**VARIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E DA
DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA EM ÁRVORES DE *Pinus
caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari EM FUNÇÃO
DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO**

Angela María Vásquez Correa
Engenheira Florestal

Orientador: Prof. Dr. Mário Tomazello Filho

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Ciência, Área de
Concentração: Ciência e Tecnologia
de Madeiras

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1995

Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Divisão de Biblioteca e Documentação - CAMPUS "LUIZ DE QUEIROZ"/USP

Vásquez Correa, Angela María

Variação das características anatômicas e da densidade básica da madeira em árvores de Pinus caribaea Morelet. var. hondurensis Barret e Golfari em função do espaçamento de plantio. Piracicaba, 1995.
68p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Madeira - Anatomia 2. Madeira - Densidade 3. Pinheiro - Plantio -
Espaçamento I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 634.9751

**VARIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E DA
DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA EM ÁRVORES DE *Pinus*
caribaea Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari EM FUNÇÃO
DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO**

ANGELA MARÍA VÁSQUEZ CORREA

Aprovado em: 01. 12. 1995

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Mário Tomazello Filho(Orientador)

ESALQ/USP

Profa. Dra. Beatriz Appezzato da Gloria

ESALQ/USP

Prof. Dr. João Peres Chimelo

IPT

Prof. Dr. MÁRIO TOMAZELLO FILHO

Orientador

À minha família e a lembrança
de meu irmão Diego Alejandro,
sempre viva no meu coração

DEDICO

Ao sentido profundo, oculto e
misterioso da vida, para que o
caminho tenha cada vez mais
luz

OFEREÇO

Agradecimentos

A autora espressa seus mais sinceros agradecimentos:

-Ao Prof. Dr. Mário Tomazello Filho, pelo estímulo e orientação no decorrer deste trabalho;

-Aos Professores Dr. João Walter Simões, Dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto, Dr. João Peres Chimelo, Dr. Antonio Natal Gonçalves e Dra Beatriz Appezzato da Gloria, pelo apoio e colaboração;

- À minhas boas amigas Inês C. M. Galina e Silvia R. Galleti pela paciência, amizade e apoio;

- À técnica e amiga Maria Aparecida R. C. Bermudes, pelo carinho, estímulo e colaboração;

- Ao técnico e amigo Antonio Carlos Franco Barbosa, pelo carinho e colaboração;

- À Marialice Poggiani, pela revisão das citações bibliográficas;

- Ao Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP e ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais IPEF, pela oportunidade e material de pesquisa;

- À ITTO(International Tropical Timber Organization), pela colaboração para o começo de meus estudos de mestrado;

-Ao CNPq(Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo suporte financeiro deste trabalho;

-À Faculdade de Ciências Agropecuarias (Universidad Nacional de Colombia), pela oportunidade de realização do curso;

- As pessoas que de uma ou outra forma colaboraram para a realização deste trabalho e tiveram seus nomes aqui omitidos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xii
SUMMARY	xv
 1. INTRODUÇÃO	 01
 2. REVISÃO DE LITERATURA	 03
2.1. Espécie de trabalho.....	03
2.1.1. Características morfológicas	03
2.1.2. Ecologia e distribuição.....	04
2.1.3. Características da madeira.....	04
2.1.4. Usos da madeira	05
2.2. Variação da densidade na madeira das coníferas	05
2.3. Considerações sobre a madeira juvenil.....	08
2.4. Morfologia e variação das células do lenho.....	11
2.5. O manejo florestal em relação com as características da madeira ..	12
2.6. Características da madeira de <i>Pinus caribaea</i> crescendo como exótica	15
 3. MATERIAL E MÉTODOS.....	 18
3.1. Localização do experimento.....	18
3.2. Histórico do experimento.....	20
3.3. Mensuração, amostragem e coleta dos discos de madeira de árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	21
3.4. Preparo dos discos de madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	22
3.5. Avaliação da estrutura anatômica macro e microscópica da madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	24

3.6. Avaliação das dimensões das traqueídes, no sentido medula-casca, dos discos de madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	24
3.7. Avaliação da espessura dos anéis de crescimento de discos de madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	25
3.8. Determinação da densidade básica da madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> no sentido medula-casca	25
3.9. Análise estatística	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Dimensões das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> e sua distribuição por classes de diâmetro	30
4.2 Descrição da estrutura anatômica macro e microscópica da madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	31
4.2.1. Caracteres gerais e descrição macroscópica.....	31
4.2.2. Descrição microscópica.....	32
4.3. Avaliação das dimensões das traqueídes, no sentido medula-casca, dos discos de madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	36
4.3.1. Comprimento das traqueídes	37
4.3.2. Largura das traqueídes.....	40
4.3.3. Diâmetro do lume das traqueídes	40
4.3.4. Espessura da parede das traqueídes.....	43
4.4. Avaliação da espessura dos anéis de crescimento de discos de madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	45
4.5. Determinação da densidade básica da madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , no sentido medula-casca	55
5. CONCLUSÕES.....	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Página
1. Localização geográfica da área experimental	19
2. Esquema da distribuição dos tratamentos de espaçamento na área experimental, para árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	21
3. Seleção das amostras diametrais (a), obtenção da amostra diametral (b), seleção das amostras de madeira para determinação da densidade básica da madeira (c-I), seleção das amostras de madeira para análise e descrição macro e microscópica (c-II) e seleção dos anéis de crescimento N° 3, 7, 10, 13 e 16 para avaliação das dimensões das traqueídes no sentido medula-casca (d)	27
4. Características anatômicas microscópicas da madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> nos planos transversal (A), tangencial (B) e radial (C). Aumento de 25, 75 e 150×.....	34
5. Detalhe de alguns elementos anatômicos característicos da madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> . Canal de resina e parênquima epitelial (A), trabécula no plano radial (B), campo de cruzamento (C) e pontoações e crássulas na parede radial das traqueídes axiais (D). Aumento de 25, 150 e 300×	35
6. Variação do comprimento das traqueídes no sentido medula-casca (anéis de crescimento N° 3, 7, 10, 13 e 16) de discos de madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , nos espaçamentos 6 (3,0×1,5 m), 8 (3,0×2,5 m) e 10 (3,0×3,5 m)	38
7. Variação da largura das traqueídes no sentido medula-casca (anéis de crescimento N° 3, 7, 10, 13 e 16) de discos de madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , nos espaçamentos 6 (3,0×1,5 m), 8 (3,0×2,5 m) e 10 (3,0×3,5 m)	41

8. Variação do diâmetro do lume das traqueídes no sentido medula-casca (anéis de crescimento N° 3, 7, 10, 13 e 16) de discos de madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , nos espaçamentos 6 (3,0×1,5 m), 8 (3,0×2,5 m) e 10 (3,0×3,5 m)	42
9. Variação da espessura da parede das traqueídes no sentido medula-casca (anéis de crescimento N° 3, 7, 10, 13 e 16) de discos de madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , nos espaçamentos 6 (3,0×1,5 m), 8 (3,0×2,5 m) e 10 (3,0×3,5 m).....	44
10. Variação da espessura dos anéis de crescimento (mm), no sentido medula-casca, nos discos de madeira das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , no tratamento 6 (3,0×1,5 m), para as 3 classes de diâmetro	48
11. Variação da espessura dos anéis de crescimento (mm), no sentido medula-casca, nos discos de madeira das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , no tratamento 8 (3,0×2,5 m), para as 3 classes de diâmetro	49
12. Variação da espessura dos anéis de crescimento (mm), no sentido medula-casca, nos discos de madeira das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , no tratamento 10 (3,0×3,5 m), para as 3 classes de diâmetro	50
13. Observação macro e microscópica da formação de falsos anéis de crescimento na madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> . Aumento de 1,5, 11 e 25×.....	52
14. Incrementos radiais (mm) das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , para os 3 espaçamentos e 3 classes de diâmetro, obtidos pela avaliação da espessura dos anéis de crescimento em discos de madeira, na altura do DAP.....	53
15. Comparação da espessura dos anéis de crescimento entre árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , das classes de diâmetro dominante (a), intermediária (b) e dominada (c).Cada traço na escala corresponde a 1 mm.....	54

16. Variação da densidade básica da madeira (g/cm^3), nas 5 amostras, no sentido medula-casca, de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nos 3 tratamentos de espaçamentos e 3 classes de diâmetro 57

LISTA DE TABELAS

TABELA	Página
1. Características da madeira de árvores de <i>Pinus caribaea</i> quando plantado como uma espécie exótica.....	16
2. Diferentes tratamentos de espaçamento e dimensões das parcelas experimentais para árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	20
3. Seleção das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> nas 4 repetições, dos 4 blocos, nos 3 espaçamentos e classes de diâmetro.....	23
4. Seleção das amostras para determinação da densidade básica da madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , no sentido medula-casca	26
5. Distribuição das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> por classes de diâmetro em cada espaçamento.....	30
6. Teores de cerne nos discos de madeira das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> nas 3 classes de diâmetro, nos 3 espaçamentos.	31
7. Dimensões das traqueídes nos lenhos inicial e tardio, na madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	33
8. Variação das dimensões das traqueídes, no sentido medula-casca, em 5 anéis de crescimento, das 12 árvores da classe de diâmetro intermediária nos 3 espaçamentos, em discos de madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	36
9. Variação das dimensões das traqueídes, nas 12 árvores da classe de diâmetro intermediária, no sentido medula-casca, em discos de madeira de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , nos 3 espaçamentos 6 (3,0×1,5 m), 8 (3,0×2,5 m) e 10 (3,0×3,5 m).....	37

10. Melhor modelo de regressão para ajustamento das curvas, entre o comprimento e a espessura da parede das traqueídes e os anéis de crescimento, nos discos de madeira de árvores de ***Pinus caribaea*** var. ***hondurensis*** 45

11. Variação da espessura dos lenhos inicial e tardio nos anéis de crescimento (mm), nos discos de madeira das árvores de ***Pinus caribaea*** var. ***hondurensis***, nos 3 espaçamentos e 3 classes de diâmetro 47

12. Análise da variância da espessura dos anéis de crescimento entre os espaçamentos e classes de diâmetro, das árvores de ***Pinus caribaea*** var. ***hondurensis*** 47

13. Variação da densidade básica média ponderada dos discos de madeira (g/cm^3), no sentido medula-casca, em árvores de ***Pinus caribaea*** var. ***hondurensis***, nos 3 espaçamentos e 3 classes de diâmetro. Valores médios ponderados de 35 árvores 55

14. Variação da densidade básica da madeira (g/cm^3) nas 5 amostras, no sentido medula-casca em árvores de ***Pinus caribaea*** var. ***hondurensis***, nos 3 espaçamentos e 3 classes de diâmetro. Valores médios de 35 árvores 56

VARIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA EM ÁRVORES DE *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO

Autora: Angela María Vásquez Correa

Orientador: Prof. Dr. Mário Tomazellô Filho

RESUMO

Os objetivos do presente trabalho foram analisar as variações da estrutura anatômica, dos anéis de crescimento e da densidade básica da madeira de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em um experimento de espaçamentos com 17 anos de idade, instalado na Estação Experimental de Recursos Naturais Renováveis de Anhembi-SP, ESALQ-USP.

Nesse experimento foram amostradas um total 35 árvores, compreendidas em 3 classes de diâmetro (dominantes, intermediárias e dominadas) e em 3 diferentes tratamentos de espaçamentos 3,0×1,5, 3,0×2,5 e 3,0×3,5 m. De cada uma das árvores, após o seu corte, foram determinados o diâmetro e a altura e obtidos discos de madeira, na altura do DAP. Dos discos de madeira coletados das árvores da classe de diâmetro caracterizada como intermediária, nos 3 espaçamentos, constituindo total de 12 árvores, foram

cortados corpos de prova para a descrição anatômica da madeira e para a avaliação das dimensões das traqueídes nos lenhos inicial e tardio no sentido medula-casca. Foram também analisadas para as amostras de madeira de todas as árvores a espessura dos anéis de crescimento e dos lenhos inicial e tardio e a densidade básica da madeira em 5 amostras obtidas no sentido casca-medula.

Estabeleceram-se, a partir dessas avaliações, as relações entre as características da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e seus modelos de variação, em função das diferentes classes de diâmetro das árvores, nos diferentes espaçamentos. De acordo com os resultados a estrutura anatômica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* corresponde às características reportadas para a variedade. A variação das dimensões das traqueídes no sentido medula-casca, das amostras de madeira, apresentou para o comprimento em todos os tratamentos de espaçamento e para os dois tipos de lenho, um aumento de quase o dobro do 3º até o 7º anéis de crescimento, com um incremento menos acentuado até o 10º anel; a largura, diâmetro do lume e espessura da parede das traqueídes, também apresentaram mudanças acentuadas até o 7º anel de crescimento, com diferenças marcantes para as traqueídes de lenho inicial e tardio para todos os anéis de crescimento.

