**EFEITO DO ESPAÇAMENTO NA PRODUTIVIDADE
VOLUMÉTRICA DE MADEIRA EM POVOAMENTOS DE
Pinus oocarpa e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*
ATÉ OS 16 ANOS DE IDADE**

DEOCLIDES RICARDO DE SOUZA
Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. João Walter Simões

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Área de
Concentração: Ciências Florestais.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 1995

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

S729e Souza, Deoclides Ricardo de
Efeito do espaçamento na produtividade volumétrica
de madeira em povoamentos de *Pinus oocarpa* e *Pinus*
caribaea var. *hondurensis* até os 16 anos de idade.
Piracicaba, 1995.
80p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

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

CDD 634.9751

**EFEITO DO ESPAÇAMENTO NA PRODUTIVIDADE
VOLUMÉTRICA DE MADEIRA EM POVOAMENTOS DE
Pinus oocarpa e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*
ATÉ OS 16 ANOS DE IDADE**

DEOCLIDES RICARDO DE SOUZA

Aprovada em: 23. 02. 1995

Comissão julgadora:

Prof. Dr. João Walter Simões (Orientador)

ESALQ/USP

Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Rodrigues

ESALQ/USP

Dr. Walter Suiter Filho

IPEF

Prof. Dr. JOÃO WALTER SIMÕES

Orientador

Aos meus pais e irmãos
minha gratidão.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. João Walter Simões, pela orientação e estímulo durante a realização deste trabalho;

Aos Professores Hilton Thadeu Zarate do Couto, José Nivaldo Garcia, Ricardo Ribeiro Rodrigues e Walter Suiter Filho, pelas sugestões apresentadas e participação na Banca de qualificação e defesa deste trabalho;

À CAPES - Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior; pelo suporte financeiro deste trabalho;

Ao Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP e ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais;

Aos Professores Frederico Pimentel Gomes, João Luiz Ferreira Batista e Luiz Carlos Estraviz Rodrigues, pelas sugestões estatísticas;

Ao Engenheiro Florestal Carlos Henrique Garcia, pelo apoio e sugestões;

Ao Técnico em Informática Milton César Ribeiro, pelo auxílio na análise dos dados;

Aos colegas do Curso, Visêlto Ribeiro de Oliveira, Domingos Savio Macedo, Edson Namita Higashi e Erika Laura Schloemp, pelo apoio;

Ao Colega Elcio José do Nascimento, pela contribuição nas correções do texto;

Aos Funcionários do Departamento de Ciências Florestais e do IPEF, pelo apoio.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ANEXOS.....	xi
RESUMO	xiii
SUMMARY	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Espaçamento	3
2.2. Espaçamento em coníferas	5
2.3. Espaçamento em folhosas	10
2.4. Crescimento e incremento	14
3. MATERIAL	18
3.1. Características da área experimental	18
3.1.1. Localização	18
3.1.2. Tipo de solo	18
3.1.3. Clima	20
4. MÉTODO	21
4.1. Histórico e descrição do experimento	21
4.2. Delineamento estatístico	22
4.3. Variáveis medidas e análise dos dados	23

4.4. Análise de tronco	25
4.4.1. Corte das árvores	25
4.4.2. Preparo dos discos	28
4.4.3. Lixamento dos discos	28
4.4.4. Medição dos discos	29
4.4.5. Determinação das curvas de crescimento	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1. Sobrevivência	32
5.2. Diâmetro médio quadrático	34
5.3. Altura média dominante.....	36
5.4. Área basal	38
5.5. Volume cilíndrico.....	41
5.6. Curvas de crescimento e produção	45
6. CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	76

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Página
1. Localização geográfica de área experimental no Estado de São Paulo ..	19
2. Diagrama climático de Jaú.....	21
3. Distribuição das parcelas no campo	23
4. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do <i>Pinus oocarpa</i> , plantado no espaçamento 3,0 x 1,5 m, em Anhembi - SP.....	47
5. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do <i>Pinus oocarpa</i> , plantado no espaçamento 3,0 x 2,0 m, em Anhembi - SP.....	48
6. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do <i>Pinus oocarpa</i> , plantado no espaçamento 3,0 x 2,5 m, em Anhembi - SP.....	49
7. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do <i>Pinus oocarpa</i> , plantado no espaçamento 3,0 x 3,0 m, em Anhembi - SP.....	50
8. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do <i>Pinus oocarpa</i> , plantado no espaçamento 3,0 x 3,5 m, em Anhembi - SP.....	51

9. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 1,5 m, em Anhembi - SP. 54
10. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 2,0 m, em Anhembi - SP. 55
11. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 2,5 m, em Anhembi - SP. 56
12. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 3,0 m, em Anhembi - SP. 57
13. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 3,5 m, em Anhembi - SP. 58

LISTA DE TABELAS

TABELA	Página
1. Relação dos tratamentos, variando espaçamento e espécies	22
2. Análise da Variância (ANOVA)	25
3. Determinação das classes diamétricas da espécie <i>Pinus oocarpa</i>	27
4. Determinação das classes diamétricas da espécie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> para cada tratamento.	27
5. Porcentagens da sobrevivência obtidas em diferentes tratamentos e idades da espécie <i>Pinus oocarpa</i> , em Anhembi, SP.	32
6. Porcentagens da sobrevivência obtidas em diferentes tratamentos e idades da espécie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em Anhembi, SP.	33
7. Resultados da análise de variância do diâmetro para diferentes tratamentos e idades da espécie <i>Pinus oocarpa</i> , em Anhembi, SP.	34
8. Resultados da análise de variância do diâmetro para diferentes tratamentos e idades da espécie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em Anhembi, SP.	35
9. Resultados da análise de variância da altura para diferentes tratamentos e idades das espécie <i>Pinus oocarpa</i> , em Anhembi, SP.	37
10. Resultados da análise de variância da altura para diferentes tratamentos e idades da espécie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em Anhembi, SP.	38
11. Resultados da análise de variância da área basal para diferentes tratamentos e idades da espécie <i>Pinus oocarpa</i> , em Anhembi, SP.	39

12. Resultados da análise de variância da área basal para diferentes tratamentos e idades da espécie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em Anhembi, SP.....	40
13. Resultados da análise de variância do volume para diferentes tratamentos e idades da espécie <i>Pinus oocarpa</i> , em Anhembi, SP.....	42
14. Resultados da análise de variância do volume para diferentes tratamentos e idades da espécie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em Anhembi, SP.....	44
15. Volumes sólidos por classes diamétricas do <i>Pinus oocarpa</i> após o desbaste artificial, em Anhembi, SP.....	53
16. Volumes sólidos por classes diamétricas do <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> após o desbaste artificial, em Anhembi, SP.	61

LISTA DE ANEXOS

ANEXO	Página
1. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do <i>Pinus oocarpa</i> , plantado no espaçamento 3,0 x 1,5 m, em Anhembi - SP.....	76
2. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do <i>Pinus oocarpa</i> , plantado no espaçamento 3,0 x 2,0 m, em Anhembi - SP.....	76
3. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do <i>Pinus oocarpa</i> , plantado no espaçamento 3,0 x 2,5 m, em Anhembi - SP.....	77
4. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do <i>Pinus oocarpa</i> , plantado no espaçamento 3,0 x 3,0 m, em Anhembi - SP.....	77
5. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do <i>Pinus oocarpa</i> , plantado no espaçamento 3,0 x 3,5 m, em Anhembi - SP.....	78
6. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , plantado no espaçamento 3,0 x 1,5 m, em Anhembi - SP.....	78
7. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , plantado no espaçamento 3,0 x 2,0 m, em Anhembi - SP.....	79

8. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 2,5 m, em Anhembi - SP. 79
9. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 3,0 m, em Anhembi - SP. 80
10. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 3,5 m, em Anhembi - SP. 80

**EFEITO DO ESPAÇAMENTO NA PRODUTIVIDADE
VOLUMÉTRICA DE MADEIRA EM POVOAMENTOS DE
Pinus oocarpa e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*
ATÉ OS 16 ANOS DE IDADE**

Autor: Deoclides Ricardo de Souza

Orientador: Prof. Dr. João Walter Simões

RESUMO

O ensaio foi instalado em novembro de 1977 na Estação Experimental de Recursos Naturais Renováveis de Anhembi. Avaliou-se o efeito de cinco diferentes espaçamentos (3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,0 m; 3,0 x 2,5 m; 3,0 x 3,0 m e 3,0 x 3,5m), sobre o crescimento em volume das espécies *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Este estudo teve como objetivos determinar o espaçamento ideal de plantio, visando obter maior produção volumétrica total de madeira, em rotação longa para serraria e laminação e, avaliar os incrementos corrente e médio anual em volume, para os diferentes espaçamentos até a fase do primeiro desbaste.

O diâmetro médio quadrático atingiu maiores dimensões no espaçamento mais amplo (3,0 x 3,5 m). Desta forma, obteve-se maior produção volumétrica total de madeira, com o *P. caribaea* var. *hondurensis*, nos espaçamentos 3,0 x 1,5 m (685 m³/ha) e 3,0 x 3,5 m (659 m³/ha) respectivamente, e com *P. oocarpa*, 581,90 m³/ha, no espaçamento 3,0 x 3,5 m. Assim sendo, o

espaçamento 3,0 x 3,5 m é o mais indicado silviculturalmente para se obter madeira destinada a serraria e laminação, pois foi o que apresentou maior volume total de madeira e, o que concentrou maior número de árvores com diâmetros de maiores dimensões.

Aos 9 anos de idade, o *P. caribaea* var. *hondurensis* apresentou o menor valor absoluto de área basal no espaçamento 3,0 x 1,5 m. O menor número de árvores sobreviventes ocorreu aos 9 e 14 anos no espaçamento 3,0 x 1,5 m para as espécies *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa*, respectivamente.

A partir das equações de regressão ajustadas, verificou-se que as curvas de incrementos médio e corrente anual, aos 14 anos de idade, ainda não se cruzaram, indicando que a idade ótima de desbaste deve ocorrer mais tardiamente para as duas espécies estudadas.

O desbaste realizado aos 14 anos de idade mostrou que os espaçamentos mais amplos com árvores de diâmetros maiores, apresentaram melhor resposta do volume total, do que aqueles espaçamentos menores, o que pode ser devido à menor competição entre as árvores.

TREE SPACING EFFECT ON VOLUMETRIC WOOD PRODUCTIVITY AT *Pinus caribaea* va. *hondurensis* AND *Pinus* *oocarpa* PLANTATIONS AT THE AGE OF SIXTEEN YEARS

Author: Deoclides Ricardo de Souza

Advisor: Prof. Dr. João Walter Simões

SUMMARY

The field trial was established on November of 1977 at the Anhembi Experimental Field Station of Natural Renewable Resources. The effect of five different spacing was evaluated (3.0 x 1.5 m; 3.0 x 2.0 m; 3.0 x 2.5 m; 3.0 x 3.0 m e 3.0 x 3.5 m), according with volume increments of *Pinus oocarpa* and *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. The aim of this study was to determinate the best planting spacing, in order to obtain the highest wood productivity in total volume, associated with long rotations for plywood veneer and sawmill use. This study also evaluated the mean and the net annual increments in volume, for each spacing tested until the first thinning operation.

