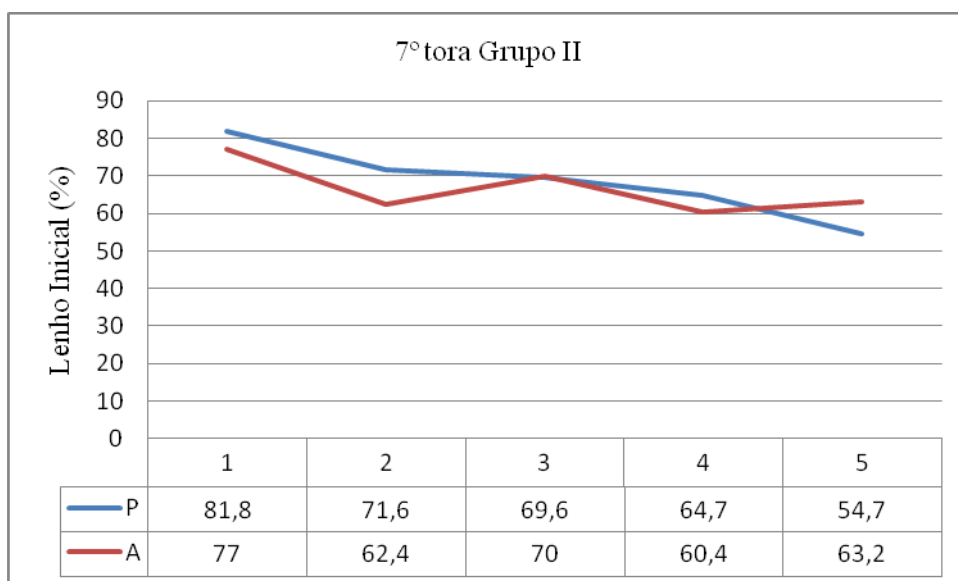


Figura 97 - Distribuição da porcentagem de Lenho Inicial na 7<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Os valores médios variaram de 54,7 a 81,8%, nas amostras paralelas os valores foram decrescentes no sentido radial e para as amostras por anéis de crescimento os maiores valores foram verificados na região da medula e decrescem em direção a casca, e os menores valores foram observados a 25 e 75% da distância da medula para a casca.

### 4.4.1.3 Isoproporção de lenho tardio

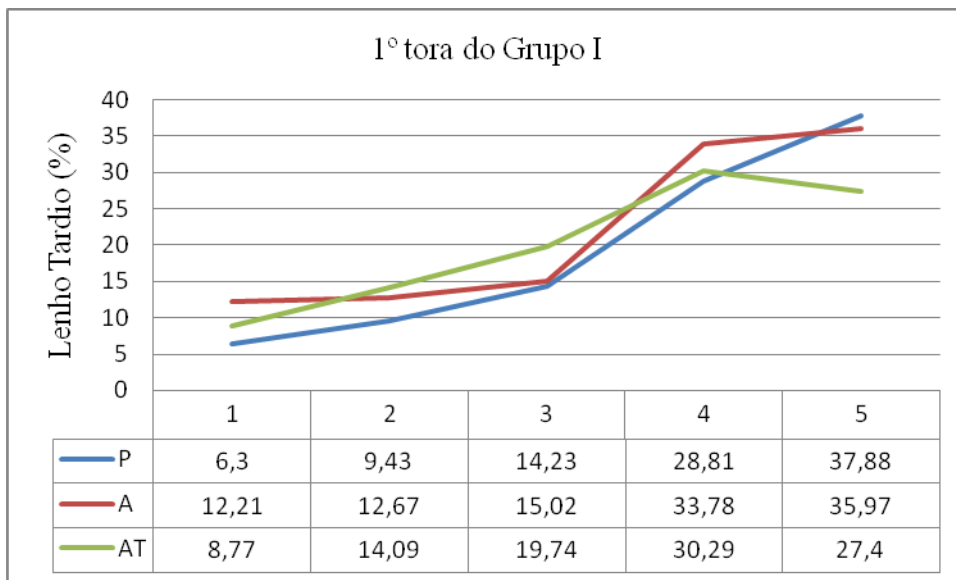


Figura 98 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 1ª tora do grupo I e respectivos valores

Os valores médios de porcentagem de lenho tardio para as árvores na primeira tora do grupo I (plântio 1992) variaram de 6,3 a 37,88% e em todas as amostras paralela a medula, acompanhando os anéis de crescimento e anéis no topo da tora, foram crescentes no sentido radial, conforme Figura 98.

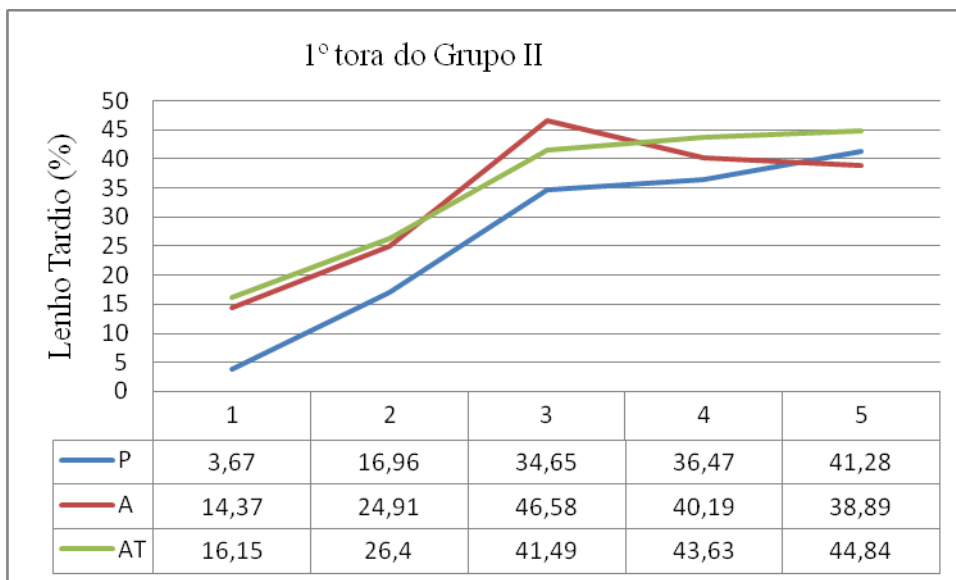


Figura 99 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 1ª tora do grupo II e respectivos valores

Os valores médios de percentagem de lenho tardio, Figura 99, para as árvores na primeira tora do grupo II (plantio 1969) variaram de 3,67 a 46,58% e nas amostras paralela a medula e as amostras acompanhando os anéis no topo da tora os valores foram crescentes no sentido radial, para as amostras acompanhando os anéis de crescimento o maior valor foi detectado a 50% e decresceram em direção a casca.

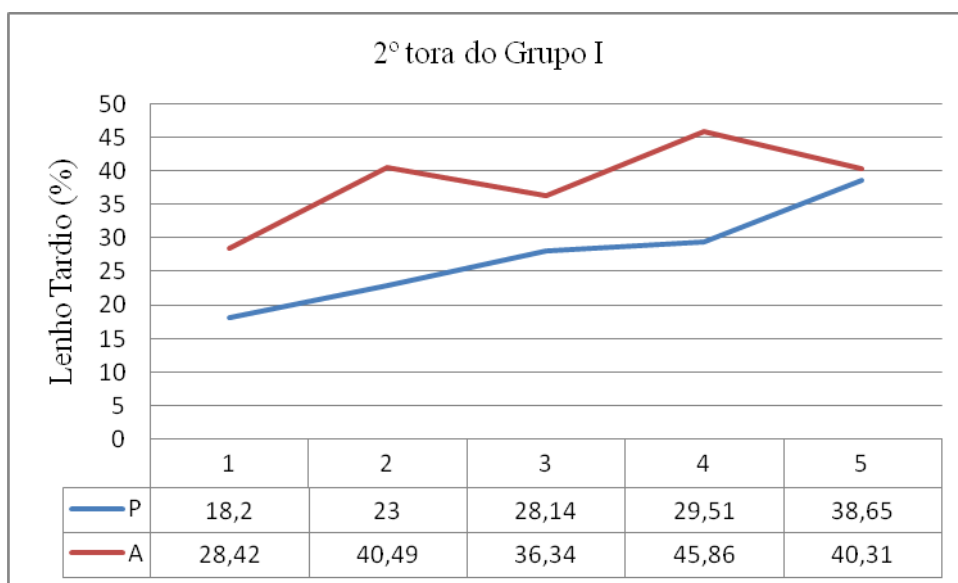


Figura 100 - Distribuição da percentagem de Lenho Tardio na 2ª tora do grupo I e respectivos valores

Na segunda tora do grupo I, Figura 100, os valores médios de percentagem de lenho tardio variaram de 18,2 a 45,86% sendo que nas amostras retiradas paralelas a medula os valores foram crescentes no sentido radial e para as amostras por anéis de crescimento foi crescente até a 25% e decresce a 50% e apresenta o maior a 75% da distância da medula para a casca.

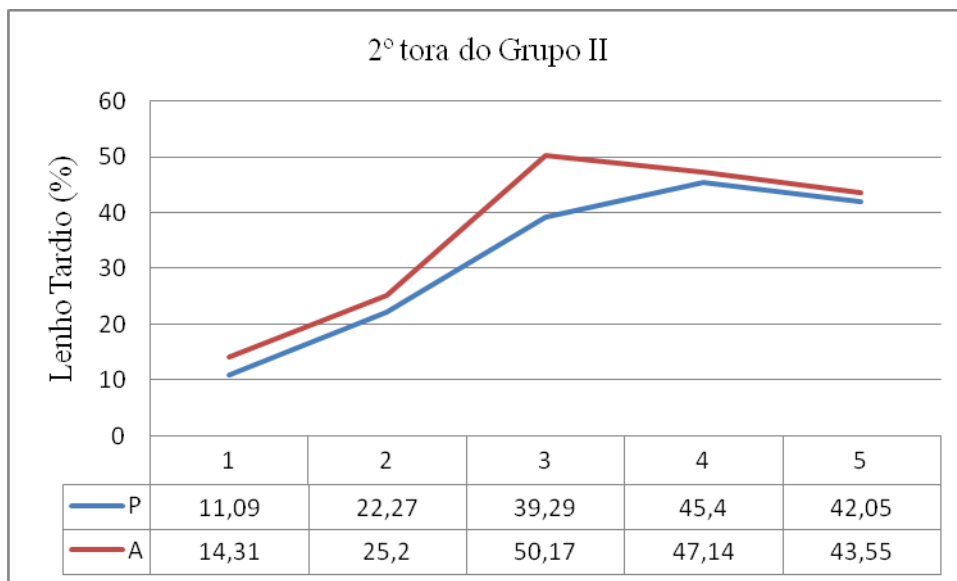


Figura 101 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 2<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Para o grupo II os valores médios de lenho tardio variaram de 11,09 a 50,17%, para as amostras retiradas paralelas a medula os valores foram crescentes no sentido radial e para as amostras por anéis de crescimento foi crescente até a 50%, decrescendo em direção a casca, conforme Figura 101.

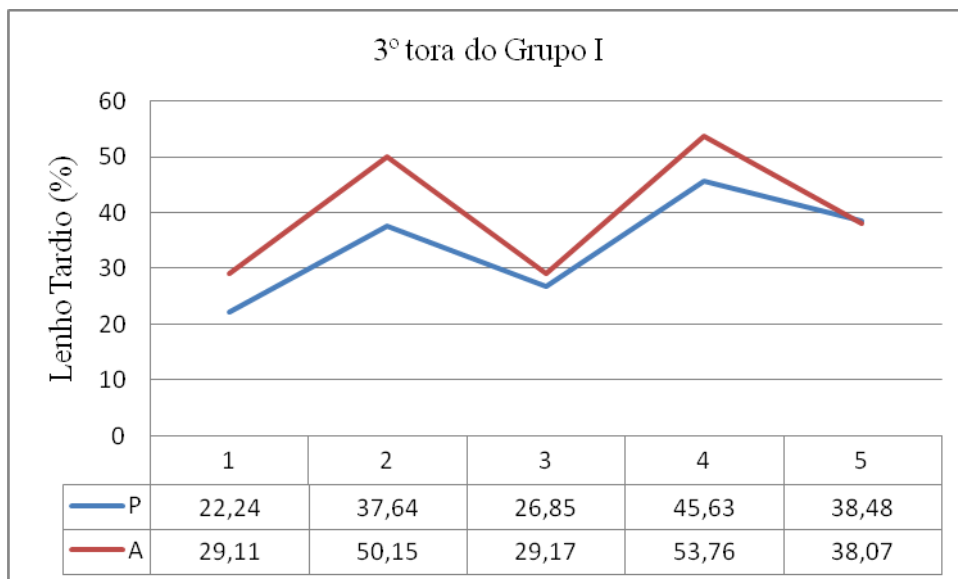


Figura 102 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 3ª tora do grupo I e respectivos valores

Os valores médios variaram de 22,24 a 53,76%, na terceira tora do grupo I, Figura 102, apresentam o mesmo padrão de distribuição tanto nas amostras paralelas como por anéis de crescimento, onde os menores valores foram verificados na região da medula, com picos de maiores valores a 25 e 75%, decrescendo em direção a casca.

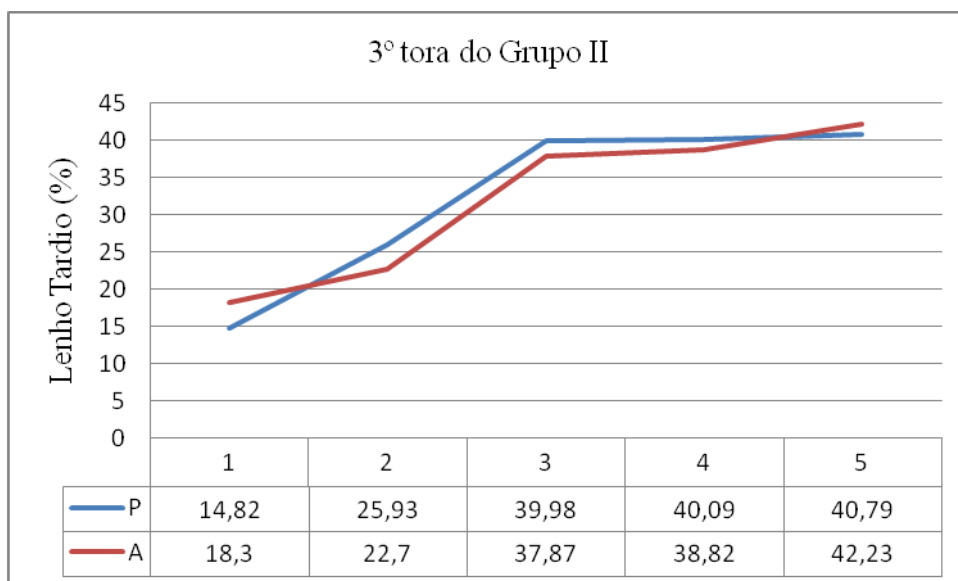


Figura 103 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 3ª tora do grupo II e respectivos valores

Na terceira tora do grupo II os valores médios do lenho tardio variaram de 18,3 a 42,23%, e tanto as amostras paralelas a medula como nas amostras por anéis de crescimento os valores foram crescentes no sentido radial, conforme Figura 103.

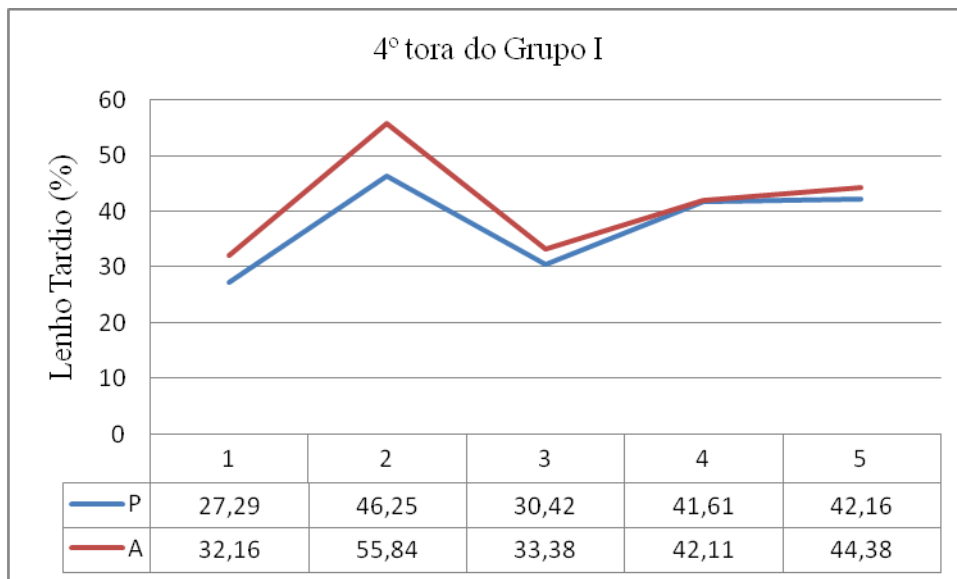


Figura 104 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 4ª tora do grupo I e respectivos valores

Os valores médios de lenho tardio na quarta tora do grupo I, Figura 104, variaram de 27,29 a 55,84% e o mesmo padrão de distribuição foi verificado para as amostras estudadas, onde verifica-se um crescimento no sentido radial com picos de maiores valores a 25% da distância da medula para a casca.

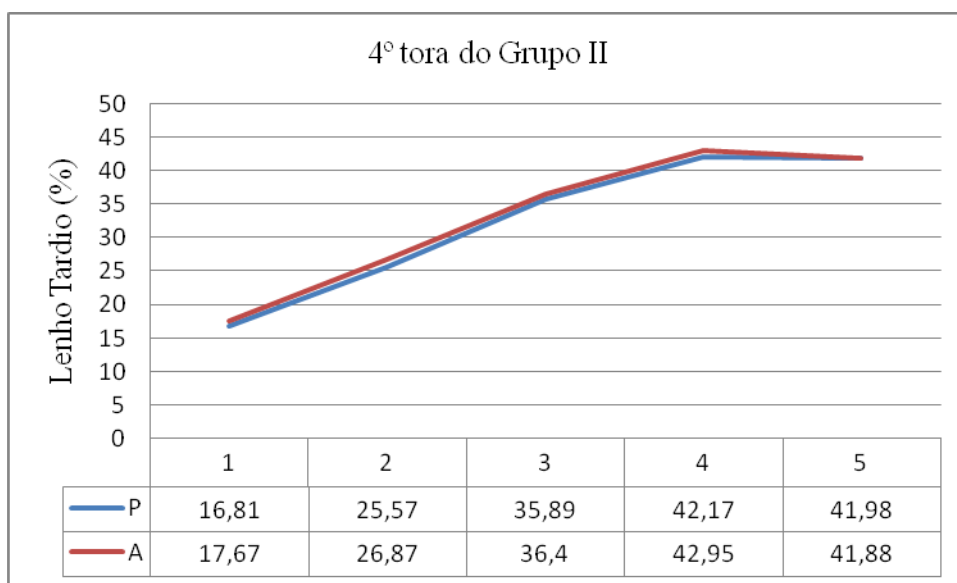


Figura 105 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 4ª tora do grupo II e respectivos valores

Na quarta tora do grupo II os valores médios de lenho tardio variaram de 16,81 a 42,95% e tanto para as amostras paralelas a medula como para as amostras por anéis de crescimento os valores foram crescentes até a 75% da distância no sentido radial, de acordo com a Figura 105.

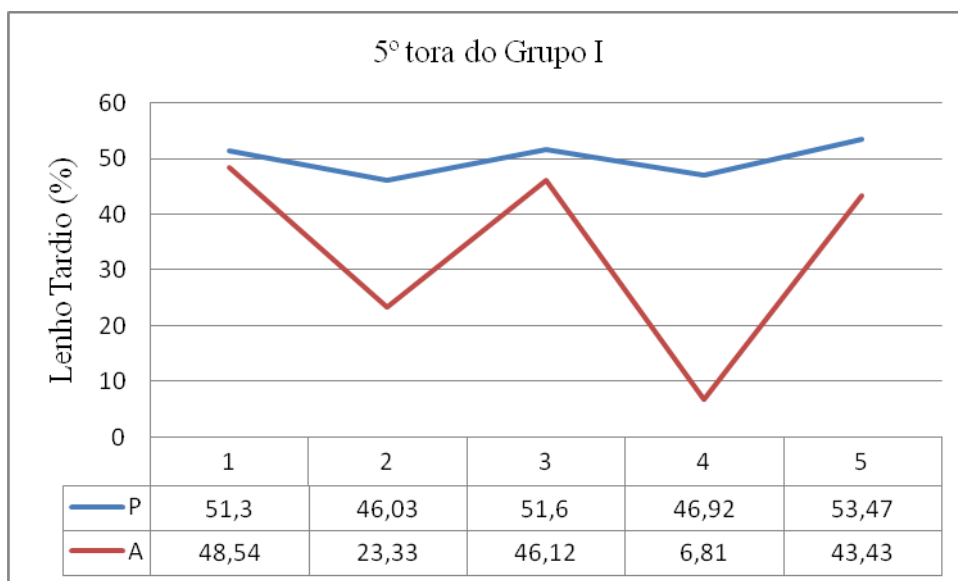


Figura 106 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 5ª tora do grupo I e respectivos valores

Os valores médios variaram de 6,81 a 53,47%, na quinta tora do grupo I, conforme Figura 106, apresentam o mesmo padrão de distribuição tanto nas amostras paralelas como por anéis de crescimento, onde os menores valores foram verificados a 25 e 75% da distância da medula para a casca.

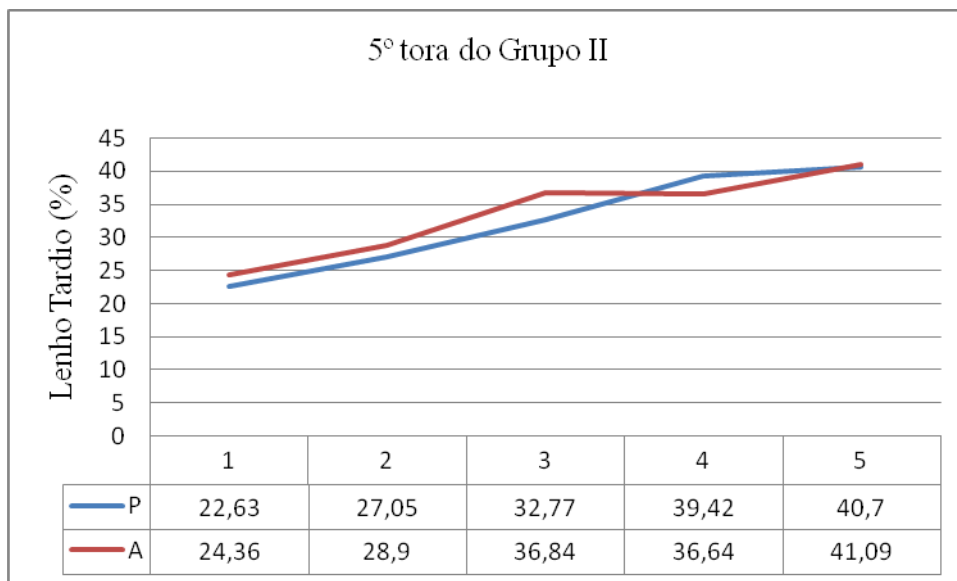


Figura 107 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 5<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Na quinta tora do grupo II, Figura 107, os valores médios do lenho tardio variaram de 22,63 a 41,09%, e tanto as amostras paralelas a medula como nas amostras por anéis de crescimento os valores foram crescentes no sentido radial.

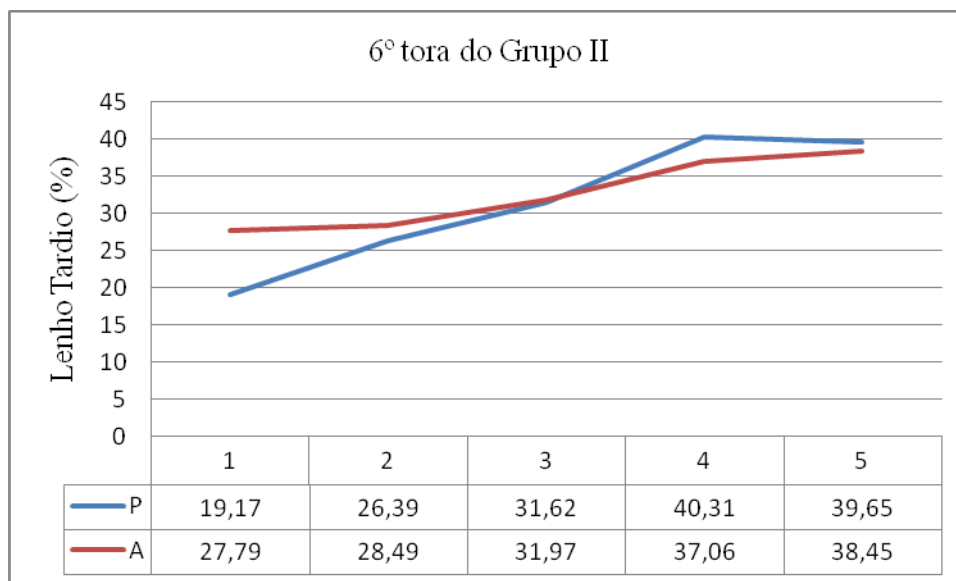


Figura 108 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 6<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Na sexta tora do grupo II, Figura 108, os valores do lenho tardio variaram de 19,17 e 40,31%, para as amostras paralelas a medula os valores foram crescentes até a 75% da distância



radial e para as amostras acompanhando os anéis de crescimento os valores foram crescentes no sentido radial.