Não foram verificadas diferenças estatísticas entre as classes de diâmetro das árvores e os tratamentos de espaçamento, para os parâmetros anatômicos analisados, definindo-se a transição período juvenil-adulto entre os 7º e 10º anéis de crescimento. A variação da espessura dos anéis de crescimento, no sentido medula-casca, das amostras de madeira nas 3 classes de diâmetro e 3

espaçamentos, apresentaram uma redução da espessura até o 2º-3º anos, seguindo-se um incremento até o 5º-6º anos para atingirem um valor estável aos 11 anos. Observou-se uma maior espessura dos anéis de crescimento nas árvores da classe dominante, com uma diminuição gradativa para as das classes intermediária e dominada. A densidade básica média da madeira apresentou valores de 0,39, 0,43 e 0,41 g/cm³ nos tratamentos 6 (3,0×1,5 m), 8 (3,0×2,5 m) e 10 (3,0×3,5 m), respectivamente, com uma média para a espécie de 0,41 g/cm³. De modo geral, houve um decréscimo do valor da densidade básica da madeira nos 6º- 8º anéis de crescimento, com posterior aumento nos anos subsequentes e tendência a estabilização até o 14º ano. Não foram verificadas diferenças significativas entre as classes de diâmetro das árvores e os tratamentos de espaçamentos, para esta característica.

**VARIATION OF THE WOOD BASIC DENSITY AND
ANATOMIC CHARACTERISTIC OF *Pinus caribaea* Morelet
var. *hondurensis* Barret and Golfari TREES IN FUNCTION
OF THE PLANTING SPACING**

Author: Angela María Vásquez Correa

Advisor: Prof. Dr. Mário Tomazello Filho

SUMMARY

The author of this work was to analyse the anatomic structure variations of the growth rings and of the wood basic density of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* trees from a spacing trial with 17 years of age and established at the Estação Experimental de Recursos Naturais Renováveis de Anhembi-SP, ESALQ-USP.

A sample was made of 35 trees in three diameter classes (dominant, intermediary and dominated) in three planting spacings: 3,0x1,5; 3,0x2,5 and 3,0x3,5 m. For each tree, the height and the diameter were determined and a wood disc was collected at the DBH. From the wood discs collected from the intermediary trees at the three spacings, a total of 12 trees, wood samples were obtained to make the anatomic description and to evaluate the dimensions of the tracheids in the early and latewood from the pith to the bark. The wood samples of all the trees were analysed for the growth ring, early and latewood width and the wood basic density in five samples obtained from the pith to bark.

The relations among wood characteristics of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and its variation models in function of the different tree diameter classes at the different spacings were established. The results showed that the wood anatomic structure of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* corresponds to characteristics reported to the variety.

The variation of the tracheid dimensions in the pith to bark showed that: the tracheid length had an increment of almost the double from the third to the seventh growth rings and an increment smaller till the 10th growth ring; the width, the diameter and the lumen and wall thickness of the tracheids showed great changes until the seventh growth ring with marking differences for the early and latewood tracheids for all growth rings.

It was not verified statistical differences among tree diameter classes and the spacing treatments for the anatomic parameters analysed and defining the transition juvenile-adult between the seventh and the tenth growth ring.

The variation of the growth ring width in the pith to bark direction of the samples for the three diameter classes in the three spacing showed a reduction of the width still the second-third years, following an increment there the fifth and seventh years and stabilized at the eleventh year, larger widths of the growth ring were observed in the dominant trees and a gradual decrease for the intermediary and dominant trees.

The means of wood basic density were: 0,39; 0,43 and 0,41 g/cm³ in the trataments 6 (3,0x1,5 m); 8 (3,0x2,5 m) and 10 (3,0x3,5 m), respectively. The mean wood basic density for the variety was 0,41 g/cm³.

In general, there were: a decease of the wood basic density in the 6th - 8th growth rings and an increase with tend to stabilise at the 14th growth ring. There were no statistic diferens among tree diameter classes and the spacing treatements for this characteristic.

1. INTRODUÇÃO

O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com origem na América Central (México, Nicaragua, Honduras, Guatemala e Belize) constitui-se em uma das variedades de coníferas mais importantes para o reflorestamento em condições tropicais do mundo, incluindo o Brasil. Essa variedade tem sido plantada em extensas áreas do país, adaptando-se a uma grande variedade de solos e condições ecológicas e apresentando elevada taxa de crescimento, em comparação com as outras espécies de coníferas (ROJAS e ORTÍZ, 1991).

Da mesma forma, a madeira das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresenta parâmetros de qualidade que a recomendam para ampla e variada utilização, seja celulose e papel, madeira serrada, chapas, etc. Dentre os parâmetros de qualidade da madeira mais importantes podem ser relacionados os anatômicos, físicos e químicos. Os parâmetros anatômicos referem-se à estrutura e variação dos elementos que constituem o xilema das árvores, principalmente as traqueídes, a espessura dos anéis de crescimento, etc.; os físicos referem-se principalmente à densidade básica da madeira. Cabe destacar que esses parâmetros anatômicos e físicos apresentam variações nos sentidos medula-casca e base-topo das árvores de espécies florestais e que são influenciados pelas técnicas de manejo.

Por outro lado, as técnicas de implantação e manejo florestal visam proporcionar uma produção volumétrica máxima/área, através da adubação, espaçamento, desrama, desbaste e outras práticas normalmente aplicadas em povoamentos florestais e que podem alterar as características da madeira (dimensões das traqueídes, espessura e porcentagem dos anéis de crescimento, densidade da madeira, transição e porcentagem da madeira juvenil/adulta), por afetarem a fisiologia das árvores e a formação da madeira (BALLONI e SIMÕES, 1980).

Pelo exposto, no presente trabalho, foram realizadas análise da madeira de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, com 17 anos de idade, em 3 diferentes classes de diâmetro e 3 espaçamentos de plantio, de um experimento implantado na Estação Experimental de Recursos Naturais Renováveis de Anhembi, pertencente a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo ESALQ-USP, com o objetivo de estudar o efeito dos espaçamentos no desenvolvimento das árvores e sua influência na qualidade da madeira.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Espécie de trabalho

Pinus caribaea Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari

Sinônimos: *Pinus hondurensis* (Look)

Pinus bahamensis (Griseb)

Nomes comuns: Pitch pine (Belize, Nicaragua e Honduras), Yellow pine e White pine (Belize), Pino caribe (Costa Rica), Pino caribeño de Honduras (América Latina), Caribbean pine (países de língua inglesa).

2.1.1 Características morfológicas

Por muitos anos existiu uma grande confusão em relação à sistemática do *Pinus caribaea* e, em 1962, Barret e Golfari deram solução ao problema, subdividindo a espécie em três variedades, cada uma com distribuição e características fenológicas próprias. A espécie de Cuba foi mantida como típica, sobre a qual é baseada a descrição de Morelet, segregando a variedade *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para as populações continentais (Nicaragua, Honduras, Guatemala e Belize) ROJAS e ORTÍZ (1991).

Em geral uma árvore de *P. caribaea* pode atingir de 30 a 45 m de altura e 1 m de diâmetro; com uma copa aberta, que começa alta no fuste; casca cinza, quando nova e, de cor escura, quando velha, profundamente gretada; acículas com 13 a 33cm de comprimento, 1,0 a 1,5 mm de espessura, 2 a 5 canais resiníferos internos, agrupadas em fascículos de 3, porém algumas vezes 2, 4 e até 5; báinhas fasciculares de 10 a 16mm de comprimento, de cor castanho claro a pardacento e nunca escuras ou pretas; amentos masculinos cilíndricos, de 25 a 45 mm de comprimento; cones femininos não persistentes, oblongos, assimétricos,

de 6 a 14 cm de comprimento; sementes estreitas ovóides de 6,5 mm de comprimento, 3,5 mm de largura e 2 mm de espessura, sua cor variando de pardo claro a castanho (FARJON, 1984; ROJAS e ORTÍZ, 1991).

2.1.2 Ecologia e distribuição

A variedade *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresenta a mais ampla distribuição geográfica com um elevado potencial para produção de madeira em áreas tropicais. Ocorre naturalmente no litoral Atlântico Centroamericano, desde o sul do México e Belize, até o norte da Nicarágua, adaptando-se a uma grande variedade de solos, que podem ser pobres, porém não suportando solos com drenagem deficiente e pouco profundos, com elevações acima de 300 e inferiores a 800m, sendo que FARJON (1984) reporta a sua existência até 1000 m de altitude, em climas sem geadas e com uma estação seca definida.

2.1.3 Características da madeira

ROJAS e ORTÍZ (1991) descrevem a madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* como sendo de cor clara, com tonalidades desde amarelo até amarelo-laranja no alburno e laranja a marrom avermelhado no cerne.

No seu lugar de origem, PLUMPTRE (1984) anota que a madeira do lenho tardio é de cor marrom escura e a do lenho inicial é notoriamente amarela; com anéis de crescimento distintos e muito comumente ocorrem falsos anéis de crescimento e depósitos de resina no lenho tardio; densidade básica média de 0,6 g/cm³, considerada como densa e pesada; apresentando grã entrecruzada num complexo padrão de desenvolvimento, o que afeta grandemente a sua utilização.

Em relação a sua anatomia a nível microscópico, a madeira apresenta traqueídes axiais com grandes pontuações areoladas nas suas paredes radiais do lenho inicial e menores nas traqueídes do lenho tardio; raios unisseriados e fusiformes, com altura máxima de 15 células, heterogêneos, com

2 a 6 pontoações do tipo pinóide no seu campo de cruzamento, traqueídes radiais marginais e intercalares, com presença de identuras e pequenas pontoações areoladas; parênquima axial ausente; canais resiníferos axiais e radiais presentes, de acordo com JACQUIOT (1955).

2.1.4 Usos da madeira

Pode-se usar a madeira na produção de lenha, carvão, postes para redes telefônicas ou elétricas, polpa para papel, assoalhos, compensados, construção civil, móveis e artesanatos. Sua resina pode ser usada na elaboração de desinfetantes e pinturas e outros produtos (ROJAS e ORTÍZ, 1991).

2.2 Variação da densidade na madeira das coníferas

Segundo ALMEIDA (1989) no lenho das coníferas a variação da densidade se deve essencialmente às variações do diâmetro radial e da espessura da parede das traqueídes, variáveis que também intervêm na delimitação e na transição dos lenhos inicial e tardio. Durante a expansão das gemas terminais da copa e crescimento das acículas do ano é formada uma maior quantidade de auxinas que ao atuar na camada cambial, estimulam o crescimento radial das células em detrimento do comprimento e espessamento das paredes, processo que acontece de forma mais ou menos gradual conforme a idade, percentagem de copa e distância da mesma. Quando as acículas completam o seu crescimento diminui a disponibilidade auxínica da copa e aumenta a de nutrientes, permitindo um aumento da fase de alongamento/maturação e espessamento das paredes das traqueídes que formam o lenho tardio.

ALMEIDA (1989) citando Denne e Dodd (1981) conclui que são as complexas interações entre o crescimento em altura, a disponibilidade de nutrientes, o balanço dos reguladores do crescimento e a atividade radicular das árvores, em conjugação com a sua idade fisiológica e as dimensões relativas da copa que influenciam a formação do lenho, cuja variação, determinará a "qualidade da madeira" produzida.

Com relação ao gênero *Pinus sp.* descrevem-se 2 gradientes de variação da densidade da madeira dentro de uma árvore: (i) horizontal, com grande dependência da idade, e (ii) vertical, com uma região central (lenho juvenil) indiferenciado ao longo do tronco da árvore pela forte influência da copa e uma região periférica (lenho adulto).

Assim, além dos efeitos ambientais e/ou genéticos, a idade da árvore e a extensão da copa são fontes de variação da estrutura anatômica da madeira, da mesma forma que o espaçamento, fertilidade do solo, desbastes e desramas, afetam a qualidade da madeira (Larson, 1969; Sardinha, 1977; Denne e Dodd, 1981; citados por ALMEIDA (1989)).

MEGRAW (1985) citando Fernow (1896) estabelece a existência de considerável variação da densidade da madeira em uma árvore com modelos de variação apresentando certa consistência e previsibilidade. Segundo Elliot (1970) citado por ALMEIDA (1989) esses modelos podem ser extremamente diferentes de uma espécie de conífera para outra e variam com as condições de crescimento.

De um modo geral, segundo Elliot (1970) citado por ALMEIDA (1989) as tendências da variação da densidade da madeira no sentido radial no tronco de árvores de coníferas cultivadas e em idades não muito avançadas, são:

- a densidade da madeira aumenta da medula para a casca;
- a densidade da madeira é mais elevada próxima a medula, decresce nos primeiros anos, e depois aumenta até atingir um valor máximo, com a maturidade das árvores.

Em árvores com idades muito avançadas, com lenho senescente, observa-se que a densidade da madeira aumenta nos primeiros anéis de crescimento próximos à medula e mantem-se em valores mais ou menos constantes, ou pode decrescer, a partir de determinada altura no fuste, em direção à casca.

Pesquisas feitas com *P. radiata* permitiram observar um incremento acentuado da densidade da madeira na direção medula- casca mostrando, também,

que o valor da densidade básica da medula nos 10 anéis de crescimento externos (Próximos da casca) estava altamente relacionado com a variação da temperatura anual do sitio ($r^2=0.88$), (COWN e McCONCHIE, 1980), Harris (1953), citado por COWN e KIBBLEWHITE (1980).

Esses resultados foram confirmados através de outros trabalhos (HARRIS, 1981) e permitem concluir que:

- existe um padrão consistente de incremento da densidade da madeira da medula para a casca, com tendência a atingir um valor constante entre os 15 e 20 anos de idade da árvore;
- que as árvores produzem diferentes valores de densidade média da madeira em função da variação em altitude e latitude das regiões;
- a densidade da madeira nos anéis de crescimento internos (próximos a medula) está menos sujeita às variações regionais.