The mean quadratic diameter attained highest measures in the wide spacing (3.0 x 3.5 m). Therefore, the highest wood productivity in volume was obtained for *P. caribaea* var. *hondurensis*, at 3.0 x 1.5 m spacing (685 m³/ha) and 3.0 x 3.5 m spacing (659 m³/ha), and for *P. oocarpa*, at 3.0 x 3.5 m spacing (581.90 m³/ha). Thus, 3.0 x 3.5 m spacing is most indicated to establish plantations for timber production, whereas it demonstrated the higher total wood volume and, since it concentrated the number of trees with the largest diameters.

At the age of nine years, *P. caribaea* var. *hondurensis* showed the lesser absolute value of basal area for 3.0 x 1.5 m spacing. The lesser number of surviving trees occurred at the ages of nine years and fourteen years, using 3.0 x 1.5 m spacing for *P. caribaea* var. *hondurensis* and *P. oocarpa*, respectively.

According to the adjustment of regression equations, the mean and the net annual increment curves, at the age of fourteen years, have not crossed yet, indicating that the optimum thinning age must occur on a later period for the two studied species.

The thinning operation realized at the age of fourteen years, demonstrated that a more wide tree spacing with highest diameters, showed better responses for total volume, in comparison with a more closed tree spacing. This assumption can be associated with the fewer competition between trees.

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal teve um grande impulso a partir da implementação dos incentivos fiscais ao reflorestamento ocorrida no período de 1966/86. Não há informações precisas quanto a área existente com florestas plantadas, mas estima-se que durante o incentivo fiscal foram plantados 6,2 milhões de ha, sendo 52% com *Eucalyptus* e 30% com *Pinus* e o restante com outras spp. Estes plantios correspondem às matérias primas florestais básicas da indústria de celulose, painéis de fibras e partículas, bem como, parte apreciável do consumo para produção de carvão vegetal e madeira serrada no sul do país.

A produção de madeiras serradas no Brasil, em 1987, foi da ordem de 17 milhões de m³, sendo 88,24% (15 milhões de m³) produzidos na região amazônica (ABRACAVE, 1990). No mesmo período, a região sul gerou cerca de 2 milhões de m³ de madeira, dos quais 61% foram obtidos de plantações de *Pinus*. Os restantes 39% foram gerados a partir de florestas nativas (pinho e folhosas), cuja exaustão tem mudado o perfil da indústria local (SBS, 1990).

Os povoamentos plantados, apresentam vantagens para a produção industrial de madeira em relação as florestas naturais. Isso é devido à um controle do número de plantas e da sua distribuição por meio de espaçamentos determinados. Os efeitos iniciais do espaçamento de um povoamento interfere significativamente na formação das árvores e no seu crescimento, repercutindo no seu diâmetro, independente do seu genótipo. As diferenças na densidade de um

povoamento podem resultar em alterações na qualidade da madeira, que está associada ao aumento do número de nós, proporção da casca e certas variações nas propriedades físicas e mecânicas da madeira.

Os plantios em menores espaçamentos tem uma maior densidade populacional por unidade de área., refletindo numa intensa competição entre plantas por água, luz e nutrientes, devido à falta de desenvolvimento do sistema radicular e uma baixa produção fotossintética. Isto pode resultar em ritmo de estagnação progressiva prematura acarretando sérios prejuízos ao crescimento do povoamento.

As árvores que crescem nestas condições são susceptíveis a uma enorme concorrência na fase juvenil, prejudicando todo o povoamento e necessitando de desbaste precoce. Por outro lado, nos plantios em espaçamento iniciais muito amplos, ou seja, com menor população por unidade de área, obtêm-se árvores menores, com copas grandes, excessivamente ramificadas, de maior diâmetro e com muitos nós, não atendendo aos objetivos que se pretendem atingir de produzir árvores com características fenóticas desejáveis e madeira de alta qualidade para serraria e laminação.

De modo geral, há necessidade de definir espaçamentos adequados na condução das florestas comerciais, com a finalidade de produzir árvores com boas características para o uso industrial. Por isso o presente trabalho tem como objetivos: determinar o espaçamento ideal de plantio de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa* com vistas à maior produtividade volumétrica de madeira em rotação longa para serraria e laminação, e avaliar o incremento corrente anual e médio anual em volume para os diferentes espaçamentos até a fase do primeiro desbaste.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Espaçamento

SIMÕES *et al.* (1976) abordando a formação de florestas com espécie de rápido crescimento, argumentaram que o espaçamento a ser utilizado depende de diversos fatores, tais como, a forma como cresce o sistema radicular, o crescimento da parte aérea em relação à tolerância da espécie, a fertilidade do solo, as desramas naturais, a finalidade da plantação, a possibilidade de mecanização das operações, etc.

KLEIN *et al.* (1993) verificaram que o diâmetro médio foi influenciado pelo espaçamento inicial, mostrando a tendência do aumento do diâmetro com o aumento do espaçamento.

COUTO (1977) também verificou que os valores da altura média, diâmetro médio e a porcentagem de sobrevivência aumentaram nos espaçamentos mais amplos. Já para área basal e o volume médio por hectare, há uma diminuição em função do aumento dos espaçamentos. Para SOUZA (1989) a porcentagem de sobrevivência, altura dominante, altura média, o diâmetro médio, o índice de local e a porcentagem de casca variaram muito pouco entre espaçamentos mais apertados.

ODA *et al.* (1990) concluem que o interior da árvore é formado por camadas sobrepostas de madeira, ou anéis de crescimento, cujas

espessuras podem ser controladas através do espaçamento. O estreitamento precoce dessas camadas que geralmente ocorre em espaçamentos mais fechados pode caracterizar uma maior densidade básica.

EVERSTEN & O'BRIEN (1985) observaram que a largura do anel de crescimento é significativamente afetado pelo espaçamento inicial. Isso implica de forma importante sobre a qualidade da madeira, como por exemplo, o diâmetro da madeira juvenil que é determinado pelo desenvolvimento da largura do anel de crescimento.

TROVATI & FERRAZ (1984) observaram que o suprimento de água não favorável e temperaturas elevadas, decorrentes das altas taxas de energia, no final do verão e no início do outono induzem à formação de um lenho tardio estreito e de baixa densidade básica num espaçamento mais apertado. MALIMBWI *et al.* (1992) afirmam que a baixa densidade básica da madeira nas árvores dominadas pode ser devido os espaçamentos mais fechados.

O máximo volume que pode ser produzido sobre o sítio é determinado pela densidade do povoamento e idade, conforme BREDENKAMP (1987). O volume máximo total obtido através da densidade do povoamento diminui com o aumento da idade e rotação longa. Pequenas reduções no estoque inicial resultam num aumento real do volume final médio da árvore, o que implica em toras de tamanho maior e exploração de baixo custo.

LACERDA & COUTO (1993) verificaram que nos locais mais produtivos, os espaçamentos podem ser menores, enquanto que nos locais menos produtivos, os espaçamentos devem ser mais amplos. Isso significa que quanto maior a disponibilidade de recursos abiótico do sítio maior pode ser o número de árvores por unidade de área. No mesmo sentido SCOLFORO (1990)

observou que nos sítios mais produtivos ocorre uma maior variabilidade dos diâmetros que nos sítios menos produtivos, o que está em conformidade com o padrão esperado. Nestes sítios, espera-se uma maior amplitude entre a menor e maior classe diamétrica, o que traduz um ritmo de crescimento mais intenso das árvores.

2.2 Espaçamento em coníferas

EVERTSEN & O'BRIEN (1985) verificaram que a flutuação na densidade média anual entre a densidade média mínima e máxima da *Sika spruce*, é significativamente afetada pelo espaçamento inicial. Um aspecto mais animador é que no espaçamento mais apertado, o cerne juvenil obtém uma densidade mais homogênea.

A permeabilidade foi usualmente maior em árvores dominantes e intermediárias do que nas árvores suprimidas de *Pinus taeda* L. Isso pode ser devido a uma taxa de crescimento mais rápida com os anéis mais largos e uma maior quantidade de lenho juvenil em árvores dominantes e intermediárias. A grande extensão da variabilidade nas árvores suprimidas, pode ser, em parte, devido a um pequeno tamanho do disco que resultou em medidas de permeabilidade menor. Do mesmo modo, isto pode refletir a condição de estresse dessas árvores devido a menor disponibilidade de água, nutrientes e luz, conforme SHELBURNE *et al.* (1993).

Segundo VALE *et al.* (1992), o diâmetro médio das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Mor. diminui fortemente com o aumento da densidade, onde a competição começa mais cedo. Da mesma forma, GERING &

PIENAAR (1988) concluíram que o diâmetro das árvores de *Pinus elliottii* Engelm. é afetado pela densidade de plantio, enquanto, a área basal e o volume total são positivamente correlacionados com a densidade do povoamento.

Os diferentes espaçamentos (3,0 x 2,0 m; 3,0 x 2,5 m e 3,0 x 3,0 m) são os mais aconselháveis para o desenvolvimento de *Pinus maestrensis* na Sierra Maestra, pois eles chegaram a bons resultados em todos os índices avaliados (sobrevivência, diâmetro, volume/árvore, área basal), assim como boa formação do fuste e copa. Com os espaçamentos 3,0 x 2,0 m e 3,0 x 2,5 m se obtiveram incrementos médios anuais de 0,013 e 0,0158 m³/árvore/ano e incrementos médios anuais do diâmetro de 1,45 e 1,54 cm/ano, respectivamente, conforme YERO *et al.* (1992).

De acordo com WILLIAMS (1994) povoamentos de *Pinus taeda* com uma densidade de plantio mantida abaixo do fechamento de copa, não faria efetivo uso do espaço de crescimento. O crescimento de árvore individual não pode ser afetado pela densidade, e o crescimento do volume total pode ser proporcional à densidade de plantio. Portanto, povoamentos com densidade mantida dentro da zona limitada pela linha do auto desbaste começa a experimentar reduções mais drásticas no crescimento individual da árvore e elevada perda do crescimento líquido do povoamento devido à elevada incidências de mortalidade.

BUFORD (1991) verificou que o *Pinus taeda* aos 30 anos, atingiu os maiores volumes total de 326 m³/ha e comercial de 301,8 m³/ha no espaçamento 2,4 x 2,4 m. Aos 25 anos, a porcentagem de troncos maiores (DAP=25,4 cm) classificados suficientemente como madeira para serraria nos espaçamentos 1,8 x 1,8 m, 2,4 x 2,4 m, 3,0 x 3,0 m e 3,7 x 3,7 m, foram 0,7%,

6,4%, 17% e 57,2%, respectivamente. Aos 30 anos, as porcentagens foram 10,3%, 15,4%, 37,3% e 67,8%, respectivamente. Nos estádios jovens, o espaçamento inicial denso teve maior área basal e volume/ha. Entre as idades 10 e 15 anos, o espaçamento 1,8 x 1,8 m começou diminuir em volume/ha em relação aos outros e, iniciando aos 20 anos, em área basal/ha. Esta tendência foi devida ao aumento da competição natural e resultando em mortalidade neste espaçamento. Aos 30 anos, a taxa de crescimento em área basal no espaçamento 2,4 x 2,4 m foi próximo de zero, mas a produção em volume e área basal ainda não tinha começado a diminuir.