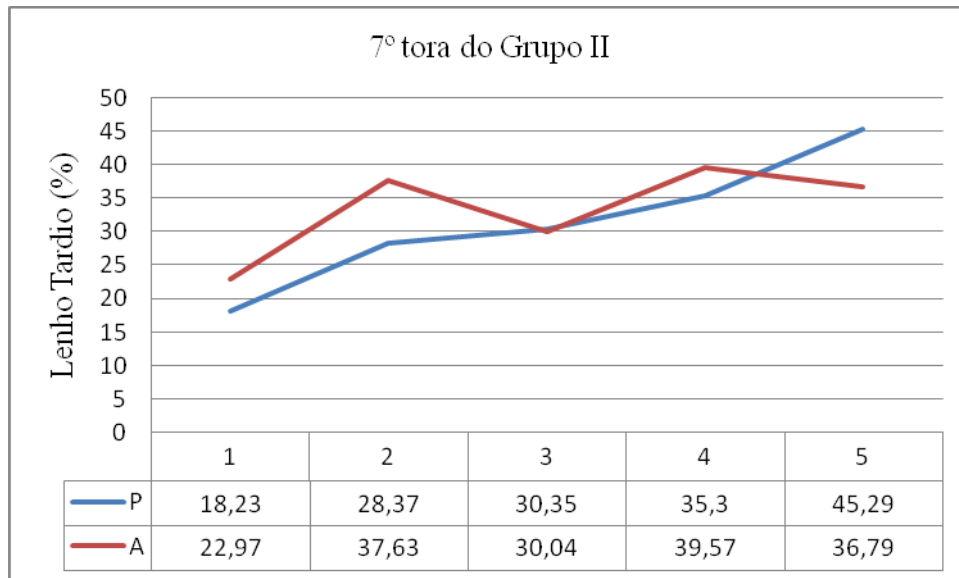


Figura 109 - Distribuição da porcentagem de Lenho Tardio na 7ª tora do grupo II e respectivos valores

Para a sétima tora do grupo II, conforme a Figura 109, os valores de lenho tardio variaram de 18,23 a 45,29%, para as amostras paralelas a medula os valores foram crescentes no sentido radial, para as amostras que acompanham os anéis de crescimento verifica-se que cresceu até a 25%, decresceu a 50%, voltou a crescer a 75% e decrescer em direção a casca.

Através dos resultados verifica-se que a densidade aparente apresenta crescimento da medula para a casca tanto nas árvores do grupo I como nas do grupo II, em todas as alturas estudadas. Observa-se que os máximos e mínimos valores foram menores nas árvores do grupo I comparados nas mesmas alturas com os valores máximos e mínimos do grupo II. As variações dos valores no sentido radial foram semelhantes para todos os tipos de amostras paralelas a medula (P), acompanhando os anéis de crescimento (A) e na primeira tora das árvores do grupo I e grupo II, por anéis de crescimento no topo da tora (AT). Verificando a distribuição axial os valores mínimos e os máximos da densidade aparente no grupo I observa-se que essa variável cresce até a altura da 5ª tora e para os valores máximos decresce até a 3ª tora, cresce na 4ª tora e volta a decrescer em direção ao topo da árvore. No grupo II os valores mínimos e os máximos apresentam tendência a decrescer da base para o topo, com exceção nas 4ª e 5ª tora para os valores mínimos e 4ª tora para os valores máximos.

Para a porcentagem do Lenho Inicial, como era esperado, os valores foram decrescentes nos grupos estudados no sentido radial. No sentido axial os mínimos e máximos valores foram decrescentes até a 4ª tora e cresceram na última tora, no grupo I; para o grupo II os valores médios mínimos decresceram até a 4ª tora e os máximos valores até a 5ª tora a partir desta, voltaram a crescer em direção ao topo. Também, as variações dos valores no sentido radial foram semelhantes para todos os tipos de amostras paralelas a medula (P), acompanhando os anéis de crescimento (A) e na primeira tora das árvores do grupo I e grupo II, por anéis de crescimento no topo da tora (AT).

Os valores médios de porcentagem do Lenho Tardio, foram crescentes da medula para a casca e no sentido axial os valores médios mínimos e máximos apresentam no grupo I crescimento até a 4ª tora e no grupo II o mesmo padrão foi verificado até a 5ª tora para os valores mínimos e para todas as toras para os valores médios máximos. As variações dos valores no sentido radial foram semelhantes para todos os tipos de amostras estudadas.

#### 4.4.2 Isopropriedades mecânicas da madeira

##### 4.4.2.1 Módulo de elasticidade (MOE)

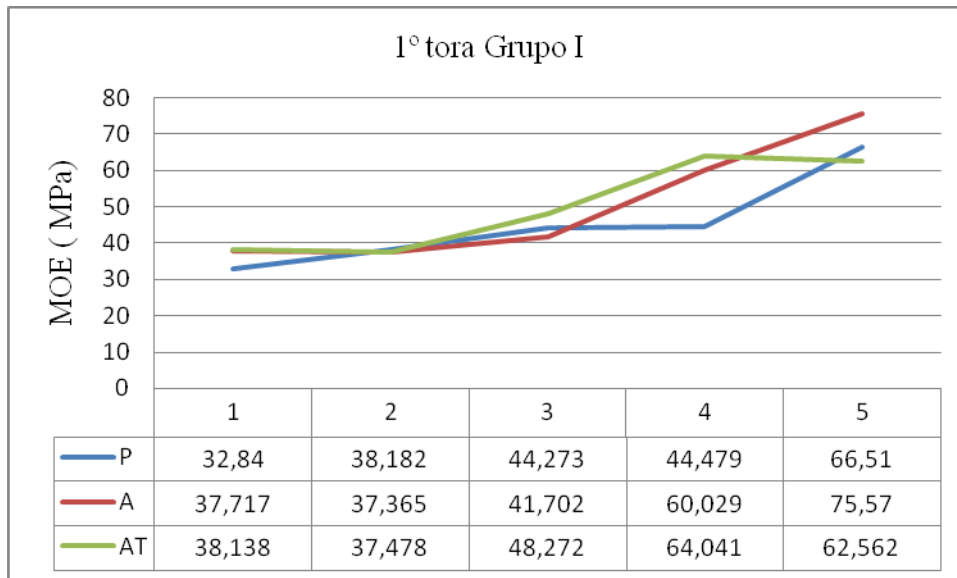


Figura 110 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 1ª tora do grupo I e respectivos valores

Na primeira tora do grupo I os valores médios do módulo de elasticidade variaram de 32,84 a 75,57 MPa, nas amostras paralela a medula foram crescentes no sentido radial e as

amostras acompanhando os anéis de crescimento e por anéis no topo da tora apresentam o mesmo padrão de distribuição onde os menores valores foram verificados a 25% da distância da medula para a casca e após voltam a crescer em direção radial, de acordo com a Figura 110.

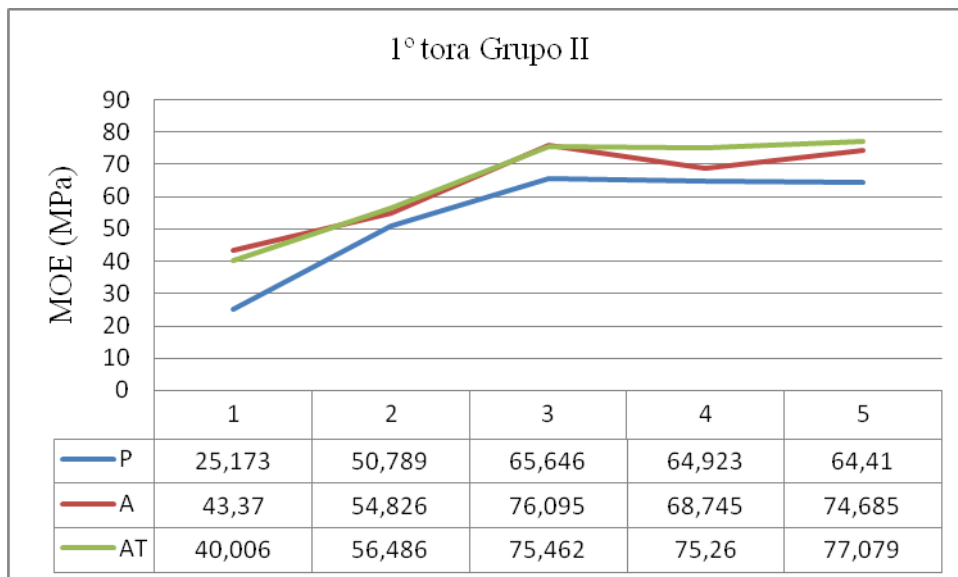


Figura 111 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 1ª tora do grupo II e respectivos valores

Para a primeira tora do grupo II, Figura 111, os valores médios variaram de 25,173 a 77,079 MPa, e cresceram no sentido radial até a 50% da distância da medula para a casca nas amostras estudadas, somente nas amostras paralelas a medula os valores decresceram.

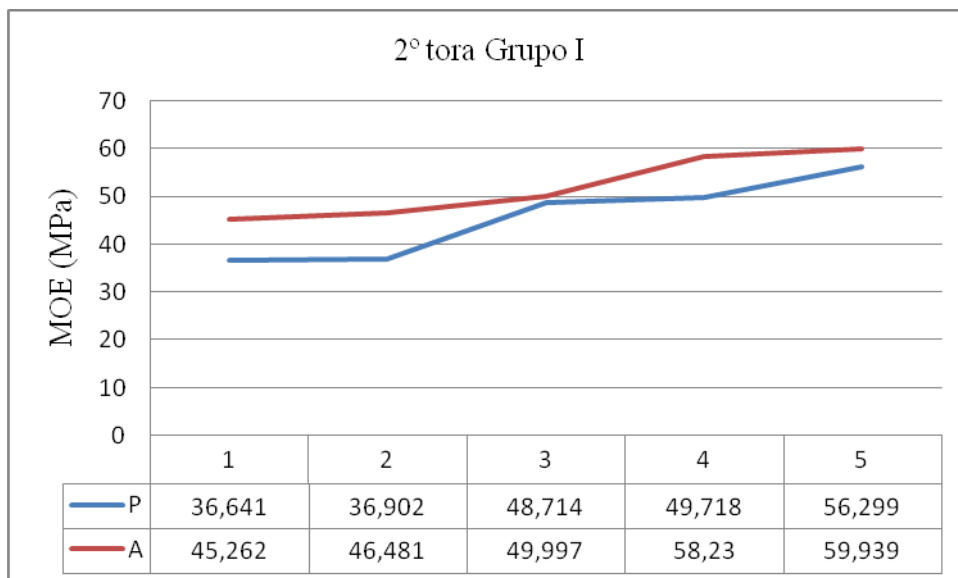


Figura 112 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 2ª tora do grupo I e respectivos valores

Na Figura 112, os valores médios da segunda tora do grupo I variaram de 36,641 a 59,939 MPa e as amostras paralelas e por anéis de crescimento cresceram da medula para a casca.

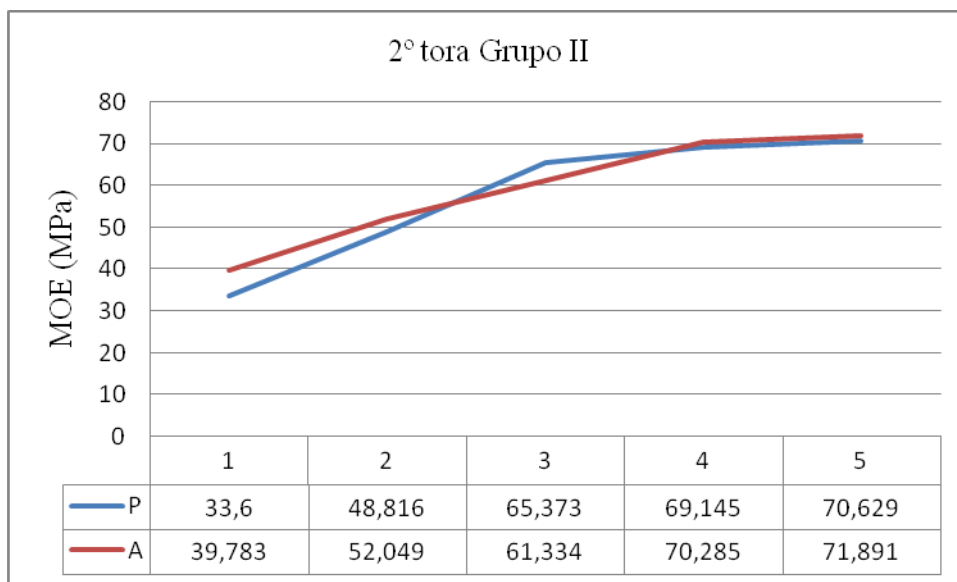


Figura 113 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 2<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Os valores médios da segunda tora do grupo II, na Figura 113, variaram de 33,6 a 71,891 MPa e as amostras paralelas e por anéis de crescimento cresceram da medula para a casca.

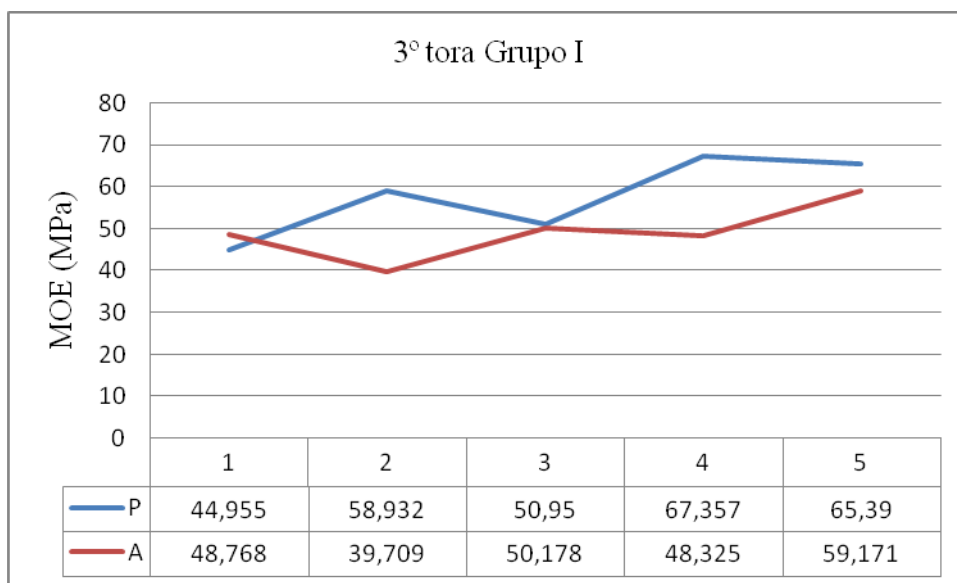


Figura 114 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 3<sup>a</sup> tora do grupo I e respectivos valores

Na terceira tora do grupo I os valores médios, observados na Figura 114 variaram de 44,955 a 67,357 MPa, para as amostras paralelas a medula apresentam tendência de crescer no

sentido radial, apresentando picos de maiores valores a 25 e 75% da distância radial, para as amostras por anéis de crescimento a tendência também foi de crescer no sentido radial, mas os picos foram dos menores valores também a 25 e 50% da medula para a casca.

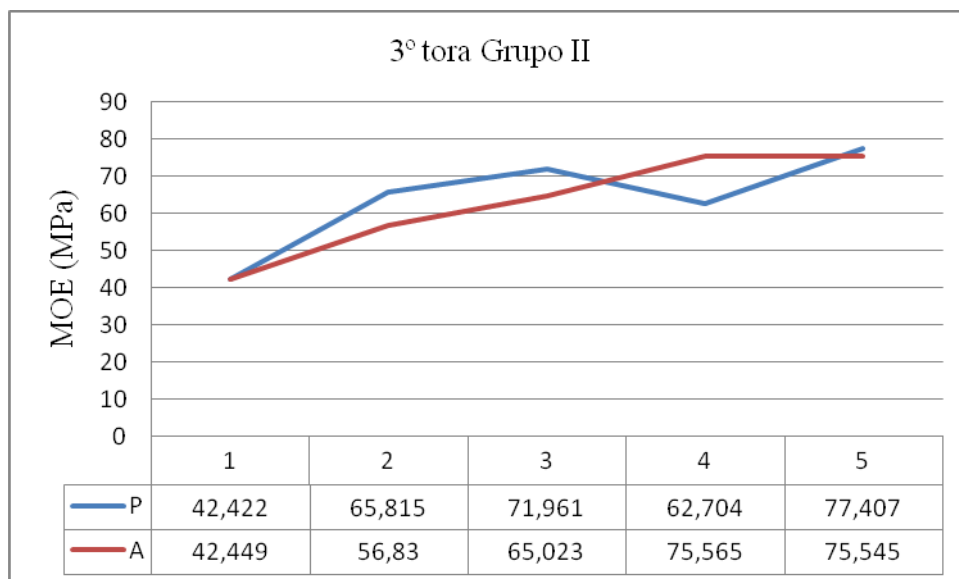


Figura 115 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 3<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Na Figura 115, os valores médios da terceira tora do grupo II variaram de 42,422 a 75,565 MPa, as amostras paralelas a medula apresentam tendência a crescer da medula para casca, mas ocorre uma diminuição de valores a 75%, para as amostras acompanhando os anéis de crescimento os valores foram crescentes no sentido radial.

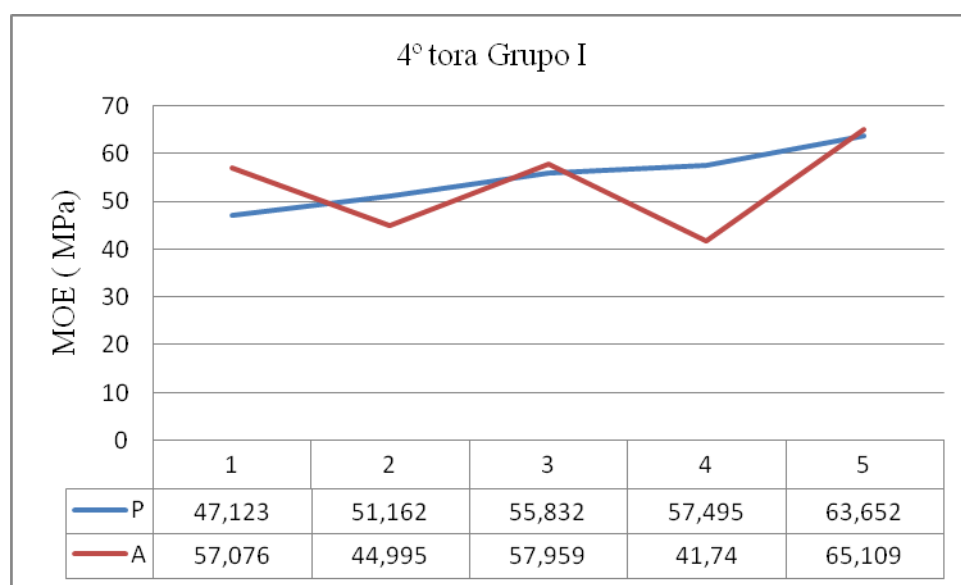


Figura 116 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 4<sup>a</sup> tora do grupo I e respectivos valores

Na quarta tora do grupo I os valores médios variaram de 41,74 a 65,109 MPa, as amostras paralelas a medula apresentam crescimento no sentido radial, para as amostras por anéis de crescimento a tendência também foi de crescer no sentido radial, mas com picos de menores valores a 25 e 75% da medula para a casca são verificados na Figura 116.

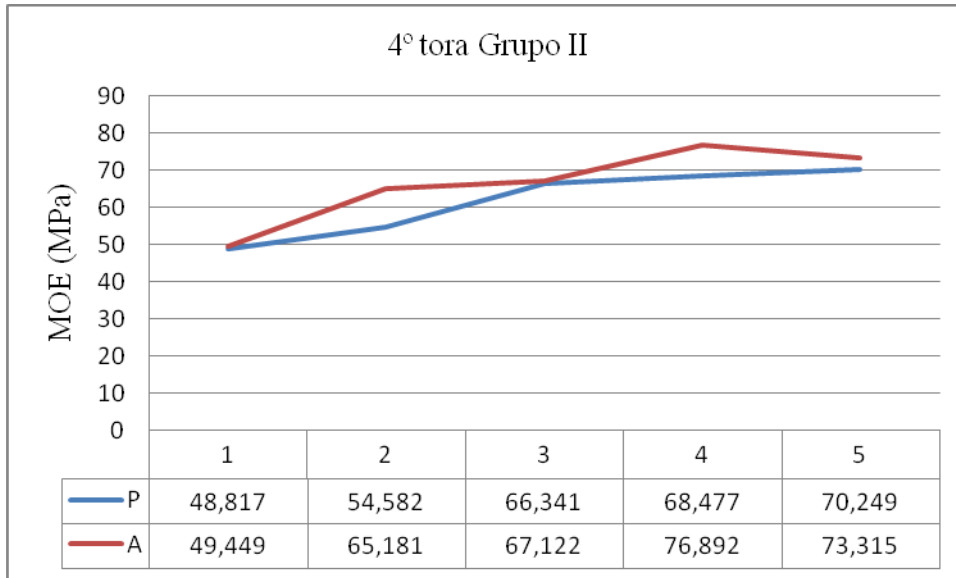


Figura 117 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 4<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Para a quarta tora do grupo II, na Figura 117, os valores médios variaram de 48,817 a 76,892 MPa, as amostras paralelas a medula apresentam crescimento no sentido radial, para as amostras por anéis de crescimento a tendência também foi de crescer até a 75% no sentido radial.

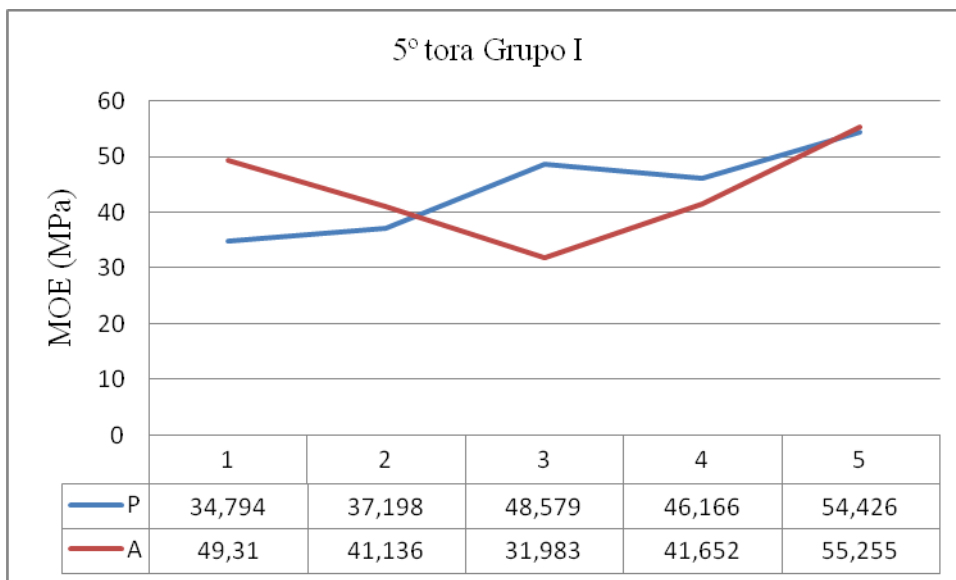


Figura 118 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 5<sup>a</sup> tora do grupo I e respectivos valores

Na quinta tora do grupo I, na Figura 118, os valores médios variaram de 34,794 a 55,255 MPa, para as amostras paralelas a medula apresentam tendência de crescer no sentido radial, apresentando uma diminuição de valores a 75% da distância radial, para as amostras por anéis de crescimento a tendência também foi de crescer no sentido radial, mas ocorreram diminuições dos valores a 25, 50 e 75% da medula para a casca.

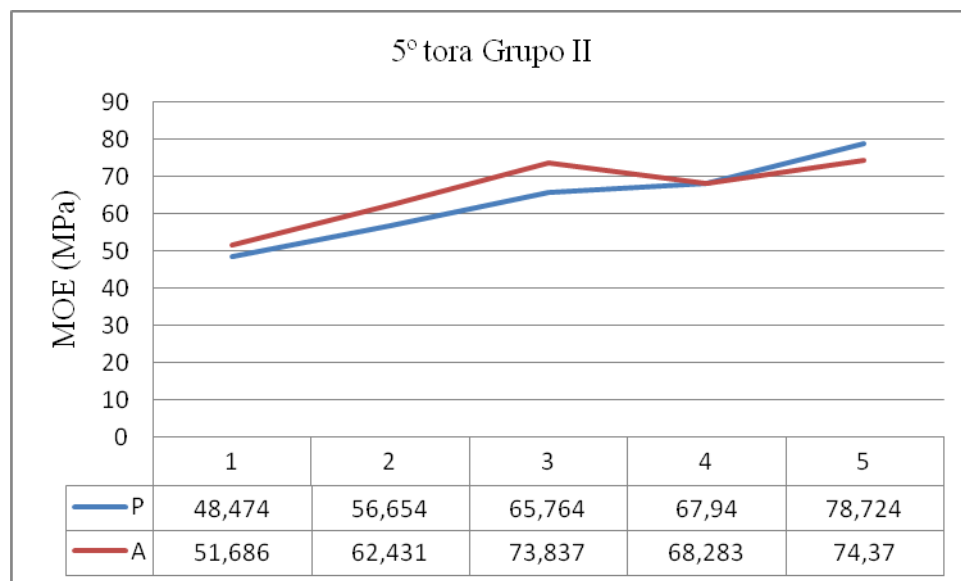


Figura 119 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 5<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Na Figura 119, os valores médios da quinta tora do grupo II variaram de 48,474 a 78,724 MPa, as amostras paralelas a medula apresentam crescimento da medula para casca, para as amostras acompanhando os anéis de crescimento os valores apresentam tendência de crescimento no sentido radial, com uma diminuição dos valores a 75% da distância da medula para a casca.