O gradiente de variação dos valores de densidade da madeira, ou os valores máximos de estabilização com a idade das árvores podem ser muito diferentes em uma mesma espécie, quando cultivada em diferentes condições (Bamber e Burley, 1983; citados por KLOCK, 1989)

Muitas pesquisas evidenciam que essas variações e seus intrincados relacionamentos; como em árvores de *P. contorta*, a densidade da madeira na altura do DAP decresceu nos anéis de crescimento próximos à medula e logo aumentou em direção do exterior do tronco quando atingiu o seu máximo valor (TAYLOR *et alii*, 1982).

VAN BUIJTENEN (1964) em uma pesquisa com *P. caribaea*, concluiu que a percentagem de lenho tardio tem uma forte influencia na densidade da madeira, seguida pela espessura da parede das traqueídes e pelo diâmetro da árvore. BARRICHELO e BRITO (1978, 1979) observaram que existe uma correlação positiva entre o teor de lenho tardio e a densidade básica da madeira, tanto na altura do DAP (*P. taeda*) como a diferentes alturas no fuste (*P. caribaea* var. *hondurensis*). Para árvores de *P. caribaea* var. *hondurensis*, concluíram que a variação radial da densidade da madeira não mostra um padrão definido

(medula-casca), sendo que no lenho inicial há uma diminuição nos primeiros anéis de crescimento, com valores de densidade de 0,346 a 0,381 g/cm³; nos lenhos tardios ocorreu um crescimento pronunciado até o 5º anel de crescimento, a partir do qual, as diferenças não foram significativas.

O modelo de variação radial da densidade da madeira segundo PANSIN e DE ZEEW (1970) é do tipo 3, onde o valor da densidade aumenta próximo à medula, permanece mais ou menos constante e, algumas vezes, decresce nos últimos anéis de crescimento formados próximos à casca.

Esta tendência foi também observada por BURLEY *et alii* (1977) ao trabalharem com amostras de madeira de árvores de *P. caribaea* var. *hondurensis* com 10 anos na Jamaica onde, na análise de cada anel de crescimento, a densidade da madeira no lenho tardio foi 30 a 100 % maior que a do inicial, com as menores diferenças ocorrendo na região próxima a medula, quando as árvores estão se desenvolvendo em um ritmo de crescimento mais ou menos intenso e praticamente livres de competição. Nesta fase as árvores de *P. caribaea*, quando têm condições adequadas apresentam pequenas diferenças entre os lenhos que, a partir de uma certa idade, tornam-se marcantes e bastante influenciáveis pelas alterações climáticas e/ou pela adoção de práticas silviculturais, como desbaste ou desrama.

A diferença de densidade entre o lenho inicial e tardio pode ser de 2 a 5 vezes conforme a espécie, sendo que nas espécies em que a zona de lenho tardio não é claramente diferenciada e/ou demarcada a correlação é menos elevada, dando à madeira uma característica de relativa homogeneidade PANSIN e DE ZEEW (1970) e ELLIOT (1970).

2.3 Considerações sobre a madeira juvenil

Estudos com *P. caribaea* var. *hondurensis* mostram que a madeira juvenil forma-se muito rapidamente em árvores de reflorestamentos, particularmente em sítios férteis, devido ao crescimento mais vigoroso dessa

variedade em relação às outras, atingindo a dimensão comercial com uma alta proporção de madeira juvenil; com alta porcentagem de lenho inicial em relação ao tardio, traqueídes mais curtas e madeira com densidade baixa. O cone central de madeira juvenil geralmente coincide com 5° - 8° anéis de crescimento, com gradual transição da madeira juvenil-adulta com variações devidas às características genéticas, solo, clima e manejo florestal. O valor da densidade da madeira juvenil pode ser 2/3 da madura e a sua resistência a metade; possui grã espiralada e defeitos de secagem, pela presença da madeira de compressão (COWN *et alii*, 1981).

Considerando que as propriedades da madeira mudam de uma maneira gradual em relação à idade da árvore não há um perfeito e claro período de produção da madeira juvenil e da madeira madura, podendo ser determinado de uma maneira arbitrária. Possivelmente a madeira formada cada ano assume gradualmente as características de madeira madura, com diferenças entre espécies. As pesquisas com espaçamento, adubação, desbastes, rotações e diferentes processamentos poderiam contribuir para o estabelecimento definitivo da demarcação ou na obtenção de uma proporção adequada entre elas, tendo em consideração que as suas propriedades podem variar significativamente entre as árvores, espécies, sítios e procedências (BENDTSEN e SENFT, 1986; COWN, 1992).

A variação da madeira juvenil para a madura não é a mesma para as outras características: a densidade da madeira geralmente altera e se estabiliza mais rapidamente do que o comprimento das traqueídes que atinge uma estabilidade antes da espessura da parede celular. Assim, zonas de madeira juvenil em relação a densidade da madeira, comprimento e espessura das traqueídes, não são as mesmas dentro de uma mesma árvore (KLOCK, 1989; ZOBEL e VAN BUIJTENEN, 1989).

A madeira juvenil é considerada de menor qualidade pelas suas características de baixa densidade, traqueídes curtas, maior ângulo fibrilar, grã em espiral, alta contração longitudinal, paredes celulares finas, baixa porcentagem de lenho tardio, baixo teor de celulose e maior quantidade de madeira de

compressão. (Bendtsen, 1978; citado por COWN, 1992). Neste ponto, muitos autores mostram a importância de se reconhecer a madeira juvenil como uma madeira diferente, não necessariamente como uma madeira de qualidade inferior (Zobel, 1984, citado por ZOBEL e VAN BUIJTENEN, 1989).

COWN (1992) considera a madeira juvenil particularmente importante em coníferas exóticas de rápido crescimento, selecionadas, cultivadas em solos férteis e manejadas silviculturalmente, permitindo obter toras de boas dimensões através de rotações mais curtas, aumentando a porcentagem desta madeira no mercado, com abundância de nós e baixa densidade. É importante ter em consideração que a taxa de crescimento por si não altera significativamente as propriedades da madeira, porém altera a proporção de lenho juvenil e adulto nas toras de dimensões comerciais (Bamber e Burley, 1983; citados por KLOCK, 1989).

Quando a árvore está crescendo em altura o câmbio forma células de lenho inicial e o lenho tardio é produzido após a redução deste crescimento. Dessa forma quando uma árvore cresce a taxas constantes em altura apresentando um desenvolvimento ideal, a sua madeira deverá apresentar densidade muito baixa (Larson, 1973, citado por ZOBEL *et alii*, 1988).

Um exemplo é dado por Barbour (1990) citado por BARBOUR (1991) que observou que altas taxas de crescimento iniciais em árvores de *Picea marina* e *Pinus banksiana*, produziram densidade da madeira com valores 6% mais baixos do que a média para essas espécies, que pode resultar num efeito negativo no rendimento, resistência e na contração da madeira.

A madeira juvenil é indesejável pelas suas características e reflexo nos produtos de madeira sólida e produção de polpa e papel. Para uso estrutural tem baixa resistência, entortamentos, acabamento ruim, além de uma excessiva movimentação em resposta à umidade. Afeta o rendimento da polpa de celulose embora a homogênea distribuição e baixos valores da densidade e a menor porcentagem de lenho tardio a transformem num material ideal para a produção de

certos tipos de polpas e papéis. (Zobel e Talbert, 1984; Pearson e Gilmore, 1980; Carpenter, 1984; citados por COWN, 1992; JOZSA e MIDDLETON, 1994)

2.4 Morfologia e variação das células do lenho

Para o *P. caribaea* var. *hondurensis*, BARRICHELO e BRITO (1979) encontraram que as traqueídes de lenho inicial e tardio, aumentam acentuadamente em comprimento e de uma maneira linear até o 5° ou 6° anel de crescimento. A partir do 7° anel o aumento é menos acentuado, tendendo para um valor mais ou menos constante. O lenho tardio apresentou traqueídes com uma largura menor do que no lenho inicial e o diâmetro do lume não apresentou um modelo definido de variação no sentido medula-casca.

Para a mesma variedade KLOCK (1989) reporta um aumento do comprimento das traqueídes na direção radial com maiores aumentos ocorrendo do 2° ao 8° anel de crescimento e com uma diminuição gradativa nos anéis subsequentes. As traqueídes do lenho tardio apresentaram comprimento médio ligeiramente superior às do lenho inicial; o diâmetro médio do lume e a espessura média da parede celular aumentaram com a idade, sendo mais acentuado nos primeiros anéis de crescimento.

ALMEIDA (1989) trabalhando com *P. pinaster* verificou que o comprimento das traqueídes teve forte incremento, quase linear, nos primeiros 10 anos, com valores de 1,74 a 4 - 4,5 mm no cilindro central, correspondente à madeira juvenil e após o qual mostrou uma estabilização.

O efeito dos fatores fisiológicos e dos tratamentos silviculturais nas propriedades da madeira podem estar relacionados com a forma que afetam a velocidade do crescimento das árvores. Um rápido crescimento em diâmetro requer uma taxa mais elevada de divisões anticlinais na camada cambial, que tende a reduzir o comprimento das traqueídes. O estresse por umidade também reduz o comprimento das traqueídes, especialmente no lenho tardio, sendo que o efeito mais marcado do déficit de umidade é a formação de falsos anéis de crescimento (HARRIS *et alii*, 1978).

Em *P. radiata*, SHERIFF e WHITEHEAD (1984) observaram como o deficit de água reduziu o diâmetro do lume das traqueídes, aumentando a espessura das suas paredes. Assim mesmo, tem-se registrado uma redução na largura das traqueídes como consequência deste deficit. (Larson, 1969; citado por DUARTE, 1982).

2.5 O manejo florestal em relação às características da madeira

Após a implantação de uma floresta, as árvores passam por uma fase de crescimento livre com plena disponibilidade dos fatores do sítio, que se reflete nas suas características dendrométricas. Com o crescimento e desenvolvimento das árvores, as suas copas se fecham, iniciando-se a competição e, desta forma, cada planta passa a dispor de um microambiente específico onde as diferenças mais acentuadas verificam-se entre as classes de copa e de diâmetro do tronco (DUARTE, 1982).

Schultz (1986) citado por KLOCK (1989) afirma que os tratamentos culturais mudam as propriedades da madeira, mas os resultados disponíveis são muito inconsistentes, além de não existir uma relação inversa definitiva entre a densidade da madeira e taxa de crescimento e, por consequência, árvores de rápido crescimento não terão necessariamente madeira de baixa qualidade.

O espaço disponível para uma árvore crescer se encontra intimamente ligado com seu índice de crescimento, o que afeta a qualidade da madeira evidenciada na largura dos anéis, devido que à medida que esta aumenta há também um aumento na proporção de lenho inicial, sem aumento proporcional do lenho tardio. Isto resulta em faixas alternadas e largas de lenhos inicial e tardio, com uma textura irregular, sendo esta, talvez a maior desvantagem da madeira de rápido crescimento quando usada em serraria. (FISHWICK, 1976).

Em um povoamento florestal fechado, a porcentagem de lenho tardio no tronco das árvores varia com a classe e o desenvolvimento da copa. Uma árvore dominante, com copa vigorosa, deverá produzir faixas relativamente

largas de lenho inicial, e as árvores dos estratos inferiores normalmente possuem uma porcentagem de lenho tardio mais elevada e, conseqüentemente, uma madeira mais densa (Larson, 1963; citado por DUARTE, 1982).

O espaçamento como tratamento silvicultural, pode afetar a taxa de crescimento das plantas, a qualidade da madeira, características de ramificação e a idade de corte, sendo que esses efeitos, em alguns casos, são atribuídos à espécie e sua interação com a qualidade do sítio (FISHWICK, 1976; BALLONI *et alii*, 1980). Uma compilação das informações do efeito do espaçamento em várias espécies florestais, em diversas partes do mundo, revela que esta pratica de manejo parece não afetar o crescimento em altura das árvores. Em todas as pesquisas, o diâmetro médio das árvores aumentaram com o aumento do espaçamento, para todas as espécies, em todos os sítios (FISHWICK, 1976).

A altura, DAP, sobrevivência e conicidade do fuste das árvores são características possíveis de alteração pelo espaçamento, com a maior influência observada no DAP, mais do que na altura das árvores. A diminuição do espaçamento dentro de certos limites e para muitas espécies, tende a aumentar o número de árvores dominadas e contribui efetivamente para a diminuição da altura média do povoamento (BALLONI e SIMÕES, 1980).

PALMER *et alii* (1995) mostram que dependendo da espécie, o espaçamento pode ou não alterar as características de crescimento das árvores. Em plantas de *P. patula* e *C. lusitanica*, observaram que a primeira espécie apresentou tendência a aumento em altura e diâmetro, com o incremento do espaçamento inicial. Em *C. lusitanica* o espaçamento não afetou o crescimento em altura, embora as árvores com maior diâmetro e maior volume de madeira foram as dos espaçamentos maiores. Nas duas espécies não se evidencia efeito do espaçamento em relação a densidade básica da madeira.