De acordo com BLANCO *et al.* (1989) os espaçamentos 3,0 x 1,0 m até 3,0 x 3,0 m para *Pinus caribaea* não afetaram o crescimento em altura e diâmetro entre 1 e 5 anos de idade mas a partir dos 5 anos até os 14 anos verificaram uma influência direta dos espaçamentos sobre o crescimento em diâmetro, sendo que no espaçamento 3,0 x 2,5 m, se obteve diâmetro médio maior. Aos 14 anos de idade, os volumes mais altos foram obtidos nos espaçamentos 3,0 x 1,5 m, 3,0 x 2,5 m e 3,0 x 2,0 m com 164,95, 153,8 e 135,91 m³/ha, respectivamente. BLANCO *et al.* (1988) verificaram que aos 14 anos, o *Pinus tropicales* Morelet apresentou o maior volume (81,63 m³/ha) no espaçamento 3,0 x 1,0 m, devido o maior número de árvores/ha, embora, os valores em diâmetros sejam menores. Portanto, nos espaçamentos 3,0 x 2,0 m, 3,0 x 2,5 m e 3,0 x 3,0 m obtêm-se diâmetros maiores.

Analizando o crescimento do *Pinus caribaea* var *hondurensis* em diversos espaçamentos retangulares após 16 anos de observações, TOLEDO FILHO & PIRES (1980) constataram que todos os tratamentos estavam estagnados há muitos anos, não havendo mais aumento da sua área basal. O lento

aumento do diâmetro, é conseguido em virtude do número de árvores que vão morrendo.

MOLINO (1972) estudou *P. elliottii*, *P. taeda*, *P. patula*, *P. caribaea* var. *caribaea* e *P. caribaea* var. *hondurensis* aos 12 anos de idade em diferentes espaçamentos e verificou que o maior volume de madeira se obteve no espaçamento 2,0 x 2,0 m, exceto no *Pinus patula* que apresentou maior volume no espaçamento 3,0 x 2,0 m com pouca diferença significativa.

As espécies *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. caribaea* var. *caribaea* nos espaçamentos 3,0 x 2,0 m e 3,0 x 3,0 m foram estudadas por BERTOLOTI & MOTA (1980). Verificaram a superioridade do *P. caribaea* var. *hondurensis* em relação *P. caribaea* var. *caribaea*, quanto à produtividade em volume de madeira/ha, aos 7 anos de idade

O fechamento de copa do *Pinus pinaster* ocorreu mais cedo dentro das linhas nos espaçamentos retangulares (1,0 x 4,0 m e 1,4 x 5,6 m), e aproximadamente aos 6 e 8 anos nos espaçamentos quadrados (2,0 x 2,0 m e 2,8 x 2,8 m) respectivamente. EULER *et al.* (1992) verificaram que após os 12 anos de idade o fechamento se deu nas entrelinhas no espaçamento 1,0 x 4,0 m, e aos 16 anos ainda não tinha completado o fechamento da copa nas entrelinhas no espaçamento 1,4 x 5,6 m

SPACING (1986) a diâmetro da copa das coníferas nativas (*P. banksiana* Lamb, *P. resinosa*, *Picea glauca*) aumentou com o espaçamento para árvores com diâmetros do tronco similares, e esta diferença aumentou relativamente com maiores diâmetros. Para o *P. banksiana*, a relação entre o diâmetro da copa e diâmetro altura do peito foi aproximadamente a mesma para os espaçamentos 1,2 x 1,2 m, 1,8 x 1,8 m e 2,4 x 2,4 m, mas no espaçamento 3,0

x 3,0 m encontrou árvores com diâmetro acima de 12 cm e o diâmetro da copa com 1,0 m a mais daquelas dos três espaçamentos mais fechados. Para o *P. resinosa* e *Picea glauca*, o aumento do diâmetro da copa com o espaçamento foi gradual e consistente, e a diferença absoluta no diâmetro da copa entre os dois extremos não foi superior que do *P. banksiana*.

HORNE (1990) avaliou diferentes espaçamentos (1,2 x 1,2 m; 2,4 x 2,4 m; 3,7 x 3,7 m e 4,9 x 4,9 m) aos 7 anos após a regeneração do *Pinus cipreste* e, verificou que os espaçamentos mais amplos atingiram volumes menores em relação o espaçamento 1,2 x 1,2 m, enquanto que o diâmetro médio e altura média das árvores aumentaram. Portanto, o volume total obtido no espaçamento mais amplo (4,9 x 4,9 m) foi a metade daquele encontrado no espaçamento 1,2 x 1,2 m.

Num ensaio com *Araucaria angustifolia* em diferentes espaçamentos, SPELTZ *et al.* (1980) verificaram que o maior diâmetro foi encontrado no espaçamento 3,0 x 3,0 m, aos 9 anos de idade. Entretanto, o menor diâmetro, observado no espaçamento 1,5 x 1,5 m correspondeu o maior incremento médio anual, com o valor de 25,61 st/ha/ano, devido ao maior número de árvores por unidade de área.

CRECHI *et al.* (1991) observaram que o volume é crescente entre densidades com 625 a 1.333 plantas/ha, desde aos 6 anos até os 9 anos de idade, enquanto que de 1.333 a 4.444 árvores/ha, o volume manteve-se praticamente constante para todas as densidades de plantio.

2.3 Espaçamento em folhosas

MALAN & HOON (1992) observaram que padrões de variação na densidade básica em árvores de *Eucalyptus grandis* são significativamente afetados pelo grau de supressão, havendo um pronunciado efeito inverso na uniformidade da madeira. A densidade básica das árvores suprimidas aumenta rapidamente com o aumento da distância da medula e, permanece constante a nível próximo da casca. Entretanto, a madeira de árvores de crescimento mais livre atingiu a densidade básica máxima a nível bastante juvenil em suas vidas, resultando em um tronco com uma proporção maior de lenho maduro de densidade relativamente uniforme.

De acordo FLORSHEIM (1992) verificou-se que houve uma relação positiva entre espaçamento e a densidade básica das árvores de Aroeira desenvolvidas em espaçamentos mais largos, apresentando maiores valores. BRASIL (1972) observou que a densidade básica média do *Eucalyptus propinqua* a nível do DAP não sofreu influência dos espaçamentos e sim das localidades estudadas.

SOUZA (1989) concluiu que a densidade básica média de *Eucalyptus grandis* cresce com a idade, tendendo a estabilização, sendo o valor médio igual a $0,4797 \text{ g/cm}^3$, no intervalo observado de 42 a 90 meses.

Os volumes médio de madeira por hectare, de *E. grandis*, foram influenciados pelos espaçamentos, para todas as idades estudadas, sendo as menores produções volumétricas encontradas nos espaçamentos mais amplos. Em plantios mais densos o ponto de estagnação do crescimento ocorre mais cedo,

apresentando material de dimensões mais reduzidas e uma rotação mais curta, ANDRADE *et al.* (1984).

Observando-se a inclinação das curvas de potencial hídrico para as espécies de *Eucalyptus spp.*, GOMES (1994) verificou que nas plantas estabelecidas em espaçamentos mais amplos, há uma tendência de ocorrer maior redução de potencial hídrico (às treze horas), mas a sua recuperação foi mais rápida. Essa resposta, talvez, deva-se ao fato de plantas estabelecidas em espaçamentos mais amplos, no estágio juvenil, conseguirem desenvolver uma área foliar por planta maior do que aquela apresentada pelas árvores estabelecidas em espaçamentos mais densos. Também pode ser devido à maior produção de raízes finas à superfície do solo, que afetam o “status” hídrico do mesmo, além de cobertura do solo deficiente sob a copa das árvores.

GARCIA *et al.* (1991) estudando diferentes espaçamentos para as espécies de *Eucalyptus*, verificaram que o *E. saligna* apresenta maior produtividade nos espaçamentos 3,0 x 2,0 m e 3,0 x 1,5 m em ciclos aproximadamente iguais a 7 anos. Para o *E. grandis*, o ciclo deve ser maior, sendo de 8 anos para os espaçamentos 3,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,5 m e ainda mais longo para os espaçamentos mais abertos, desde que não se tornem anti-econômicos.

SIMÕES & SPINA-FRANÇA (1983) avaliando o comportamento de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* em diferentes espaçamentos e adubações, aos 2,5 anos de idade, concluem que o aumento do diâmetro foi diretamente proporcional aos espaçamentos, e, do volume por área, inversamente proporcional.

CAMPOS *et al.* (1990) verificaram para o *Eucalyptus grandis*, tendência de ocorrer diâmetros e alturas menores e áreas basais maiores no espaçamento 3,0 x 1,5 m, quando comparadas com os valores do espaçamento 3,0 x 2,0 m.

RESENDE *et al.* (1983) verificaram que os espaçamentos mais fechados tendem a ser mais econômicos para a produção de fitomassa para fins energéticos. Espaçamentos muito apertados, contudo devem aumentar os custos de produção mais que proporcionalmente à produtividade por área. Os custos de exploração e condução da brotação crescem com o aumento da densidade de árvores/ha, e o inverso ocorre para os demais grupos de custos.

OLA-ADAMS (1993) estudando *Tectona grandis* e *Terminalia superba* em diferentes espaçamentos, verificou que para *T. grandis* a concentração de cálcio foi maior nas folhas, enquanto a concentração de potássio é mais elevada nas flores em todos os espaçamentos e diminuiu nas folhas e pequenos galhos com o aumento do espaçamento. A concentração de fósforo aumentou no tronco com o aumento do espaçamento, embora, a porcentagem das concentrações de nitrogênio no tronco, galhos maiores e raízes pequenas apareceu menor com o aumento do espaçamento. Em relação a *T. superba*, as concentrações de todos elementos foram elevadas nas folhas com exceção do cálcio que foi maior no tronco em todos espaçamentos. A concentração do fósforo apareceu menor nos galhos grandes, tronco e casca com aumento do espaçamento, enquanto que o potássio diminuiu nos galhos maiores, pequenas raízes e casca com o aumento do espaçamento.

A produção de biomassa do *Populus trichocarpa x deltoides* foi maior nos espaçamentos menores, devido a um elevado número de cepas

brotadas por unidade de área, mas a proporção do número destas cepas por área de terreno foi inferior nos espaçamentos mais apertados do que nos espaçamentos mais amplos. A biomassa total produzida numa densidade equivalente 5.000 cepas brotadas/ha foi influenciada pela longa rotação, isso significa que a produção de biomassa aumentou a medida que aumenta a rotação, AUCLAIR & BOUVAREL (1992).

O espaçamento não influenciou na sobrevivência e altura da primeira bifurcação das árvores de *Dipteryx alata*. Conforme AGUIAR *et al.* (1992), o crescimento em altura foi inferior no espaçamento 3,0 x 1,0 m do que o maior espaçamento 3,0 x 2,0 m e o crescimento em diâmetro aumentou com o aumento do espaçamento. Entretanto, como aos 20 anos o espaçamento 3,0 x 2,0 m proporcionou maior crescimento em diâmetro do que o espaçamento 3,0 x 1,5 m e como não houve diferença entre estes tratamentos para a altura, pode-se recomendar o espaçamento de 3,0 x 1,5 m para o plantio desta espécie, desde seja efetuado um desbaste aos 10 anos.

As médias iniciais do diâmetro, volume e peso seco das árvores de *Abies balsamea* no espaçamento 3,0 x 3,0 m foram menores do que naquelas parcelas desbastadas no espaçamento 2,4 x 2,4 m, que foi o oposto aquele esperado. O volume/ha inicial com espaçamento de 2,4 x 2,4 m foi maior do que no espaçamento 1,8 x 1,8 m, devido às diferenças nas condições iniciais do povoamento, LAVIGNE & DONNELLY (1989).

Num ensaio com diferentes espaçamentos com a espécie *Acacia auriculiformes*, JESUS *et al.* (1993) verificaram que para o volume cilíndrico, apenas os espaçamentos 3,0 x 2,5 m e 3,0 x 3,0 m não apresentaram

diferenças significativas, e os espaçamentos 2,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,0 m apresentaram as maiores produções.