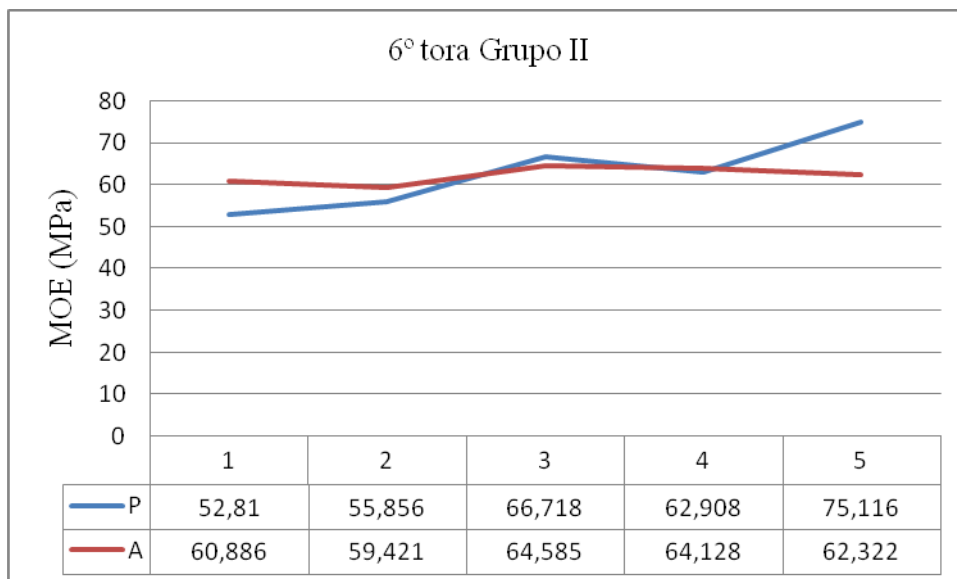


Figura 120 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 6<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Na sexta tora do grupo II os valores variaram de 52,81 a 75,116 MPa, as amostras paralelas a medula apresentam tendência de crescimento da medula para casca, ocorrendo uma diminuição dos valores a 75% da distância radial, para as amostras por anéis de crescimento ocorreram diminuições dos valores a 25, 75e 100% da medula para a casca, conforme Figura 120.

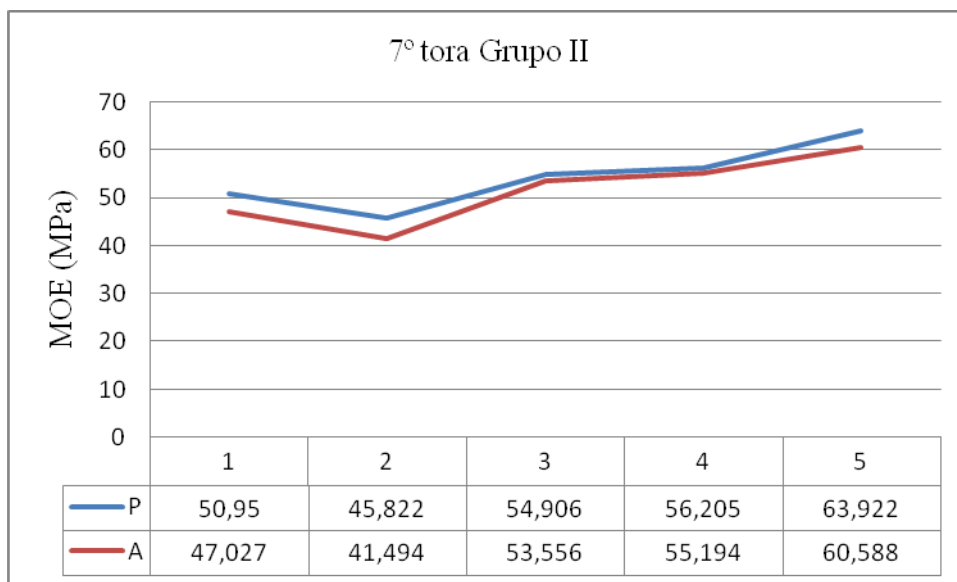


Figura 121 - Distribuição do módulo de elasticidade (MOE) na 7<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Os valores médios da sétima tora do grupo II na Figura 121 variaram de 41,494 a 63,922 MPa, as amostras paralelas a medula e as amostras acompanhando os anéis de crescimento os



valores apresentam crescimento no sentido radial, com uma diminuição dos valores a 25% da distância da medula para a casca.

#### 4.4.2.2 Módulo de ruptura (MOR)

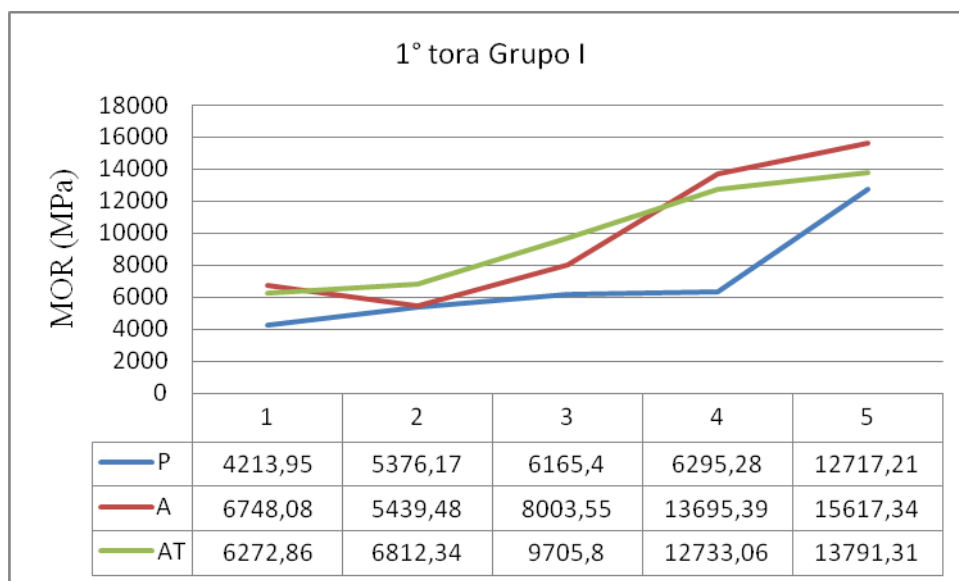


Figura 122 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 1ª tora do grupo I e respectivos valores

Na Figura 122, na primeira tora do grupo I os valores médios variaram de 4213,95 a 15617,34 MPa, para as amostras paralelas a medula os valores foram crescentes no sentido radial, para as amostras acompanhando os anéis de crescimento, os valores foram crescentes com uma diminuição dos valores a 25% e para as amostras por anéis de crescimento no topo da tora os valores crescem da medula para a casca.

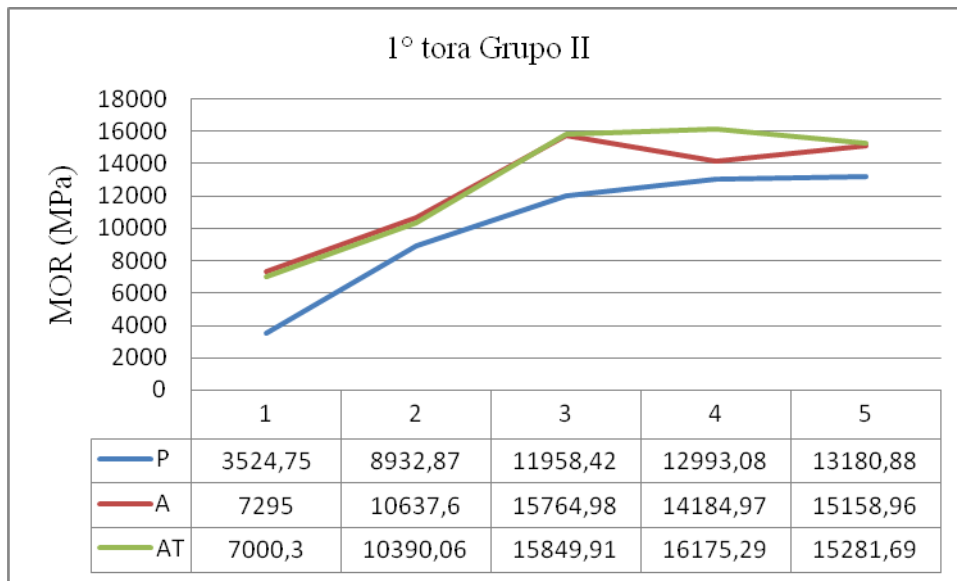


Figura 123 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 1ª tora do grupo II e respectivos valores

Para a primeira tora do grupo II na Figura 123, os valores médios variaram de 3524,75 a 16175,29 MPa, para as amostras paralelas os valores foram crescentes no sentido radial, para as amostras por anéis de crescimento os valores cresceram até 50% da distância da medula para a casca e diminuindo a 75% e voltando a crescer a 100%, para as amostras por anéis no topo da tora os valores foram crescentes até a 75% da distância da medula para a casca.

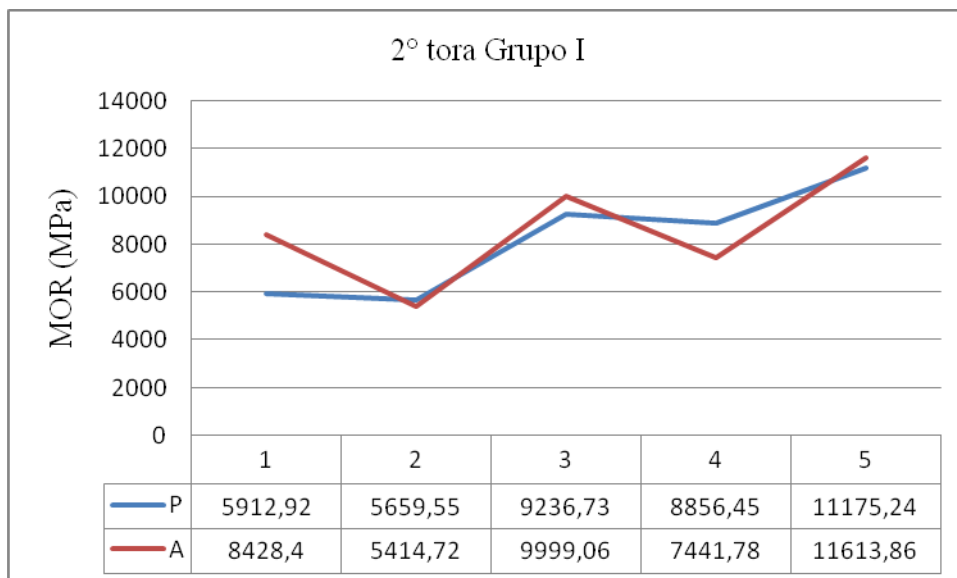


Figura 124 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 2ª tora do grupo I e respectivos valores

Na segunda tora do grupo I os valores médios variaram de 5414,72 a 11613,86 MPa, para as amostras paralelas a medula os valores apresentam uma tendência ao crescimento no sentido radial, com o menor valor verificado a 25% da distância da medula para a casca, para as amostras por anéis de crescimento os menores valores foram observados a 25 e 75%, conforme a Figura 124.

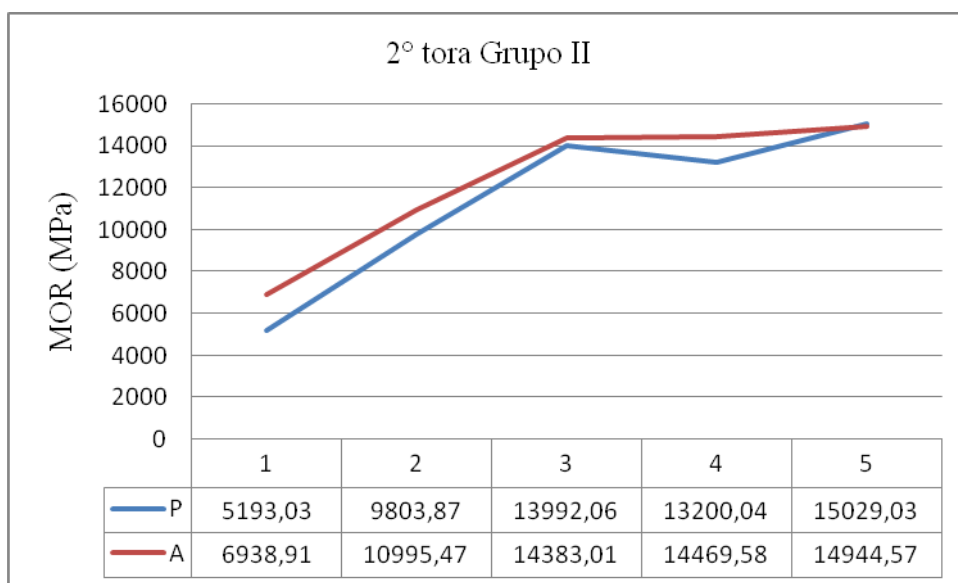


Figura 125 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 2ª tora do grupo II e respectivos valores

Para a segunda tora do grupo II na Figura 125, os valores médios variaram de 5193,03 a 15029,03 MPa, as amostras paralelas apresentam crescimento até a 50% diminuindo a 75% e crescendo novamente a 100% da distância da medula para a casca, para as amostra por anéis os valores foram crescentes no sentido radial.

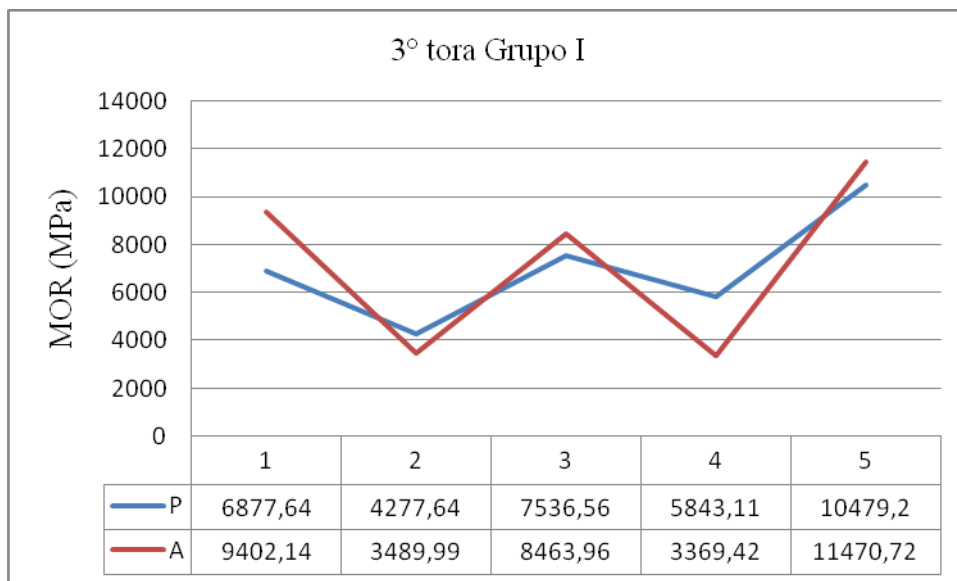


Figura 126 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 3ª tora do grupo I e respectivos valores

Na Figura 126 para a terceira tora do grupo I os valores médios variaram de 3369,42 a 11470,72 MPa, as amostras paralelas a medula e para as amostras por anéis de crescimento a tendência foi de crescer no sentido radial, mas com picos de menores valores a 25 e 75% da medula para a casca.

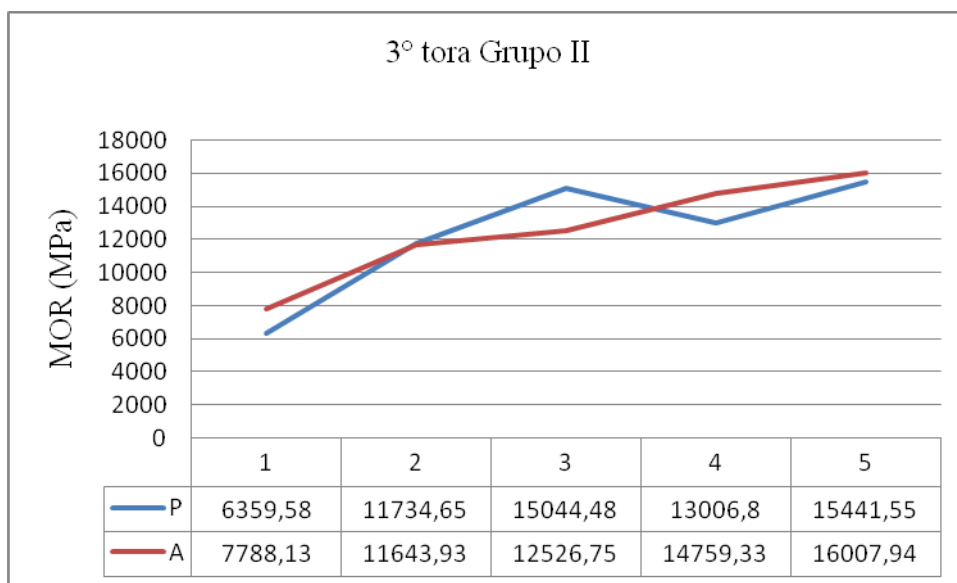


Figura 127 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 3ª tora do grupo II e respectivos valores

Para a terceira tora do grupo II, na Figura 127 os valores médios variaram de 6359,58 a 16007,94 MPa, as amostras paralelas apresentam crescimento até a 50% diminuindo a 75% e

crecendo novamente a 100% da distância da medula para a casca, para as amostra por anéis os valores foram crescentes no sentido radial.

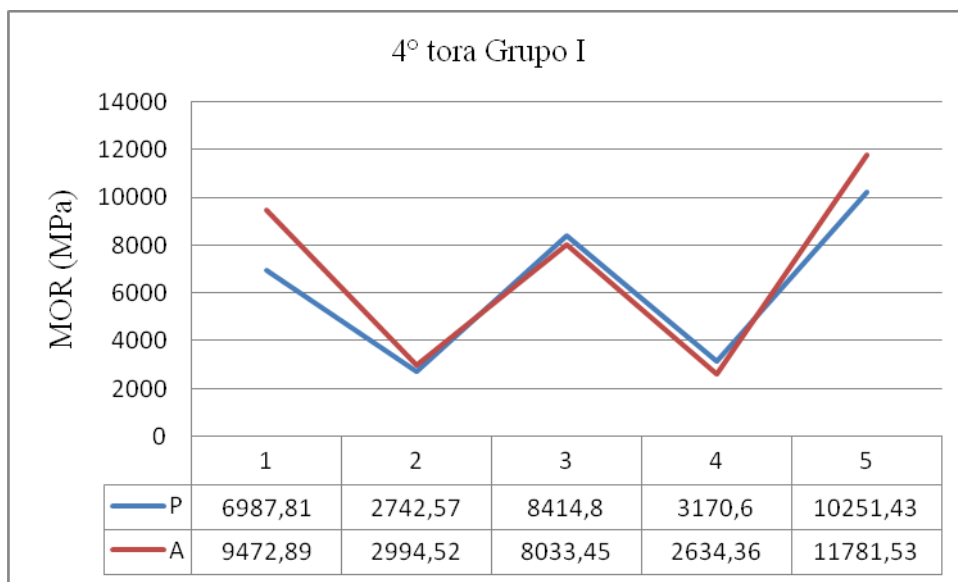


Figura 128 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 4<sup>a</sup> tora do grupo I e respectivos valores

Na quarta tora do grupo I os valores médios variaram de 2742,57 a 11781,53 MPa, as amostras paralelas a medula e para as amostras por anéis de crescimento a tendência foi de crescer no sentido radial, mas com picos de menores valores a 25 e 75% da medula para a casca, de acordo com a Figura 128.

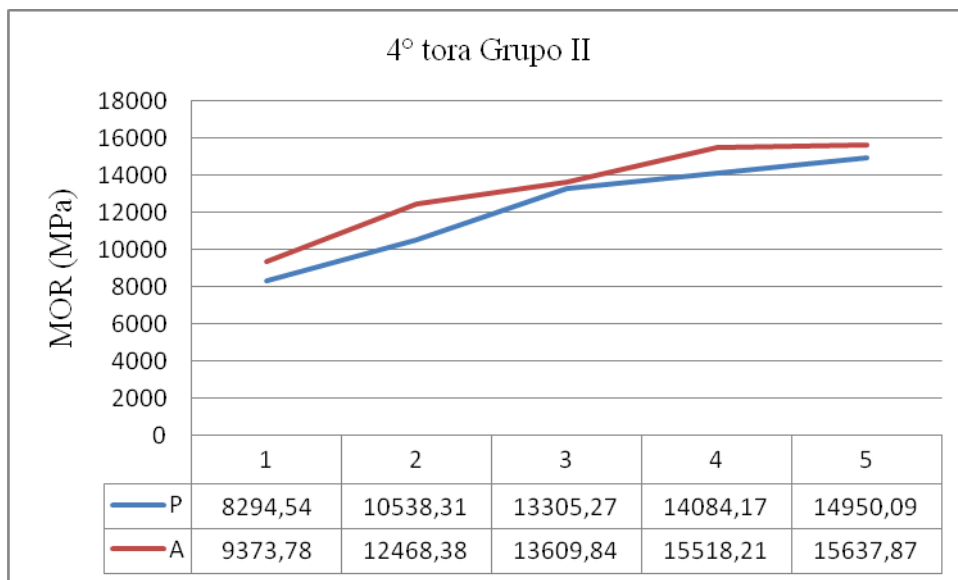


Figura 129 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 4<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Na Figura 129, para a quarta tora os valores médios variaram de 8294,54 a 15637,87 MPa, e foram crescentes no sentido radial para as amostras paralelas a medula e para as amostras por anéis de crescimento.

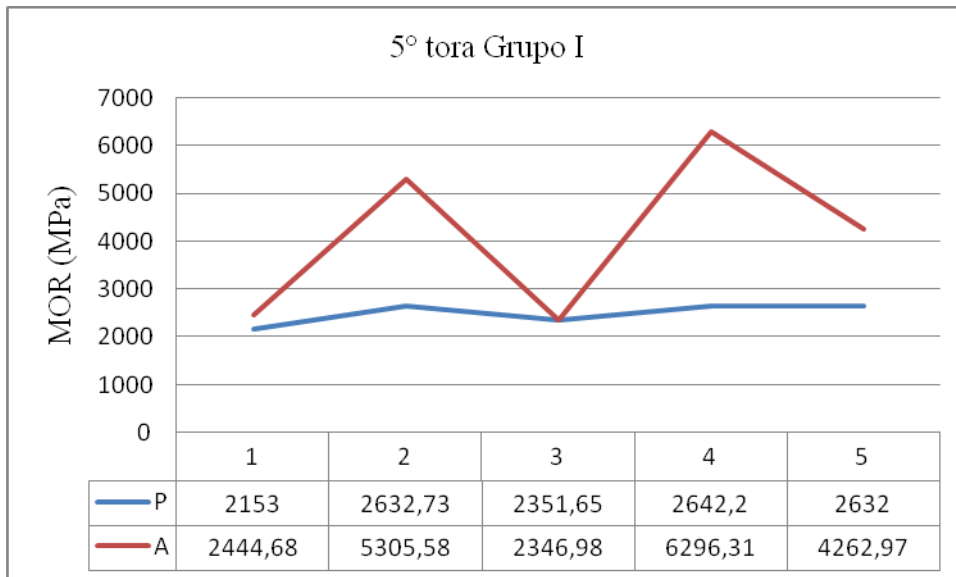


Figura 130 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 5ª tora do grupo I e respectivos valores

Na quinta tora do grupo I, na Figura 130, os valores médios variaram de 2153 a 6296,31 MPa, para as amostras paralelas a medula e para as amostras por anéis de crescimento apresentam tendência de crescer no sentido radial, apresentando picos de maiores valores a 25 e 75% da distância radial.