A competição entre as copas das árvores foi também introduzida como uma medida do efeito do espaço de crescimento, relativamente independente do sítio. Estudos de espaçamentos como os de Evert (1971) citado por GALLAGHER (1981) indicam a importancia prática do tamanho da copa das

árvores as dimensões dos galhos e, conseqüentemente, na qualidade da madeira. As diferenças no crescimento das árvores, depois do desbaste, mostram a vantagem de um desbaste precoce e intenso que permita um ótimo desenvolvimento da copa.

No caso de árvores de *P. caribaea* var. *hondurensis* em diferentes regiões foi observado um incremento progressivo do diâmetro do tronco com o aumento do espaçamento, em todos os sítios, com uma densidade média da madeira de 0,48 g/cm³, variando entre 0,41 e 0,55 g/cm³. O menor valor da densidade da madeira foi obtido nos espaçamentos menores, e com o DAP médio das árvores reduzido significativamente. O DAP das árvores aumentou pela redução da competição, entre os indivíduos nas parcelas com o maior espaçamento. A sobrevivência das árvores foi também afetada, com maior número de falhas, nos espaçamentos menores, depois que o talhão atingiu o ponto de estagnação. (WHITMORE e LIEGEL, 1980; TOLEDO e PIRES, 1980; BERTOLOTI e MOTA, 1980; VALE *et alii*, 1992;)

Com o *P. caribaea* var. *caribaea*, BLANCO *et alii* (1989) concluíram que os espaçamentos não afetam o crescimento em altura e diâmetro das árvores, até os 5 anos. A partir desta idade e até os 14 anos o espaçamento manifesta sua influência de maneira significativa; obtendo-se com o espaçamento de 3 × 2,5 m o diâmetro médio maior das árvores.

Para árvores de *P. pinaster*, em 4 espaçamentos, a altura não foi significativamente afetada, atingindo o seu maior valor aos 8 anos para todos os espaçamentos. A mortalidade das plantas foi pequena (5%) até os 12 anos, e incrementou marcadamente nos espaçamentos mais densos durante os 4 anos seguintes (VON EULER *et alii*, 1992).

Para árvores de *P. tropicalis* em Cuba, BLANCO *et alii* (1988) não acharam diferenças significativas entre os diâmetros médios, aos 10 anos. Foram obtidos valores significativamente superiores aos 14 anos, sugerindo que os espaçamentos de 3 × 3, 3 × 2,5 e 3 × 2 m para produzir madeira de grandes dimensões

para serraria. Com relação à altura das árvores conclui-se que os espaçamentos estudados não exerceram influência significativa, até os 14 anos de idade.

Espaçamentos amplos em plantações florestais produzem árvores com largos cones de madeira juvenil (ZOBEL e VAN BUIJTENEN, 1989), e desbastes severos estão relacionados com a redução da densidade da madeira e do comprimento das traqueídes, além de um possível aumento do lenho de compressão (Schultz, 1986; citado por KLOCK, 1989).

SUTTON e HARRIS (1974) acharam para árvores de *P. radiata* um incremento gradual no crescimento radial, até por três anos, depois de um desbaste moderado. Um desbaste pesado mostrou um rápido incremento no crescimento radial das árvores, no primeiro ano, sem alteração na densidade da madeira, para depois decrescer e apresentar um valor quase igual ao do desbaste moderado.

Outro efeito importante do espaçamento são os defeitos resultantes no fuste das árvores, importantes em relação ao valor e qualidade dos produtos da madeira que possam ser obtidos (BARBOUR, 1991, citando Ralston, 1953; Guilkey e Westing, 1956; Godman e Cooley, 1970; Bella e de Francheschi, 1974, 1980; Janas e Brand, 1988). Mudanças na forma dos fustes das árvores em uma plantação, são resultado do incremento do espaçamento, sendo que espaçamentos maiores de 3×3m incrementaram a má forma do fuste das árvores.

2.6 Características da madeira de árvores de *Pinus caribaea* crescendo como exótica

É apresentado no presente item uma recompilação de diferentes experiências com o *Pinus caribaea*, quando plantado como uma espécie exótica (Tabela 1).

Tabela 1. Características da madeira de árvores de *Pinus caribaea* quando plantado como uma espécie exótica.

Local	Características da madeira
Kuala Lumpur	Abundância de falsos anéis com a densidade da madeira estabilizando se entre 7°e10° primeiros anéis de crescimento (Harris, 1970)*
Trinidad	Grande variação da densidade da madeira e comprimento das traqueídes, em árvores individuais, aos 12 anos de idade (Andrew e Hughes, 1973)*
Austrália	O <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> apresentou alta adaptabilidade em ampla variedade de condições ecológicas e maior quantidade de madeira de compressão, devido a sua pobre forma (SMITH, 1977)** Aos 19 anos a densidade média da madeira foi 0.45 g/cm ³ , com madeira uniforme e fácil de trabalhar (Hawkins <i>et alii</i> , 1978)*
Fiji	A densidade da madeira entre árvores variou de 0.44 a 0.73 g/cm ³ (Burley e Palmer, 1979)* A densidade da madeira nas árvores foi significativamente afetada pela idade (COWN <i>et alii</i> , 1981)** O comprimento das traqueídes no <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> foi de 3.5mm, maior do que para outros <i>Pinus</i> (COWN <i>et alii</i> , 1983)**
Africa do Sul	O rendimento em polpa e a densidade da madeira do <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> foram menores do que para outros <i>Pinus</i> (Falkenhagen, 1979)*
Jamaica	Alta variação dentro das árvores dos valores médios da densidade da madeira, no <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , variando de 0.32 a 0.39 g/cm ³ e o comprimento das traqueídes de 2.5 a 3.36 mm (BURLEY <i>et alii</i> , 1977)** Alta variação da densidade da madeira entre e dentro das árvores (Brown, 1983)*
Malásia	Abundancia de falsos anéis de crescimento e estabilização da densidade da madeira nos 12 primeiros anéis de crescimento (Harris, 1983)*
Zimbabwe	Não foi achada diferença significativa na densidade da madeira entre as três variedades de <i>P. caribaea</i> (Mullin <i>et alii</i> , 1983)*
Brasil	A variedade <i>P. caribaea</i> var. <i>caribaea</i> apresentou a mais alta densidade da madeira (0.40 g/cm ³) a variedade <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> foi intermediária (0.37 g/cm ³), sendo a variedade <i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> a mais baixa (0.36 g/cm ³) (Woessner, 1983)* Em Mogi Mirim-SP, aos 17 anos, a densidade básica média da madeira na variedade <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> foi 0.37 g/cm ³ , sem variação significativa entre espaçamentos, embora, com ligeira tendencia de aumento nos maiores espaçamentos (3,0x2,5 m). As dimensões das traqueídes não variou com os espaçamentos, com valores médios de 3.95 mm para o comprimento; 59.05 µm na largura, 44.98 µm no diâmetro do lume e 7 µm na espessura das paredes. (MONTAGNA e BARBOSA, 1983)** A variedade <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , com 8 anos, crescendo em solos de baixa fertilidade no litoral norte do estado da Bahia, apresentou uma densidade média da madeira de 0,449 g/cm ³ , com um acréscimo na direção radial. (REZENDE, 1987)**

* referencias bibliográficas segundo ZOBEL, VAN WYK e STAHL, 1988.

** referencias bibliográficas consultadas no original

Boone e Chudnoff (1972) citados por KLOCK (1989) constataram que a madeira juvenil, resultado do rápido crescimento das árvores, em plantações de *Pinus caribaea* apresentou um decréscimo de cerca de 50% no valor da densidade da madeira, em relação às árvores da espécie ^{de} florestas naturais.

O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* quando plantado como exótica é notoriamente variável na densidade de sua madeira, sendo em Fiji, classificada como variando de média a alta, com alta variação entre árvores e sem relação com o diâmetro das árvores; não permitindo concluir que a velocidade de crescimento das árvores não tem influência na densidade da madeira. (de Villiers, 1974; Harris, 1977 e Plumptre, 1977, citados por COWN *et alii*, 1981).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi instalado na Estação Experimental de Recursos Naturais Renováveis de Anhembi, pertencente a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo ESALQ-USP e situada na margem esquerda do Rio Tietê, em um dos braços da represa de Barra Bonita, a 16 km da cidade de Anhembi no município do mesmo nome, entre as coordenadas geográficas de 22°43' de latitude Sul e 48°10' de longitude Oeste de Greenwich e altitude de 500 m, a aproximadamente 88 km da cidade de Piracicaba-SP (Figura 1).

A estação tem uma área total de 502,76 ha, sendo de maneira geral terras de topografia suave, com relevos variando de plano a levemente ondulados e predominância de solos podzólicos, arenosos e profundos. Do ponto de vista geológico, a área se encontra sobre a Formação Botucatu, representada pelo conjunto de sedimentos da parte mais inferior do grupo São Bento. São arenitos, conglomerados e argilitos do período Triássico, da era Mesozóica, segundo Brasil, 1960; citado por SOUZA, 1995.

O clima em Anhembi é do tipo Cwa, segundo a classificação de Koppen, caracterizado como mesotérmico de inverno seco, com verões quentes e chuvosos e invernos moderadamente frios e secos, sendo que a ocorrência de geadas é rara. A temperatura média do mês mais quente é em torno de 23,7°C e do mais frio é de 18°C, enquanto a temperatura média anual gira em torno de 21°C. O total de chuvas do mês mais seco é inferior a 30 mm, a precipitação média anual varia de 1100 a 1350 mm, com um déficit hídrico anual de 20 mm. A estação seca vai de abril a setembro, sendo julho o mês mais seco e janeiro e fevereiro os meses de maior pluviosidade.

Figura 1. Localização geográfica da área experimental.

3.2 Histórico do experimento

O experimento foi instalado em novembro de 1977 com o objetivo de estudar o efeito dos espaçamentos no desenvolvimento das árvores de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari e sua influência na qualidade da madeira.

O plantio foi feito a partir de mudas produzidas no viveiro do Departamento de Ciências Florestais ESALQ-USP em Piracicaba-SP, provenientes de sementes comerciais oriundas de plantios da DURATEX. As plântulas não receberam nenhuma adubação e o seu manejo constituiu-se de tratos culturais normais até o estabelecimento das árvores.

Na instalação do experimento não houve casualização dos tratamentos e foi obedecido um esquema de blocos com parcelas subdivididas para 5 tratamentos e 4 repetições, em uma área total de 1,92 hectare e um número fixo de plantas, sendo então 64 plantas (8×8) com bordadura simples, das quais somente 36 plantas são mensuráveis em cada uma das 20 parcelas. Na Tabela 2 são apresentados os diferentes tratamentos e na Figura 2, a distribuição das parcelas no campo.

Tabela 2. Diferentes tratamentos de espaçamento e dimensões das parcelas experimentais para árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Tratamento* (Nº)	Espaçamento (m × m)	Dimensão (m)	Área (m ²)
6	3,0 × 1,5	24 × 12	288
7	3,0 × 2,0	24 × 16	384
8	3,0 × 2,5	24 × 20	480
9	3,0 × 3,0	24 × 24	576
10	3,0 × 3,5	24 × 28	672

* a numeração dos tratamentos corresponde a original, feita na instalação do experimento.

Blocos	Parcelas experimentais				
I			6	7	8 9 10
II			6	7	8 9 10
III	6	7	8	9	10
IV	6	7	8	9	10

Figura 2. Esquema da distribuição dos tratamentos de espaçamento na área experimental, para árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Após a instalação do ensaio foram feitas medições das plantas avaliando seu diâmetro e altura, aos 2, 3, 5, 6, 8, 9 e 14 anos de idade, após a qual foi realizado um desbaste de 30% das árvores, abatendo seletivamente as inferiores dominadas e defeituosas.

3.3 Mensuração, amostragem e coleta dos discos de madeira de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Em dezembro de 1994 foi realizada a avaliação do diâmetro (DAP) de todas as árvores, com o objetivo de analisar a distribuição dos indivíduos para todos os tratamentos, em três diferentes classes de diâmetro (Tabela 3).

Foram selecionados os tratamentos de números 6, 8 e 10, ou seja os espaçamentos de 3×1,5; 3×2,5 e 3×3,5 m, respectivamente, para as análise dos parâmetros anatômicos e da densidade da madeira de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Para cada um dos três tratamentos selecionados foram eleitas as árvores incluídas em três diferentes classes de diâmetro: dominadas, intermediárias e dominantes. Dentro de cada uma destas classes foram

selecionadas as árvores com tronco cilíndrico, reto, sem bifurcações ou outros defeitos, evitando com isto a excessiva presença de lenho de compressão ou defeitos que poderiam influenciar os resultados. Este processo de seleção fez com que a amostragem não fosse homogênea para os 4 blocos existentes, nos 3 tratamentos de espaçamento.

Foram selecionadas 35 árvores, 12 para os tratamentos 6 e 10 e 11 árvores para o tratamento 8, devido a excessiva má forma das árvores na classe dominada deste último tratamento.

Em seguida, as árvores foram abatidas e obtidos discos de madeira com aproximadamente 3cm de espessura na altura do DAP (1,30 m) (Tabela 3).

3.4 Preparo dos discos de madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Os discos de madeira foram secos em condições de laboratório no Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, sendo tomados os seus diâmetros máximos e mínimos e selecionado o melhor e mais representativo diâmetro da amostra. Em seguida foi cortada uma amostra diametral com 1cm de espessura por 3 cm de altura. Estas amostras foram lixadas para obter uma melhor visualização dos anéis de crescimento e possíveis defeitos da madeira. (Figura 3a-3b).