FONSECA *et al.* (1990) avaliando quatro diferentes espaçamentos (2,0 x 2,0 m, 3,0 x 2,0 m, 4,0 x 2,0 m e 3,0 x 3,0 m), observaram que os espaçamentos reduzidos propiciaram o aparecimento de maior número de plantas de Jacarandá - da - bahia (*Dalbergia nigra*) com a forma de fuste reta.

Segundo BECKJORD *et al.* (1991) a porcentagem de sobrevivência para a *Paulownia tomentosa* nos espaçamentos (2,0' x 2,0', 3,0' x 3,0', 5,0' x 5,0' e 7,0' x 7,0') aos 12 meses de idade, foram 98%, 87%, 86% e 96%, respectivamente, e não houve diferença significativa. As alturas das árvores no espaçamento 2,0' x 2,0' foram significativamente maiores do que nos espaçamentos 5,0' x 5,0' e 7,0' x 7,0'.

2.4 Crescimento e incremento

SIMÕES *et al.* (1981) observaram que a idade de corte tem correlação com o espaçamento. Como os plantios em espaçamentos menores, possuem um maior número de plantas por unidade de área, exigem desbastes precoces, devido a competição entre as plantas ocorrer mais cedo, antecipando assim a estagnação do povoamento.

Os incrementos de área basal em diferentes períodos da vida do povoamento mudam com o espaçamento e idade. Por exemplo, o incremento de área basal pode diminuir com espaçamento inicial amplo em povoamentos jovens e aumentar com o espaçamento inicial amplo em povoamentos mais antigos. As diferenças entre a produção volumétrica de povoamentos de espaçamento pequeno

e de povoamentos de espaçamento mais amplo, nos primeiros anos, são causadas pelo fato de que as árvores mais espaçadas, de rápido crescimento, não estão utilizando todo o espaço disponível para crescer. Os povoamentos mais densos, de menor espaçamento, atingem o volume do sítio mais rapidamente, FISHWICK (1976).

O incremento médio anual para o crescimento em altura aos 32 meses de idade, que foi calculado a partir das médias de tratamentos ajustados, atingiu um valor de 4,02 m para as Progenies de *Eucalyptus spp.* sob espaçamento de 3,0 x 1,0 m e de 3,95 m para o de 3,0 x 2,0 m. Entretanto, o incremento médio anual em diâmetro, calculado aos 32 meses de idade, foi de 2,98 cm para o espaçamento de 3,0 x 2,0 m e de 2,76 cm para o de 3,0 x 1,0 m, VALERA (1986).

SOUZA (1989) verificou que a idade ótima de corte (IMA=ICA) do *E. grandis* diminuiu com o aumento do índice de local, ou seja, os locais mais produtivos atingem o máximo IMA em idade mais jovem, tanto em peso como em volume. E ainda, no espaçamento 3,0 x 1,5 m o máximo IMA é alcançado em idade mais jovem que no espaçamento 3,0 x 2,0 m. O máximo IMA em volume para os espaçamentos 3,0 x 1,5 m e 3,0 x 2,0 m ocorre nas idades 56 e 64 meses.

RESENDE (1987) observou que o crescimento máximo em volume (ICAV) do *Pinus caribaea* var *hondurensis* foi próximo dos 48 meses no espaçamento 3,0 x 2,0 m, enquanto o máximo crescimento em massa foi alcançado aproximadamente aos 72 meses. Na variedade *caribaea* o crescimento máximo para volume e massa foram detectados respectivamente, em 54 e 66 meses.

A equação ajustada apenas em função da idade foi a que melhor descreveu a curva esperada de crescimento da floresta, tendo entretanto, resultado numa baixa correlação entre o volume/ha e idade, porém altamente significativa. Pode-se notar que a curva que representa o volume somente, em função da idade, mostra mais adequadamente o comportamento esperado do crescimento do povoamento do que as curvas de crescimento, em função da idade e área basal, ALFARO (1991).

Segundo GEWALD (1980), comparando os valores da área basal aos 11 anos de idade entre 1978 a 1979 se nota um incremento alto durante este período, com uma área basal entre 2,7 e 6,1 m²/ha/ano e uma área basal média de 3,9 m²/ha/ano. Em termos de incremento em diâmetro correspondem valores entre 0,8 e 2,0 cm/ano, com um valor médio de 1,4 cm/ano, para o mesmo período. Existe uma notável diferença entre esses valores e os incrementos médios anuais. O IMA para área basal é de 1,5 a 3,3 m²/ha/ano, com um IMA médio de 2,4 m²/ha/ano.

O máximo incremento corrente anual (5,5 m³/ha/ano) da *Casuarina equisetifolia* ocorreu aos 13 anos de idades nas depressões entre dunas, enquanto para a encosta e o topo da duna o máximo incremento corrente anual (2,9 m³/ha/ano e 3,2 m³/ha/ano) aconteceu aos 21 e 22 anos respectivamente, E o máximo incremento médio anual aos 18 anos de idade atingiu 4,2 m³/ha/ano nas depressões entre dunas, e para encosta 2,0 m³/ha/ano e o topo 1,7 m³/ha/ano aos 29 e 30 anos respectivamente, NDIAYE *et al.* (1993).

O pico do incremento médio mensal ocorreu entre 17 e 24 meses em povoamentos plantados e de 8 até próximo de 18 meses para 2ª rotação, HARRINGTON & FOWNES (1993) verificaram que o incremento médio mensal

culminou mais cedo na 2ª rotação do que povoamentos plantado de *E. calmadulenses*, *Gliricidia sepium* e *Leucaena diversifolia*, exceto para a *Acacia auriculiformes*. O máximo incremento médio mensal foi relativamente maior em povoamentos plantados de *Gliricidia sepium* e *Leucaena diversifolia* e maior para o *E. calmadulensis* para povoamentos de 2ª rotação.

As curvas de incremento médio anual e corrente anual de peso seco de lenha para o índice de sítio médio (9 m) de *Acacia mangium*, ainda não se cruzam aos 4 anos. Isto indica que o turno de máxima produção de lenha deve ser maior que os quatro anos, OLIVA (1990).

Segundo CHAUCHARD (1991), verificou-se que a constante de alometria, determina a situação do ponto de inflexão da curva de crescimento ou rendimento da espécie *Nothofagus alpina*. Posto que o sítio e a espécie fazem variar os pontos de inflexão ou culminação do crescimento, a constante de alometria está biologicamente correlacionada com tais fatores. Esta situação, apresenta uma exceção que é justamente quando em um mesmo sítio e para uma mesma espécie se analisa o crescimento de grupos de indivíduos de diferentes posição na estrutura.

O incremento médio anual do *Pinus taeda* no sítio mais produtivo foi 2,6 m³/ha do 5º para 10º ano e aumentou para 2,8 m³/ha entre o 10º e 13º ano . A produção total de *P. taeda* foi 0,023 m³/ha após o 13º ano, HAYWOOD *et al.* (1989).

3. MATERIAL

3.1. Características da área experimental

3.1.1. Localização

As parcelas de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* utilizadas para este estudo localizam-se na Estação Experimental de Recursos Naturais Renováveis de Anhembi, pertencente a ESALQ/USP.

Conforme, mostra o mapa da figura 1, a Estação Experimental está 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 de 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, e aproximadamente 88 km da cidade de Piracicaba, Estado de São Paulo.

3.1.2. Tipo de solo

As três glebas que compõem a estação perfazem uma área total de 502,76 ha. São, de modo geral, terras de topografia suave, com relevos variando de plano a levemente ondulado. Em relação ao solo, nesta área predominam solos do tipo podzólico, arenoso e profundo.

Figura 1. Localização geográfica da área experimental no Estado de São Paulo.

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 (BRASIL, 1960).

3.1.3. Clima

Através da figura 2, é possível visualizar-se o diagrama climático elaborado para a estação meteorológica de Jaú (cidade mais próxima de Anhembi com dados climatológicos de 29 anos, segundo o método sugerido por Walter (1975).

O clima de 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, enquanto 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. Janeiro e fevereiro são os meses de maior pluviosidade.

Figura 2. Diagrama climático de Jaú (cidade mais próxima de Anhembi). Confeccionado de acordo com WALTER (1975). Indicações: Área sombreada = indica o período chuvoso acima de 100 mm mensais. Área pontilhada = indica período seco. Temperatura média = 21,7°C e altitude = 580 m.

4. MÉTODO

4.1. Histórico e descrição do experimento

As mudas de *P. oocarpa* e *P. caribaea* var. *hondurensis* foram plantadas no mês de novembro de 1977 em diferentes espaçamentos (Tabela 1) na Estação Experimental de Anhembi, e na ocasião do plantio não receberam nenhuma adubação. O plantio foi feito em sulco, após o preparo do solo por meio de uma aração e uma gradagem leve cruzada.

Tabela 1 - Relação dos tratamentos, variando espaçamentos e espécies.

Tratamento	Espaçamento	Espécie
1	3.0 x 1.5 m	<i>Pinus oocarpa</i>
2	3.0 x 2.0 m	<i>Pinus oocarpa</i>
3	3.0 x 2.5 m	<i>Pinus oocarpa</i>
4	3.0 x 3.0 m	<i>Pinus oocarpa</i>
5	3.0 x 3.5 m	<i>Pinus oocarpa</i>
6	3.0 x 1.5 m	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>
7	3.0 x 2.0 m	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>
8	3.0 x 2.5 m	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>
9	3.0 x 3.0 m	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>
10	3.0 x 3.5 m	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>

As mudas foram produzidas no viveiro do Departamento de Ciências Florestais-ESALQ/USP em Piracicaba, São Paulo, a partir de sementes comerciais oriundas de plantios da DURATEX pelo método de semeadura direta em sacos plásticos contendo subsolo, sem adubação.

O manejo utilizado para o povoamento constituiu-se de tratos culturais normais, isto é, capinas periódicas até o estabelecimento das árvores.

4.2. Delineamento Estatístico

Na instalação do experimento não houve casualização na distribuição das parcelas, tornando-o sistemático, como mostra a figura 3, obedecendo um esquema de blocos com parcelas subdivididas e quatro repetições para os 10 tratamentos, variando espécies e espaçamentos.

Bloco I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<i>Pinus oocarpa</i>					<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>					
Bloco II	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Bloco III	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	
	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>					<i>Pinus oocarpa</i>					
Bloco IV	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	

Figura 3 - Distribuição das parcelas no campo.

O ensaio contém 40 parcelas distribuídas em 4 blocos ocupando uma área total de 1,92 hectare, sendo que cada parcela é constituída de 64 plantas (8x8) com bordadura simples, restando 36 plantas centrais mensuráveis.

4.3. Variáveis medidas e análise dos dados

Após a instalação do ensaio efetuaram-se avaliações de sobrevivência e medições através dos instrumentos dendrométricos usuais, avaliando altura e diâmetro, aos 2, 3, 5, 6, 8 e 9 anos de idade, para determinação da área basal e volume cilíndrico.

A ultima medição foi feita aos 14 anos de idade, imediatamente antes do primeiro desbaste.

No desbaste foram extraídos 30% das árvores, abatendo seletivamente as inferiores, dominadas e defeituosas.