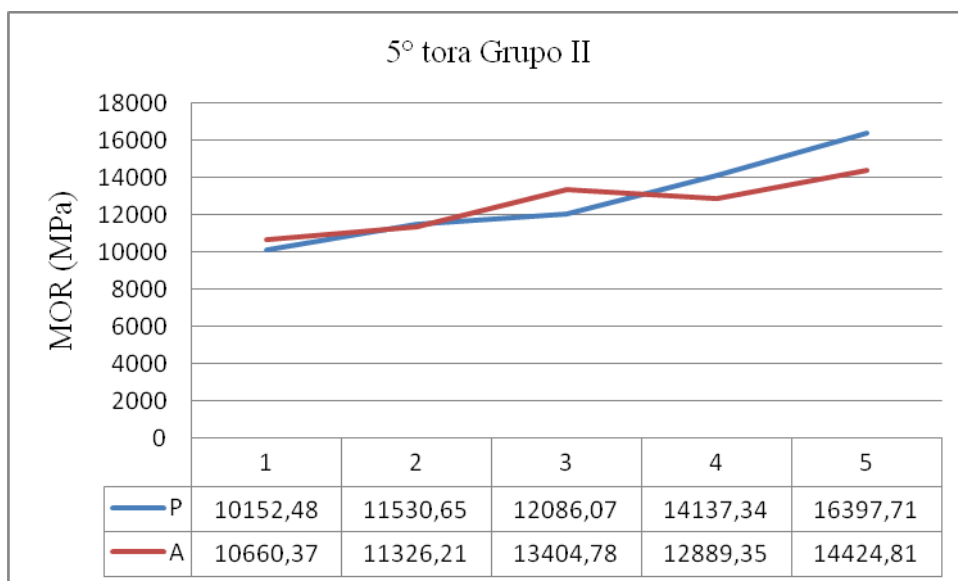


Figura 131 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 5<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Na Figura 131, para a quinta tora do grupo II os valores médios variaram de 10152,48 a 16397,71 MPa, para as amostras paralelas a medula os valores foram crescentes no sentido radial e para as amostras por anéis de crescimento também apresenta essa tendência, mas a 75% da distância da medula para a casca houve uma redução dos valores.

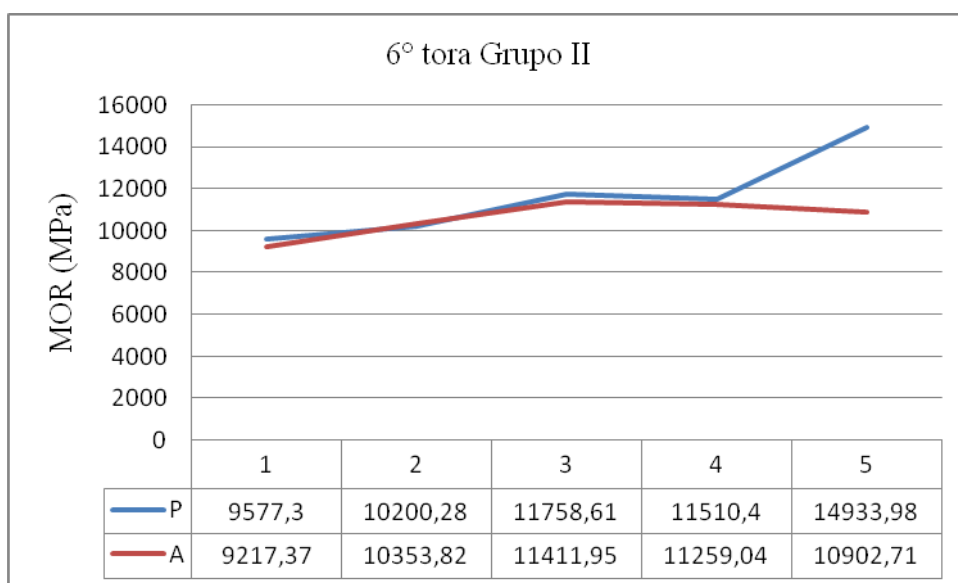


Figura 132 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 6<sup>a</sup> tora do grupo II e respectivos valores

Na sexta tora do grupo II, na figura 132, os valores médios variaram de 9217,37 a 14933,98 MPa, para as amostras paralelas a medula apresenta crescimento radial, embora ocorra

uma diminuição a 75% e voltando a crescer a 100% da distância da medula para a casca, para as amostras por anéis de crescimento verifica-se um aumento dos valores até a 50% e após decresce no sentido radial.

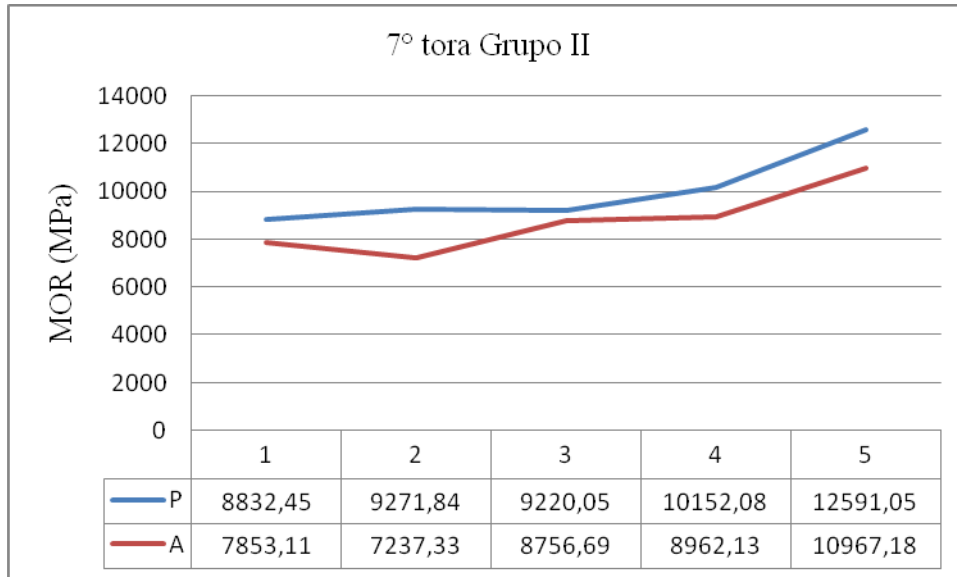


Figura 133 - Distribuição do módulo de ruptura (MOR) na 7ª tora do grupo II e respectivos valores

Na sétima tora do grupo II os valores médios variaram de 7237,33 a 12591,05 MPa, para as amostras paralelas a medula apresenta crescimento radial, embora ocorra uma diminuição a 50% e voltando a crescer a 100% da distância da medula para a casca, para as amostras por anéis de crescimento verifica-se um aumento dos valores a partir de 25% no sentido radial, conforme Figura 133.

Através dos resultados verifica-se que o Módulo de Elasticidade (MOE) apresenta crescimento da medula para a casca tanto nas árvores do grupo I como nas do grupo II, em todas as alturas estudadas. As variações dos valores no sentido radial foram semelhantes para todos os tipos de amostras paralelas a medula (P), acompanhando os anéis de crescimento (A) e na primeira tora das árvores do grupo I e grupo II, por anéis de crescimento no topo da tora (AT). Verificando a distribuição axial os valores médios mínimos e máximos dessa variável no grupo I observa-se um crescimento dos valores mínimos até a 3ª tora e decrescem em direção ao topo; para o grupo II os valores médios mínimos foram crescentes até a 6ª tora e os máximos apresentam um padrão alternado de valores.

Os valores médios do Módulo de Ruptura foram crescentes da medula para a casca e no sentido axial os valores médios mínimos e máximos apresentam no grupo I crescimento até a 5ª



tora apresentando os menores valores dessa variável e no grupo II os valores médios mínimos apresentam crescimento até a 5ª tora, após decrescem em direção ao topo, os valores médios máximos não apresentaram um padrão definido.

Hassegawa (2003), em um estudo de massa específica de *P. taeda* em três classes diamétricas, verificou que a massa específica se comportou de maneira semelhante nas três classes, decrescendo em direção ao topo. Como não houve diferença estatística significativa entre os valores médios de massa específica das três classes, o autor concluiu que a classe diamétrica exerce pouca influência na massa específica.

Oliveira et al. (2006), para *Pinus taeda* verificou que a idade das árvores influenciou a massa específica, resistência à compressão paralela às fibras e resistência à flexão, observando-se diferenças significativas entre as idades 9, 13 e 20 anos.

Gatto et al.(2008) verificaram para *Pinus elliottii* de 32 anos que a massa específica aparente (12%) da madeira juvenil foi inferior a da madeira adulta. Na mesma madeira, não ocorreu diferença significativa a 95% de probabilidade da massa específica aparente, com relação à temperatura de secagem. Entretanto a umidade de equilíbrio da madeira aumentou proporcionalmente à massa específica aparente, e reduziu-se significativamente a 95% de probabilidade, com o aumento da temperatura de secagem. O aumento nas propriedades da flexão estática (MOR e MOE) mostrou-se diretamente relacionadas com o aumento de massa específica aparente, de acordo com o tipo de madeira. Considerando a mesma madeira, essas propriedades não sofreram influência significativa a 95% de probabilidade da temperatura de secagem. Entretanto, ocorreu uma tendência da redução dos valores do MOR, em função do aumento da temperatura de secagem. Essa tendência mostrou-se mais acentuada quando do uso da madeira adulta. Do mesmo modo que observado por Ballarin E Palma (2003), observou-se que as propriedades relacionadas à flexão estática apresentaram-se sensivelmente superiores na madeira adulta quando comparado à madeira juvenil. Esse comportamento é devido à influência da massa específica (HASELEIN et al., 2002), uma vez que a massa específica aparente média, obtida para a madeira adulta foi sensivelmente maior que a obtida para a madeira juvenil. Essas variações também ocorreram em *P.caribaea var. bahamensis*

A existência de uma alta relação linear entre massa específica e as propriedades relacionadas à flexão estática têm sido comprovadas por diversos pesquisadores, entre eles, Ballarin E Palma (2003) e Haselein et al. (2002). Entretanto, Ballarin E Palma (2003), Latorraca

E Albuquerque (2002) e Treacy et al. (2000), descrevem que a grande diferença de propriedades mecânicas observadas entre a madeira adulta e juvenil não ocorrem exclusivamente pela diferença de massa específica, sendo a diferença entre os ângulos fibrilares das traqueídes da madeira juvenil (55°) e da adulta (20°) o maior responsável por essas variações.

A madeira juvenil e adulta apresentou valores médios de massa específica aparente a 12% de umidade de 0,37 e 0,54 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Essa maior massa específica na madeira adulta também foi observado por Haselein et al. (2000) e Latorraca E Albuquerque (2002).

Entretanto, assim como verificado por Oliveira E Tomaselli (1981).

Klock (2000) encontrou para lenho juvenil de *Pinus maximinoi*, as árvores apresentam variação na massa específica básica entre 344 a 472,8 kg.m<sup>-3</sup> e as de *Pinus taeda* variam entre 369,5 e 440,4 kg.m<sup>-3</sup> e que essas diferenças são consideráveis, embora estejam dentro da variação esperada para espécies de rápido crescimento do gênero *Pinus*, segundo KOCH (1972).

De acordo com Dvorak E Donahue (1988), a massa específica média determinada em 59 árvores de *Pinus maximinoi*, em três procedências do México e Honduras, a partir de baguetas, retiradas de árvores em pé com trados de 12 mm de diâmetro, foi de 430 kg.cm<sup>-3</sup> para a madeira juvenil (considerados os 15 primeiros anéis anuais de crescimento a partir da medula), e 490 kg.cm<sup>-3</sup> para a madeira adulta, sendo que o coeficiente de variação entre árvores para o lenho juvenil nas três procedências apresentou-se na faixa entre 9 a 12 %.

Os mesmos autores, citando Ladrach (1985), reportam que a massa específica média de 390 kg.cm<sup>-3</sup> para árvores de *P. maximinoi* com oito anos de idade, plantadas na Colômbia. O Centro Técnico De Evaluacion Forestal (1972), relaciona a massa específica básica média de 400 kg.cm<sup>-3</sup>, determinada em corpos de prova da madeira de *P. maximinoi* (ex *Pinus tenuifolia*), com dimensões de 3 x 3 x 10 cm, de cinco árvores com idade entre 28 e 34 anos, amostradas na Guatemala.

Wright E Wessels (1992), apresentam a massa específica aparente média (seca ao ar) de 456 kg.m<sup>-3</sup>, para 10 árvores de *Pinus spi* com 10,5 anos de idade de características de crescimento superiores, de teste de progênies na África do Sul, a variação entre árvores foi na faixa de 399 a 505 kg.m<sup>-3</sup>.

Consideradas as diferenças de amostragem, visto que a densidade aparente média por árvore nesse estudo foi determinada em corpos-de-prova retirados em prancha principal, com medula bem demarcada coletados em até 7 tora (diferentes alturas), ao longo do fuste, observa-se

similaridade nos resultados apresentados, considerando-se na madeira juvenil e adulta a variação esperada para espécies do gênero. Os resultados desse estudo situam-se na faixa de variação dos resultados encontrados por pesquisadores que trabalharam com árvores de *Pinus sp.* de idades próximas e plantadas no sul do Brasil, como Moreschi (1975) e Tomaselli (1979).

Ao observar as porcentagens médias ponderadas de lenho tardio, determinadas por árvores amostradas para as duas espécies, nota-se que para *Pinus maximinoi* as médias entre árvores apresentam alta variação (25,7%), de 3,7 a 10,5% e com média de 6,35%, consideravelmente inferior à observada nas árvores de *Pinus taeda*, cuja média é de 27,99%, com uma variação de 15% ( de 21,9 a 36,5%), diferença entre as espécies significativa, a grande diferença na porcentagem de lenho tardio, provavelmente esteja relacionada às características genéticas das duas espécies, segundo Klock (2000).

Na madeira juvenil de *Pinus taeda*, como é característico para as espécies do gênero *Pinus*, em plantios de rápido crescimento os primeiros anéis anuais de crescimento também apresentam o lenho tardio pouco desenvolvido (MUÑIZ, 1993). Entretanto nas amostras utilizadas para sua determinação nesse estudo, as faixas de lenho tardio foram visualizadas e detectadas a olho nu.

A alta variabilidade da massa específica na árvore e entre árvores é característica reconhecida nas espécies do gênero *Pinus* e é devida principalmente a fatores genéticos, ambientais, silviculturais entre outros, podendo chegar a 30% em relação a média da espécie, segundo Tredenburg E Mayer-Wegelin (1956).

A tendência de diminuição da massa específica básica com a altura na árvore é ressaltada por vários pesquisadores como Kollmann (1951); Goggans (1961), Elliot (1970); Choong et al (1989); entre outros, e constatada por Moreschi (1975); Tomaselli (1979); Klock (1989) e Muñiz (1993), para espécies do gênero *Pinus* com rápido crescimento plantadas no Brasil.

O decréscimo da massa específica com a altura é esperado e origina-se pelo efeito da idade, pois às maiores alturas há menor número de anéis anuais de crescimento. Eliminando-se o efeito da idade e comparando-se a madeira com o mesmo número de anéis, a partir da medula, a massa específica virtualmente permanece constante a qualquer nível do tronco (COWN, 1980).

Klock. (1989), observaram decréscimo diferenciado da massa específica básica em relação à altura, para classes diamétricas distintas (de 15 a 20 cm; 20 a 25 cm e 25 a 30 cm), de árvores com 25 anos de *Pinus taeda*, coletadas na região de Santa Cecília-SC. A menor redução

ocorreu na menor classe (9,9%), enquanto que na maior classe 25,4%, em valores numéricos a variação na classe dominante foi de 504 a 376 kg.m<sup>-3</sup>. Nota-se que a redução percentual observada para as duas espécies desse estudo (19,7 e 22%) são pouco inferiores a redução em massa da classe dominante, o autor enfatiza, que o decréscimo da massa específica básica das duas espécies estudadas com a altura, considerando-se o efeito da idade é muito significativo e a grande diferença entre as porcentagens de lenho tardio entre as duas espécies provavelmente esta relacionado a fatores genéticos, ambientais, silviculturais, entre outros.

A tendência de decréscimo da porcentagem de lenho tardio com a altura foi observada por Muñiz (1993) em árvores com 30 anos de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, coletadas na região de Irati-PR, salienta a autora que em árvores de rápido crescimento de espécies do gênero *Pinus* é esperado o aumento da porcentagem de lenho tardio na direção medula-casca, pois nestas árvores geralmente os primeiros anéis anuais de crescimento a partir da medula são bastante largos e a faixa de lenho tardio estreita, a medida que se situam mais próximos a casca a porcentagem de lenho tardio aumenta de maneira significativa, em função dessa observação, espera-se que a porcentagem de lenho tardio seja superior a partir da base, por apresentarem maior número de anéis de crescimento de acordo com a idade. À medida que a altura aumenta diminuem os anéis de crescimento e conseqüentemente a porcentagem de lenho tardio tende a diminuir.

O acentuado decréscimo da porcentagem de lenho tardio ao longo do fuste foi observado por Klock et al. (1989), 2 em árvores com 25 anos de *Pinus taeda*, de 3 classes diamétricas ( 15 a 20 cm; 20 a 25 cm e 25 a 30 cm) coletadas na região de Santa Cecília-SC; nas quais os autores verificaram decréscimos de 35%, 51,9% e 75,5%, nas três classes diamétricas estudadas, observa-se que na maior classe diamétrica encontravam-se as árvores com maiores alturas. Comparados a esta tendência, os valores percentuais de decréscimo da porcentagem de lenho tardio observado para *Pinus taeda* nesse estudo encontra-se entre as classes diamétricas maiores, confirmando a heterogeneidade da madeira de *Pinus taeda* em relação a porcentagem de lenho tardio ao longo do tronco, em comparação a maior uniformidade da madeira de *Pinus maximinoi*.

Segundo Brown et al. (1952), o aumento da porcentagem de lenho tardio em uma espécie relaciona-se diretamente com a massa específica e acontece devido ao lenho tardio conter maior proporção de material lenhoso por unidade de volume em relação ao lenho inicial.

Embora a alta correlação entre a massa específica e a porcentagem de lenho tardio para espécies do gênero *Pinus* seja esperada, o que é reconhecido por autores como Brown et al.

(1952) e Knigge E Schulz (1966), na madeira juvenil de árvores de rápido crescimento, em função da característica de maior variabilidade da massa específica, das características morfológicas dos traqueóides, dos altos conteúdos de polioses (KELLINSON,1981), a correlação entre as duas propriedades tende a ser menor, comparada a madeira adulta, ou a árvores de maior idade.

Como exemplo Klock (1989), obteve correlações positivas de 0,84 e 0,72 entre a massa específica e a porcentagem de lenho tardio para a madeira de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, ambas com 14 anos de idade, e de 0,87 e 0,91 na madeira de árvores com 18 e 20 anos das duas espécies.

A alta variabilidade das propriedades na madeira juvenil de espécies do gênero *Pinus* é reconhecida por muitos pesquisadores como Zobel et al. (1959); Kollmann E Côte (1968); Koch (1972); Bendtsen (1978); Kellinson (1981), entre outros. Os resultados dos módulos de ruptura e de elasticidade para a madeira das espécies de *Pinus* plantadas no Brasil, obtidos por vários pesquisadores como Muñiz (1993); Lara Palma (1994), Bortoletto Júnior (1999), apresentam também alta variação, com tendência de diminuição da variação para a madeira adulta, o que não foi confirmada essa tendência nesse estudo.

Em razão da importância da resistência à flexão estática na indicação da qualidade da madeira, os resultados médios dos módulos de ruptura e de elasticidade, massa específica aparente e porcentagem de lenho tardio determinados por árvore amostrada dos dois grupos. As informações sobre propriedades de resistência da madeira de *P. caribaea* var. *bahamensis* são escassas na literatura e quando se referem à qualidade da madeira, são apresentadas apenas as massas específicas, o que dificulta a comparação de resultados entre propriedades da madeira intra espécie.

Klock (2000) comparando os resultados determinados para as duas espécies desse estudo, com os de espécies do gênero *Pinus* plantadas no Brasil, observa-se que os resultados médios dos módulos de ruptura desse estudo foram superiores aos apresentados por Tomaselli (1980), para a madeira juvenil na meia altura do tronco de árvores com 18 anos de idade de *Pinus taeda*, (497 kgf.cm<sup>-2</sup>) e também ao módulo de elasticidade (61200 kgf.cm<sup>-2</sup>).

No mesmo trabalho, o autor apresenta os resultados para a madeira juvenil de *Pinus elliottii* (MOR de 512 kgf.cm<sup>-2</sup> ; MOE de 76100 kgf.cm<sup>-2</sup>) e *Araucaria angustifolia*, que apresentou resultados médios na madeira juvenil, da mesma posição do tronco, de 808 kgf.cm<sup>-2</sup>

para MOR e 141900 kgf.cm<sup>-2</sup> para MOE, segundo Tomaselli (1980), com diferenças menores entre a madeira adulta, portanto mais homogênea no conjunto. Já os resultados médios verificados para a madeira adulta de *P. taeda* e *P. elliottii* foram aproximadamente 100% superiores aos da madeira juvenil tanto para MOR como para MOE. Muñiz (1993), determinou valores médios para o MOR de 638,2 kgf.cm<sup>-2</sup> (62,6 MPa) e MOE de 88333,4 kgf.cm<sup>-2</sup> (8662,5 MPa) em flexão estática para a madeira juvenil de *P. taeda*, separados da madeira adulta em árvores de 30 anos, da região de Irati-PR. A autora determinou no mesmo estudo valores semelhantes para a madeira juvenil de *P. elliottii*, (648,9 e 86309,5 kgf.cm<sup>-2</sup>, respectivamente para MOR e MOE), coletado de forma similar à de *P. taeda*, tendo determinado para a madeira adulta, valores médios superiores em torno de 90% para o MOE e 50 % para o MOR.

Os valores médios apresentados por Muñiz (1993), para a madeira juvenil de *P. taeda* e *P. elliottii*, são numericamente inferiores em MOR, comparados aos da madeira juvenil de *P. caribaea var. bahamensis* determinadas nesse estudo, sendo o MOE superior.

Os resultados apresentados por Lara Palma (1994), também de árvores com trinta anos de idade de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, da região de Irati-PR, para as quais o autor determinou as propriedades de resistência à flexão em três posições no sentido medula casca, na posição correspondente a madeira interna (juvenil) de *Pinus taeda*, o MOR médio foi de 593 kgf.cm<sup>-2</sup>, o MOE de 86771 kgf.cm<sup>-2</sup> e massa específica aparente de 449 kg.m<sup>-3</sup>, com coeficiente de variação de 22%, com valores médios ligeiramente inferiores para a madeira interna de *Pinus elliottii*, com coeficiente de variação de 20%. Para a madeira das posições intermediária e externa (adulta) os valores médios obtidos para MOR e MOE, foram aproximadamente 90% superiores para massas específicas aparentes médias de 596 e 545 kg.m<sup>-3</sup> para *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, respectivamente.

Já Lucas Filho (1997), obteve em seu trabalho com *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, de árvores com vinte e um anos de idade, da região de Três Barras-SC, valores médios para o MOR do lenho juvenil de 48,6 e 38,7 MPa e de 55 e 69 MPa para a madeira adulta. Observa-se o mesmo resultado para a madeira juvenil dos grupos I e II, mas para o lenho adulto os valores foram superiores para *P. caribaea var. bahamensis*.

Consideradas as diferenças em amostragem, em especial a idade das árvores amostradas, nos trabalhos em que se separam a madeira juvenil da adulta para a confecção dos corpos de prova, observa-se que os resultados médios determinados nesse estudo para a madeira juvenil de

*P. caribaea* var. *bahamensis*, assemelham-se numericamente, sendo em alguns casos superiores, o que pode representar vantagens na utilização da madeira juvenil de *P. caribaea* var. *bahamensis*.

Ao se comparar os resultados da espécie estudada com outras espécies do gênero *Pinus* plantadas no Brasil, observam-se semelhanças, como por exemplo, nos resultados apresentados por Bortoletto Júnior (1993), de árvores entre 10 e 25 anos de idade, coletadas em várias regiões do Estado de São Paulo, (*Pinus caribaea* var. *bahamensis*; *P. caribaea* var. *caribaea*; *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa*). Os valores médios para o módulo de ruptura variaram entre as espécies estudadas de 597 a 667 daN.cm<sup>-2</sup> em madeira seca e valores inferiores entre 449 e 464 daN.cm<sup>-2</sup> para madeira saturada. O autor também apresenta os resultados para *P. elliottii* e *P. taeda*, para as quais obteve MOR de 838 e 712 da N.cm<sup>-2</sup> para a madeira seca e 476 e 440 daN.cm<sup>-2</sup> para a madeira saturada. Já o módulo de elasticidade, nas espécies tropicais varia entre 65580 a 95394 daN.cm<sup>-2</sup> (madeira seca) e 68260 a 85274 daN.cm<sup>-2</sup> (madeira saturada), para *P. elliottii* de 108419 daN.cm<sup>-2</sup> para madeira seca e 92661 daN.cm<sup>-2</sup> para madeira saturada, e para *P. taeda* de 132252 daN.cm<sup>-2</sup> para a madeira seca e 106450 daN.cm<sup>-2</sup> para madeira saturada, estas provavelmente originadas de árvores com maior idade. Os resultados obtidos assemelham-se aos apresentados para as espécies tropicais apresentadas por BORTOLETTO JÚNIOR (1993).

SANTINI et al. (2000), obtiveram módulos de ruptura inferiores (555 e 556 kgf.cm<sup>-2</sup>) para a madeira de *P. elliotti* e *P. taeda*, com 13 anos de idade, os valores do MOE, para as duas espécies estudadas foram inferiores aos de *P. maximinoi*.desse estudo (73266 e 59561 kgf.cm<sup>-2</sup>), apenas o MOE de *P. elliotti* é ligeiramente superior ao de *P. taeda*.

De acordo com as observações e comparações discutidas, vários autores observaram a tendência de heterogeneidade das características da madeira no sentido medula-casca para espécies do gênero *Pinus*, entre eles Zobel et al (1959); Bendtsen (1978); Pearson E Gilmore (1980); Klock (1989); Muñiz (1993); Lara Palma (1994); entre outros.