Tabela 3. Seleção das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas 4 repetições, dos 4 blocos, nos 3 espaçamentos e classes de diâmetro.

Tratamento	Classe de diâmetro	Bloco	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)
6	dominados	I	12	23,0	24,15
		II	3	15,5	18,95
		III	24	16,5	22,50
		IV	14	21,0	28,70
	Média			19,0	23,58
	intermediários	I	30	27,5	24,80
		II	24	26,5	26,50
		III	34	28,0	29,20
		IV	12	29,0	29,50
	Média			27,8	27,5
	dominantes	II	12	32,0	29,20
		III	14	31,5	30,10
		IV	18	38,0	31,90
		IV	30	36,0	31,70
	Média			34,4	30,73
	dominados	II	2	20,0	26,0
		III	1	20,0	23,60
		III	13	19,0	23,95
	Média			19,6	24,52
8	intermediários	I	20	29,5	24,05
		II	10	25,5	29,65
		III	6	24,5	26,80
		IV	18	29,5	31,50
	Média			27,3	28,00
	dominantes	I	1	32,0	33,00
		I	9	39,0	27,40
		III	24	40,0	30,25
		IV	28	32,5	28,30
	Média			35,9	29,74
	dominados	I	11	24,0	22,10
		II	3	24,0	26,80
		IV	14	25,0	29,50
		IV	30	26,0	29,80
	Média			24,8	27,05
	intermediários	I	6	33,5	26,45
		II	10	34,0	28,40
		III	26	29,5	27,60
		IV	24	28,0	30,00
	Média			31,3	28,11
10	dominantes	I	20	42,0	27,25
		II	33	37,0	25,35
		III	35	36,5	26,80
		IV	4	37,0	28,80
	Média			38,1	27,05

3.5 Avaliação da estrutura anatômica macro e microscópica da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Foram demarcados e cortados corpos de prova de 2×1×1 cm dos discos de madeira na classe de diâmetro intermediária, na região do DAP.

Os blocos de madeira passaram por um umedecimento com água e também glicerina, para permitir a obtenção de cortes finos com espessura de 18 - 24 μ , num micrótomo de deslize Jung AG. Heidelberg.

Os cortes finos foram alvejados em água sanitária a 50, 60 e 70%, e a sua preparação seguiu o método da coloração progressiva. Foram transferidos para uma solução diluída de safranina, e depois desidratados em álcool, em concentrações crescentes de 50,75,90,95 e 100%, durante um minuto em cada concentração. Seguiu-se o banho dos cortes em eucaliptol, para evitar rehidratação dos tecidos e sua imersão em xilol durante cerca de 15 minutos para posterior montagem em bálsamo do Canadá (AZAMBUJA, 1962).

Foram também feitas montagens de cortes não fixados para a observação da ocorrência de resinas.

A descrição anatômica da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, a nível macro e microscópico, foi feita com base no trabalho de CORADIN e MUÑIZ (1992) e PHILLIPS (1948).

3.6 Avaliação das dimensões das traqueídes no sentido medula-casca dos discos de madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Com base na demarcação e numeração dos anéis de crescimento nas amostras de madeira, foram cortados os anéis de crescimento correspondentes aos 3°, 7°, 10°, 13° e 16° anos (Figura 3C-II) com a separação posterior dos seus lenhos inicial e tardio, para transformá-los em pequenos palitos, os quais foram submetidos ao processo de maceração através da imersão do material em uma solução de ácido acético glacial, ácido nítrico e água numa proporção de 5:2:1,

respectivamente, e levado ao banho maria por aproximadamente 30-45 minutos, lavado abundantemente com água, para posterior coloração do material macerado com uma solução aquosa de safranina a 1%. Em seguida, foi feita a montagem de 4 lâminas não permanentes do material macerado, para cada anel de crescimento, sendo duas lâminas por tipo de lenho.

Para as medições foi usado um microscópio binocular Zeiss, com uma lente ocular com escala graduada e objetivas de 3,2x para as medições do comprimento e de 40x para as medições da largura, diâmetro do lume e espessura das paredes das traqueídes, obtendo um fator de correção de 50 μ , com a ajuda de uma lâmina com escala micrométrica. Foi realizada a medição de 20 traqueídes para cada um dos lenhos inicial e tardio, em cada anel de crescimento. As dimensões das traqueídes no sentido medula-casca foram feitas nos anéis de crescimento N° 3, 7, 10, 13 e 16 em discos de madeira das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* da classe de diâmetro intermediária, para os três espaçamentos, em um total de 12 árvores.

3.7 Avaliação da espessura dos anéis de crescimento de discos de madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Definidos os limites de cada anel de crescimento foi feita a sua demarcação e numeração no sentido casca-medula. A espessura total dos anéis de crescimento e a espessura dos lenhos inicial e tardio foram obtidas com a ajuda de um paquímetro "Digimatic" com leitura digital eletrônica, série 500, anotando-se, também, a presença e posição de falsos anéis de crescimento e a espessura do cerne, quando presentes.

3.8 Determinação da densidade básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no sentido medula-casca

Nas amostras diametraais com uma espessura de aproximadamente 1cm (Figura 3C-I) nas quais os anéis de crescimento tinham sido numerados, foram demarcadas 5 amostras de madeira no sentido medula-casca (Tabela 4).

Tabela 4. Seleção das amostras para determinação da densidade básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no sentido medula-casca.

Amostra de madeira (Nº)	Anéis de crescimento Período de crescimento (anos)
1	2 - 5
2	6 - 8
3	9 - 11
4	12 - 14
5	15 - 17

Após a demarcação dos limites dos anéis de crescimento foram cortadas as 5 amostras por árvore, identificadas e imersas em água para a determinação da densidade básica pelo Método do Máximo Teor de Umidade (MTU), de acordo com a equação (1) FOELKEL *et alii* (1983).

$$Db = \frac{1}{\frac{Mt}{Ms} - 0,346} \quad (1)$$

onde:

Db = densidade básica da madeira;

Mt = massa ao ar das amostras completamente saturadas;

Ms = massa absolutamente seca das amostras, a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ até massa constante.

Foi também determinada a densidade básica ponderada para cada disco de madeira, das 35 árvores amostradas, nos 3 espaçamentos.

Figura 3. Seleção das amostras diametrais (a), obtenção da amostra diametral (b), seleção das amostras de madeira para análise e descrição macro e microscópica (c-I), seleção das amostras de madeira para determinação da densidade básica da madeira (c-II), seleção dos anéis de crescimento Nº 3, 7, 10, 13 e 16 para avaliação das dimensões das traqueídes no sentido medula-casca (d).

3.9 Análise estatística

A análise estatística dos resultados obtidos nas determinações da densidade básica, das características morfológicas das traqueídes, da espessura dos anéis de crescimento (e de seus lenhos), foi realizada através de cálculos estatísticos básicos para a determinação de médias e coeficientes de variação; análise de variância entre tratamentos, classes de diâmetro e comparação de médias pelo teste de Tukey.

a. Cálculos estatísticos básicos, que incluíram determinações de médias e coeficientes de variação de:

- densidade básica da madeira nos diferentes tratamentos, nas três classes de diâmetro e por amostras em cada tratamento;

- comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das traqueídes por anel e por tratamento em cada um dos lenhos;

- largura dos anéis de crescimento e dos lenhos inicial e tardio por anel em cada classe de diâmetro entre os tratamentos.

b. Análise de variância de:

- espessura dos anéis de crescimento nos diferentes tratamentos, nas três classes de diâmetro e por posições em cada tratamento.

c. Comparação de médias pelo teste de Tukey da:

- densidade básica da madeira nos diferentes tratamentos, nas três classes de diâmetro e por posições em cada tratamento;

- comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das traqueídes por anel e por tratamento em cada um dos lenhos;

- largura dos anéis de crescimento e dos lenhos inicial e tardio por anel em cada classe de diâmetro entre os tratamentos.

d. Equações de regressão

- foram testados diferentes modelos de equações de regressão para ajustamento de curvas, para as relações entre comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das traqueídes e os anéis de crescimento:

$$y = a + b/x \quad \text{inversa}$$

$$y = a + b_1x + b_2x^2 \quad \text{polinomial de 2º grau}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dimensões das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e sua distribuição por classes de diâmetro

Tabela 5. Distribuição das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* por classes de diâmetro em cada espaçamento.

Tratamento** (espaçamento)	Classe de diâmetro (limites em cm)	Frequência	%
6 (3.0 × 1.5m)	dominada	21	32
	(15.5-23cm)		
	intermediária	39	60
	(23.1-30.5cm)		
	dominante	5	8
	(30.6-38cm)		
Total		65*	100
8 (3.0 × 2.5m)	dominada	21	25
	(13-22.3cm)		
	intermediária	51	60
	(22.4-31.7cm)		
	dominante	13	15
	(31.8-41cm)		
Total		85	100
10 (3.0 × 3.5m)	dominada	31	34
	(19.5-27.3cm)		
	intermediária	47	52
	(27.4-35.2cm)		
	dominante	13	14
	(35.3-43cm)		
Total		91	100

* o número total de árvores corresponde ao número de árvores existentes nas 4 repetições dos 4 blocos; no momento da coleta do material experimental

** o número original de plantas nas 4 repetições, antes da realização de um desbaste aos 14 anos de idade e da coleta de outros materiais de pesquisa era de 144 para todos os tratamentos (espaçamentos) considerando que a área das parcelas era variável.

Observa-se que nos 3 tratamentos de espaçamento, 50 a 60% das árvores se encontram na classe de diâmetro intermediária, além de diferenças entre os limites das classes de diâmetro nos 3 espaçamentos, sendo que no tratamento N° 10 (3,0×3,5 m) as árvores dominantes, intermediárias e dominadas são maiores do que as correspondentes para os demais tratamentos.

4.2 Descrição da estrutura anatômica macro e microscópica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

4.2.1 Caracteres gerais e descrição macroscópica

A madeira apresentou cor clara, com tonalidades variando do amarelo até o amarelo - laranja no alburno e marrom claro avermelhado no cerne. A espessura média do cerne nos tratamentos 8 e 10, espaçamentos de 3,0×2,5 e 3,0×3,5 m, mostrou uma tendência ao aumento nas classes intermediária e dominada em relação com a classe dominante (Tabela 6).

Tabela 6. Teores de cerne nos discos de madeira das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas 3 classes de diâmetro, nos 3 espaçamentos.

Tratamento	Classe de diâmetro	Área do disco de madeira (mm ²)	Área do cerne	
			(mm ²)	(%)
6 (3.0×1.5 m)	dominante	506,6	77,4	15
	intermediária	362,8	61,7	16
	dominada	252,7	24,3	10
8 (3.0×2.5 m)	dominante	483,7	58,3	12
	intermediária	368,4	63,4	17
	dominada	253,9	56,9	22
10 (3.0×3.5 m)	dominante	488,9	59,9	12
	intermediária	418,4	76,4	18
	dominada	320,2	53,8	17

A madeira apresenta brilho e possui odor de resina, quando recém cortada; sua densidade básica média de 0.41 g/cm^3 , considerada como baixa ($\leq 0.50 \text{ g/cm}^3$), segundo CORADIN e MUÑIZ (1992).

A madeira apresenta grã direita a entrecruzada; textura de média a grossa com camadas de crescimento distintas a olho nu e transição abrupta entre os lenhos inicial e tardio, ocasionando um desenho característico, principalmente pela diferença da cor, que varia do amarelo no lenho inicial até o marrom claro, no lenho tardio; raios visíveis sob lente de 10x nos planos transversal e tangencial; presença de canais de resina axiais (muito abundantes e distribuídos em todo o anel de crescimento) e radiais, observados sob aumento de 10x no plano tangencial. Essas características são comuns às reportadas para a variedade por ROJAS e ORTÍZ (1991).

4.2.2 Descrição microscópica

Camadas de crescimento distintas com transição abrupta entre os lenhos, abundância de falsos anéis de crescimento no lenho inicial; traqueídes axiais com seção transversal poligonal e presença de pontoações areoladas na sua parede radial, maiores no lenho inicial do que no tardio, dispostas em fileira única e às vezes, em fileira dupla no lenho inicial. A Tabela 7 apresenta as dimensões das traqueídes dos lenhos inicial e tardio.

Presença de trabéculas e crássulas nas paredes tangenciais das traqueídes axiais; parênquima axial ausente; parênquima epitelial associado aos canais de resina axiais e radiais; raios de 7-8 por mm, exclusivamente unisseriados, fusiformes, com máximo 15 células de altura, heterogeneos; traqueídes radiais marginais e intercalares com identuras e pequenas pontoações areoladas nas suas paredes; pontoações do campo de cruzamento do tipo pinóide, de 2 - 5 por campo (Figuras 4 e 5).

Tabela 7. Dimensões das traqueídes nos lenhos inicial e tardio, na madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

LENHO	Variavel	Comprimento (mm)	Largura (μm)	Diâmetro do lume (μm)	Espessura da parede (μm)
INICIAL	Média	4,15	54,94	40,93	6,99
	Variação	(1,71-7,33)	(16,00-99,50)	(5,20-76,50)	(0,25-35,75)
	Desv.Padrão	1,11	10,87	10,77	2,74
TARDIO	Média	4,27	42,36	16,48	12,94
	Variação	(1,63-7,03)	(19,50-94,50)	(1,70-61,00)	(3,50-37,75)
	Desv.Padrão	1,05	8,36	7,74	3,74

Figura 4. Características anatômicas microscópicas da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nos planos transversal (A), tangencial (B) e radial (C). Aumentos de 25, 75 e 150 $\times$.