As variáveis mensuráveis altura e diâmetro foram analisadas pelo procedimento GLM do SAS versão 6.04, para obtenção da altura média dominante, diâmetro médio quadrático, área basal e volume cilíndrico

O modelo matemático utilizado para o delineamento de cada espécie foi:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + b_j + (tb)_{ij} + t'_k + (tt')_{ik} + e_{ijk};$$

sendo: $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ (Idade);

$j = 1, 2, 3, 4$ (Blocos);

$k = 1, 2, 3, 4, 5$ (Espaçamentos);

onde:

Y_{ijk} = valor observado correspondente a combinação do tratamento principal i , com o tratamento secundário k , no bloco j ;

μ = constante inerente ao modelo;

t_i = efeito do tratamento principal i ;

b_j = efeito do bloco j ;

$(tb)_{ij}$ = efeito da interação do tratamento principal i com o bloco j (resíduo a nível de parcelas = Resíduo (A));

t'_k = efeito do tratamento secundário k ;

$(tt')_{ik}$ = efeito da interação do tratamento principal i com o tratamento secundário k ;

e_{ijk} = erro experimental associado ao valor observado (resíduo a nível de subparcelas = Resíduo (B));

Os dados analisados em parcelas subdivididas, conforme a tabela 2, apresentam dois resíduos: o resíduo (A), referente ao tratamento principal (idade), e o resíduo (B), correspondente o tratamento secundário (espaçamento).

Tabela 2. Análise da Variância (ANOVA)

F. V.	G.L.	Q M	F
Idade	6	Q1	Q1/Q2
Blocos	3		
Resíduo (A)	18	Q2	
Parcelas	27		
Espaçamento	4	Q3	Q3/Q5
Idade x Espac	24	Q4	Q4/Q5
Resíduo (B)	84	Q5	
Total	139		

- $Q1/Q2 = QMT/QM_{\text{Resíduo (A)}} \geq F(\alpha; 6; 18) = 2.66;$
- $Q3/Q5 = QMT'/QM_{\text{Resíduo (B)}}; \geq F(\alpha; 4; 84) = 2.45;$
- $Q4/Q5 = QMT \times T'/QM_{\text{Resíduo (B)}}; \geq F(\alpha; 24; 84) = 1.61;$

4.4. Análise de tronco

4.4.1. Corte das árvores

Após o desbaste artificial, efetuou-se um inventário no experimento aos 15 anos de idade, medindo-se todos os DAPs e alturas através do uso de instrumentos dendrométricos.

Foram abatidas 60 árvores-amostra aos 16 anos de idade, por classe diamétrica, das quais foram retirados 360 discos de 10cm de espessura, nas seguintes posições: base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial até 8,0 cm de diâmetro para medição dos anéis de crescimento. Para demarcar a posição de corte dos discos, sobre o tronco abatido estendeu-se uma trena, devendo a um 1,30 m na trena coincidir com a marcação feita a 1,30 m na árvore quando esta estava em pé.

As classes diamétricas obtidas pela fórmula de Sturges ($nc = 1 + 3,33 \log n$) foram num total de 7 classes. Mas somente as classes de diâmetro inferior, médio e superior foram utilizadas na coleta dos dados de campo, como por exemplo, altura total, altura comercial, diâmetros com casca e sem casca nas diferentes alturas.

A altura comercial foi obtida através de medidas de comprimento, desde a base da árvore até a altura ao nível do diâmetro de 8,0 cm, aproximadamente.

Foram abatidas árvores-amostra somente de duas repetições de parcelas permanentes, numa frequência de 3 árvores-amostra por repetição distribuídas por centro de classes de diâmetro inferior, médio e superior, num total de 6 árvores por tratamento e espécie.

As classes de diâmetro por tratamento e espécie foram distribuídas conforme as Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Determinação das classes diamétricas da espécie *Pinus oocarpa* para cada tratamento.

Tratamento	Espaçamento	Classe I	Centro da classe I	Classe II	Centro da classe II	Classe III	Centro da classe III
1	3.0 x 1.5m	15.00-18.00	16.50	21.00-24.00	22.50	27.00-30.00	28.50
2	3.0 x 2.0m	17.00-19.00	18.00	22.00-25.00	23.50	27.50-30.50	29.00
3	3.0 x 2.5m	18.50-21.50	20.00	24.00-27.00	25.50	30.00-33.00	31.50
4	3.0 x 3.0m	18.00-22.00	20.00	25.00-29.00	27.00	32.50-36.50	34.50
5	3.0 x 3.5m	15.00-19.00	17.00	23.50-27.50	25.50	32.00-36.00	34.00

Tabela 4 - Determinação das classes diamétricas da espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para cada tratamento.

Tratamento	Espaçamento	Classe I	Centro da classe I	Classe II	Centro da classe II	Classe III	Centro da classe III
6	3.0 x 1.5m	18.50-21.50	20.00	24.50-27.50	26.00	30.50-33.50	32.00
7	3.0 x 2.0m	18.80-21.20	20.00	23.50-26.00	25.00	28.50-30.50	29.50
8	3.0 x 2.5m	16.00-20.00	18.00	24.00-27.60	26.00	31.50-35.00	33.50
9	3.0 x 3.0m	21.00-24.00	22.50	27.00-30.00	28.50	33.00-36.00	34.50
10	3.0 x 3.5m	23.00-26.00	24.50	29.60-33.00	31.00	36.50-39.50	38.00

4.4.2. Preparo dos discos

Os discos cortados no campo foram etiquetados e transportados para um local coberto e bem ventilado para a secagem. Um período de uma semana ao ar livre torna-se suficiente para os discos perderem boa parte da umidade e resina, para permitir as operações posteriores. De acordo com BARUSSO (1977), o motivo de se adotar a espessura dos discos em torno de 10 cm foi em função de evitar possíveis rachaduras durante a secagem, o que acarretaria sérios problemas durante as medições dos incrementos em diâmetro, através dos anéis anuais de crescimento.

Durante a secagem, os discos foram colocados de lado, para evitar que as faces destes estivessem em contato com outra superfície nem mesmo com outro disco, para não prejudicar a visibilidade dos anéis de crescimento.

4.4.3. Lixamento dos discos

Os discos antes de serem lixados passaram por uma desempenadeira elétrica para uniformizar as superfícies de contato (frente e verso). De acordo com as recomendações de BARUSSO (1977), os discos devem ser lixados quando estiverem com umidade ambiente pois afetaria a lixagem impregnando a lixa com excesso de resina e nem muito seco, pois racharia quando em contato com o calor da lixadeira. O material foi lixado em uma lixadeira elétrica composta por uma lixa de lona 7,0 m x 12 cm e grana 8,0 na marcenaria e carpintaria da ESALQ/USP.

4.4.4. Medição dos discos

Após a secagem e lixamento dos discos, efetuou-se a marcação dos 4 raios em 90° entre si, sendo que após escolhido o maior raio a partir do anel mais externo, girou-se 45° no sentido anti-horário, e a partir deste marcaram-se os 4 raios que formaram os diâmetros.

A medição dos anéis de crescimento para cada disco a nível de laboratório foi feita com auxílio de uma régua de acrílico com precisão de um milímetro, sobre os quatro raios escolhidos, formando uma cruz, de tal forma que o zero da régua coincidiu com a medula do disco.

O diâmetro do disco foi obtido pelo dobro do raio médio aritmético encontrado, somando-se os quatro raios medidos por disco e divididos por quatro. Com isto obteve-se o diâmetro por idade ou anel anual.

O cálculo do volume real da árvore em cada idade foi obtido pelo método de Smalian (FINGER 1992).

4.4.5. Determinação das curvas de crescimento

As curvas de crescimento acumulado do volume e os incrementos corrente anual e médio anual foram obtidas a partir das medições dos incrementos em diâmetro dos anéis de crescimento em diferentes posições do tronco, para cada árvore-amostra.

Os modelos utilizados no ajustamento de equações de volume para determinar as curvas de crescimento e idade ótima de desbaste foram os seguintes:

$$(1) \text{Ln}V = b_0 + b_1 (1/I);$$

$$(2) \text{Ln}V = b_0 + b_1 (\ln I);$$

$$(3) V = b_0 + b_1 (I) b_2 (I^2);$$

$$(4) 1/V = b_0 + b_1 (\ln I);$$

$$(5) \text{Ln}V = b_0 + b_1 (\log I) + b_2 (\log \text{DAP}) + b_3 (\log H);$$

$$(6) V = b_0 + b_1 (\log I) + b_2 (\log \text{DAP}) + b_3 (\log H);$$

$$(7) V = b_0 + b_1 (I) + b_2 (\text{DAP}^2 H);$$

$$(8) V = b_0 + b_1 (I) + b_2 (I^2) + b_3 (I^3);$$

$$(9) \text{Ln}V = b_0 + b_1 (I) + b_2 (I^2) + b_3 (I^3);$$

onde,

Ln = logarítmo neperiano;

V = volume estimado;

I = idade;

DAP = diâmetro altura do peito;

H = altura;

b_0, b_1, b_2, b_3 = coeficientes estimados;

A melhor Equação de regressão foi selecionada com base nos critérios comumente empregados:

- a) significância do modelo
- b) coeficiente de determinação (R^2)
- c) erro padrão das estimativas (s).
- d) análise gráfica da distribuição dos resíduos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. SOBREVIVÊNCIA

As porcentagens de sobrevivência para as espécies *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em diferentes idades e espaçamentos (tratamentos), são apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 - Porcentagens da sobrevivência obtidas em diferentes tratamentos e idades da espécie *Pinus oocarpa*, em Anhembi, SP.

Trat	Sobrevivência (%)						
	2 anos	3 anos	5 anos	6 anos	8 anos	9 anos	14 anos
1	98 a	97 a	96 a	86 a	86 a	86 a	75 a
2	99 a	97 a	90 a	89 a	88 a	88 a	85 a
3	99 a	99 a	90 a	89 a	88 a	88 a	88 a
4	96 a	95 a	98 a	86 a	83 a	83 a	81 a
5	98 a	98 a	95 a	92 a	90 a	90 a	90 a

obs. médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey;

No *P. oocarpa*, evidenciou-se que o espaçamento 3,0 x 1,5 m (trat 1) apresentou 75% de sobrevivência aos 14 anos de idade, indicando o resultado direto da supressão. Neste sentido, as árvores suprimidas, com copas sob o dossel, recebem menos luz e encontram-se suscetíveis a doenças e danos físicos em um grau muito maior que as árvores vigorosas.

Tabela 6 - Porcentagens da sobrevivência obtidas em diferentes tratamentos e idades da espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em Anhembi, SP.

Trat	Sobrevivência (%)						
	2 anos	3 anos	5 anos	6 anos	8 anos	9 anos	14 anos
6	92 a	95 a	97 a	97 a	96 a	80 a	80 a
7	95 a	95 a	97 a	97 a	97 a	93 a	93 a
8	96 a	95 a	98 a	98 a	97 a	91 a	91 a
9	98 a	96 a	98 a	98 a	98 a	90 a	90 a
10	97 a	97 a	98 a	98 a	97 a	89 a	89 a

obs. médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey;

Na Tabela acima verifica-se que o mesmo espaçamento 3,0 x 1,5 m (trat 6), aos 9 anos de idade, foi o que atingiu menor porcentagem de sobrevivência (80%) para o *P. caribaea* var. *hondurensis* e, os demais espaçamentos apresentaram menor influência.

Observa-se o efeito da densidade de plantio sobre a mortalidade das árvores do *P. oocarpa* a partir dos 6 anos de idade e, de forma mais acentuada aos 14 anos de idade, enquanto que no *P. caribaea* var. *hondurensis* essa tendência foi marcante a partir dos 9 anos de idade, e permanecendo constante até aos 14 anos de idade.