As características da madeira juvenil são, portanto reconhecidamente, de menor massa específica, menor porcentagem de lenho tardio e resistência mecânica inferiores, apresentando também maior variação entre estas propriedades, como também pode-se observar nesse estudo, para a madeira juvenil de *P. caribaea* var. *bahamensis*. Pode-se verificar que na madeira adulta os valores são opostos ao do lenho inicial para as mesmas características, concordando com a suposição de Klock (2000) ao pesquisar o lenho juvenil, de acordo com as tendências verificadas

e comprovadas por muitos pesquisadores pode-se esperar que, com a formação dos anéis anuais de crescimento sucessivos pelo aumento da idade, a madeira vai gradativamente assumindo as características da madeira adulta nas porções externas, na qual a massa específica e porcentagem de lenho tardio aumentam e, por consequência, em razão da correlação positiva existente entre as propriedades, a resistência mecânica é incrementada. Verifica-se, entretanto, que o aumento da idade e conseqüente proporção de madeira adulta, aumentam a influência da porcentagem de lenho tardio das isopropriedades da madeira.



## 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que:

✓ Comparando-se os resultados das descrições anatômicas macro e microscópica da madeira de *Pinus caribaea* var, *bahamensis*, observam-se somente diferenças de natureza quantitativas.

✓ A variação dos elementos anatômicos no sentido radial, comparados entre árvores de idade diferentes e com o mesmo diâmetro, pode-se verificar as árvores de menor idade apresentaram; (a) - menor comprimento de traqueídes tanto no lenho inicial, como no lenho tardio, mas nas duas idades estudadas houve um crescimento significativo até o 9º anel de crescimento, embora continue crescendo em direção a casca; (b) - nas árvores de menor idade apresenta maiores valores de para o diâmetro tangencial, tanto no lenho inicial como no lenho tardio, os valores foram decrescentes até o 9º anel de crescimento, nas árvores adultas também foram decrescentes, mas até o 12º anel de crescimento; (c) - as dimensões do lume foram maiores nas árvores de menor idade e decrescentes até o 12º anel de crescimento, nas árvores mais adultas os valores não foram significativos a partir do 9º anel de crescimento; (d) - a espessura da parede das traqueídes foi menor no lenho inicial e maiores no lenho tardio e crescentes até o 12º anel de crescimento o que significa que provavelmente essa característica não seja influenciada pelo lenho juvenil.

✓ As variações entre os últimos anéis de crescimento (16º) das árvores de menor idade comparados com os 16º anéis de crescimento das árvores adultas com o mesmo diâmetro possibilitaram verificar que: (a) – o comprimento das traqueídes foi menor no lenho inicial e maior no lenho tardio nas árvores mais novas; (b) – o diâmetro tangencial e o lume das traqueídes foram maiores no lenho inicial e menores no lenho tardio; (c) - a espessura da parede não apresenta diferença significativa com os valores das árvores adultas no lenho inicial e é maior no lenho tardio. Esses resultados indicam que em árvores de idades diferentes, a comparação cronológica, ou seja, pelo mesmo número de anel de crescimento realmente não apresentam semelhanças, provavelmente por terem sido acrescidas nas árvores em condições ambientais diferentes.

✓ As variações entre os últimos anéis de crescimento das árvores de menor idade comparados com os das árvores adultas com o mesmo diâmetro apresentaram: (a) – o comprimento das traqueídes foi menor nos lenhos inicial e tardio; (b) – o diâmetro tangencial e a espessura da parede das traqueídes não apresentaram diferenças entre os lenhos estudados; (c) – o lume das traqueídes apresentou variação no lenho tardio, sendo maior nas árvores de menor idade no lenho tardio. Essa maior semelhança entre os valores provavelmente se deve ao fato do crescimento lenhoso ter sido formado na mesma época e condições ambientais.

✓ Os anéis de crescimento apresentaram uma distribuição homogênea tanto nas árvores provenientes do plantio com menor idade, como nas árvores do plantio com maior idade, independentes das classes de diâmetro. Por pertencerem à mesma espécie botânica e plantadas em mesmo local, pode-se inferir que essa homogeneidade deve-se as influências ambientais e/ou a fatores genéticos.

✓ As curvas de isopropriedades apresentam: (a) – tanto nas árvores do plantio mais jovem, como nas árvores do plantio mais antigo, o mesmo padrão de distribuição para a densidade aparente, proporção de lenho tardio, módulo de elasticidade e módulo de ruptura, para a proporção de lenho inicial o padrão de distribuição foi oposta as propriedades anteriores; (b) – as árvores com menor idade em todas as classes de diâmetro apresentaram valores menores numa extensão maior da tora quando comparada com as árvores adultas; (c) – nas árvores adultas em todas as classes de diâmetro os menores valores estão restritos uma região mais próxima a medula.

✓ Para as isopropriedades físicas e mecânicas o tipo de amostragem realizada paralela a medula e acompanhando os anéis de crescimento, apresentaram o mesmo padrão de distribuição dos valores

✓ Os valores maiores da isodensidade aparente foram verificados em todas as alturas de tora, nas árvores mais adultas e crescentes no sentido radial.

- ✓ Os valores da isoproporção de lenho inicial foram decrescentes em todas as alturas de toras estudadas, os maiores valores foram observados até a 4ª tora das árvores de menor idade, a partir da 5ª tora os maiores valores foram das árvores de idade adulta. Esse resultado pode ter sido influenciado pelo pequeno número de árvores de menor idade, que possuíam 5 toras de altura.
  
- ✓ Os valores da isoproporção de lenho tardio foram crescentes da medula para a casca e verificados nas árvores adultas, em todas as alturas de toras estudadas.
  
- ✓ Os valores do módulo de elasticidade (MOE) foram crescentes da medula para a casca e verificados nas árvores adultas, em todas as alturas de toras estudadas.
  
- ✓ Os valores do módulo de ruptura (MOR) foram crescentes da medula para a casca e verificados nas árvores adultas, em todas as alturas de toras estudadas.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Ensaios físicos e mecânicos de madeiras - **Método Brasileiro. MB-26/1940**. Rio de Janeiro, 1940. 16 p.

BALLARIN, A.W.; PALMA, H.A.L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 371-380, 2003.

BAMBER, R.K.; BURLEY, J. **The wood properties of radiata pine**. Commonwealth Agricultural. Bureax, 1983. 84p.

BARTZ, A. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2., 1973: Curitiba. **Anais...** Curitiba: FIEP, 1974. p. 275-277.

BARRICHELO, L.E.G. **Estudo das características físicas, anatômicas e químicas da madeira em *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barr. E Golf. Para a produção de celulose e papel**. 1979. 167p. Tese de (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.

BENDTSEN, B.A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. Proc.: **Impact of the changing quality of timber resources**. Forest Products Research Society. p.78-21, p. 26-37, 1978.

BENDTSEN, B.A.; SENFT, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown eastern cottonwood and Loblolly Pine. **Wood and Fibre Science**, Madison, v.18, n.1, p. 21-38, 1986.

BERLYN, G.P.; MIKSCHE, J.P.P. **Botanical microtechnique and citochemistry**. IAWA: State University Press, 1976. 326 p.

BISSET, I.J.W.; DADSWELL, H.E. The variation in cell length within one growth ring of certain angiosperms and gymnosperms. **Australian Forestry**, Sidney, v.14, p.17-29, 1950.

BISSET, I.J.; DASWELL, H.E.; WARDROP, A.B. Factors influencing tracheid length in conifer stems. **Australian Forestry**, Sidney, v. 15, p. 17 – 30, 1951.

BODIG, J.;JAYNE, B.A. **Mechanics of wood and wood composites**. Melbourne:Composites, Krieger Publishing Company, Florida, USA, 1993. 712p.

BOONE, R.S.; CHUDNOFF, M. **Compression wood formation and other characteristics of plantation-grown *Pinus caribaea***. Puerto Rico:Forest Service Research Paper; Institute of Tropical Forestry, 1972. 16p. (ITF, 13).

BORTOLETTO JÚNIOR, G. **Indicações para a utilização da madeira de espécies e variedades de pinus na construção civil**. 1993. 119p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura - Tecnologia do Ambiente Construído) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

BORTOLETTO JÚNIOR, G. **Estudo da qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. proveniente de árvores adultas atingidas por incêndio florestal**. Curitiba, 1999. 173p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1999.

BORTOLETTO JUNIOR, G.; KLOCK, U. Comparative study of gravimetric and Karl Fischer methods utilized on determination of moisture content of *Pinus elliottii* wood In: REUNIÓN: CONGRESO IBEROAMERICANO SOBRE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE PRODUCTOS FORESTALES,1., Concepción.Chile, 2000.. **Anais...** Concepción.Chile, 2000. 1 CD-ROM.

BOTOSSO, P.C. **Une methode de mesure du retrait microscopique du bois: Application à la prediction du retrait tangentiel d'éprouvettes de bois massif de 281 Sapin pectiné (*Abies alba* Mill.)**.1997. 247p. These (Docteur en Sciences du Bois) - Université Henri Poincaré - Nancy I, Nancy, 1997.

BRASIL, M.A.M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. , *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos 5 anos de idade em função do local e espaçamento. **IPEF**,Piracicaba, n.2/3, p.129-149, 1971.

BROWN, H.P.; PASHIN, A.J.; FORSAITH, C.C. **Textbook of wood technology - II**. New York: Mc Graw - Hill, 1952. 783p.

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

BURLEY, J. Tracheid length variation in a single tree of *Pinus kesiya* Royle ex Gord. **Wood Science Technology**, London, v.3. p.109-116, 1969.

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

CARPANEZZI, A.A. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Brasília: EMBRAPA – CNPF, 1986. 89 p.

CHIMELO, J.P. Anatomia da madeira. In: LEPAGE, ES. **Manual de preservação de madeiras**. 2.ed. São Paulo: IPT, v.1, p.41-67, 1989.

CHOONG, E.T.; FOGG, P. J.; FISCHER, M. P.; ZHOU, H. Cultural treatment and wood type effects on wood properties. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 21, n.2, p. 193-206, 1989.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS - COPANT. **Madeiras, descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira; angiospermas, dicotiledôneas**. Rio de Janeiro, 1974. 15p.

COWN, D.J. Wood density of radiata pine: its variation and manipulation. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v.19, p.84-94, 1974.

COWN, D.J. Radiata pine: wood age and wood property concepts. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v.10, n.3, p.504-507, 1980.

CRONQUIST, A.; TAKHTAJAN, A; ZIMMERMANN, W. On the higher taxa of embryobionta. **Taxon**, New York, v.15, p.129-134, 1996.

DADSWELL, H.E. **The growth characteristic and their influence in wood structure and properties**. 19p. 1957. (Div. of Build. Res.)

DADSWELL, H.E. Wood structure variation occurring during tree growth and their influence on properties. **Wood Science**, North Carolina , v.1, p. 11-32, 1958.

DESCH, H.E. **Timber: it's structure and properties**. London : Mc Millan, 1982. 350 p.

DINWOODIE, J. M. The relationship between fiber morphology and paper properties: A review of literature. **Tappi**, v.48, n.8, p.440-446, 1965.

DOP, P.; GAUTIE, A. **Mannuel de technique botanique: histology et microbie vegetales**. 10.ed. Paris; J. Lamarre, Editeur, 1928. 594 p.

DUFFIELD, J.W. Genetic improvement of wood quality. **Forest Product Journal**, Portland, v.11, n.5, p. 211-213, 1961.

DVORAK, W S.; DONAHUE, J K. *Pinus maximinoi* seed collections in Mexico and Central America. CAMCORE. **Bulletin on Tropical Forestry**. Raleigh. 1988. 47 p.

ELLIOTT, K.G. **Wood density in conifers**. Commonwealth Forestry Bureau, Oxford, England. Technical Communication CAB, v. 8, p. 1-44, 1970.

ESTEBAN, L.G.; CASASÚS, A.G.; ORAMAS, C.P.; PALACIOS, P. de P. **La Madeira y su anatomia:** anomalias y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de espécies y pared celular. Madrid: Fundación Conde Del Valle de Salazar – Mundi-Prensa, 2003. 327p.

ERICKSON, H.D.; HARRISON, AT. Douglas-fir wood quality studies Part 1 - Effects of age and stimulate growth on wood density and anatomy. **Wood Science and Technology**, London, v.8, p.225-265, 1974.

FARJON, A.; STYLES, B.T. *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotropica Monograph 75. New York, NY: The New York Botanical Garden, n.75, p.1-291, 1997.

FERREIRA, A.T.B. **Caracterização da estrutura anatômica do lenho, dos anéis de crescimento e dos canais de resina de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. PI.** 2009. 83 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

FERREIRA, A.T.B.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. por densitometria de raios X. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 83, p. 287-298, set. 2009.

FIELDING, J.M. **Pruning *Pinus radiata* in Australia with particular reference to the wood produce.** Melbourne, 1965. (Iufro Section 41)

FIELDING, J.M. The influence of silvicultural practies on wood properties. **International Review of Forestry Research**, New York, v.2, p.95-126, 1967.

FOELKEL, C.E.B. Celulose kraft de *Pinus* spp. **O Papel**, São Paulo, v.38, n.1, p.49-67, 1976.

FUJIWARA, S.; YANG, K.C. The relationship between cell length and ring and circumferential growth rate in five Canadian species. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.21, n. 3, p.335-346, 2000.

GATTO, D.A.; CALEGARI, L.; SANTINI, E.J.; STARNGERLIN, D.M.; TREVISAN, R.; OLIVEIRA, L.S. Propriedades da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. submetida a diferentes temperaturas de secagem. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 3, p. 220-226, 2008.

GOGGANS, J.F. **The interplay of environment and heredity as factores controlling wood properties in conifers with special emphasis on their effects on specific gravity.** Raleigh: North Carolina State University. 1961. p 4-36 (Technical Report, 11.)

GOLFARI, L.; CASER R.L.; MOURA, V.P.G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil; 2ª aproximação.** Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66p. (PRODEPEF. Série Técnica, 11)



GURFINKEL, G. **Wood engineering**. New Orleans: Southern Forest Products Association, 1973. 573 p.

GURGEL GARRIDO, L.M. do A; ROMANELLI, R.C.; GARRIDO, M.A. de O. Variabilidade genética de produção de resina, DAP e altura em *Pinus caribaea* Mor. var. bahamensis Barr et Golf. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, n.8, p. 89-98, 1996.

GUTH, E.B. Variation in wood characters, both within and between individuals of *Pinus elliottii*. IDIA: Suplemento **Forestal**, Buenos Aires, n.8, p. 8-17, 1974.

HALLOCK, H. **Observations on forms of juvenile core in Loblolly pine**. Madison: Research note FLP - 0188, USDA Forest Products Laboratory, 1968. p.165-187.

HASELEIN, C.R.; BERGER, R.; GOULART, M.; STHAL, M.; TREVISAN, R.; SANTINI, E. J.; LOPES, M. de C. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 147-152, 2002.

HASSEGAWA, M. **Qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. de procedência da África do Sul**. 2003. 107 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

HUGHES, J.F. The wood structure of *Pinus caribaea* Morelet in relation to use characteristics, growth conditions and tree improvement. In: BURLEY, J.; NIKKLES, DG. **Selection and breeding to improve some tropical conifers**. Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1973. p. 13-22.

IAWA COMMITTEE. List microscope features for softwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.25, n. 1, p.219-332, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS-**IBAMA**. Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae, II. Gimnospermae..Brasília: IBAMA, LPF, 1992. p 1-19. – (Série Técnica, 15)

ISVESSALO-PFAFFLI, Marja-SisKo. **Fiber Atlas**: identification of papermaking fibers. Birkhäuser: Springer Verlag, 1995. 400p.

IWAKIRI, S.A **Influência de variáveis de processamento sobre propriedades de chapas de partículas de diferentes espécies de Pinus**.1989. 130 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

JACKSON, L.W.R.; MORSE, WE. Tracheid length variation in single rings loblolly, slash shortleaf pine. **Journal of Forestry Georgia**, v. 63, p.110-112, 1965.

JACKSON, M.; MEGRAW, R. A. Impact of juvenile wood on pulp and paper products. In: A TECHNICAL WORKSHOP: JUVENILE WOOD-WHAT DOES IT MEAN TO FOREST MANAGEMENT AND FOREST PRODUCTS, 1985, Washington. **Proceedings** Madison: Forest Products Research Society, 1986. p. 75-81.

JANKOWSKY, I.P. Madeira juvenil: formação e aproveitamento industrial. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n.81, 18p, 1979.

JOHANSEN, D.A . **Plant microtechniques**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523p.

KEINERT JR., S. Atualidades e perspectivas da utilização da madeiras de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. para a produção de painéis no Brasil e no Exterior. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, 1., Belo Horizonte. **Anais...** Viçosa SIF/UFU, 1993. p. 227 – 239.

KELLINSON, R.C. Characteristics affecting quality of timber from plantations, their determination and scope for modification. In.: IUFRO, 17., **WORLD CONGRESS**.1981. Kioto. Division 5 Forest Products. 1981. p. 77-87.

KOCH, P. **Utilization of the southern pines**. Washington: Agriculture Handbook, (US Department of Agriculture), 2v. 1972. 420 p.

KOGA, M.E.T. Matérias-primas fibrosas. In: D'ALMEIDA, M. L. O. **Celulose e papel: tecnologia da fabricação do papel**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, v. 1, p. 15-44, 1988.

KOLLMANN, F.F.P. **Tecnologia de la madera y sus aplicaciones**. Madrid: Instituto Forestal de Investigaciones y Experiences y Servicio de la Madera. 1959.v.1. 674p.

KOLLMANN, F.F.P.; COTÊ JR., WA. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer, 1968. 2v. 674p.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira de *Pinus oocarpa* Shiede e *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr e Golf**. 1989. 143 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore**. 2000. 291p. Tese (Doutorado na área de Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KNIGGE, W.; SCHULTZ, H. Growndise der Forestbenutzung. **Verlag Paul Parey**, Hamburg and Berlin. 1966. 584p.

KREMPL, H. Gewicht das Fichtenholzes in Osterich. **Allgemeine Forstzeitung**, Holzrundschau, v.88, n.4, p. 76-81, 1977.

KRONKA, F. J. N; BERTOLANI, F.; PONCE, R.H. **A cultura do Pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura SBS, 2005. 160p.

LADRACH, W.E. Comparisons between provenances and sources of fourteen conifers in the Colombian Andes after five years. **Investigacion Forestal**, Carton de Colombia. n. 105, 8 p. 1985.(Research Report.)

LARA PALMA, H.A. **Determinação de parâmetros elásticos e de resistência a influência da madeira nas propriedades de compensados de *Pinus elliottii* Engelm. E *Pinus taeda* L.** 1994. 167p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

LARSON, P.R.; KRETSCHMANN, D. E.; CLAK III, A.; ISEBRANDS, J.G. **Formation and properties of juvenile wood in southern pines** – a synopsis. Madison: United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2001. 42 p. (Gen. Tech. Rep. FPL-GTR, 129).

LATORRACA, J.V. de ; ALBUQUERQUE, C.E.C de. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279 – 291, 2000.

LEWIN, M.; GOLDSTEIN, I.S. **Wood structure and composition**. Nova York: Marcel Dekker, 1991. 488 p.

LOUZADA, J.L.; FONSECA, F.M. **Influência do crescimento em diâmetro (DAP) e da qualidade do local na variação da densidade em *Pseudotsuga menziess* Mirb.** (Franco Vila Real., 1991. 27 p. ( Série Técnica – Científica U.T.A.D.10).

LUCAS FILHO, F.C. **Estudo da influência do teor de umidade e da massa específica aparente sobre a resistência das madeiras de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. E *Pinus taeda* L.** 1997. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

MARGARIDO, M.; PINTO, I.; ANJOS. O. Caracterização da variação da espessura dos anéis de crescimento em pinheiro bravo. In: **CONGRESSO FLORESTAL NACIONAL**, Lisboa. Actas das comunicações, Rui Silva e Fernando Páscoa Editores, 2005.

MATOS, J.L.M. **Estudos sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de *Pinus taeda* L.** 1997. 117p Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

McALISTER, R.H.; CLARK, A. Effect of geographic location and seed source on the bending properties of juvenile and mature loblolly pine. **Forest Products Journal**, Madison, v.4, n. 9, p. 39-42, 1991.

MATSUNAGA, D.K. **Avaliação da utilização de madeira comercial de *Pinus taeda* L. e da adequabilidade da Norma Européia Unificada (CEN), à construção de vigas laminadas coladas.** 1995. 155p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

MONTAGNA, R.G.; CARON NETO, M.; PETLA, R.M.; DA ROSA, S.R.N. Contribuição ao estudo da densidade básica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2., 1973. Curitiba. **Anais...** Curitiba: FIEP, 1974. p.252-254.

MORESCHI, J.C. **Levantamento da qualidade da madeira com plantações artificiais de *Pinus elliottii* nos estados do sul do Brasil.** 1975. 162p. Dissertação. (Mestrado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1975.

MORESCHI, J.C. **Qualidade da Madeira Juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore.** 2000. 291p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

MUÑIZ, G.I. **Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L.** 1993. 236p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

NICHOLLS, J.W.P. The effect of environmental factors on wood characteristics 2 - The effect of thinning and fertilizer treatment on the wood of *Pinus pinaster*. **Silvae Genetica**, Dordrecht, v. 20, n. 1, p. 67-73, 1971.

NOACK, D. Beziehung zwischen den Rohstoff-Eigenschaften und den Anforderungen der Verwendung. **Holz als Rohstoffwerkstoff**, Berlin, v.34, p.121-126, 1976.

NOACK, D.; SCHWAB, E. The significance of physical and technological wood properties for the end use of tropical woods. In: PROPERTIES, USES AND MARKETING OF TROPICAL TIMBER, 1973. Berlin. **Meeting papers...** Berlin: German Foundation for International Development- FAO, 1973. v.2, p.35-40.

NYLINDER, P. Wood quality and fibre products. In.: IUFRO MEETING, 1973. Pretoria. **Proceedings.** v.2 Pretoria, 1973. p.832-844.

OHTA, S. The observation of tree ring structure by soft x-ray densitometry (III). The influence of fertilization on ring structure of *Pinus pinaster*. **Moduzai Gakaishi**, Tokio, v. 27, p.157-162, 1981.

OLIVEIRA, F.L.; LIMA, I.L.; GARCIA, J.N.; FLORSHEIM, S.M.B. **Propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. em função da idade e posição radial na tora.** *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.18, n. único, p.59-70, dez. 2006.

OLIVEIRA, V.S.; TOMASELLI, I. Efeito da secagem a altas temperaturas em algumas propriedades físicas e mecânicas de madeira jovens de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. *Revista Floresta*, Santa Maria, v.2, n. 1, p. 17 – 25, 1981.

OTENG-AMOAKO, A.A.; BRINK, M. ***Pinus caribaea* Morelet.**[internet]Record from Protabase. Louppe, D.; OTENG-AMOAKO, A.A.; BRINK, M.(Ed.). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa). Disponível em:<http://database.porta.org/search.htm>. Acesso em: 2008.

PANSHIN, A J; De ZEEUW, C. **Textbook of wood technology.** New York: McGraw-Hill, v.1. 1970. 705p.

PARKER, H. **Simplified design of structural wood.** New York: J.WILEY, 1979. 269p.

PEREIRA, J.C.D. **Formação e controle da mancha marrom em madeira serrada de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*.** 1992. 92p Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

PERSON, R.G.; GILMORE, R.C. Effect of fast growth rate on the mechanical properties of loblolly pine. **Forest Products Journal**, Madison, v. 30, n. 5, p. 47-54, 1980.

PLUMPTRE, R.A. *Pinus caribaea*. v.2: Wood properties. **Tropical Forestry Papers**, Oxford, n. 17, p. 1- 148, 1984.

RISI, J.; ZELLER, E. Specific gravity of the wood of black spruce (*Picea mariana*, Mill.) grown on a *Hylocamium-cornus* site type. **Forest Research Foundation**. Laval University, n.6, p. 1-70, 1960.

SANIO, K. Verber die Grosse der Holzzellenbei der gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris*). **Jahrb. Wiss. Botany**, Berlin, v.8, p.401-420, 1872.

SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R.; GATTO, D.A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n.1, p.85-93, 2000.

SAVVA, Y.; SCHWEINGRUBER, F.; MILYUTIN, L.; VAGANOV, E. Genetic and environmental signals in tree rings from different provenances of *Pinus sylvestris* L. planted in the southern taiga, central Siberia. **Trees**, Berlin, v. 16, p. 313-324, 2002.

SCARAMUZZI, G. The relationship of fibre wall thickness, fibre diameter, and percentage of summerwood (latewood) to specific gravity. In.: IUFRO MEETING OF WORKING GROUPS ON WOOD QUALITY, SAWING AND MACHINING, WOOD AND TREE CHEMISTRY, 1965. Melbourne. **Proceedings**. Melbourne:CSIRO, 1965. 8p.

SCHILLING, A.C.; SCHNEIDER, P.R.; HASELEIN, C.R.; FINGER, C.A.G. Influência de diferentes intensidades de desrama sobre a porcentagem de lenho tardio e quantidade de nós da madeira de primeiro desbaste de *Pinus elliottii* Engelman. **Ciência Florestal**, Santa Maria: v. 18, n.1, p.115-127, 1998.

SERPA, P.N. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 723-733, 2003.

SIAU, J.F. **Transport processes in wood**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. 245p.

SIMIONI, A. **Verwendungsorientierte Technologische Prüfung und vergleichende sortierung des schnittholzes einer schnellwüchsigen Baumart dargestellt na Beispiel der “Plantagen – kiefer” *Pinus radiata* (D.Don.)** 1981. 148p. Inaugural-Dissertation (Doktor ) Frostwissenschaftlichen Fakultät der Albert Ludwig – Universität, Freiburg, 1981.