Figura 5. Detalhe de alguns elementos anatômicos característicos da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Canal de resina e parênquima epitelial (A), trabécula no plano radial (B), campo de cruzamento (C) e pontoações e crássulas na parede radial das traqueídes axiais (D). Aumentos de 25, 150 e 300 $\times$.

4.3 Avaliação das dimensões das traqueídes no sentido medula-casca, dos discos de madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

A avaliação das dimensões das traqueídes foi calculada para os anéis de crescimento de N° 3, 7, 10, 13 e 16, nas árvores da classe de diâmetro intermediária (12 no total), para os 3 tratamentos de espaçamento (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8. Variação das dimensões das traqueídes, no sentido medula-casca, em 5 anéis de crescimento, das 12 árvores da classe de diâmetro intermediária nos 3 espaçamentos, em discos de madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Característica	Lenho (tipo)	Anéis de crescimento (N°)				
		3	7	10	13	16
Comprimento (mm) CV (%)	Inicial	2,62 (23,1)	4,14 (18,2)	4,72 (17,9)	4,58 (17,0)	4,71 (18,5)
	Tardio	2,91 (21,1)	4,21 (19,5)	4,67 (17,2)	4,59 (17,4)	4,85 (18,9)
Largura (µm) CV (%)	Inicial	47,45 (18,7)	57,32 (17,3)	55,62 (18,4)	6,26 (18,2)	58,07 (19,8)
	Tardio	38,57 (19,6)	44,28 (17,6)	44,12 (19,6)	42,29 (17,8)	42,22 (21,1)
Diâmetro do lume (µm) CV (%)	Inicial	35,54 (25,6)	43,72 (21,4)	41,67 (25,6)	41,57 (25,8)	42,16 (28,4)
	Tardio	20,18 (40,7)	16,98 (42,3)	17,36 (52,5)	13,88 (42,0)	14,29 (43,9)
Espessura da parede (µm) CV (%)	Inicial	5,94 (26,9)	6,75 (23,1)	6,97 (36,3)	7,34 (43,6)	7,96 (46,7)
	Tardio	9,19 (35,9)	13,65 (23,0)	13,38 (25,9)	14,20 (21,0)	13,97 (24,9)

Tabela 9. Variação das dimensões das traqueídes, nas 12 árvores da classe de diâmetro intermediária, no sentido medula-casca, em discos de madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nos 3 espaçamentos 6 (3,0×1,5 m), 8 (3,0×2,5 m) e 10 (3,0×3,5 m).

Característica	Lenho (tipo)	Média por tratamento			Médias totais
		6	8	10	
Comprimento (mm)	Inicial	<u>4,24</u> (26,9)	<u>4,15</u> (28,5)	4,06 (24,5)	4,15 (26,7)
CV (%)	Tardio	<u>4,10</u> (22,7)	<u>4,13</u> (25,8)	4,57 (23,9)	4,27 (24,2)
Largura (µm)	Inicial	<u>54,86</u> (19,8)	<u>52,73</u> (19,36)	<u>57,24</u> (19,4)	54,94 (19,5)
CV (%)	Tardio	<u>41,33</u> (20,9)	<u>40,4</u> (18,7)	45,24 (17,8)	42,36 (19,1)
Diâmetro do lume (µm)	Inicial	<u>40,67</u> (26,8)	<u>39,11</u> (26,1)	43,00 (25,2)	40,93 (26,0)
CV (%)	Tardio	<u>17,32</u> (49,6)	15,31 (43,6)	<u>16,73</u> (45,7)	16,47 (46,7)
Espessura da parede (µm)	Inicial	<u>7,05</u> (44,1)	<u>6,81</u> (39,2)	<u>7,12</u> (33,6)	6,99 (39,2)
CV (%)	Tardio	<u>12,00</u> (29,8)	<u>12,55</u> (29,5)	14,25 (25,1)	12,94 (27,9)

* as médias sublinhadas não diferem estatisticamente entre si, comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** os dados apresentados correspondem às medições globais, independentes dos anéis de crescimento.

4.3.1 Comprimento das traqueídes

A variação do comprimento das traqueídes no sentido medula-casca (anéis de crescimento de N° 3, 7, 10, 13 e 16) para os 3 tratamentos e tipos de lenho, nas árvores da classe de diâmetro intermediária, é apresentada na Figura 6.

Figura 6. Variação do comprimento das traqueídes no sentido medula-casca(anéis de crescimento de N° 3, 7, 10, 13 e 16) de discos de madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nos espaçamentos 6 (3,0x1,5 m), 8 (3,0x2,5 m) e 10 (3,0x3,5 m).

Pela análise da Figura 6A, verifica-se que no espaçamento menor (Trat.6: 3,0×1,5 m) as traqueídes dos lenhos inicial (LI) e tardio (LT) apresentaram incrementos fortes em comprimento do 3° até o 10° anel de crescimento, com valores de 2,8 até 5,0 mm para os de lenho inicial e de 3,1 até 4,5 mm para os de lenho tardio. Após o 10° e até o 16° ano o comprimento das traqueídes permaneceu relativamente constante no lenho tardio e apresentou decréscimo no lenho inicial; com valores de 4,6 mm de comprimento nesses 2 lenhos aos 16 anos.

Verifica-se que no lenho inicial as traqueídes apresentam valores médios de comprimento ligeiramente maiores do que as do lenho tardio que, HARRIS *et alii*, 1978, procuram explicar pelas condições de crescimento resultantes da elevada competição entre as árvores e do efeito do estresse por umidade, reduzindo o comprimento das traqueídes, especialmente no lenho tardio.

No tratamento 8 (3,0×2,5 m) (Figura 6B) as traqueídes dos 2 lenhos aumentam em comprimento, até o 10° anel de crescimento, com 2,3 mm no 3° anel até 4,6 mm no 10° anel para os de lenho inicial e de 2,3 até 4,5 mm para os de lenho tardio. Após este período as traqueídes do lenho inicial superam em comprimento as do lenho tardio, com 5,0 e 4,7 mm, respectivamente no 16° anel de crescimento.

No tratamento 10 (3,0×3,5 m) (Figura 6C) observa-se uma nítida diferença entre o comprimento das traqueídes dos 2 lenhos, sendo que as do lenho tardio apresentam sempre maiores valores. Segundo HARRIS *et alii*(1978) este fato se deve a menor frequência de divisões anticlinais das células cambiais, durante a formação das traqueídes de lenho tardio que possibilita um aumento na fase de crescimento em comprimento e de espessamento da parede celular. A variação de comprimento entre os 3° e 16° anéis de crescimento são de 3,3 a 5,3 mm e 2,7 a 4,5 mm, nos lenhos tardio e inicial, respectivamente.

Em geral o comprimento das traqueídes, em todos os tratamentos e para os 2 tipos de lenho, aumenta quase que o dobro do 3° até o 7° anel de crescimento, com um incremento menos acentuado até o 10° anel. Observações

feitas por vários pesquisadores reportam maiores aumentos entre 2° e 8° anel de crescimento, com uma diminuição gradativa para os anéis de crescimento dos anos subsequentes (BARRICHELO e BRITO, 1979; KLOCK, 1989).

Os valores médios de comprimento das traqueídes se encontram nas variações reportadas por Andrew e Hughes (1973), citado por ZOBEL *et alii* (1988), mostrando, de igual maneira, uma grande variação dentro e entre as árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, evidenciada nos valores dos coeficientes de variação apresentados nas Tabelas 8 e 9. O teste de Tukey apresenta diferença significativa entre as médias só para o comprimento das traqueídes no lenho tardio no tratamento 10 (3,0×3,5 m).

Com relação ao comprimento das traqueídes e, segundo ZOBEL e VAN BUIJTENEN (1989), pode-se concluir que a transição da madeira juvenil para madura, está compreendida entre os 7° - 10° anéis de crescimento.

4.3.2 Largura das traqueídes

Pela análise da Figura 7A-B-C observa-se que as traqueídes de lenho inicial apresentam maiores valores de largura que as de lenho tardio, para todos os tratamentos, com um incremento acentuado do 3° ao 7° anel de crescimento. O teste de Tukey apresenta diferença significativa entre as médias da largura das traqueídes no lenho inicial, sendo que no lenho tardio esta diferença só acontece no tratamento 10 (3,0×3,5 m) Tabela 9.

4.3.3 Diâmetro do lume das traqueídes

Pela análise da Figura 8A-B-C observa-se que para os 3 tratamentos o diâmetro do lume das traqueídes no lenho inicial apresenta um acréscimo em valor entre o 3° ao 7° anel de crescimento, de 2 - 2,5 vezes em relação ao diâmetro do lume nos de lenho tardio.

Figura 7. Variação da largura das traqueídes no sentido medula-casca (anéis de crescimento de N° 3, 7, 10, 13 e 16) de discos de madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nos espaçamentos 6 (3,0x1,5 m), 8 (3,0x2,5 m) e 10 (3,0x3,5 m).

Figura 8. Variação do diâmetro do lume das traqueídes no sentido medula-casca (anéis de crescimento de N° 3, 7, 10, 13 e 16) de discos de madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nos espaçamentos 6 (3,0x1,5 m), 8 (3,0x2,5 m) e 10 (3,0x3,5 m).

Embora haja diferença estatística os valores não são muito discrepantes, com uma variação sem nenhuma tendência definida, em cada um dos lenhos, entre os 3 tratamentos.

4.3.4 Espessura da parede das traqueídes

Verifica-se pela Figura 9A-B-C que nos 3 tratamentos, as traqueídes de lenho tardio apresentaram maior espessura da parede em relação às de lenho inicial. Segundo Larson (1960) citado por ZOBEL e VAN BUIJTENEN (1989) isto deve-se à menor produção de auxinas nos meristemas apicais e maior produção de carboidratos pelas acículas adultas através do processo fotossintético, durante o período de outono-inverno, originando a formação de traqueídes com menores diâmetros e paredes celulares mais espessas. Explicando também, a menor espessura da parede nas traqueídes dos anéis de crescimento produzidos nos primeiros anos até o 7º anel de crescimento, quando as árvores crescem predominantemente em altura, ocorrendo maior disponibilidade de auxinas para as células em crescimento. Com a redução do ritmo de crescimento em altura das árvores inicia-se a formação de traqueídes com paredes celulares mais espessas.

É interessante observar que os acréscimos na espessura da parede das traqueídes também se dá no lenho inicial, embora em proporção muito menor do que no lenho tardio. Isto se deve a influência dos hormônios produzidos durante o crescimento em altura na copa das árvores, mostrando, também, mudanças da madeira juvenil para a madura.

As variações na espessura da parede das traqueídes, mostram que a transição do período juvenil para o adulto encontra-se próxima ao 7º anel de crescimento.

Embora haja diferença estatística os valores da espessura da parede das células nos lenhos inicial e tardio, entre os tratamentos de espaçamento, não são muito diferentes.

Figura 9. Variação da espessura da parede das traqueídes no sentido medula-casca (anéis de crescimento de N° 3, 7, 10, 13 e 16) de discos de madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nos espaçamentos 6 (3,0x1,5 m), 8 (3,0x2,5 m) e 10 (3,0x3,5 m).

A Tabela 10 apresenta a equação de regressão que melhor ajustou a relação entre o comprimento e a espessura da parede das traqueídes, para os dois tipos de lenho, nos três tratamentos.

Tabela 10. Melhor modelo de regressão para ajustamento das curvas, entre o comprimento e a espessura da parede das traqueídes e os anéis de crescimento, nos discos de madeira de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Característica	Lenho	Tratamento de espaçamento	Equação $y=a+b/x$	R ²	F calculada
Comprimento	Inicial	6(3,0x1,5m)	$y=5,302-7,355/x$	0,4063	272
		8(3,0x2,5m)	$y=5,538-9,701/x$	0,6596	771
		10(3,0x3,5m)	$y=5,034-6,792/x$	0,4571	335
	Tardio	6(3,0x1,5m)	$y=4,861-5,319/x$	0,3199	187
		8(3,0x2,5m)	$y=5,290-8,711/x$	0,5546	470
		10(3,0x3,5m)	$y=5,654-7,598/x$	0,4761	361
Espessura da parede	Inicial	6(3,0x1,5m)	$y=8,39-9,33/x$	0,0884	38
		8(3,0x2,5m)	$y=7,44-4,39/x$	0,0266	11
		10(3,0x3,5m)	$y=7,79-4,69/x$	0,0377	16
	Tardio	6(3,0x1,5m)	$y=14,54-17,72/x$	0,2408	126
		8(3,0x2,5m)	$y=15,89-25,09/x$	0,3825	234
		10(3,0x3,5m)	$y=16,24-4,69/x$	0,0377	16

4.4 Avaliação da espessura dos anéis de crescimento de discos de madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Na Tabela 11 e nas Figuras 10, 11 e 12 são apresentadas as variações da espessura dos anéis de crescimento, nos 3 tratamentos e para as árvores dos 3 padrões de diâmetro.