Deste modo, o autodesbaste das árvores em espaçamentos menores propiciou um espaço ideal para o crescimento daquelas remanescentes, um maior desenvolvimento do sistema radicular e maior produção fotossintética em função da redução da competição entre as plantas. Também BALLONI & SIMÕES (1980) verificaram uma elevação na porcentagem de árvores dominadas e mortas com o aumento da idade, causando consequentemente um aumento da porcentagem de falhas. Segundo os mesmos autores este fato ocorre com maior intensidade e mais precocemente nos espaçamentos menores.

5.2. Diâmetro médio quadrático

Os resultados da análise de variância da variável diâmetro médio quadrático das 7 idades de medição em cada espaçamento denominado de tratamento, encontram-se nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Resultados da análise de variância do diâmetro para diferentes tratamentos e idades da espécie *Pinus oocarpa*, em Anhembi, SP.

Diâmetro médio quadrático (cm)							
Trat	2 anos	3 anos	5 anos	6 anos	8 anos	9 anos	14 anos
5	3.43a	8.58a	14.57a	17.63a	20.31a	21.00a	25.93a
4	3.39a	8.60a	14.38a	16.81a	19.45ab	20.27ab	24.46ab
3	3.45a	8.17a	13.72 b	16.10 b	18.31cb	19.50cb	22.78cb
2	3.88a	8.26a	13.00 c	14.90 c	16.87cd	18.55c	21.20 c
1	4.05a	8.24a	12.35 d	13.74 d	15.93 d	16.39 d	19.23 c
Médias	3.64	8.37	13.61	15.83	18.17	19.14	22.72
CV	10.23	4.19	1.82	2.69	3.96	2.49	3.52
F	2.66	1.40	55.35	52.39	24.87	55.96	43.23
P>F	0.0397	0.2911	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

obs. médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey;

Na Tabela acima verifica-se diferenças significativas entre os tratamentos ao nível de 1% de probabilidade nas idades de 5, 6, 8, 9 e 14 anos para o *Pinus oocarpa*. Desta maneira, a densidade de plantio mostrou o efeito da concorrência entre plantas nos espaçamentos (trat) mais apertados, produzindo árvores de menores diâmetros.

Tabela 8 - Resultados da análise de variância do diâmetro para diferentes tratamentos e idades da espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em Anhembi, SP.

Diâmetro médio quadrático(cm)							
Trat	2 anos	3 anos	5 anos	6 anos	8 anos	9 anos	14 anos
10	3.38a	8.17a	15.77a	18.00a	20.70a	21.66a	26.79a
9	3.40a	7.89a	15.06ab	17.00ab	19.65ab	19.90 b	24.95 b
8	3.22a	7.74a	14.19cb	16.20cb	18.56cb	18.27 c	23.33 c
7	2.90a	7.30a	13.88c	15.63c	17.80ad	17.00 d	22.00 c
6	3.15a	7.20a	13.30c	14.33 d	16.57 d	16.20 d	20.31 d
Médias	3.21	7.76	14.44	16.26	18.66	18.62	23.47
CV	10.60	5.72	2.79	3.46	3.31	2.53	2.90
F	1.43	3.54	23.53	25.91	26.68	86.04	54.44
P>F	0.2845	0.0397	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

obs. médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey;

Para o *P. caribaea* var. *hondurensis*, as idades de 5, 6, 8, 9 e 14 anos também apresentou diferenças significativas entre os tratamentos ao nível de 1% de probabilidade. Desta maneira, os espaçamentos 3,0 x 3,5 m e 3,0 x 3,0 m (trat 10 e 9) alcançaram maiores diâmetros, devido um maior espaço entre as árvores, propiciando maior desenvolvimento do sistema radicular e da copa.

Verifica-se que com o avanço da idade o diâmetro médio quadrático aumentou e, decresceu, em função do espaçamento. Este comportamento está associado ao aumento da competição das plantas por luz, água e nutrientes, sendo que a quantidade disponível destes elementos para as árvores seria regulada pela densidade de plantio.

Os valores de F calculado mostram que houve efeito dos tratamentos sobre o diâmetro com o decorrer do tempo. Da mesma forma, os valores baixos para o coeficiente de variação indicam a confiabilidade dos resultados.

Observa-se que o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade aplicado às médias dos cinco diferentes espaçamentos (trat), para as duas espécies estudadas, confirmou o aumento do diâmetro com a redução do número de árvores por hectare. Portanto, o diâmetro médio atingiu maiores dimensões no espaçamento 3,0 x 3,5 m (trat 5 e 10), devido à menor competição das árvores por água, luz e nutrientes. Para GERING & PIENAAR (1988) e VALE et al. (1992) o diâmetro médio das árvores de *P. elliottii* Engelm. e *P. caribaea* var. *hondurensis* Mor. respectivamente, diminui com o aumento da densidade de plantio, pois a competição entre as plantas começa mais cedo.

5.3. Altura média dominante

Nas Tabelas 9 e 10 encontram-se os resultados da análise de variância da altura média das cinco árvores dominantes, expressa em metros, das 7 idades de medição em cinco espaçamentos (tratamentos).

Observa-se no *P. oocarpa* diferenças altamente significativas entre os tratamentos ao nível de 1% de probabilidade a partir dos 5 anos de idade. Desta maneira, os espaçamentos 3,0 x 3,5 m e 3,0 x 3,0 m (trat 5 e 4) não diferem em altura, indicando que nestes espaçamentos o sítio ainda não atingiu a sua capacidade limite.

Tabela 9 - Resultados da análise de variância da altura para diferentes tratamentos e idades da espécie *Pinus oocarpa*, em Anhembi, SP.

Trat	Altura média dominante (m)						
	2 anos	3 anos	5 anos	6 anos	8 anos	9 anos	14 anos
5	3.48a	7.58a	12.17a	14.52a	16.66a	17.15a	20.80a
4	3.47a	7.57a	11.97a	13.73ab	15.90ab	16.53ab	19.50ab
3	3.48a	7.23a	11.49b	13.32 b	15.08cb	15.99cb	18.50cb
2	3.83a	7.23a	11.00 c	12.36 c	13.90c d	15.27c	17.00c
1	4.01a	7.30a	10.38 d	11.36 d	13.09 d	13.46 d	15.50 d
Médias	3.65	7.39	11.40	13.06	14.93	15.68	18.23
CV	8.35	3.89	1.74	2.79	3.89	2.42	3.95
F	2.72	1.28	53.83	45.24	24.78	55.76	33.33
P>F	0.0804	0.3304	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

obs. médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey;

Nas idades de 5, 6 8, 9 e 14 anos de medição do *P. caribaea* var *hondurensis* ocorrem diferenças altamente significativas entre os tratamentos ao nível de 1% de probabilidade. Para as idades mencionadas o efeito da densidade de plantio pode está interferindo no crescimento longitudinal das árvores, devido uma maior concorrência por luz, água e nutrientes nos espaçamentos menores.

Evidencia-se nas idades mais jovens para ambas espécies que as diferenças na altura média dominante são menores que nas idades mais avançadas, provavelmente devido a baixa competição entre as árvores.

Os incrementos dos valores de F calculado indicam o efeito dos tratamentos sobre altura, para as duas espécies estudadas, com o avanço da idade. Os baixos valores do coeficiente de variação mostram a confiabilidade dos resultados.

Tabela 10 - Resultados da análise de variância da altura para diferentes tratamentos e idades da espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em Anhembi, SP.

Altura média dominante (m)							
Trat	2 anos	3 anos	5 anos	6 anos	8 anos	9 anos	14 anos
10	3.49a	7.20a	12.97a	14.67a	16.69a	17.43a	21.24a
9	3.49a	6.95a	12.47a	13.89ab	15.87ab	16.00 b	19.77 b
8	3.35a	6.84a	11.73 b	13.20cb	15.00cb	14.70 c	18.48 bc
7	3.16a	6.53a	11.55 b	12.82cd	14.46c d	13.83 d	17.51 c
6	3.33a	6.43a	11.10 b	11.81 d	13.50 d	13.11 d	16.08 d
Médias	3.36	6.78	11.97	13.27	15.10	15.00	18.61
CV	7.77	5.37	2.66	3.43	3.27	2.48	3.18
F	1.11	2.89	21.92	2258	24.86	88.56	45.29
P>F	0.3958	0.0691	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

obs. médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey;

Constata-se efeitos significativos da densidade de plantio sobre a altura média dominante, para o conjunto das idades analisadas no estágio mais avançado. Observa-se que a altura média dominante apresenta um comportamento dependente da densidade de plantio, podendo esta dependência estar associada a uma maior concorrência entre as árvores por luz, água e nutrientes nos espaçamentos mais fechados.

5.4. Área basal

Nas Tabelas 11 e 12 encontram-se os resultados da análise de variância para área basal, expressa em m²/ha, em relação aos espaçamentos (tratamentos).

Tabela 11 - Resultados da análise de variância da área basal para diferentes tratamentos e idades da espécie *Pinus oocarpa*, em Anhembi, SP.

Trat	Área basal (m ² /ha)						
	2 anos	3 anos	5 anos	6 anos	8 anos	9 anos	14 anos
1	1.61a	6.56a	13.00a	15.45a	21.63a	23.90a	27.00a
2	1.13ab	4.96 b	11.40 b	14.63a	18.50 b	22.77ab	28.00a
3	0.70 b	3.92 bc	10.11 bc	13.66ab	17.40 bc	20.83 b	27.40a
4	0.55 c	3.50 c	8.94 dc	12.00 b	15.50 c	18.10 c	23.86a
5	0.49 c	3.11 c	8.51 d	12.00 b	15.50 c	18.10 c	25.00a
Médias	0.90	4.41	10.40	13.55	17.71	20.75	26.35
CV	24.61	10.85	6.72	7.05	6.55	5.37	8.70
F	18.03	33.61	28.17	10.50	18.76	22.39	2.48
P>F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0007	0.0001	0.0001	0.10013

obs. médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey;

O teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade aplicado as médias mostra haver diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, exceto nas idades de 14 e 9 anos, respectivamente para *P. oocarpa* e *P. caribaea* var. *hondurensis*. O fato das idades mencionadas não apresentarem diferenças significativas poderia ser atribuído ao efeito do desbaste natural, revelando a existência de homogeneidade entre os tratamentos.

O teste F mostrou haver diferença significativa entre os tratamentos ao nível de 5% de probabilidade e diferenças não significativas nas idades de 14 e 9 anos, indicando a existência de homogeneidade entre os tratamentos. Os baixos valores do coeficiente de variação demonstram a confiabilidade dos resultados.

Tabela 12 - Resultados da análise de variância da área basal para diferentes tratamentos e idades da espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em Anhembi, SP.

Trat	Área basal (m ² /ha)						
	2 anos	3 anos	5 anos	6 anos	8 anos	9 anos	14 anos
6	0.97a	4.89a	17.00a	19.78a	26.00a	20.82a	37.42a
7	0.63ab	3.81ab	13.92 b	17.67a	22.70 b	20.00a	33.68 b
8	0.61ab	3.46 b	11.88 c	15.23 b	19.95 c	18.00a	30.75 bc
9	0.57 b	3.00 b	11.00 c	14.00 b	18.70 c	17.59a	29.50 c
10	0.49 b	2.78 b	10.34 c	13.68 b	17.67 c	17.70a	28.96 c
Médias	0.65	3.58	12.84	16.08	21.00	18.84	32.00
CV	26.35	16.45	5.35	6.56	5.30	8.99	4.09
F	4.59	7.91	61.29	24.00	36.71	3.12	28.75
P>F	0.0176	0.0023	0.0001	0.0001	0.0001	0.0562	0.0001

obs. médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey;

Os resultados demonstram que as espécies se auto desbastam a medida que a competição entre plantas por água, luz e nutrientes começam a comprometer o crescimento do povoamento, principalmente no espaçamento mais apertado (3,0 x 1,5 m), ocorrendo uma redução de 11% e 16% das árvores (tabela 5 e 6) no espaçamento 3,0 x 1,5 m (trat 1 e 6). Desta maneira, aos 9 anos de idade a variedade *hondurensis* apresentou menor valor absoluto da área basal no espaçamento mais apertado, devido ao desbaste natural, ocasionando a diminuição do número de árvores por unidade de área. Esses dados mostram que as árvores dominadas foram eliminadas neste período possibilitando o crescimento diametral das árvores remanescentes.