SJÖSTRÖM, E. **Wood chemistry**. Nova York: Academic Press, 1981. 223p.

SPURR, SH.; HSIUNG, W. Growth rate and specific gravity in conifers. **Journal Forestry**, Melborne, v.52, n.3, p. 191-192, 1954.

TATARANU, D. Influence of some environmental factors on the anatomical structure and density of the wood of *Pinus nigra* seedlings. **Revista Padurilor**, v. 88, n. 12, p. 648-655, 1973. Apud: Forestry Abstracts, Oxford, v. 35, n. 11, 1974.

TOMASELLI, I. Comparação da qualidade da madeira de *Araucaria angustifolia*, e *Pinus* spp produzida em reflorestamentos. In.: PESQUISAS EM RECURSOS FLORESTAIS DO ESTADO DO PARANÁ, 1980. Curitiba: FINEP/UFPR, 1981. ( Relatório final)

TOMASELLI, I.; CASTRO, N.S. Qualidade da madeira de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, e sua correlação com as propriedades do papel. In: PESQUISAS EM RECURSOS FLORESTAIS DO ESTADO DO PARANÁ Curitiba: FINEP/UFPR, 1980.p.286-291 ( Relatório final)

THOMAS, R.J. **Wood**: formation and morphology. In: LEWIN, M; GOLDSTEIN, I.S. **Wood structure and composition**. New York: Marcel Dekker, 1991. p.7-47.

TRENDELENBURG, R.; MAYER-WEGELIN, H. **Das holz als rohstoff**. Munchen: Carl Hanser Verlag, 1956. 541 p.

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

VAN BUIJTENEN, J.P. Controlling wood properties by forest management. **TAPPI**, Atlanta, v. 52, n.2, p. 257-259, 1969.

ZOBEL, B.; WEBB, C. ;HENSON, F. Core or juvenile wood of loblolly and slash pine trees. **TAPPI**, Atlanta, v. 42, n.5, p.345-356, 1959.

ZOBEL, B.; RHODES, R.R. Relationship of wood specific gravity in loblolly pine to growth and environmental factor. **Texas Forest Service**. Technical reprint. v.11, p.1- 32, 1965

ZOBEL, B.; BLAIR, R. Wood and pulp properties of juvenile wood and top wood of the southern pines. **Applied Polymer Symposium** ,n..28, p.421-433, 1976.

ZOBEL, B.J.; BUIJTENEN, L.P. van. **Wood variation: it's causes and control**. Berlin: Springer Verlag, 1989. 363p. (Spring Series in Wood Science)

WHEELER, E.A. **Softwood Anatomy**. Disponível em : <http://courses.ncsu.edu/classes/wps202002/Sftwdht.htm>. Capturado Acesso em: 15 jan. 2000.

WRIGHT, J.A.; WESSELS, A. Laboratory scale pulping of *Pinus pseudostrobus*, *P.maximinoi* and *P. patula*. **IPEF International**, Piracicaba, n.2, p.39-44, 1992.





## ANEXOS

Tabela 4 - Resumo da análise de variância efetuada GRUPO I

Causa de Variação	GL	Quadrado Médio			
		CT (mm)	DT ( $\mu$ m)	LUME ( $\mu$ m)	EPT ( $\mu$ m)
Lenho (L)	1	1705 <sup>n.s.</sup>	0,0065 <sup>**</sup>	6672 <sup>**</sup>	3215 <sup>**</sup>
Ano (A)	4	106462 <sup>**</sup>	0,0028 <sup>**</sup>	2918 <sup>**</sup>	1517 <sup>**</sup>
L x A	4	1736 <sup>n.s.</sup>	0,0017 <sup>*</sup>	1207 <sup>**</sup>	932 <sup>n.s.</sup>

Onde: \*\* significativo ao nível de 1% de significância; \* significativo ao nível de 5% de significância e n. s = não significativo

Tabela 5 - Resumo da análise de variância efetuada GRUPO II

Causa de Variação	GL	Quadrado Médio			
		CT (mm)	DT ( $\mu$ m)	LUME ( $\mu$ m)	EPT ( $\mu$ m)
Lenho (L)	1	3358 <sup>n.s.</sup>	0,0079 <sup>**</sup>	13017 <sup>**</sup>	3121 <sup>**</sup>
Ano (A)	4	204355 <sup>**</sup>	0,0016 <sup>**</sup>	2572 <sup>**</sup>	1619 <sup>**</sup>
L x A	4	4432 <sup>n.s.</sup>	0,0007 <sup>**</sup>	6,83 <sup>**</sup>	872 <sup>n.s.</sup>

Onde: \*\* significativo ao nível de 1% de significância; \* significativo ao nível de 5% de significância e n. s = não significativo

Tabela 6 - Resumo da análise de variância efetuada 16-16

Causa de Variação	GL	Quadrado Médio			
		CT (mm)	DT ( $\mu$ m)	LUME ( $\mu$ m)	EPT ( $\mu$ m)
Lenho (L)	1	7622 <sup>n.s.</sup>	0,35 <sup>n.s.</sup>	13,49 <sup>n.s.</sup>	1,65 <sup>n.s.</sup>
Ano (A)	4	2918 <sup>n.s.</sup>	0,38 <sup>n.s.</sup>	18,76 <sup>n.s.</sup>	2,44 <sup>*</sup>
L x A	4	4487 <sup>n.s.</sup>	0,45 <sup>n.s.</sup>	5,91 <sup>n.s.</sup>	0,73 <sup>n.s.</sup>

Onde: \*\* significativo ao nível de 1% de significância; \* significativo ao nível de 5% de significância e n. s = não significativo

Tabela 7 - Resumo da análise de variância efetuada 16-40

Causa de Variação	GL	Quadrado Médio			
		CT (mm)	DT ( $\mu$ m)	LUME ( $\mu$ m)	EPT ( $\mu$ m)
Lenho (L)	1	53701 <sup>*</sup>	0,48 <sup>n.s.</sup>	1,22 <sup>n.s.</sup>	1,04 <sup>n.s.</sup>
Ano (A)	4	656 <sup>n.s.</sup>	0,29 <sup>n.s.</sup>	25,27 <sup>*</sup>	1,64 <sup>*</sup>
L x A	4	21 <sup>n.s.</sup>	0,32 <sup>n.s.</sup>	12,43 <sup>n.s.</sup>	1,23 <sup>n.s.</sup>

Onde: \*\* significativo ao nível de 1% de significância; \* significativo ao nível de 5% de significância e n. s = não significativo

Tabela 8 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 1

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
1A1T1P	0,687	92,8	7,2	4520,018418	47,12578688
1A1T3P	0,458	86,4	13,6	2718,369935	32,84032719
1A1T5P	0,391	61,2	38,8	12618,67482	73,54801773
1A1T1A	0,378	91,7	8,3	4053,968987	33,76175777
1A1T3A	0,442	92,1	7,9	7686,049182	39,2656086
1A1T5A	0,591	73,0	27,0	15532,50235	69,99220616
1A1T1AT	0,395	100,0	0,0	8150,671813	43,52507652
1A1T3AT	0,565	78,7	21,3	13354,31061	56,07128908
1A1T5AT	0,483	85,4	14,6	12074,08131	46,14327505
1A2T1P	0,373	96,3	3,7	5876,727712	34,34814754

1A2T3P	0,558	69,4	30,6	15176,06066	68,87395242
1A2T5P	0,619	62,6	37,4	14503,59995	57,5276862
1A2T1A	0,373	96,5	3,5	6282,654442	50,2457006
1A2T3A	0,451	87,8	12,2	9440,708853	53,99443904
1A2T5A	0,605	75,7	24,3	14598,27557	67,81744485
1A3T1P	0,549	77,2	22,8	11525,93536	71,34337875
1A3T3P	0,413	94,5	5,5	5323,21568	49,28212473
1A3T5P	0,504	76,7	23,3	11678,71568	47,33407797
1A3T1A	0,579	75,0	25,0	8533,065872	51,79423256
1A3T3A	0,382	95,4	4,6	4263,463848	36,40992797
1A3T5A	0,491	76,0	24,0	10184,94807	52,22041125

Tabela 9 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 2

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
2A1T1P	0,379	91,0	9,0	6123,8	33,05838781
2A1T3P	0,400	86,0	14,0	6887,312697	37,09676947
2A1T5P	0,585	60,9	39,1	8041,127644	41,30387069
2A1T1A	0,383	89,5	10,5	7953,63629	37,13904579
2A1T3A	0,386	84,5	15,5	9387,342704	52,4954285
2A1T5A	0,483	53,8	46,2		
2A2T1P	0,355	90,3	9,7	7028,883125	36,9606602
2A2T3P	0,478	61,2	38,8	11993,1673	67,96682511
2A2T5P	0,394	79,7	20,3	7427,781592	41,91072376
2A2T1A	0,359	87,6	12,4	4611,376118	44,35168342
2A2T3A	0,445	61,4	38,6	9067,136898	43,92522658
2A2T5A	0,352	90,3	9,7	5884,756246	34,8346638
2A3T1P	0,382	90,3	9,7	6680,518508	40,7954573
2A3T3P	0,387	87,7	12,3	6820,280899	49,48083954
2A3T5P	0,480	53,3	46,7	9130,674364	59,2357293
2A3T1A	0,413	88,7	11,3	6150,109206	28,41474638
2A3T3A	0,423	83,5	16,5	9421,751052	40,69346866
2A3T5A	0,475	75,6	24,4	9613,547182	46,42578561

Tabela 10 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 3

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
3A1T1P	0,452	83,5	16,5	8182,692408	38,78749627
3A1T3P	0,457	83,9	16,1	7134,021715	65,68068626

3A1T5P	0,754	42,7	57,3	21286,51699	99,76567203
3A1T1A	0,463	73,0	27,0	10945,42737	49,20845984
3A1T3A	0,487	80,2	19,8	11370,10275	55,13579263
3A1T5A	0,841	38,3	61,7	20473,3124	92,38971213
3A2T1P	0,943	100,0	0,0	3786,8	22,87153767
3A2T3P	0,469	80,7	19,3	10736,21879	60,1932973
3A2T5P	0,515	63,1	36,9	12267,80018	60,39718655
3A2T1A	0,540	55,4	44,6	12993,57113	49,61696298
3A2T3A	0,544	63,9	36,1	12441,64882	56,69368699
3A2T5A	0,739	48,3	51,7	16993,85617	81,48945532
3A3T1P	0,420	88,1	11,9	7747,285811	45,94649386
3A3T3P	0,459	71,4	28,6	10243,47597	60,67876645
3A3T5P	0,501	72,7	27,3	12714,71412	59,79081309
3A3T1A	0,553	71,6	28,4	18954,70309	66,33095789
3A3T3A	0,526	69,8	30,2	9686,790318	55,40875544
3A3T5A	0,549	71,1	28,9	16831,25952	65,21181129

Tabela 11 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 4

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
4A1T1P	0,378	94,8	5,2	2394,5	19,37032439
4A1T3P	0,394	88,5	11,5	2898,3	30,58815535
4A1T5P	0,554	77,0	23,0	8399,618659	54,69704627
4A1T1A	0,378	89,7	10,3	6103,488593	34,80721126
4A1T3A	0,394	82,2	17,8	4928,212473	32,93277985
4A1T5A	0,554	75,6	24,4	8319,774375	49,72458752
4A1T1AT	0,378	54,7	45,3	6238,713928	50,64631158
4A1T3AT	0,394	77,2	22,8	6431,454149	42,41111898
4A1T5AT	0,554	70,8	29,2	10445,25163	64,56933039
4A2T1P	0,378	95,1	4,9	4543,310524	27,26260617
4A2T3P	0,394	71,0	29,0	10627,48123	50,47045633
4A2T5P	0,554	70,2	29,8	14582,55988	60,44197649
4A2T1A	0,378	70,7	29,3	9305,351967	49,47963881
4A2T3A	0,394	66,6	33,4	10593,44502	55,3444604
4A2T5A	0,554	68,9	31,1	11862,88306	48,5429175
4A3T1P	0,378	100,0	0,0	2900,412115	33,49713373
4A3T3P	0,394	96,0	4,0	6156,848822	30,244908
4A3T5P	0,554	50,7	49,3	8283,481424	44,70240418
4A3T1A	0,378	100,0	0,0	5816,604635	28,84308824
4A3T3A	0,394	85,5	14,5	6379,482611	31,34589397

4A3T5A	0,554	63,6	36,4	12594,4297	58,40803542
--------	-------	------	------	------------	-------------

Tabela 12 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 5

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
5A1T1P	0,471	87,1	12,9	4510,878565	25,74245625
5A1T2P	0,522	89,5	10,5	4716,902658	43,11901731
5A1T3P	0,648	70,3	29,7	9940,140655	64,48723561
5A1T4P	0,863	43,8	56,2	6207,554175	50,26649787
5A1T5P	0,654	64,2	35,8	19431,60951	87,22715807
5A1T1A	0,498	77,2	22,8	6801,987276	40,79843717
5A1T2A	0,435	72,6	27,4	5660,275213	43,7437955
5A1T3A	0,500	79,9	20,1	8626,634265	51,00443593
5A1T4A	0,728	45,2	54,8	14251,32535	66,93542314
5A1T5A	0,714	58,4	41,6	20530,51918	79,308754
5A1T1AT	0,468	86,1	13,9	5251,956433	44,42121163
5A1T3AT	0,497	80,4	19,6	10060,73752	62,09235678
5A1T5AT	0,697	59,2	40,8	16619,62875	78,25417355
5A2T1P	0,504	77,2	22,8	9265,974024	47,59470019
5A2T3P	0,525	81,3	18,7	11887,23312	54,25793188
5A2T5P	0,722	57,9	42,1	18419,06534	75,70381064
5A2T1A	0,564	75,8	24,2	12155,14454	50,93677895
5A2T3A	0,654	61,1	38,9	16507,39898	72,80575425
5A2T5A	0,696	56,0	44,0	18339,72027	77,81733481
5A3T1P	0,542	75,6	24,4	11884,37816	54,61489196
5A3T3P	0,623	66,5	33,5	15284,42287	76,76387814
5A3T5P	0,726	59,5	40,5	16683,89891	77,43018389
5A3T1A	0,743	58,4	41,6	17866,92465	79,04064766
5A3T3A	0,793	71,4	28,6	15921,43715	74,97802791
5A3T5A	0,793	44,6	55,4		
5A4T1P	0,533	83,5	16,5	9831,22807	50,013915
5A4T3P	0,649	75,7	24,3	12092,32012	64,25284525
5A4T5P	0,667	70,1	29,9	14655,10993	84,89338806
5A4T1A	0,622	77,1	22,9	14894,28028	66,78847949
5A4T3A	0,709	64,5	35,5	12456,8885	78,64544442
5A4T5A	0,701	60,4	39,6	17023,80455	75,00445162

Tabela 13 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 6

<b>Bloco</b>	<b>Dens Ap.</b>	<b>% LI</b>	<b>%LT</b>	<b>MOR</b>	<b>MOE</b>
6A1T1P	0,412	100,0	0,0	4504,7215	38,21709191
6A1T2P	0,435	91,0	9,0	6414,024983	34,65635142
6A1T3P	0,437	87,7	12,3	4762,421117	31,46910075
6A1T4P	0,480	88,6	11,4	5937,819314	38,68534744
6A1T5P	0,690	59,9	40,1	16283,71042	83,11761335
6A1T1A	0,408	92,1	7,9	7415,041201	43,60893712
6A1T2A	0,417	100,0	0,0	6697,05303	45,69091218
6A1T3A	0,430	95,1	4,9	8061,777074	44,04177751
6A1T4A	0,677	62,2	37,8	15439,653	64,4018806
6A1T5A	0,687	68,1	31,9	18728,76219	98,96167907
6A1T1AT	0,407	89,2	10,8	7156,819665	39,26273123
6A1T2AT	0,531	86,3	13,7	6587,286906	37,83776828
6A1T3AT	0,574	73,3	26,7	11834,28754	63,83036374
6A1T4AT	0,690	66,2	33,8	15249,21308	73,1333198
6A1T5AT	0,736	52,4	47,6	20682,5899	113,7668017
6A2T1P	0,429	85,7	14,3	11476,80332	70,63526027
6A2T2P	0,438	89,7	10,3	7317,078047	45,47141706
6A2T3P	0,458	86,7	13,3	10222,88686	49,02844329
6A2T4P	0,613	81,4	18,6	10617,02402	60,79074572
6A2T5P	0,612	77,7	22,3	11508,38611	52,49415462
6A2T1A	0,559	81,8	18,2	14830,00857	66,33095789
6A2T3A	0,564	83,6	16,4	12754,7545	58,54862789
6A2T5A	0,721	59,1	40,9	12846,25788	45,01567702
6A3TIP	0,452	87,4	12,6	9925,802347	52,11235236
6A3T3P	0,535	78,5	21,5	11092,41371	40,59547957
6A3T5P	0,565	74,4	25,6	15881,53716	79,79305132
6A3TIA	0,577	70,5	29,5	11476,80332	70,63526027
6A3T3A	0,557	70,4	29,6	14571,96682	72,4575681
6A3T5A	0,672	60,8	39,2	18608,47614	81,7878185

Tabela 14 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 7

<b>Bloco</b>	<b>Dens Ap.</b>	<b>% LI</b>	<b>%LT</b>	<b>MOR</b>	<b>MOE</b>
7A1T1P	0,429	100,0	0,0	3324,283418	43,04516531
7A1T2P	0,477	91,8	8,2	3064,345835	33,16547894
7A1T3P	0,548	93,5	6,5	4452,867153	50,2457006
7A1T4P	0,612	66,2	33,8	7919,690005	55,4409903
7A1T5P	0,759	50,3	49,7	10896,01144	73,91764272

7A1T1A	0,496	81,8	18,2	10323,56945	44,79854894
7A1T2A	0,457	90,8	9,2	9039,806135	45,6875418
7A1T3A	0,528	85,3	14,7	8341,800676	29,12440126
7A1T4A	0,736	68,5	31,5	16211,44681	82,28643722
7A1T5A	0,708	77,0	23,0	13600,72422	81,69239584
7A2T1P	0,409	100,0	0,0	7867,815956	51,65419837
7A2T2P	0,425	89,1	10,9	7206,400529	51,44868103
7A2T3P	0,482	91,2	8,8	8000,763403	40,45243125
7A2T4P	0,514	84,5	15,5	12685,7037	50,72029767
7A2T5P	0,624	71,4	28,6	10505,78132	70,65863886
7A2T1A	0,505	86,6	13,4	8453,694675	48,30624107
7A2T2A	0,454	98,4	1,6	8079,314291	50,43617482
7A2T3A	0,691	61,5	38,5	11163,93372	63,76265993
7A2T4A	0,503	84,6	15,4	12007,45922	74,61161987
7A2T5A	0,612	52,4	47,6	12590,25866	50,22059031
7A3T1P	0,445	87,8	12,2	6011,714022	46,84354018
7A3T2P	0,478	91,0	9,0	7554,376706	48,54657063
7A3T3P	0,531	88,4	11,6	6707,262448	54,34317608
7A3T4P	0,559	78,3	21,7	10894,42115	70,30710334
7A3T5P	0,485	86,3	13,7	11837,3009	69,6336254
7A3T1A	0,611	83,2	16,8	9995,147778	47,30846231
7A3T3A	0,595	73,9	26,1	8768,242565	40,37536567
7A3T5A	0,589	71,8	28,2	11908,58107	36,23831193
7A4T1P	0,501	80,8	19,2	7064,219192	43,39442625
7A4T3P	0,490	90,5	9,5	8146,563016	49,27114631
7A4T5P	0,653	44,5	55,5	12281,98737	78,74838262
7A4T1A	0,513	87,6	12,4	8918,514589	52,95591
7A4T3A	0,552	85,7	14,3	9111,869919	68,64655
7A4T5A	0,575	44,5	55,5	12316,04396	50,013915

Tabela 15 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 8

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
8A1T1P	0,332	97,2	2,8	934,8	19,17995381
8A1T2P	0,342	100,0	0,0	2377	28,62175877
8A1T3P	0,393	99,2	0,8	3762,075008	29,9824493
8A1T4P	0,548	81,6	18,4	8122,062777	47,57076016
8A1T5P	0,571	69,3	30,7	8039,800805	43,61357903
8A1T1A	0,328	94,2	5,8	1718,8	19,98829954
8A1T2A	0,338	95,9	4,1	945,3	20,79380105

8A1T3A	0,440	91,3	8,7	3038,8	21,41603522
8A1T4A	0,400	94,7	5,3	7510,1	25,19719422
8A1T5A	0,572	71,0	29,0	10584,83924	62,62662624
8A1T1AT	0,342	100,0	0,0	2924,189823	20,18818253
8A1T2AT	0,353	96,8	3,2	4526,506783	24,51422164
8A1T3AT	0,357	89,2	10,8	3916,668148	30,09664865
8A1T4AT	0,444	78,3	21,7	7543,69414	42,41630623
8A1T5AT	0,531	80,5	19,5	11898,86754	62,51739375
8A2T1P	0,350	91,5	8,5	3370,001888	36,40992797
8A2T2P	0,357	76,8	23,2	4772,777793	27,8428861
8A2T3P	0,364	76,1	23,9	4457,660264	31,88132997
8A2T4P	0,434	79,5	20,5	8587,369331	49,72580617
8A2T5P	0,553	44,6	55,4	11337,26125	49,51872772
8A2T1A	0,404	74,7	25,3	7208,713584	33,72287802
8A2T2A	0,460	63,9	36,1	8148,589599	50,93677895
8A2T3A	0,424	70,3	29,7	8005,884778	41,40736907
8A2T4A	0,489	49,7	50,3	10289,68931	55,06775176
8A2T5A	0,538	60,6	39,4	11382,77748	66,27433659
8A3T1P	0,368	73,3	26,7	5202,547683	33,43157141
8A3T2P	0,357	72,0	28,0	5254,477243	40,29056303
8A3T3P	0,399	61,2	38,8	6187,036707	38,49571339
8A3T4P	0,437	62,0	38,0	6612,13747	47,04205203
8A3T5P	0,507	53,5	46,5	8076,113796	60,86886207
8A3T1A	0,390	82,5	17,5	5817,739805	34,60831291
8A3T2A	0,419	68,4	31,6	6948,670141	41,2053819
8A3T3A	0,440	65,7	34,3	7140,65101	37,30580994
8A3T4A	0,432	69,9	30,1	6716,317868	35,86103459
8A3T5A	0,474	72,0	28,0	7872,127217	44,20238793
8A4T1P	0,403	76,1	23,9	5340,08703	46,88318251
8A4T2P	0,433	72,7	27,3	5450,389698	37,68072414
8A4T3P	0,405	79,3	20,7	6044,613536	41,9963428
8A4T4P	0,441	72,1	27,9	6296,518991	41,09737158
8A4T5P	0,504	66,1	33,9	5229,283683	35,30394
8A4T1A	0,430	68,6	31,4	3216,409021	34,46512772
8A4T2A	0,459	66,6	33,4	5967,291913	53,96256389
8A4T3A	0,446	71,7	28,3	1669,490972	28,37241433
8A4T4A	0,500	67,3	32,7	5220,285886	36,40992797
8A4T5A	0,467	72,6	27,4	7266,218528	46,40483268
8A5T1P	0,446	76,9	23,1	4285,467628	20,08774381
8A5T2P	0,516	82,7	17,3	5240,198977	39,06931876
8A5T3P	0,522	80,2	19,8	4686,713892	42,13515263



8A5T4P	0,581	87,6	12,4	5265,853943	44,97367396
8A5T5P	0,620	72,1	27,9	5243,029628	44,129925
8A5T1A	0,442	87,8	12,2	4874,231983	43,82482294
8A5T2A	0,550	76,7	23,3	5305,581959	45,71904698
8A5T3A	0,512	91,3	8,7	4677,497748	29,8354837
8A5T4A	0,585	93,2	6,8	6296,312675	41,6527315
8A5T5A	0,542	82,7	17,3	8495,501835	55,25571561

Tabela 16 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 9

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
9A1T1P	0,343	96,8	3,2	3429,832944	31,03706743
9A1T2P	0,488	80,9	19,1	10119,26898	50,64263665
9A1T3P	0,571	76,5	23,5	12933,07775	56,07128908
9A1T4P	0,435	80,7	19,3	3511,875292	30,43731733
9A1T5P	0,533	73,6	26,4	9457,775665	41,40433475
9A1T1A	0,344	96,7	3,3	5416,844955	35,34359007
9A1T2A	0,344	81,1	18,9	4115,8	23,55799413
9A1T3A	0,462	74,0	26,0	10591,18885	49,90512253
9A1T4A	0,589	73,0	27,0	13914,34132	55,68579922
9A1T5A	0,616	61,1	38,9	14782,7418	64,24810565
9A1T1AT	0,349	94,0	6,0	5979,939866	32,03858927
9A1T2AT	0,478	74,2	25,8	9548,280526	49,72580617
9A1T3AT	0,461	81,0	19,0	8725,181224	35,17104971
9A1T4AT	0,539	68,2	31,8	12890,13644	67,48336877
9A1T5AT	0,651	62,8	37,2	14869,15637	49,50805497
9A2T1P	0,433	100,0	0,0	3882,513819	23,65482253
9A2T2P	0,381	73,1	26,9	4268,654832	28,82592994
9A2T3P	0,542	70,9	29,1	3905,718321	26,54516916
9A2T4P	0,366	85,4	14,6	5670,480566	27,56722734
9A2T5P	0,539	75,1	24,9	12496,58934	55,96008634
9A2T1A	0,366	84,9	15,1	4763,817252	30,54510376
9A2T2A	0,423	83,7	16,3	8824,9981	42,0253895
9A2T3A	0,347	83,4	16,6	5500,132869	31,03632163
9A2T4A	0,543	71,8	28,2	11994,17914	61,39263429
9A2T5A	0,551	74,0	26,0	12205,80212	56,35164552
9A3T1P	0,379	79,9	20,1	5304,349384	37,42615255
9A3T2P	0,529	75,9	24,1	11143,88088	77,57499254
9A3T3P	0,466	85,9	14,1	7748,53667	62,51091002
9A3T4P	0,521	77,2	22,8	12780,74274	87,67365741