Em todos os tratamentos observa-se que a espessura do lenho tardio é muito pequena, com poucas variações da medula para a casca e sem uma tendência definida entre as classes de diâmetro. A variação da espessura do lenho inicial nos anéis de crescimento de todos os tratamentos, apresentou as seguintes tendências:

- nas árvores das classes dominante e intermediária houve um decréscimo na espessura do lenho inicial entre 2º e 3º anéis de crescimento. Seguindo-se um acréscimo até o 5º - 6º anel de crescimento, voltando a decrescer até o 9º ano, com pequena variação da espessura do lenho até o 16º ano.

- a classe de diâmetro dominada apresentou, da mesma forma, um decréscimo na espessura dos anéis de crescimento até o 3º ano e logo ocorreu um aumento na espessura até o 6º - 8º ano, reduzindo-se gradativamente até o 10º ano.

Em termos dos valores médios, para todas as classes de diâmetro, foi observado um aumento da espessura do lenho inicial no tratamento 6 (3,0×1,5 m) para o tratamento 10 (3,0×3,5 m), sem diferença significativa entre eles (Tabela 11).

Tabela 11. Variação da espessura dos lenhos inicial e tardio nos anéis de crescimento (mm), nos discos de madeira das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nos 3 espaçamentos e 3 classes de diâmetro.

Classe de diâmetro	Lenho (tipo)	Tratamento 6 (3,0×1,5 m)	Tratamento 8 (3,0×2,5 m)	Tratamento 10 (3,0×3,5 m)
dominante	tardio	1,32	0,74	0,90
	CV(%)	(44,8)	(67,3)	(51,3)
	inicial	8,43	8,88	9,03
	CV(%)	(75,9)	(78,3)	(81,2)
intermediária	tardio	0,94	0,85	0,98
	CV(%)	(57,8)	(59,4)	(38,2)
	inicial	6,28	6,47	7,34
	CV(%)	(85,0)	(63,1)	(94,8)
dominada	tardio	0,43	0,43	0,67
	CV(%)	(86,2)	(87,2)	(79,1)
	inicial	4,46	4,63	5,70
	CV(%)	(87,5)	(77,9)	(79,1)

* as médias sublinhadas não diferem estatisticamente entre si, comparadas pelo teste de Tukey ao 5% de probabilidade.

Tabela 12. Análise da variância da espessura dos anéis de crescimento entre os espaçamentos e classes de diâmetro das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Característica	N	GL	Gl residuo	F calculado	F tabela	Significância
Tratamentos	560	2	557	1,16	3,00	n.s.
Classe dominante	192	2	189	0,03	3,00	n.s.
Classe intermediária	192	2	189	0,76	3,00	n.s.
Classe dominada	176	2	173	2,16	3,00	n.s.

n.s. diferença não significativa ao 5% de probabilidade

Figura 10. Variação da espessura dos anéis de crescimento (mm), no sentido medula-casca, nos discos de madeira das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, no tratamento 6 (3,0×1,5 m), para as 3 classes de diâmetro.

Figura 11. Variação da espessura dos anéis de crescimento (mm), no sentido medula-casca, nos discos de madeira das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, no tratamento 8 (3,0x2,5 m), para as 3 classes de diâmetro.

Figura 12. Variação da espessura dos anéis de crescimento (mm), no sentido medula-casca, nos discos de madeira das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, no tratamento 10 (3,0x3,5 m), para as 3 classes de diâmetro.

A variação da espessura dos anéis de crescimento observada nas árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* das classes de diâmetro dominante e intermediária nos três espaçamentos, permite concluir que o período de transição juvenil-adulto, em termos desta característica, está compreendida entre 8° - 10° anéis de crescimento.

Nas árvores da classe dominada o aumento da espessura dos lenhos iniciais até o 6°-8° anos, indicam uma fase juvenil mais extensa com a continuidade do crescimento em altura das plantas dominadas, apesar das taxas de crescimento serem menores às das árvores das demais classes, conforme Larson (1973) citado por ZOBEL *et alii* (1988) quando a árvore está crescendo em altura seu cambio está produzindo células de lenho inicial.

Em relação com à formação de falsos anéis, não foi possível estabelecer uma tendência definida quanto à sua variação entre as classes de diâmetro ou entre os tratamentos de espaçamento. Observa-se que a partir do 5°-7° anéis de crescimento as árvores apresentam uma maior tendência à formação de falsos anéis, situação que surge como uma resposta a mudanças na disponibilidade de água. Na Figura 13 é observada uma ilustração macro e microscópica da formação de falsos anéis de crescimento na madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

A análise da variância realizada entre os tratamentos e classes de diâmetro não mostrou significância estatística, aceitando-se desta forma, a hipótese de igualdade entre os mesmos (Tabela 12). Os incrementos radiais das árvores não apresentam uma diferença marcante entre os tratamentos de espaçamento (Figura 14), sendo que em todos é observado um aumento no incremento radial na classe de diâmetro das árvores dominada para a intermediária e dominante. Os altos coeficientes de variação observados na Tabela 11, podem ter-se originado pela alta variação da espessura dos lenhos dentro e entre às árvores e pelo tipo de amostragem utilizada no presente trabalho.

O incremento radial se traduz em diferenças na espessura dos anéis de crescimento entre as classes de diâmetro. (Figura 15 (a-b-c))

Figura 13 Observação macro e microscópica da formação de falsos anéis de crescimento na madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Aumento de 1,5, 11 e 25 $\times$.

Figura14. Incrementos radiais (mm) das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, para os 3 espaçamentos e 3 classes de diâmetro, obtidos pela avaliação da espessura dos anéis de crescimento em discos de madeira, na altura do DAP.

Figura 15. Comparação da espessura dos anéis de crescimento entre árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nas classes de diâmetro dominante (a), intermediária (b) e dominada (c). Cada traço na escala corresponde a 1 mm.

4.5 Determinação da densidade básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, no sentido medula-casca

Os resultados dos valores da densidade básica ponderada e média da madeira são apresentados nas Tabelas 13 e 14 e Figura 16.

Tabela 13. Variação da densidade básica média ponderada dos discos de madeira (g/cm^3), no sentido medula-casca, em árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nos 3 espaçamentos e 3 classes de diâmetro. Valores médios ponderados de 35 árvores.

Classe de diâmetro	Tratamento 6 (3,0 × 1,5 m)	Tratamento 8 (3,0 × 2,5 m)	Tratamento 10 (3,0 × 3,5 m)	Média por classe
dominante	<u>0,39</u>	<u>0,42</u>	<u>0,41</u>	0,41
CV (%)	(28,8)	(14,2)	(8,04)	(25,5)
intermediária	<u>0,43</u>	<u>0,46</u>	<u>0,42</u>	0,44
CV (%)	(20,8)	(21,8)	(5,18)	(15,9)
dominada	<u>0,35</u>	<u>0,41</u>	<u>0,39</u>	0,38
CV (%)	(7,6)	(5,93)	(9,67)	(7,7)
Média por tratamento	<u>0,39</u>	<u>0,43</u>	<u>0,41</u>	Média total
CV (%)	(21,6)	(15,9)	(7,5)	0,41 (14,9)

* as médias sublinhadas não diferem estatisticamente entre si, comparadas pelo teste de Tukey ao 5% de probabilidade.

Tabela 14. Variação da densidade básica da madeira (g/cm^3) nas 5 amostras, no sentido medula-casca em árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nos 3 espaçamentos e 3 classes de diâmetro. Valores médios de 35 árvores.

Nº Posição radial	Anéis de crescimento (Nº)	Tratamento 6 (3,0 × 1,5 m)	Tratamento 8 (3,0 × 2,5 m)	Tratamento 10 (3,0 × 3,5 m)
1	2º - 5º	<u>0,405</u>	<u>0,454</u>	<u>0,419</u>
CV (%)		(26,6)	(23,6)	(15,0)
2	6º - 8º	<u>0,357</u>	<u>0,406</u>	<u>0,384</u>
CV (%)		(15,5)	(23,0)	(10,8)
3	9º - 11º	<u>0,430</u>	<u>0,442</u>	<u>0,452</u>
CV (%)		(14,4)	(12,6)	(8,8)
4	12º - 14º	<u>0,479</u>	<u>0,448</u>	<u>0,482</u>
CV (%)		(16,1)	(13,5)	(9,26)
5	15º - 17º	<u>0,490</u>	<u>0,467</u>	<u>0,468</u>
CV (%)		(16,2)	(14,7)	(10,9)

* as médias sublinhadas não diferem estatisticamente entre si, comparadas pelo teste de Tukey ao 5% de probabilidade.

Figura 16. Variação da densidade básica da madeira (g/cm^3), nas 5 amostras, no sentido medula-casca, de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nos 3 tratamentos de espaçamento e 3 classes de diâmetro.

Pela análise da Figura 16 observa-se que no tratamento 6 (3,0×1,5 m) em relação a variação no sentido medula-casca, houve, para as árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, das 3 classes de diâmetro, um decréscimo da densidade da madeira da amostra N° 1 (anéis de crescimento 2°-5°) para a de N° 2 (anéis de crescimento 6°-8°) aumentando para a de N° 3 (anéis de crescimento 9°-11°) e N° 4 (anéis de crescimento 12°-14°) para se estabilizar em direção a casca. As árvores da classe de diâmetro intermediária mostraram valores da densidade da madeira pouco superiores aos da classe dominante, variando de 0.44 (nos anéis mais internos, próximos da medula) até 0.51 g/cm³ (nos anéis mais externos, próximos da casca). Na classe dominante a densidade da madeira varia de 0.40 até 0.51 g/cm³, no sentido medula-casca, respectivamente. Em termos gerais o modelo de variação da densidade da madeira foi similar nas diferentes classes de diâmetro das árvores.

O tratamento 6 apresentou um valor de densidade básica da madeira média ponderada de 0,39 g/cm³.

No tratamento 8 (3,0×2,5 m) verificou-se um decréscimo da densidade da madeira nas classes de diâmetro intermediária e dominada da amostra N° 1 (anéis de crescimento 2°-5°) para a de N° 2 (anéis de crescimento 6°-8°). Na classe dominante houve um incremento uniforme da densidade da madeira até a amostra N° 3 (anéis de crescimento 9°-11°) enquanto que na classe intermediária, apresentam uma variação menor. Na classe dominada ocorreu um aumento da densidade da madeira até a amostra N° 4 (anéis de crescimento 12°-14°), decrescendo na de N° 5 (anéis de crescimento 15° - 17°). As variações da densidade da madeira foram de 0,45-0,46, 0,49-0,46, 0,42-0,48 g/cm³, para as classes dominada, intermediária e dominante, no sentido medula-casca, respectivamente.

O tratamento 8 apresentou uma densidade básica da madeira média ponderada de 0,43 g/cm³.

No tratamento 10 (3,0×3,5 m) verificou-se o mesmo modelo de variação da densidade da madeira para as árvores das classes de diâmetro

intermediárias e dominante, com valores de 0.42 e 0.40 g/cm³ (próximo a medula) e de 0.52 e 0.46 g/cm³ (próximo a casca), respectivamente. As árvores da classe dominada apresentaram um decréscimo pronunciado da densidade da madeira da amostra N° 1 (anéis de crescimento 2°-5°) para a de N° 2 (anéis de crescimento 6°-8°), com um incremento pronunciado até a amostra N° 4 (anéis de crescimento 12°-14°) e um com novo decréscimo até a casca. O valor da densidade básica média ponderada neste tratamento foi de 0,41 g/cm³.

Ao se compararem os 3 tratamentos pode-se concluir que o menor dos espaçamentos (tra.6) apresenta a variação mais uniforme entre suas 3 classes de diâmetro, resposta que pode-se atribuir a uma maior competição entre todas as árvores no povoamento.

O modelo de variação da densidade da madeira no sentido radial, nos 3 tratamentos, concorda com o relacionado por Elliot (1970) citado por ALMEIDA (1989) onde, para as coníferas cultivadas até idades não muito avançadas, a densidade da madeira é mais elevada junto à medula, decresce nos primeiros anos e depois aumenta até um valor máximo, nos últimos anéis de crescimento próximos à casca.

O decréscimo inicial da densidade da madeira possivelmente se deve a maior taxa de crescimento em altura das plantas no estágio inicial, aumentando a porcentagem de madeira juvenil: menor para as classes intermediárias e dominada no maior dos espaçamentos (trat10) e sempre presente na classe dominante nos três tratamentos, o que também pode-se ligar a uma prolongação do período juvenil nesta última classe, que se estende até os anéis 12-13 e 14 (amostra N° 4), enquanto para as outras duas classes, nos 3 tratamentos, o período de transição juvenil-adulto pode-se definir, segundo esta característica, entre os anéis 9-10 e 11 (amostra N°3).

Como observa-se na Tabela 13 as árvores da classe intermediária mostraram valores de densidade da madeira maiores do que as da classe dominante o que concorda com ZOBEL *et alii* (1988) que, citando Larson (1973) assinala a maior possibilidade de uma árvore dominante crescer em altura,

possibilitando a formação de lenho inicial mais espesso, que dá a sua madeira uma densidade menor. Da mesma forma, o decréscimo da espessura do lenho tardio da classe intermediária para a dominada, nos 3 tratamentos, explica também o decréscimo correspondente em relação aos valores da densidade básica ponderada (Tabela 11).

O teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, na comparação entre as médias ponderadas da densidade da madeira, não mostrou diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 13).