Observa-se que a partir dos 5 anos de idade houve uma maior produção do *P. caribaea* var. *hondurensis* em área basal para todos os

espaçamentos (tratamentos) em relação o *P. oocarpa*, mostrando que a espécie menos produtiva foi mais exigente em função da idade e sítio.

Portanto, conforme os resultados encontrados, o espaçamento 3,0 x 1,5 m (trat 1 e 6) produziu maior área basal em todas idades e espécies, e a menor área basal foi obtida no espaçamento 3,0 x 3,5 m (trat 5 e 10). Estes valores indicam que com o aumento do espaçamento a área basal diminui, devido o menor número de árvores por unidade de área. Da mesma maneira, SCHNEIDER (1993) verificou que com o aumento do número de árvores por hectare de um povoamento a área basal aumenta significativamente até o momento em que inicia a competição entre os indivíduos. Aumentando-se o número de árvores a área basal será maior e, quando o número de árvores for excessivo a área basal diminui, o que também ocorre com a área transversal individual.

5.5. Volume cilíndrico

Os resultados obtidos da análise de variância para o volume, expresso em m³/ha nas diferentes idades e espaçamentos (tratamentos), são apresentados na Tabela 13.

As três primeiras idades (Tabela 13) da espécie *Pinus oocarpa* mostram diferenças entre os tratamentos ao nível de 1% de probabilidade, e a medida que a idade aumenta não há significância ao nível de 5% de probabilidade. Desta maneira, as diferenças significativas entre os tratamentos para os volumes, nas idades de 2, 3 e 5 anos podem estar associadas ao maior número de árvores nos diferentes espaçamentos, enquanto que a partir dos 6 anos de idade ocorre

mortalidade das plantas, não havendo efeito da densidade de plantio, devido uma menor concorrência consequente de um maior espaço médio entre as árvores.

Tabela 13 - Resultados da análise de variância do volume para diferentes tratamentos e idades da espécie *Pinus oocarpa*, em Anhembi, SP.

Volume cilíndrico (m³/ha)							
Trat	2 anos	3 anos	5 anos	6 anos	8 anos	9 anos	14 anos
1	7.36a	51.88a	150.50a	202.00a	317.83a	361.24a	491.00a
2	5.23ab	39.91 b	135.5 ab	199.00a	281.00a	374.80a	542.90a
3	3.01 cb	30.93 bc	127.0 cb	199.90a	284.73a	361.91a	564.70a
4	2.23 cb	28.93 bc	117.0 cb	184.40a	269.28a	326.46a	531.50a
5	2.03 c	25.36 c	112.00 c	190.46a	279.23a	339.19a	581.90a
Médias	4.00	35.40	128.44	195.22	286.43	352.72	542.43
CV	33.40	14.55	7.65	8.49	8.94	6.26	9.84
F	11.59	17.13	9.76	0.82	2.08	3.11	1.68
P>F	0.0004	0.0001	0.0009	0.5388	0.1472	0.0568	0.2178

obs. médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey;

Portanto, o *P. oocarpa* no espaçamento 3,0 x 1,5 m (trat 1) apresentou maiores volumes em estádios mais jovens quando comparado com a var. *hondurensis*, enquanto que aos 9 anos o espaçamento 3,0 x 2,0 m (trat 2) foi o que atingiu o maior volume (374,80 m³/ha), sendo que aos 14 anos o espaçamento 3,0 x 3,5 m (trat 5) alcançou 581,90 m³/ha, seguido pela produção de 564,70 m³/ha no espaçamento 3,0 x 2,5 m (trat 3). De acordo as observações de FISHWICK (1976) as diferenças entre a produção volumétrica de povoamentos de espaçamento pequeno e de povoamento de espaçamento mais amplo, nos primeiros anos, são causados pelo fato de que as árvores mais espaçadas, de rápido crescimento, não estão utilizando todo o espaço disponível

para crescer. Por isso os povoamentos mais densos, de espaçamento menor, atingiram o volume do sítio mais rapidamente.

Constata-se que o *P. oocarpa* nos estádios mais jovens alcançou volumes superiores em relação ao *P. caribaea* var. *hondurensis* de aproximadamente 56% e 32% aos 2 e 3 anos, respectivamente. Por outro lado, a medida que aumenta a idade a variedade *hondurensis* atingiu ganhos reais em volume, comprovando maior produção entre os tratamentos aos 14 anos. Também BERTOLOTI & MOTA (1980) analisando as espécies *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. caribaea* var. *caribaea* nos espaçamentos 3,0 x 2,0 m e 3,0 x 3,0 m, verificaram a superioridade da var. *hondurensis* em relação a var. *caribaea*, quanto à produtividade em volume de madeira/ha, aos 7 anos de idade.

Da mesma forma, os volumes observados nas idades 2, 6, 9 e 14 anos do *P. caribaea* var. *hondurensis* não apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, conforme Tabela 14. Este fato torna-se bastante evidente pelos baixos valores do F calculado, demonstrando homogeneidade entre os tratamentos, e para as idades 3, 5 e 8 anos as diferenças estatísticas foram constatadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que aos 6 anos de idade o acréscimo do incremento em volume no espaçamento 3,0 x 1,5 m (trat 6) foi menor do que nos espaçamentos mais amplos (trat) em virtude do crescimento acelerado da var. *hondurensis* nos anos anteriores. Neste sentido, não há efeito da densidade de plantio, devido atingir uma estabilização entre tratamentos propiciada pela capacidade produtiva do sítio.

Tabela 14 - Resultados da análise de variância do volume para diferentes tratamentos e idades da espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em Anhembi, SP.

Trat	Volume cilíndrico (m³/ha)						
	2 anos	3 anos	5 anos	6 anos	8 anos	9 anos	14 anos
6	3.98a	35.47a	201.00a	253.50a	379.50a	302.00a	685.85a
7	2.46a	27.41ab	170.00b	244.40a	352.0ab	305.66a	650.00a
8	2.60a	26.49ab	149.50b	220.00a	324.0ab	291.00a	628.24a
9	2.47a	23.16 b	145.00b	208.90a	316.38b	302.80a	631.39a
10	2.13a	22.14 b	142.50b	216.68a	312.75b	325.56a	659.00a
Médias	2.73	26.93	161.56	228.72	336.99	305.44	650.97
CV	34.78	19.00	7.92	8.99	7.79	8.84	5.08
F	2.29	4.18	14.62	3.48	4.65	0.86	1.98
P>F	0.1198	0.0239	0.0001	0.0417	0.0169	0.5138	0.1624

obs. médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey;

Verifica-se o crescimento progressivo dos volumes com as idades entre os tratamentos e, com maior evidência no espaçamento 3,0 x 1,5 m (trat 6), onde se encontra maior número de indivíduos por unidade de área. Aos 9 anos de idade observou-se um menor volume em relação ao ano anterior, isto mostra claramente o efeito do desbaste natural sobre as árvores dominadas nesse período, principalmente nos espaçamentos mais apertados.

Do mesmo modo, aos 14 anos o espaçamento 3,0 x 1,5 m (trat 6) alcançou maior produção volumétrica total (685 m³/ha) seguido das produções nos espaçamentos 3,0 x 3,5 m (trat 10) e 3,0 x 2,0 m (trat 7) com 659 m³/ha e 650 m³/ha, respectivamente. BLANCO et al. (1989) verificaram que os maiores volumes do *Pinus caribaea* var. *caribaea* aos 14 anos foram obtidos nos espaçamentos 3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,5 m e 3,0 x 2,0 m com 164,95, 153,8 e 135,91 m³/ha, respectivamente. No mesmo sentido, BLANCO et al. (1988) constataram

que o *Pinus tropicales* Morolete com a mesma idade apresentou o maior volume (81,63 m³/ha) no espaçamento 3,0 x 1,0 m, devido ao maior número de árvores/ha.

Os resultados apresentados revelam que o espaçamento 3,0 x 3,5 m (trat 5 e 10) é o mais indicado silviculturalmente para se obter madeira de qualidade para serraria e laminação, devido atingir praticamente igual produção volumétrica total e, maiores diâmetros que os espaçamentos menores, entretanto, deve-se realizar uma análise econômica em relação a custo de implantação, custo de exploração entre outros, em termos de decisão comercial.

5.6. Curvas de crescimento e produção

Dentre os modelos matemáticos comparados, o que melhor se ajustou aos dados foi: $\text{Ln}V = b_0 + b_1I + b_2I^2 + b_3I^3$. Este modelo foi o escolhido porque atende todos os critérios exigidos na seleção de uma equação de regressão, sendo que o R^2 , os coeficientes b_0 , b_1 , b_2 e b_3 , a distribuição gráfica dos resíduos e o erro padrão da estimativa, foram adequados em todos os tratamentos.

A equação de regressão apresentou uma distribuição graficamente uniforme dos resíduos, propiciando estimativas sem tendências, para todos os tratamentos.

Para verificar a eficiência do modelo proposto no ajuste do volume em função da idade, procedeu-se a análise de variância pelo GLM do SAS, indicando a contribuição de cada variável independente (I , I^2 e I^3) através da

Soma de Quadrados do tipo I e tipo III e do F que indica a significância dos coeficientes.

O modelo logarítmico cúbico é indicado para ajustar dados dessa natureza, devido atender as leis biológicas, estimando o crescimento de um povoamento por meio de pontos característicos que apresentam uma origem igual a zero, um ponto de inflexão e um ponto de tangente máxima.

Por outro lado, na transformação logarítmica busca-se a homogeneidade de variâncias, atingindo melhor aproximação normal.

Resultados obtidos da análise de regressão para determinação das curvas de crescimento acumulado do volume estimado das classes diamétricas e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus oocarpa* para cada espaçamento, estão apresentados nas Figuras 4, 5, 6, 7 e 8. E os valores dos volumes estimados e dos incrementos corrente e médio anual estão nos Anexos 1, 2, 3, 4 e 5.

No espaçamento 3,0 x 1,5 m (Figura 4), as curvas de produção e crescimento foram obtidas somente com 5 árvores, devido a má visualização dos anéis de crescimento de uma das árvores de classe inferior. Portanto, este tratamento atingiu um volume estimado de 0,92 m³ aos 16 anos e, o máximo incremento corrente anual ocorreu aos 9 anos, com 0,073 m³.

Para os espaçamentos 3,0 x 2,0 m (Figura 5), 3,0 x 2,5 m (Figura 6) e 3,0 x 3,0 m (Figura 7) o máximo incremento corrente anual também ocorreu aos 9 anos, com os seguintes valores: 0,076m³, 0,078m³ e 0,078m³, respectivamente. Da mesma forma, os volumes estimados foram 0,81m³, 0,97m³ e 0,95m³ para os mesmos espaçamentos. Nota-se que não houve diferenças entre os espaçamentos 3,0 x 2,5 m e 3,0 x 3,0 m, tanto para o incremento corrente anual

Figura 4. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus oocarpa*, plantado no espaçamento 3,0 x 1,5 m, em Anhembi-SP.