9A3T5P	0,543	73,6	26,4	12991,60162	85,95250128
9A3T1A	0,399	91,9	8,1	7825,002959	41,29540163
9A3T2A	0,442	68,7	31,3	5366,510334	38,21334551
9A3T3A	0,481	78,1	21,9	8346,716582	56,23850848
9A3T4A	0,527	77,5	22,5	11306,75442	60,79074572
9A3T5A	0,511	78,3	21,7	9886,176654	61,39263429
9A4T1P	0,450	71,1	28,9	7185,587903	41,58461395
9A4T2P	0,525	65,2	34,8	10448,82895	64,64354801
9A4T3P	0,457	79,4	20,6	7296,586805	52,8262202
9A4T4P	0,560	55,3	44,7	12142,15828	73,89420045
9A4T5P	0,503	68,0	32,0	9632,494499	49,51872772
9A4T1A	0,488	80,4	19,6	9634,654287	60,26470837
9A4T2A	0,491	78,3	21,7	10087,78899	36,0292926
9A4T3A	0,486	51,3	48,7	7450,385634	46,17396287
9A4T4A	2,257	51,6	48,4	6686,827189	47,07192
9A4T5A	0,534	64,5	35,5	9742,265665	64,02518735
9A5T1P	0,447	79,5	20,5	6448,760014	49,50194011
9A5T2P	0,462	74,7	25,3	6209,437048	35,32844496
9A5T3P	0,437	83,4	16,6	9062,677194	55,0241168
9A5T4P	0,456	81,5	18,5	8305,307096	47,36023213
9A5T5P	0,546	79,0	21,0	11199,60029	64,72389
9A5T1A	0,424	84,9	15,1	8578,209124	54,79649544
9A5T3A	0,452	83,5	16,5	7834,815794	36,55388992
9A5T5A	0,482	69,6	30,4	5675,588698	34,13061479

Tabela 17 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 10

Bloco	Dens Ap.	LI%	LT%	MOR	MOE
10A1T1P	0,611	100,0	0,0	5287,9	23,53596
10A1T2P	0,615	83,8	16,2	14110,69028	59,87626952
10A1T3P	0,699	64,5	35,5	16776,53966	68,40138375
10A1T4P	0,756	60,8	39,2	15164,92268	62,51739375
10A1T5P	0,811	48,7	51,3	21231,9725	77,57499254
10A1T1A	0,548	91,1	8,9	8032,6	43,69191357
10A1T2A	0,816	53,6	46,4	19469,2544	78,25417355
10A1T3A	0,831	41,1	58,9	19711,8593	109,5893138
10A1T4A	0,823	38,3	61,7	16256,74991	77,86677665
10A1T5A	0,807	49,0	51,0	21936,57965	83,42970896
10A1T1AT	0,522	81,8	18,2	7565,9	31,10148725
10A1T2AT	0,726	93,9	6,1	7768,32546	45,19742358

10A1T3AT	0,671	60,7	39,3	21740,27246	100,2927514
10A1T4AT	0,798	55,4	44,6	19044,68138	76,1575332
10A1T5AT	0,816	51,4	48,6	22440,57159	89,57063985
10A2T1P	0,578	80,1	19,9	13154,0048	60,26323144
10A2T2P	0,483	83,2	16,8	9268,7	43,76258473
10A2T3P	0,699	44,4	55,6	11683,76004	77,91724586
10A2T4P	0,822	48,0	52,0	23584,56554	103,1013802
10A2T5P	0,759	51,8	48,2	19114,94605	85,317855
10A2T1A	0,760	82,8	17,2	13310,1054	53,98669502
10A2T2A	0,825	87,1	12,9	12475,5536	57,6805491
10A2T3A	0,813	47,1	52,9	20070,52324	80,4279006
10A2T4A	0,490	50,6	49,4	11388,20481	65,05076195
10A2T5A	0,520	42,9	57,1	15266,83272	89,85403448
10A3T1P	0,473	87,7	12,3	8932,8	33,22610655
10A3T2P	0,694	50,3	49,7	15716,83472	58,10440125
10A3T3P	0,722	54,6	45,4	15401,35848	73,18395522
10A3T4P	0,757	50,9	49,1	19933,47759	79,63550749
10A3T5P	0,772	46,9	53,1	21555,82639	90,74810448
10A3T1A	0,455	96,9	3,1	8316,5	28,5424561
10A3T2A	0,692	67,4	32,6	16964,0569	64,95789597
10A3T3A	0,706	58,8	41,2	15318,61646	67,665885
10A3T4A	0,739	59,6	40,4	19412,14598	83,01463578
10A3T5A	0,754	56,8	43,2	21343,6611	83,8468575
10A4T1P	0,616	81,6	18,4	13355,25961	57,94692306
10A4T2P	0,687	62,1	37,9	12753,35308	60,48260762
10A4T3P	0,771	63,1	36,9	16664,4011	73,18210719
10A4T4P	0,692	59,6	40,4	13359,85853	58,10440125
10A4T5P	0,771	51,8	48,2	20610,04853	93,8800769
10A4T1A	0,596	86,0	14,0	8139,340095	48,06229455
10A4T2A	0,630	75,1	24,9	13521,46973	69,6336254
10A4T3A	0,752	56,0	44,0	15997,0866	67,6709434
10A4T4A	0,720	61,6	38,4	18088,87379	78,25417355
10A4T5A	0,742	57,6	42,4	19302,02045	87,08890672
10A5T1P	0,581	81,5	18,5	11306,3	48,55018771
10A5T2P	0,620	78,2	21,8	11838,60432	45,914843
10A5T3P	0,757	59,3	40,7	18196,92265	86,05978672
10A5T4P	0,682	61,6	38,4	16573,86106	71,72027612
10A5T5P	0,736	57,1	42,9	19354,92153	81,87705196
10A5T1A	0,551	86,8	13,2	12116,2903	45,8776448
10A5T2A	0,658	67,5	32,5	9528,880659	47,30964505
10A5T3A	0,723	53,0	47,0	17219,92971	65,67584133

10A5T4A	0,695	57,1	42,9	14235,14398	62,62662624
10A5T5A	0,744	53,4	46,6	18221,72448	78,3912709
10A6T1P	0,645	84,0	16,0	5313,879672	47,34968184
10A6T2P	0,641	68,3	31,7	10280,47051	64,56774797
10A6T3P	0,497	69,2	30,8	15907,16341	92,86365875
10A6T4P	0,687	68,7	31,3	14876,45179	87,68014655
10A6T5P	0,687	55,8	44,2	19091,82056	95,39637252
10A6T1A	0,620	72,5	27,5	9780,273824	80,50235075
10A6T2A	0,564	77,5	22,5	7576,130746	62,31350857
10A6T3A	0,659	64,8	35,2	9830,024057	78,97874923
10A6T4A	0,588	56,5	43,5	12149,0608	78,25417355
10A6T5A	0,687	64,7	35,3	14151,62199	86,65562857
10A7T1P	0,643	100,0	0,0	10039,65749	56,46110452
10A7T2P	0,490	79,2	20,8	7412,5	32,76893517
10A7T3P	0,576	79,0	21,0	13414,82879	61,58893289
10A7T4P	0,645	61,5	38,5	9734,7	42,6589275
10A7T5P	0,656	58,4	41,6	15557,91683	66,26770916
10A7T1A	0,587	73,4	26,6	8300,4	39,06931876
10A7T2A	0,597	66,2	33,8	6868,500719	40,55066488
10A7T3A	0,590	77,2	22,8	8987,5	41,61134625
10A7T4A	0,616	41,5	58,5	9429,3	53,54403771
10A7T5A	0,614	64,1	35,9	13215,61889	65,61802574

Tabela 18 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 11

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
11A1T1P	0,505	100,0	0,0	4897,214687	36,22878405
11A1T2P	0,629	71,7	28,3	17864,20295	89,89202167
11A1T3P	0,806	46,5	53,5	18835,22185	81,96807905
11A1T4P	0,883	30,3	69,7	20473,76779	110,6783198
11A1T5P	0,912	33,8	66,2	22240,92645	107,0478379
11A1T1A	0,518	90,4	9,6	5785,237457	46,83890232
11A1T2A	0,628	81,6	18,4	10105,14468	66,77301752
11A1T3A	0,836	44,5	55,5	20636,01651	102,165171
11A1T4A	0,880	35,6	64,4	17768,07996	83,53109205
11A1T5A	0,940	31,6	68,4	23621,58826	106,6473188
11A1T1AT	0,860	83,5	16,5	7140,534343	39,85166246
11A1T2AT	0,677	62,7	37,3	18871,04503	97,54557365
11A1T3AT	0,810	53,1	46,9	18712,86873	75,6755733
11A1T4AT	0,755	45,2	54,8	20894,85085	95,6148375

11A1T5AT	0,527	40,7	59,3	23029,808	100,7234741
11A2T1P	0,525	93,3	6,7	7735,828734	40,29056303
11A2T2P	0,514	83,5	16,5	15997,03844	74,26367145
11A2T3P	0,804	37,3	62,7	18881,09128	75,39786181
11A2T4P	0,733	46,2	53,8	14978,29417	75,70568449
11A2T5P	0,830	45,8	54,2	23586,08042	100,02783
11A2T1A	0,509	78,2	21,8	8875,193868	50,72029767
11A2T2A	0,732	58,0	42,0	17881,96046	81,2341903
11A2T3A	0,752	48,1	51,9	19678,00558	85,07666338
11A2T4A	0,840	41,6	58,4	23922,73363	103,8223689
11A2T5A	0,832	37,6	62,4	22889,04642	107,066336
11A3T1P	0,603	80,2	19,8	7839,628675	45,46359421
11A3T2P	0,686	58,3	41,7	16286,56353	86,37800871
11A3T3P	0,813	45,7	54,3	22466,55212	106,6473188
11A3T4P	0,717	60,2	39,8	2379,8	18,29644622
11A3T5P	0,847	44,4	55,6	13491,85173	98,54229262
11A3T1A	0,546	89,3	10,7	6618,806807	49,94291446
11A3T2A	0,543	75,0	25,0	9735,954798	64,4018806
11A3T3A	0,744	41,1	58,9	8582,097499	50,51783036
11A3T4A	0,802	44,6	55,4	16194,1685	88,68160674
11A3T5A	0,822	46,4	53,6	21572,7493	103,5596648
11A4T1P	0,545	84,4	15,6	8665,401189	45,37405224
11A4T2P	0,574	85,6	14,4	8661,418057	47,80741875
11A4T3P	0,663	64,4	35,6	16202,73934	84,58867925
11A4T4P	0,785	47,2	52,8	21532,10268	101,77857
11A4T5P	0,761	45,1	54,9	17134,1917	79,83502603
11A4T1A	0,577	87,7	12,3	9080,096361	37,32381716
11A4T2A	0,592	81,0	19,0	13747,64019	64,72389
11A4T3A	0,696	59,6	40,4	17296,162	77,61544598
11A4T4A	0,720	52,6	47,4	20140,21437	86,65562857
11A4T5A	0,772	44,0	56,0	21549,45081	104,653056
11A5T1P	0,632	74,5	25,5	13683,90656	55,06775176
11A5T2P	0,605	79,0	21,0	11227,8472	51,51833128
11A5T3P	0,604	73,6	26,4	14918,69276	86,09033062
11A5T4P	0,778	45,1	54,9	16434,2917	75,75637125
11A5T5P	0,760	53,3	46,7	20401,93024	97,33466045
11A5T1A	0,651	78,4	21,6	12084,06183	40,17548762
11A5T2A	0,639	65,5	34,5	13306,03303	63,53423781
11A5T3A	0,721	51,0	49,0	18345,45881	85,37500352
11A5T4A	0,712	59,9	40,1	15527,48823	80,10184154
11A5T5A	0,721	52,9	47,1	19584,95807	77,61738641

11A6T1P	0,519	92,6	7,4	12508,56417	55,24264934
11A6T2P	0,706	54,7	45,3	11916,9	52,69244776
11A6T3P	0,672	72,9	27,1	14917,83235	73,91579478
11A6T4P	0,769	54,4	45,6	15235,90125	79,78040436
11A6T5P	0,727	71,8	28,2	19747,83076	94,44951613
11A6T1A	0,582	78,3	21,7	5219,079297	50,013915
11A6T2A	0,720	65,2	34,8	13728,38691	67,67097724
11A6T3A	0,720	55,7	44,3	18023,64459	82,05061432
11A6T4A	0,783	54,1	45,9	16233,51984	70,18439334
11A6T5A	0,765	56,5	43,5	18080,05485	89,57063985

Tabela 19 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 12

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
12A1T1P	0,684	75,4	24,6	1917,5	17,74067337
12A1T2P	0,548	86,1	13,9	7372,911171	49,76633371
12A1T3P	0,506	93,1	6,9	6937,498737	40,45243125
12A1T4P	0,782	55,5	44,5	15060,82373	85,317855
12A1T5P	0,756	44,0	56,0	15489,04725	69,14205087
12A1T1A	0,557	88,0	12,0	6148,205275	45,83121864
12A1T2A	0,566	94,4	5,6	2511,2	19,4141802
12A1T3A	0,777	49,3	50,7	16834,36804	83,20583824
12A1T4A	0,747	53,2	46,8	18967,75448	78,07976768
12A1T5A	0,771	55,3	44,7	13536,77129	87,82294184
12A1T1AT	0,550	88,5	11,5	6481,34733	34,39731889
12A1T2AT	0,523	89,3	10,7	7772,853434	60,44048043
12A1T3AT	0,689	64,2	35,8	14399,06963	69,1805755
12A1T4AT	0,739	50,8	49,2	17046,4011	81,47172002
12A1T5AT	0,691	55,3	44,7	12932,76773	73,17096327
12A2T1P	<b>0,656</b>	100,0	0,0	2997,3	19,31806059
12A2T2P	<b>0,556</b>	85,9	14,1	7474,78327	31,35428651
12A2T3P	<b>0,665</b>	92,8	7,2	13666,22051	58,53716293
12A2T4P	0,675	53,6	46,4	9766,816257	42,96371501
12A2T5P	<b>0,678</b>	44,5	55,5	11616,44378	61,89687755
12A2T1A	0,661	92,6	7,4	5931,971974	32,10562674
12A2T2A	0,554	94,1	5,9	7513,347574	32,20174534
12A2T3A	0,658	49,4	50,6	11973,38447	43,30526398
12A2T4A	0,696	53,2	46,8	10641,00451	53,76234518
12A2T5A	0,711	54,4	45,6	15057,76062	83,94874751
12A3T1P	0,683	100,0	0,0	6418,717949	49,0232191

12A3T2P	0,567	96,6	3,4	8709,643005	46,00640561
12A3T3P	0,610	70,3	29,7	11384,17081	57,81532463
12A3T4P	0,680	57,9	42,1	11588,36041	45,6009225
12A3T5P	0,707	50,6	49,4	18842,0705	91,7552896
12A3T1A	0,506	96,1	3,9	8336,748626	53,8866934
12A3T2A	0,520	87,0	13,0	5402,3	31,15675428
12A3T3A	0,613	66,4	33,6	12292,92414	67,43907841
12A3T4A	0,649	63,5	36,5	13967,51432	74,64763433
12A3T5A	0,669	55,6	44,4	17349,9236	62,51739375
12A4T1P	1,012	87,6	12,4	8404,760095	44,19911654
12A4T2P	0,502	84,6	15,4	7551,39965	31,10529123
12A4T3P	0,607	69,9	30,1	9921,210543	50,72029767
12A4T4P	0,656	53,6	46,4	12963,59033	52,48282538
12A4T5P	0,687	58,6	41,4	17643,3019	69,09056211
12A4T1A	0,568	82,6	17,4	10579,83228	51,22876866
12A4T2A	0,586	76,2	23,8	11207,34485	64,16958019
12A4T3A	0,731	55,6	44,4	12990,46535	45,64826791
12A4T4A	0,679	56,7	43,3	16256,48387	71,36522525
12A4T5A	0,670	57,8	42,2	16542,54427	69,90879208
12A5T1P	0,682	83,1	16,9	6548,169194	36,38737406
12A5T2P	0,571	76,8	23,2	9413,315752	48,04885826
12A5T3P	0,587	78,7	21,3	7817,9	50,72029767
12A5T4P	0,628	66,8	33,2	11571,26844	58,8399
12A5T5P	0,685	58,7	41,3	15576,82533	81,56025743
12A5T1A	0,538	81,6	18,4	9766,816257	54,61489196
12A5T2A	0,638	63,3	36,7	12454,86081	63,35327467
12A5T3A	0,599	75,9	24,1	11207,81342	66,0042044
12A5T4A	0,616	73,2	26,8	12994,13705	70,67291622
12A5T5A	0,690	52,6	47,4	15079,12841	80,4279006
12A6T1P	0,612	66,5	33,5	10475,25467	44,5745562
12A6T2P	0,551	77,0	23,0	8588,727877	67,33092208
12A6T3P	0,648	62,9	37,1	12750,62926	76,1575332
12A6T4P	0,602	64,0	36,0	10539,15089	61,05099034
12A6T5P	0,694	55,8	44,2	15942,25921	82,91369736
12A6T1A	0,597	78,4	21,6	10273,22567	69,1368825
12A6T2A	0,620	69,4	30,6	12556,65891	78,04299402
12A6T3A	0,593	76,6	23,4	11922,97872	67,665885
12A6T4A	0,600	70,9	29,1	11332,30667	67,337589
12A6T5A	0,608	62,8	37,2	13586,12501	65,37601576

Tabela 20 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 13

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
13A1T1P	0,941	100,0	0,0	4415,2	20,69796971
13A1T2P	0,743	81,6	18,4	10596,92081	55,99818618
13A1T3P	0,848	36,6	63,4	16346,34644	92,94362313
13A1T4P	0,627	58,9	41,1	9815,863526	62,93820149
13A1T5P	0,713	86,4	13,6	8010,575621	49,02722974
13A1T1A	0,761	80,2	19,8	12331,93289	67,60474357
13A1T2A	0,781	42,6	57,4	16726,19615	80,50436336
13A1T3A	0,892	33,1	66,9	10551,3	34,95353085
13A1T4A	0,781	45,7	54,3	15678,26842	78,3546407
13A1T5A	0,601	48,0	52,0	10190,97723	64,4018806
13A1T1AT	0,716	37,3	62,7	10714,01138	60,64099829
13A1T2AT	0,776	43,0	57,0	16908,38283	84,04630125
13A1T3AT	0,779	43,0	57,0	15497,41521	75,80124786
13A1T4AT	<b>0,763</b>	42,0	58,0	16094,46475	77,9628675
13A1T5AT	0,704	52,3	47,7	12154,17333	71,70188819
13A2T1P	0,865	93,2	6,8	4269,891444	28,80447419
13A2T2P	0,826	43,2	56,8	14586,4659	69,93590125
13A2T3P	0,894	27,2	72,8	15510,04666	59,13557789
13A2T4P	0,726	57,5	42,5	14421,54412	72,81437625
13A2T5P	0,757	45,3	54,7	16418,58014	73,91579478
13A2T1A	0,697	86,4	13,6	4558,89084	17,0890536
13A2T2A	0,617	84,8	15,2	15583,14633	70,57638065
13A2T3A	0,767	34,8	65,2	16531,40869	71,67767831
13A2T4A	0,749	37,0	63,0	16789,2701	84,05704141
13A2T5A	0,758	39,0	61,0	17044,28226	67,72246603
13A3T1P	0,820	72,8	27,2	7328,619877	48,778103
13A3T2P	0,676	78,1	21,9	14841,96963	89,73760025
13A3T3P	0,785	44,7	55,3	17187,58489	74,64763433
13A3T4P	0,809	34,9	65,1	17998,01363	82,13067306
13A3T5P	0,679	68,8	31,2	16146,89247	73,18395522
13A3T1A	0,585	89,9	10,1	8342,678615	54,07548892
13A3T2A	0,640	85,8	14,2	16107,46945	67,61321208
13A3T3A	0,796	39,4	60,6	17277,32525	93,00753878
13A3T4A	0,809	39,7	60,3	16591,21093	80,9791553
13A3T5A	0,696	59,6	40,4	15429,56078	79,37364298
13A4T1P	0,596	84,0	16,0	9239,213623	58,53716293
13A4T2P	0,578	81,8	18,2	13006,10399	70,25835347
13A4T3P	0,779	35,2	64,8	16804,14367	80,50235075
13A4T4P	0,748	37,8	62,2	15770,6768	65,21181129



13A4T5P	0,715	43,7	56,3	15204,1047	70,57638065
13A4T1A	0,693	65,8	34,2	13538,54839	67,26840156
13A4T2A	0,711	61,7	38,3	17359,39466	87,22715807
13A4T3A	0,786	42,0	58,0	18521,3639	102,5214793
13A4T4A	0,750	51,6	48,4	15166,87257	88,82439796
13A4T5A	0,731	45,5	54,5	14710,78795	59,84205984
13A5T1P	0,671	68,6	31,4	14592,70491	68,8346897
13A5T2P	0,721	56,9	43,1	14995,4509	74,27809158
13A5T3P	0,700	52,1	47,9	12354,55472	68,06277993
13A5T4P	0,679	54,0	46,0	12733,18831	66,77465399
13A5T5P	0,713	54,1	45,9	15906,44128	73,18578487
13A5T1A	0,675	62,8	37,2	12650,53873	67,82244777
13A5T2A	0,672	65,7	34,3	14874,78765	74,64763433
13A5T3A	0,720	52,1	47,9	15913,48668	73,18395522
13A5T4A	0,652	64,8	35,2	10768,53255	66,4440864
13A5T5A	0,689	61,7	38,3	6833,902439	33,8329425
13A6T1P	0,625	75,1	24,9	10093,22643	52,95986875
13A6T2P	0,670	62,1	37,9	14295,37913	70,5852214
13A6T3P	0,704	55,7	44,3	10306,85453	60,61396734
13A6T4P	0,628	61,0	39,0	9789,149041	57,2414788
13A6T5P	0,764	49,2	50,8	15174,4929	75,41658481
13A6T1A	0,628	67,1	32,9	13035,31009	62,20636194
13A6T2A	0,646	61,2	38,8	10520,60452	53,42428731
13A6T3A	0,766	47,7	52,3	13474,59526	67,6709434
13A6T4A	0,600	73,6	26,4	9606,586073	58,23811363
13A6T5A	0,708	59,1	40,9	10813,34543	49,99942241
13A7T1P	0,620	71,2	28,8	10879,646	76,80502219
13A7T2P	0,625	73,4	26,6	9210,701402	53,48946744
13A7T3P	0,616	71,6	28,4	7104,006747	62,93820149
13A7T4P	0,614	70,7	29,3	9512,481319	71,26982888
13A7T5P	0,760	0,0	100,0	11494,17897	57,53489608
13A7T1A	0,597	76,6	23,4	8809,940795	60,17565087
13A7T3A	0,594	71,2	28,8	9552,764294	68,8722645
13A7T5A	0,629	46,8	53,2	8527,99846	73,91947236

Tabela 21 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 14

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
14A1T1P	0,968	100,0	0,0	1637,7	16,26269049
14A1T2P	0,548	81,5	18,5	5993,102605	42,13409925

14A1T3P	0,576	69,8	30,2	8377,056909	42,13409925
14A1T4P	0,594	100,0	0,0	10904,91487	42,5586215
14A1T5P	0,770	47,5	52,5	15263,26848	66,1948875
14A1T1A	0,588	81,4	18,6	3146,4	22,91560932
14A1T2A	0,612	87,4	12,6	1420,5	17,17277709
14A1T3A	0,652	57,8	42,2	15680,99016	59,57539875
14A1T4A	0,509	87,4	12,6	7971,571084	39,97277865
14A1T5A	0,715	61,6	38,4	16712,75842	66,8618343
14A1T1AT	0,512	100,0	0,0	6514,560266	46,14441721
14A1T2AT	0,518	94,0	6,0	5524,682017	35,15355167
14A1T3AT	0,613	75,1	24,9	10363,76726	50,24694431
14A1T4AT	0,650	65,3	34,7	15112,15076	71,72206917
14A1T5AT	0,649	45,9	54,1	14995,90059	80,23420116
14A2T1P	0,662	80,9	19,1	4284,88829	32,93360319
14A2T2P	0,546	100,0	0,0	7778,627324	43,30526398
14A2T3P	0,640	55,6	44,4	14815,39221	56,63340375
14A2T4P	0,573	64,5	35,5	7066,485745	48,54657063
14A2T5P	0,682	74,6	25,4	13039,20982	52,43159406
14A2T1A	0,466	100,0	0,0	5687,385573	39,26273123
14A2T2A	0,616	64,2	35,8	4410,2	19,37032439
14A2T3A	0,568	62,5	37,5	8595,695571	37,86726238
14A2T4A	0,631	43,1	56,9	13647,35762	57,81532463
14A2T5A	0,597	93,6	6,4	12403,42594	45,37518662
14A3T1P	0,665	100,0	0,0	2232,611028	30,94164461
14A3T2P	0,469	100,0	0,0	5397,638713	46,29183391
14A3T3P	0,616	57,6	42,4	13448,53751	50,01767883
14A3T4P	0,652	83,4	16,6	12219,6954	52,0036489
14A3T5P	0,608	58,7	41,3	13865,52142	49,76508955
14A3T1A	0,646	85,4	14,6	4029,144534	33,09744375
14A3T2A	0,574	81,9	18,1	8586,883236	42,0285
14A3T3A	0,602	74,0	26,0	10129,72597	46,14327505
14A3T4A	0,598	75,9	24,1	11625,1734	59,54581201
14A3T5A	0,624	58,1	41,9	12036,63775	67,72414233
14A4T1P	0,564	78,7	21,3	5454,922246	54,97528598
14A4T2P	0,489	91,5	8,5	5042,355343	41,6039697
14A4T3P	0,569	76,7	23,3	9419,881072	51,51833128
14A4T4P	0,605	62,2	37,8	13162,58187	68,06107836
14A4T5P	0,667	61,5	38,5	15150,48725	54,88796642
14A4T1A	0,491	93,3	6,7	6816,368157	44,04285689
14A4T2A	0,520	87,2	12,8	8438,575882	35,50420837
14A4T3A	0,594	75,3	24,7	8700,812295	37,13812653