Os resultados permitem observar uma alta variação dos valores da densidade da madeira dentro e entre árvores, característica do gênero *Pinus*, devida a fatores genéticos e ambientais principalmente, segundo Fernow (1896) citado por MEGRAW (1985); Brown (1983) e Andrew e Hughes (1973), citados por ZOBEL *et alii* (1988).

O valor médio total achado para a densidade média ponderada da madeira de 0,41 g/cm³, se encontra dentro da variação reportada por REZENDE (1987) para árvores crescendo no Estado da Bahia-Brasil, e por Palmer (1979) citado por ZOBEL *et alii* (1988), para árvores da mesma variedade (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) crescendo em Fiji.

5. CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que:

Estrutura anatômica da madeira

-as características anatômicas da madeira de árvores *Pinus caribaea* var. *hondurensis* são similares às descritas para a variedade.

Variação das dimensões das traqueídes no sentido medula-casca, das amostras de madeira

- o comprimento das traqueídes em todos os tratamentos de espaçamento e para os dois tipos de lenho, aumenta quase que o dobro do 3° até o 7° anéis de crescimento, com um incremento menos acentuado até o 10° anel;

- a largura, diâmetro do lume e a espessura da parede das traqueídes, também apresentam mudanças acentuadas até o 7° anel de crescimento, com diferenças marcantes para as traqueídes de lenho inicial e tardio para todos os anéis de crescimento;

- não foram verificadas diferenças estatísticas entre as classes de diâmetro das árvores e os tratamentos de espaçamento, para os parâmetros anatômicos analisados;

- pode-se definir que a região compreendida entre os 7° e 10° anéis de crescimento, constitui-se na transição período juvenil-adulto, com relação aos parâmetros anatômicos da madeira;

- os valores obtidos para as dimensões das traqueídes assemelham-se aos apresentados na literatura, seguindo o mesmo padrão de variação radial;

Variação da espessura dos anéis de crescimento, no sentido medula-casca das amostras de madeira

- os anéis de crescimento para as árvores das 3 classes de diâmetro e 3 espaçamentos, apresentam um modelo de variação de espessura com redução até o 2º- 3º anos, seguindo-se um incremento até o 5º - 6º anos, quando seus valores são gradativamente reduzidos, atingindo um valor estável aos 11 anos. As diferenças entre as árvores das 3 classes de diâmetro referem-se à espessura dos anéis de crescimento, sendo mais largos na classe dominante, mais estreitos na classe dominada e intermediários na classe co-dominante.

Variação da densidade básica da madeira no sentido medula-casca e valor das densidades básicas médias

- a densidade básica média da madeira apresentou valores de 0,39, 0,43 e 0,41 g/cm³ nos tratamentos 6 (3,0×1,5 m), 8 (3,0×2,5 m) e 10 (3,0×3,5 m), respectivamente. Com uma média total para a variedade de 0,41 g/cm³;

- de modo geral, houve um decréscimo do valor da densidade básica da madeira nos 6º e 8º anéis de crescimento, com posterior aumento nos anos subsequentes e com tendência a estabilização até o 14 ano;

- não foram verificadas diferenças estatísticas entre as classes de diâmetro das árvores e os tratamentos de espaçamento para a densidade básica da madeira.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de. **Variação na madeira de *Pinus pinaster* Ait.** Vila Real.1989, 245p. (Tese-Doutorado-Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro).
- AZAMBUJA, D. de. Algumas considerações sobre as técnicas mais empregadas na anatomia da madeira. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, 14(14): 181-202, 1962.
- BALLONI, E. A. & SIMÕES, J.W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **Série Técnica. IPEF**, Piracicaba, 1(3): 1-16, 1980.
- BALLONI, E. A.; MIGLIORINI, J.A.; BRITO, J. O. Produção de energia através de florestas de rápido crescimento. **Circular Técnica. IPEF**, Piracicaba, (103): 1-13, 1980.
- BARBOUR. R. J. Evaluating the influence of spacing and thinning on wood quality. Space to Grow. **Joint Report**, Ontario, (15): 158-62, 1991.
- BARRICHELO, L. E. G. **Estudo das características físicas, anatômicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barr. e Golf. para a produção de celulose Kraft.** Piracicaba, 1979. 167p. (Tese Livre docência-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP).
- BARRICHELO, L. E.G.; BRITO, J.O. Correlações entre teor de lenho tardio e densidade básica para espécies do género *Pinus*. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, (30): 1-6, 1978.

- BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J.O. Variabilidade radial da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. IPEF, Piracicaba (18): 81-102, jun. 1979.
- BENDTSEN, B.A. & SENFT J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown eastern cottonwood and loblolly pine. **Wood and Fiber Science**, Madison, **18**(1): 23-38, 1986.
- BLANCO, J.J.; RAMOS, L.; ROMERO, F.; ALVAREZ E. Comportamiento de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en cinco espaciamientos de plantación en los suelos ferralíticos cuarcíticos amarillos de Vinales. **Revista Forestal Baracoa**. La Habana, **19**(1): 43-53, 1989.
- BLANCO, J.J.; RAMOS, L.; ROMERO, F.; FRIOL, P.; HERRERO, G. Comportamiento de *Pinus tropicalis* en cinco espaciamientos de plantación en los suelos ferralíticos cuarcíticos amarillos de Viñales, Cuba. **Revista Forestal Baracoa**, La Habana, **18**(2): 21-31, 1988.
- BERTOLOTI, G.; MOTA, O. Efeitos do espaçamento de plantio no comportamento do *P. caribaea* Morelet plantado na região da Bahia. **Boletim Informativo**. IPEF, Piracicaba, **8**(27): 15-17, 1980.
- BURLEY, J.; HUGHES, P.F.; GOURLAY, I. Summary report on variation in density and tracheid length of ten trees of *P. caribaea* Mor. var. *hondurensis* Bar. et Golf. from Jamaica. IUFRO Workshop S2.02.08-S2.03.01, Brisbane. 1977.
- CORADIN, V. T. R. & MUÑIZ, G. B. de. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I-Angiospermas e II-Gimnospermae**. Brasília. IBAMA. 19pg. (DIRPED. LPF. Série Técnica, 15). 1992.
- COWN, D. J. Corewood (juvenile wood) in *Pinus radiata* - Should we be concerned? **New Zealand Journal of Forestry Science**. Rotorua, **22**(1): 87-95, 1992.

- COWN, D. J. & McCONCHIE, D.L. Wood property variations in an old-crop stand of Radiata Pine. **New Zealand Journal of Forestry Science**. Rotorua, **10** (3): 508-20, 1980.
- COWN, D. J. & KIBBLEWHITE, R.P. Effects of wood quality variation in New Zealand Radiata Pine on kraft paper properties. **New Zealand Journal of Forestry Science**. Rotorua, **10**(3):521-32, 1980.
- COWN, D. J.; McCONCHIE, D.L. ;YOUNG, G.D. Wood properties of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Research Forest Institute**. Rotorua, 6p, 1981.
- COWN, D. J.; McCONCHIE, D.L. ;YOUNG, G.D. Wood properties of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* grown in Fiji. **Research Forest Institute**. Rotorua, 54p, 1983.
- DUARTE, P.J.C. **Influência do ritmo de crescimento na densidade da madeira de *P. elliottii* Engelm var. *elliottii***. Piracicaba, 98p, 1982. (Tese Mestrado-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP).
- ELLIOT, G. K. Wood density in conifers. Com For Bur. Oxford Tech. Com. (8). 1970.
- FARJON, A. PINES, drawings and descriptions of the genus PINUS. E. J. Brill, Leiden, The Netherlands, 217p, 1984.
- FISHWICK, R. W. Estudos de espaçamentos e desbastes em plantações brasileiras. **Brasil Florestal**. Rio de Janeiro, **7**(26):13-23, 1976.
- FOELKEL, C.E.B.; MILANEZ, A.F.; BUSNARDO, C.A. Método do máximo teor de umidade aplicado à determinação de densidade básica da madeira do eucalipto. **Silvicultura**, São Paulo, **8**(28): 792-6, 1983.
- GALLAGHER, G. J. Biological aspects of spacing and thinning in conifers. IUFRO World Congress. (4):1-162, 1981.

- HARRIS, J.M.; McCHONCHIE, D. L.; POVEY, W.A. Wood properties of clonal radiata pine grow in soils with different levels of available nitrogen, phosphorus and water. **New Zealand Journal of Forestry Science**. Rotorua, **8**(3): 417-30, 1978.
- HARRIS, J.M. Wood quality of radiata pine. **Appita**. Rotorua, **35**(3): 211-15, 1981.
- JACQUIOT, C. Atlas d'anatomie des bois des conifères. Centre Technique du Bois et du Fonds Forestier National, **14**(1-2). 1955.
- JOZSA, L.A. & MIDDLETON, G.R. A discussion of wood quality attributes and their practical implications. Vancouver, **Forintek Canada Corp Western Laboratory**. (special publication No. SP-34) 1994.
- KLOCK, U. **Qualidade da madeira de *P. oocarpa* Shiede e *P. caribaea* Mor. var. *hondurensis* Bar. et Golf**. Curitiba, 144p, 1989.(Tese Mestrado-Universidade Federal do Paraná).
- MEGRAW, R.A. **Wood quality factors in loblolly pine**. Atlanta, Tappi Press, 1985. 88p.
- MONTAGNA, R. G. & BARBOSA, O. Peso da matéria seca, densidade básica e dimensões de fibras de *P. caribaea* Mor. var. *hondurensis* Bar. et Golf. **Silvicultura**. São Paulo, **8**(32): 837-40, set/out. 1983.
- PANSHIN, A.J. & DE ZEEW, C. **Textbook of wood technology**. New York, McGraw-Hill, 1970. 705p.
- PHILLIPS. E.W.J. **Identification of softwoods by their microscopic Estructure**. **Forest Products Research**. London (22): 1-57, 1948.
- PLUMPTRE, R.A. **PINUS CARIBAEA**; Wood properties. University of Oxford. Oxford, **2**(17): 1-148, 1984.

- PALMER, E. R. PLUMPTRE, R.A.; MALIMBWI, R.E.; GOURLAY, I. D.; QUILTER, T.K.; SLATER, J. Effect of spacing on wood density of *Cupressus lusitanica* and *Pinus patula* grown at Rongai, Northern Tanzania. Oxford Forestry Institute. Ofi occasional papers, (48): 1-34, 1995.
- REZENDE, M. A. de. **Estudo dos anéis de crescimento de duas variedades de *Pinus caribaea* cultivadas na Bahia para avaliação da produtividade, massa específica e nutrição mineral.** Piracicaba, 144p, 1987. (Tese Doutorado-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP).
- ROJAS, F. & ORTÍZ, E. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Barret y Golfari), espécie de árbol de uso múltiple em América Central. CATIE. Informe Técnico. Turrialba, (175):1-57, 1991.
- SHERIFF, D.W. & WHITEHEAD, D. Photosynthesis and wood structure in *Pinus radiata* D. Don during dehydration and immediately after rewatering plant. **Cell and Environment**. Rotorua, (7): 53-62, 1984.
- SMITH, W. J. Variation in wood quality and productivity of some Queensland plantation-grow softwoods. Joint IUFRO Worksshop. Brisbane, 1977.
- SOUZA, D.,R.de. **Efeito do espaçamento na produtividade volumétrica de madeira em povoamentos de *P. oocarpa* e *P. caribaea* var. *hondurensis* até os 16 anos de idade.** Piracicaba, 85p, 1995.(Tese Mestrado-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP)
- SUTTON, W.R.J.& HARRIS, J.M. Effect of heavy thinning on wood density in radiata pine. **New Zealand Journal of Forestry Science**. Rotorua, 4(1): 112-5, 1974.
- TAYLOR, F.W.; WANG, E.I.C. ; MICKO, M. M. Differences in the wood of lodgepole pine in Alberta. (*P. contorta* Dougl ex Loud) **Wood and Fiber Science**. Madison, 14(4):296-309, 1982.

- TOLEDO , F. D. V. & PIRES, C. L. S. Comportamento do *Pinus caribaea* var *hondurensis* Bar. et Golf. aos 16 anos em diferentes espaçamentos sem desbaste. Instituto Florestal. SP. junho. 1980. 3p.
- VALE C.; DA VILA R. ; LONGART, J.J. Efecto del espaciamiento de plantación y clases de suelo sobre el crecimiento de *P. caribaea* Mor. var. *hondurensis* a 10 años de edad. **Boletín Técnico, CVG-Proforca** (4): 1-27, enero-febrero, 1992.
- VAN BUIJTENEN. Anatomical factors influencing wood specific gravity of slash pines and the implications for the development of a high-quality pulpwood. **Tappi**. Atlanta, **47** (7): 401-04, july, 1964.
- VON EULER, F.; BARADAT, P.; LEMOINE, B. Effects of plantation density and spacing on competitive interactions among half-sib families of maritime pine. **Canadian Journal Forestry Research**. Ottawa, (22): 482-89, 1992. .
- WHITMORE, J.L. & LIEGEL, L.H. Spacing trial of *Pinus caribaea* var *hondurensis*. Research Paper SO-162. New Orleans, 1980, 8p.
- ZOBEL, B. J. & VAN BUIJTENEN. **Wood variation**. Its causes and control. Berlin, Springer-Verlag, 1989, 216p.
- ZOBEL, B.; VAN WYK, G. ; STAHL, P. **Growing exotic forests**. New York. John Wiley & Sons, 1988, 508p.