14A4T4A	0,610	60,6	39,4	12466,57821	58,5337236
14A4T5A	0,610	70,8	29,2	14840,85277	65,13372015
14A5T1P	0,542	82,3	17,7	9412,746182	59,13557789
14A5T2P	0,606	69,7	30,3	10550,24393	44,42011213
14A5T3P	0,568	55,2	44,8	10132,3321	58,10440125
14A5T4P	0,539	69,8	30,2	10974,06176	67,26840156
14A5T5P	0,666	47,3	52,7	16151,11478	65,46428221
14A5T1A	0,542	66,3	33,7	8680,083644	40,98301493
14A5T2A	0,533	68,1	31,9	9060,840971	58,23811363
14A5T3A	0,570	60,3	39,7	10252,96141	64,81127599
14A5T4A	0,609	58,5	41,5	11540,17691	64,4018806
14A5T5A	0,657	50,8	49,2	13491,85173	80,4279006
14A6T1P	0,560	78,9	21,1	9339,666667	44,86542375
14A6T2P	0,657	84,8	15,2	6459,916392	31,62644625
14A6T3P	0,546	71,3	28,7	9450,67459	47,80741875
14A6T4P	0,616	54,4	45,6	11694,49625	49,65930788
14A6T5P	0,631	61,8	38,2	14167,49284	60,74268284
14A6T1A	0,515	73,6	26,4	6883,868704	53,54401172
14A6T2A	0,517	80,8	19,2	13853,81935	55,68579922
14A6T3A	0,508	69,5	30,5	12407,15272	45,37405224
14A6T4A	0,599	55,1	44,9	7855,858937	48,31217279
14A6T5A	0,603	56,3	43,7	5625,285145	39,51933582
14A7T1P	0,502	76,5	23,5	2456,9	13,50916071
14A7T2P	0,543	56,2	43,8	11719,32891	42,66213783
14A7T3P	0,517	61,8	38,2	7587,155426	50,6883557
14A7T4P	0,559	71,8	28,2	11328,32631	66,33095789
14A7T5P	0,557	70,0	30,0	12127,77053	57,3689025
14A7T1A	0,497	77,3	22,7	7691,490196	53,69140875
14A7T2A	0,555	75,2	24,8	5830,692574	50,97389916
14A7T3A	0,524	59,8	40,2	6736,702684	58,10877394
14A7T4A	0,558	62,9	37,1	7500,999744	57,94692306
14A7T5A	0,558	64,8	35,2	7438,084854	61,04639625

Tabela 22 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 15

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
15A1T1P	0,747	91,5	8,5	3190,779839	20,80145956
15A1T2P	0,615	72,0	28,0	8936,934941	52,11235236
15A1T3P	0,643	67,2	32,8	12558,84477	86,35922614
15A1T4P	0,685	62,2	37,8	16702,7269	92,48121705

15A1T5P	0,633	62,3	37,7	13078,83586	74,63129515
15A1T1A	0,599	74,4	25,6	15983,49552	55,84130665
15A1T2A	0,628	74,6	25,4	16034,86984	70,63526027
15A1T3A	0,673	55,9	44,1	18622,9003	91,201845
15A1T4A	0,694	63,3	36,7	19436,20963	92,94362313
15A1T5A	0,620	70,0	30,0	15319,73386	67,337589
15A1T1AT	0,548	85,6	14,4	11058,21448	57,67909382
15A1T3AT	0,604	64,5	35,5	16315,28223	81,64036125
15A1T5AT	0,657	55,1	44,9	14753,92608	76,29150471
15A2T1P	0,512	72,6	27,4	3644,380634	19,31564102
15A2T2P	0,551	72,6	27,4	13027,56785	43,83164693
15A2T3P	0,635	67,6	32,4	18713,05184	80,35097525
15A2T4P	0,705	59,1	40,9	19481,41153	89,56842281
15A2T5P	0,613	61,4	38,6	16362,32846	67,72414233
15A2T1A	0,547	69,6	30,4	6890,208861	44,04177751
15A2T2A	0,642	72,4	27,6	10894,82946	34,74215201
15A2T3A	0,768	50,5	49,5	18028,29485	70,28384106
15A2T4A	0,751	56,8	43,2	16715,55845	74,61161987
15A2T5A	0,608	61,3	38,7	15299,6946	66,8618343
15A3T1P	0,531	79,1	20,9	10547,25329	54,25795821
15A3T2P	0,716	57,1	42,9	14949,16025	72,42432079
15A3T3P	0,747	57,3	42,7	19515,72139	81,64036125
15A3T4P	0,754	51,1	48,9	18826,25656	90,50440448
15A3T5P	0,592	60,6	39,4	15449,26628	74,65866709
15A3T1A	0,497	80,0	20,0	9796,123998	44,11557583
15A3T2A	0,646	79,4	20,6	15342,12832	58,98475611
15A3T3A	0,700	63,5	36,5	17393,6867	84,27030525
15A3T4A	0,671	64,2	35,8	17617,23077	77,86677665
15A3T5A	0,625	59,9	40,1	15993,05411	63,98839125
15A4T1P	0,489	76,0	24,0	7347,035497	49,03201182
15A4T2P	0,632	67,5	32,5	12072,19943	78,69836625
15A4T3P	0,661	63,4	36,6	14798,72163	83,63468603
15A4T4P	0,688	58,5	41,5	14184,0896	78,25417355
15A4T5P	0,636	54,0	46,0	13470,64865	75,70568449
15A4T1A	0,565	79,5	20,5	9745,650051	43,98030904
15A4T2A	0,672	62,1	37,9	13222,30087	73,91218966
15A4T3A	0,672	69,3	30,7	15680,78727	79,31071709
15A4T4A	0,763	51,2	48,8	15106,05542	88,39823309
15A4T5A	0,596	59,7	40,3	14967,07543	68,8346897
15A5T1P	0,552	83,2	16,8	10659,52301	55,71819525
15A5T2P	0,622	60,7	39,3	15093,6041	81,64036125

15A5T3P	0,552	80,7	19,3	9623,811082	52,17333605
15A5T4P	0,622	69,1	30,9	15908,32372	83,52900377
15A5T5P	0,672	66,0	34,0	14694,63747	78,98459483
15A5T1A	0,605	82,3	17,7	7996,736728	39,41965523
15A5T2A	0,624	81,6	18,4	9551,845136	75,73265018
15A5T3A	0,589	67,5	32,5	12036,05147	77,23314193
15A5T4A	0,622	61,6	38,4	12149,00596	67,32923881
15A5T5A	0,618	68,5	31,5	12444,52071	80,83204084
15A6T1P	0,528	90,0	10,0	9921,447066	61,89687755
15A6T2P	0,573	74,0	26,0	12405,70291	60,74268284
15A6T3P	0,599	71,0	29,0	13938,58729	72,09886727
15A6T4P	0,573	57,5	42,5	12086,65127	64,89058671
15A6T5P	0,702	62,6	37,4	14108,74132	82,80866951
15A6T1A	0,519	75,9	24,1	10216,90355	71,39205028
15A6T2A	0,524	77,2	22,8	10947,22189	46,87356837
15A6T3A	0,508	71,1	28,9	9216,40075	65,03196053
15A6T4A	0,558	73,6	26,4	12464,98615	74,55721507
15A6T5A	0,535	72,3	27,7	5119,713749	42,33297454
15A7T1P	0,674	70,8	29,2	8053,854429	26,4150586
15A7T2P	0,528	79,6	20,4	11163,14776	55,86323797
15A7T3P	0,512	84,5	15,5	9031,458057	56,24828204
15A7T4P	0,677	66,4	33,6	11991,13419	74,27657756
15A7T5P	0,609	74,3	25,7	14729,86476	86,74436188
15A7T1A	0,502	82,7	17,3	9355,228796	51,6605791
15A7T2A	0,504	84,7	15,3	9792,68573	51,19019576
15A7T3A	0,559	72,3	27,7	10261,06876	78,69836625
15A7T4A	0,539	79,0	21,0	10379,50685	66,59906423
15A7T5A	0,573	69,0	31,0	12530,20383	68,5730284

Tabela 23 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 16

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
16A1T1P	0,584	100,0	0,0	4121,936325	39,12708678
16A1T2P	0,442	93,6	6,4	4113,211815	38,24881322
16A1T3P	0,714	51,2	48,8	12939,50131	85,37500352
16A1T4P	0,496	72,7	27,3	8366,4	49,0232191
16A1T5P	0,516	70,6	29,4	7720,423748	53,54843932
16A1T1A	0,607	93,6	6,4	4124,142235	34,99653571
16A1T2A	0,392	95,5	4,5	4907,177901	40,9009061

16A1T3A	0,609	62,2	37,8	14858,56061	88,99534875
16A1T4A	0,566	66,0	34,0	12580,10589	69,90879208
16A1T5A	0,518	77,5	22,5	9887,074799	60,74420144
16A1T1AT	0,417	78,0	22,0	5357,26741	38,02322936
16A1T2AT	0,611	57,8	42,2	8021,549291	46,66490176
16A1T3AT	0,418	55,7	44,3	11640,12725	65,21667006
16A1T4AT	0,505	67,5	32,5	8619,369722	55,84130665
16A1T5AT	0,440	74,1	25,9	8087,057102	58,66871459
16A2T1P	0,403	100,0	0,0	3408,263057	32,46570675
16A2T2P	0,410	65,6	34,4	10690,81101	61,35469593
16A2T3P	0,609	60,1	39,9	12613,09628	74,290927
16A2T4P	0,535	54,0	46,0	9941,9051	67,39052586
16A2T5P	0,557	63,8	36,2	11637,0979	74,66424824
16A2T1A	0,384	79,8	20,2	4253,992165	35,87186763
16A2T2A	0,551	58,2	41,8	8963,14427	59,84205984
16A2T3A	0,515	51,6	48,4	8081,711354	50,93802731
16A2T4A	0,482	63,2	36,8	6772,437675	52,89796571
16A2T5A	0,615	54,5	45,5	9060,259789	59,4251001
16A3T1P	0,487	66,1	33,9	6647,283079	59,49337523
16A3T2P	0,492	79,5	20,5	11385,9249	87,37320378
16A3T3P	0,570	67,1	32,9	8447,055598	75,96395498
16A3T4P	0,532	66,8	33,2	11120,94661	80,23420116
16A3T5P	0,512	66,6	33,4	11992,79979	83,44005594
16A3T1A	0,580	61,8	38,2	11452,94759	50,97516089
16A3T2A	0,487	76,1	23,9	8398,445183	68,56630622
16A3T3A	0,545	65,0	35,0	8349,645365	68,8722645
16A3T4A	0,496	67,0	33,0	12021,06694	93,26452484
16A3T5A	0,536	66,1	33,9	12557,01566	89,24001954
16A4T1P	0,448	100,0	0,0	6054,135113	35,87185022
16A4T2P	0,532	61,9	38,1	11833,45794	43,47454086
16A4T3P	0,558	61,4	38,6	11524,69658	56,35305435
16A4T4P	0,602	63,0	37,0	11271,50664	58,11097317
16A4T5P	0,564	77,4	22,6	11495,93687	67,32923881
16A4T1A	0,445	84,2	15,8	8915,410067	48,02767065
16A4T2A	0,589	65,0	35,0	11976,18131	71,34337875
16A4T3A	0,528	67,9	32,1	10694,64668	55,96008634
16A4T4A	0,630	61,2	38,8	15666,64235	80,75073134
16A4T5A	0,616	67,8	32,2	14227,55687	67,43907841
16A5T1P	0,456	69,2	30,8	7596,998231	36,40255423
16A5T2P	0,415	84,9	15,1	7272,034724	51,41014034
16A5T3P	0,560	61,7	38,3	11224,75076	60,98065086

16A5T4P	0,639	59,8	40,2	17364,07411	60,86435721
16A5T5P	0,594	64,7	35,3	14661,71353	75,39786181
16A5T1A	0,560	66,6	33,4	11475,1877	51,39848452
16A5T2A	0,486	72,9	27,1	9879,797289	61,09020752
16A5T3A	0,582	60,4	39,6	12675,6617	73,18578487
16A5T4A	0,597	59,9	40,1	14695,22986	67,19414848
16A5T5A	0,637	50,5	49,5	16154,30536	77,42828627
16A6T1P	0,538	79,2	20,8	7130,890938	51,26073963
16A6T2P	0,454	91,3	8,7	6559,231384	51,60019476
16A6T3P	0,514	65,1	34,9	8948,898116	63,35484282
16A6T4P	0,535	51,7	48,3	9288,348912	54,52521233
16A6T5P	0,578	60,6	39,4	13462,12056	85,20134035
16A6T1A	0,423	48,7	51,3	5580,206459	46,86542373
16A6T2A	0,407	80,8	19,2	7526,788267	56,35305435
16A6T3A	0,445	84,9	15,1	5839,797809	61,66146941
16A6T4A	0,551	63,4	36,6	12392,38921	81,06839467
16A6T5A	0,598	62,2	37,8	7753,4	64,49200862

Tabela 24 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 17

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
17A1T1P	1,026	100,0	0,0	3427,348191	29,42216402
17A1T2P	0,490	77,1	22,9	9179,106015	49,51750204
17A1T3P	0,553	85,0	15,0	7364,163608	46,80914682
17A1T4P	0,630	62,0	38,0	9578,904187	37,86632509
17A1T5P	0,594	66,7	33,3	7414,380287	43,8371375
17A1T1A	0,773	98,1	1,9	3900,546062	32,83792067
17A1T2A	0,784	72,7	27,3	8487,600652	41,8183781
17A1T3A	0,633	64,4	35,6	10188,72727	46,33642125
17A1T4A	0,606	60,4	39,6	10079,10287	49,27114631
17A1T5A	0,698	57,1	42,9	11416,89971	58,10877394
17A1T1AT	0,666	100,0	0,0	4719,1	21,11828094
17A1T2AT	0,633	85,3	14,7	3836,947077	22,61926346
17A1T3AT	0,746	51,9	48,1	17992,19802	85,74873166
17A1T4AT	0,682	56,9	43,1	16176,18115	81,73025636
17A1T5AT	0,587	55,7	44,3	14217,0141	82,79187884
17A2T1P	0,575	91,0	9,0	4229,138255	31,67654157
17A2T2P	0,729	79,6	20,4	3951,84189	26,26446914
17A2T3P	0,438	92,2	7,8	9198,51329	44,20238793
17A2T4P	0,593	49,1	50,9	3844,488729	39,7169325

17A2T5P	0,567	63,4	36,6	10436,11922	46,86426373
17A2T1A	0,576	100,0	0,0	4567,093418	29,56126728
17A2T2A	0,480	81,3	18,7	7631,882358	45,46800761
17A2T3A	0,716	52,6	47,4	11168,66911	45,77521764
17A2T4A	0,599	67,4	32,6	13320,30988	66,26770916
17A2T5A	0,644	60,9	39,1	13397,83186	54,34317608
17A3T1P	0,801	80,7	19,3	3415,5	20,69745226
17A3T2P	0,588	67,9	32,1	9316,503594	53,01161625
17A3T3P	0,629	62,9	37,1	16195,61941	74,64763433
17A3T4P	0,619	55,1	44,9	9875,697586	55,7964569
17A3T5P	0,611	61,3	38,7	14896,02008	71,73830172
17A3T1A	0,614	76,0	24,0	7930,533583	41,71485448
17A3T2A	0,568	60,2	39,8	11510,4272	48,30743677
17A3T3A	0,562	67,7	32,3	12750,47096	55,06775176
17A3T4A	0,593	62,2	37,8	9894,313911	49,27114631
17A3T5A	0,626	53,6	46,4	14188,84776	72,4575681
17A4T1P	0,577	69,4	30,6	11428,12514	60,74268284
17A4T2P	0,618	55,3	44,7	14912,67554	59,27900373
17A4T3P	0,574	66,6	33,4	10622,32943	47,82914532
17A4T4P	0,548	69,8	30,2	9899,647481	63,30329582
17A4T5P	0,590	63,7	36,3	10436,29793	51,79423256
17A4T1A	0,561	61,8	38,2	12469,77363	53,35316178
17A4T2A	0,578	69,8	30,2	12445,62987	61,28403718
17A4T3A	0,538	74,5	25,5	9845,151603	62,82036997
17A4T4A	0,649	59,1	40,9	12915,72042	66,06428533
17A4T5A	0,589	64,3	35,7	9708,086138	61,89655591
17A5T1P	0,539	72,6	27,4	11655,97383	47,33290636
17A5T2P	0,549	71,6	28,4	12296,13714	57,2414788
17A5T3P	0,535	74,7	25,3	10126,50271	57,2414788
17A5T4P	0,564	68,0	32,0	13443,99848	58,98554332
17A5T5P	0,620	60,5	39,5	14491,87592	78,25417355
17A5T1A	0,507	71,9	28,1	10009,87682	58,82839259
17A5T2A	0,529	71,9	28,1	12419,09543	59,57539875
17A5T3A	0,581	61,9	38,1	13187,90938	80,02974267
17A5T4A	0,573	62,8	37,2	11848,97644	64,88898054
17A5T5A	0,543	66,8	33,2	13651,4967	71,3778786
17A6T1P	0,482	75,8	24,2	10057,07107	47,30846231
17A6T2P	0,494	68,1	31,9	11356,94804	53,08903722
17A6T3P	0,507	76,9	23,1	10521,28168	55,79232744
17A6T4P	0,611	59,2	40,8	13067,72385	62,31350857
17A6T5P	0,598	51,8	48,2	13003,29282	53,69140875



17A6T1A	0,506	75,6	24,4	10506,4449	56,35164552
17A6T2A	0,531	64,6	35,4	5863,274656	50,02504632
17A6T3A	0,497	72,4	27,6	10304,8382	50,93802731
17A6T4A	0,579	54,6	45,4	6867,725185	40,37636506
17A6T5A	0,640	55,6	44,4	12378,71484	61,17019307
17A7T1P	0,539	69,7	30,3	9664,496479	48,02767065
17A7T2P	0,543	66,3	33,7	9172,504994	39,65535854
17A7T3P	0,537	57,1	42,9	5546,348222	37,33115263
17A7T4P	0,538	60,4	39,6	7573,623128	48,29462225
17A7T5P	0,532	57,5	42,5	7941,163597	43,39516782
17A7T1A	0,627	78,8	21,2	6640,053675	46,83773134
17A7T2A	0,564	40,9	59,1	7031,808812	32,85226922
17A7T3A	0,503	64,9	35,1	8432,393797	50,4969291
17A7T4A	0,566	68,8	31,2	8516,836019	49,76508955
17A7T5A	0,517	65,3	34,7	10187,17746	48,30141045

Tabela 25 - Dados obtidos de densidade Aparente, Porcentagem de Lenho Inicial (LI), Lenho Tardio, Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE) da árvore 18

Bloco	Dens Ap.	% LI	%LT	MOR	MOE
18A1T1P	0,777	100,0	0,0	2827,173157	22,74037436
18A1T2P	0,854	100,0	0,0	2228,830132	19,56354339
18A1T3P	0,554	74,2	25,8	7490,605994	46,37284359
18A1T4P	0,536	69,5	30,5	10869,45041	40,93267385
18A1T5P	0,587	68,5	31,5	8178,570585	38,68817318
18A1T1A	0,616	73,5	26,5	6202,464611	39,78064493
18A1T2A	0,682	73,3	26,7	16076,47541	77,9628675
18A1T3A	0,589	72,4	27,6	14800,15186	68,83978448
18A1T4A	0,451	88,3	11,7	8926,90046	48,78452069
18A1T5A	0,370	100,0	0,0	13808,2781	76,81074473
18A1T1AT	0,375	100,0	0,0	3451,825995	31,10148725
18A1T2AT	0,638	67,9	32,1	13590,26285	57,10942725
18A1T3AT	0,676	58,4	41,6	15988,26505	75,35587083
18A1T4AT	0,658	70,7	29,3	16986,20293	62,00502585
18A1T5AT	0,644	65,9	34,1	14924,06635	60,56454759
18A2T1P	0,405	89,1	10,9	3013,650074	37,33494298
18A2T2P	0,470	86,0	14,0	5459,03571	45,27191962
18A2T3P	0,565	69,1	30,9	10847,41247	61,89655591
18A2T4P	0,644	59,3	40,7	15714,91047	82,5052555
18A2T5P	0,572	70,9	29,1	13050,51883	72,81985594
18A2T1A	0,543	81,6	18,4	8375,414815	55,40875544

18A2T2A	0,564	73,1	26,9	13605,17076	67,33092208
18A2T3A	0,641	51,8	48,2	15319,43324	66,66096266
18A2T4A	0,605	62,9	37,1	16129,35855	74,28537375
18A2T5A	0,580	63,9	36,1	14081,99774	72,42432079
18A3T1P	0,457	100,0	0,0	3873,829392	39,91751301
18A3T2P	0,517	78,9	21,1	9007,675273	53,01389872
18A3T3P	0,515	80,0	20,0	11353,7601	53,09033832
18A3T4P	0,571	78,9	21,1	13118,99605	60,13978153
18A3T5P	0,605	75,0	25,0	12733,75924	62,83155151
18A3T1A	0,431	59,8	40,2	5269,709913	25,69924226
18A3T2A	0,545	82,8	17,2	12747,73445	65,45938875
18A3T3A	0,517	83,3	16,7	10646,26438	52,22431502
18A3T4A	0,567	73,8	26,2	15511,20612	72,81981953
18A3T5A	0,538	63,9	36,1	13600,04522	57,20401379
18A4T1P	0,439	87,0	13,0	4702,048964	32,67695834
18A4T2P	0,498	79,6	20,4	9011,911285	58,53224551
18A4T3P	0,555	76,3	23,7	13789,33844	68,7451093
18A4T4P	0,612	68,8	31,2	14613,54223	70,98843657
18A4T5P	0,580	66,4	33,6	13405,8707	69,14205087
18A4T1A	0,467	100,0	0,0	5079,046663	51,75395544
18A4T2A	0,572	80,2	19,8	10296,95686	58,83565953
18A4T3A	0,635	72,2	27,8	12762,11967	75,41658481
18A4T4A	0,676	58,7	41,3	13856,44922	73,18756034
18A4T5A	0,678	55,5	44,5	14892,45387	75,0413404
18A5T1P	0,486	81,3	18,7	5916	28,83954691
18A5T2P	0,532	78,7	21,3	11088,67613	55,41413428
18A5T3P	0,613	69,0	31,0	14379,24858	72,44289399
18A5T4P	0,599	51,1	48,9	12232,99662	67,72246603
18A5T5P	0,618	72,0	28,0	16339,97307	76,46084874
18A5T1A	0,588	84,1	15,9	11163,77888	66,06266627
18A5T2A	0,971	83,4	16,6	10859,81708	58,39784311
18A5T3A	0,592	86,4	13,6	9803,816084	79,03867164
18A5T4A	0,568	72,3	27,7	12245,47457	70,89511685
18A5T5A	0,617	73,0	27,0	14361,40054	88,99826787
18A6T1P	0,525	85,2	14,8	11355,7792	69,83347138
18A6T2P	0,507	82,0	18,0	9939,301446	50,47540441
18A6T3P	0,559	70,4	29,6	9085,572794	57,86644577
18A6T4P	0,604	66,3	33,7	7016,360406	49,03325
18A6T5P	0,563	73,7	26,3	9707,845704	45,42786397
18A6T1A	0,560	79,7	20,3	11461,03649	57,96605448
18A6T2A	0,565	67,0	33,0	10611,53756	64,40349068

<b>18A6T3A</b>	0,544	69,6	30,4	11688,17734	61,89687755
<b>18A6T4A</b>	0,584	64,6	35,4	12428,98091	58,82839259
<b>18A6T5A</b>	0,559	64,4	35,6	10616,12991	61,781895
<b>18A7T1P</b>	0,534	75,2	24,8	8990,644174	66,93542314
<b>18A7T2P</b>	0,531	65,6	34,4	10238,11335	68,40138375
<b>18A7T3P</b>	0,611	57,6	42,4	7129,265547	55,68169156
<b>18A7T4P</b>	0,566	65,6	34,4	11981,51779	62,370294
<b>18A7T5P</b>	0,602	57,6	42,4	10921,44749	73,17096327

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)