Figura 5. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus oocarpa*, plantado no espaçamento 3,0 x 2,0 m, em Anhembi-SP.

Figura 6. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus oocarpa*, plantado no espaçamento 3,0 x 2,5 m, em Anhembi-SP.

Figura 7. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus oocarpa*, plantado no espaçamento 3,0 x 3,0 m, em Anhembi-SP.

Figura 8. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus oocarpa*, plantado no espaçamento 3,0 x 3,5 m, em Anhembi-SP.

assim como para o volume estimado. Os dados revelam que estes tratamentos, provavelmente tem o mesmo efeito após o desbaste. Enquanto que, o espaçamento 3,0 x 3, 5 m (Figura 8) alcançou um volume estimado de 0,98 m³ aos 16 anos e, o máximo incremento corrente anual ocorreu aos 10 anos, com 0,092 m³, indicando o efeito de uma menor competição entre as árvores.

Observa-se que o máximo incremento médio anual do *Pinus oocarpa* ainda não foi atingido até os 14 anos de idade para todos os tratamentos, indicando que o sítio ainda se encontra em plena capacidade produtiva. Desta maneira, a idade ótima de desbaste poderá ocorrer mais tarde de forma distinta para cada tratamento. Para HOSOKAWA (1986), SCOLFORO (1990) a época dos desbastes pode ser definida pelo ponto onde se verifica a ocorrência do saturamento do crescimento, identificada pelo ponto onde ocorre o cruzamento das curvas de incremento corrente anual e do incremento médio anual.

Os volumes sólidos, expressos em m³/ha, nas diferentes idades e espaçamentos (tratamentos) para a espécie *Pinus oocarpa*, estão apresentados na Tabela 15.

Verifica-se que os volumes sólidos (m³/ha), foram de ordem crescente para cada tratamento (espaçamento) com o decorrer da idade. Nota-se que nos espaçamentos menores os volumes foram superiores em relação os espaçamentos mais amplos, devido ao maior número de árvores por hectare após o desbaste.

Desta maneira, aos 16 anos de idade o espaçamento 3,0 x 1,5 m (trat 1) atingiu a maior produção volumétrica total de 534 m³/ha, sendo que as árvores de classe de diâmetro inferior estão concentradas neste tratamento.

Tabela 15 - Volumes sólidos por classes diamétricas do *P. oocarpa* após o desbaste artificial, em Anhembi, SP.

Volume sólido (m ³ /ha)								
Trat	9 anos	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos	16 anos
1	163	205	244	281	319	365	430	534
2	156	193	228	258	288	321	366	438
3	139	171	201	228	256	292	344	430
4	104	129	151	171	191	219	258	325
5	102	134	166	194	222	252	290	346

As Figuras 9, 10, 11, 12 e 13, mostram as curvas de crescimento acumulado do volume estimado das classes diamétricas e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, para cada espaçamento, através da análise de regressão. E os valores dos volumes estimados e dos incrementos corrente e médio anual estão nos Anexos 6, 7, 8, 9 e 10.

Para cada tratamento foi descartada uma das árvores de classe inferior, devido a má visualização dos anéis de crescimento dessas árvores. Desta forma, na construção das curvas de crescimento acumulado em volume ao longo da idade e os incrementos corrente e médio anual foram utilizadas somente 5 árvores, exceto no espaçamento 3,0 x 2,0 m que contém 6 árvores.

No espaçamento 3,0 x 1,5 m (Figura 9), obteve-se um volume estimado de 1,14m³ aos 16 anos, enquanto que, o máximo incremento corrente

Figura 9. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 1,5 m, em Anhembi-SP.

Figura 10. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 2,0 m, em Anhembi-SP.

Figura 11. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 2,5 m, em Anhembi-SP.

Figura 12. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 3,0 m, em Anhembi-SP.

Figura 13. Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 3,5 m, em Anhembi-SP.

anual ocorreu aos 9 anos, com $0,088 \text{ m}^3$. Para o espaçamento $3,0 \times 2,0 \text{ m}$ (Figura 10) o volume estimado foi de $0,80 \text{ m}^3$ aos 16 anos e o máximo incremento corrente anual ocorreu aos 10 anos, com $0,080 \text{ m}^3$. Este tratamento apresentou um menor volume quando comparado com o tratamento anterior, provavelmente devido ao maior número de árvores medidas na classe inferior.

Da mesma forma, os espaçamentos $3,0 \times 2,5 \text{ m}$ (Figura 11), $3,0 \times 3,0 \text{ m}$ (Figura 12) e $3,0 \times 3,5 \text{ m}$ (Figura 13) atingiram os volumes estimados $1,03 \text{ m}^3$, $1,26 \text{ m}^3$ e $1,56 \text{ m}^3$, respectivamente, aos 16 anos, sendo que, o máximo incremento corrente anual ocorreu aos 9 anos para todos os tratamentos com os seguintes valores: $0,090 \text{ m}^3$; $0,1000 \text{ m}^3$ e $0,131 \text{ m}^3$, respectivamente. RESENDE (1987) avaliando um povoamento de *P. caribaea* var. *hondurensis* plantado em solos do tipo Podzólico plântico na região de Esplanada-BA, verificou que o máximo incremento corrente anual ocorreu aos 4 anos de idade.

Verifica-se que o espaçamento $3,0 \times 3,5 \text{ m}$ produziu maior volume ($1,56 \text{ m}^3$) seguido do espaçamento $3,0 \times 3,0 \text{ m}$ ($1,26 \text{ m}^3$). Esses dados demonstram o efeito de um espaçamento sobre o crescimento das árvores com o decorrer da idade. Para FISHWICK (1976) os incrementos de área basal em diferentes períodos de vida do povoamento mudam com o espaçamento e idade; o incremento de área basal pode diminuir com espaçamento inicial amplo em povoamentos jovens e aumenta com o espaçamento inicial amplo em povoamentos mais antigos.

Observa-se que as curvas de incremento médio anual e corrente anual, ainda não se cruzaram aos 14 anos, indicando que o ponto de máxima produtividade volumétrica do *P. caribaea* var. *hondurensis* deve ser maior que os 14 anos para todos os tratamentos, ou seja, a idade ótima de desbaste deve ocorrer

mais tardiamente, porém no caso de povoamento as curvas dos incrementos corrente e médio anual poderiam ter se cruzado, atingindo a idade ótima de desbaste mais cedo. Para BERTOLOTI *et al.* (1983) o primeiro desbaste pode ser realizado aos 11 ou 12 anos de idade para a var. *hondurensis* plantada em espaçamento 2,0 x 2,0 m na região de Agudos-SP. E para HOFFMAN & THAME (1970) a idade ótima de desbaste depende das condições de solo, clima e espaçamento inicial do povoamento florestal.

Constata-se o efeito do desbaste realizado aos 14 anos de idade na produção volumétrica total das duas espécies estudadas, para todos os tratamentos logo após o primeiro ano. Entretanto, este efeito mostrou que os espaçamentos mais amplos com árvores de diâmetros maiores tiveram uma maior resposta ao desbaste, quando comparado com os espaçamentos menores, o que pode ser devido a menor competição entre as árvores. Também, SCOLFORO (1990) trabalhando com a variedade *hondurensis* em diferentes intensidades de desbastes observou que desbastes precoces levaram a maiores produções, principalmente dos volumes para laminação e serraria do que aqueles desbastes realizados mais tardiamente e que percentualmente os maiores acréscimos se verificaram nos sítios menos produtivos do que nos mais produtivos. Para LAVING & DONNELLY (1989) as taxas de crescimento de *Abies balsamea* com diâmetros maiores nas parcelas desbastadas nos espaçamentos mais amplos responderam mais ao desbaste, do que árvores de diâmetros maiores em parcelas desbastadas em espaçamentos mais fechados. Essas diferenças indicam que o crescimento das árvores em espaçamentos mais fechados sofreram mais com a competição do que árvores em espaçamentos mais amplos.

Na Tabela 16 se encontram os volumes sólidos, expressos em m^3/ha , nas diferentes idades e espaçamentos (tratamentos) para a espécie *P. caribaea* var. *hondurensis*.

Tabela 16 - Volumes sólidos por classes diamétricas do *P. caribaea* var. *hondurensis* após o desbaste artificial, em Anhembi, SP.

Volume sólido (m^3/ha)								
Trat	9 anos	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos	16 anos
6	222	276	326	372	421	486	583	748
7	157	206	254	301	345	389	434	488
8	178	223	262	296	330	370	430	530
9	112	141	166	190	215	247	294	372
10	167	210	248	282	317	361	427	539

Verifica-se que os volumes sólidos (m^3/ha) foram de ordem crescente para cada espaçamento (tratamento), a medida que a idade aumenta. Nota-se que aos 16 anos, o espaçamento 3,0 x 1,5 m atingiu um volume total de $748 \text{ m}^3/\text{ha}$, seguida da produção de $539 \text{ m}^3/\text{ha}$ no espaçamento 3,0 x 3,5 m, sendo que a maioria das árvores de classe de diâmetro superior, as mais recomendadas para serraria e laminação se concentram no espaçamento 3,0 x 3,5 m, enquanto que, no espaçamento 3,0 x 1,5 m concentram as árvores de classe de diâmetro inferior.

Os resultados contidos nas Tabelas 15 e 16 foram calculados para expressar a produção em volume sólido (m^3/ha) do povoamento após o desbaste artificial, sendo que estes dados também revelam uma diferenciação nos

volumes sólidos (m^3/ha) entre tratamentos e idades, devido a modificação da estrutura do povoamento pela intervenção silvicultural.

6. Conclusões

6.1. O maior volume cilíndrico de $685\text{m}^3/\text{ha}$ do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foi obtido aos 14 anos de idade no espaçamento $3,0 \times 1,5$ m, seguido dos volumes nos espaçamentos $3,0 \times 3,5$ m e $3,0 \times 2,0$ m, com $659\text{ m}^3/\text{ha}$ e $650\text{ m}^3/\text{ha}$, respectivamente, enquanto que o *P. oocarpa* atingiu $581,90\text{ m}^3/\text{ha}$ no espaçamento $3,0 \times 3,5$ m, seguido do volume de $564,70\text{ m}^3/\text{ha}$ no espaçamento $3,0 \times 2,5$ m.

6.2. O espaçamento $3,0 \times 3,5$ m é o mais indicado silviculturalmente para se obter madeira de qualidade para serraria e laminação, devido atingir praticamente igual produção volumétrica total e, maiores diâmetros que os espaçamentos menores.

6.3. Aos 9 anos de idade o *P. caribaea* var. *hondurensis* apresentou menor valor absoluto da área basal no espaçamento $3,0 \times 1,5$ m, devido ao desbaste natural, ocasionando a diminuição do número de árvores por unidade de área.

6.4. Tanto o *P. oocarpa* como o *P. caribaea* var. *hondurensis*, aumentou o diâmetro médio quadrático com a redução do número de árvores por hectare. Portanto, o diâmetro médio atingiu maiores dimensões no espaçamento $3,0 \times 3,5$ m, devido a menor competição entre as árvores.

6.5. O efeito significativo da densidade de plantio sobre a altura média dominante, para o conjunto das idades analisadas no estágio mais avançado, indicou que a altura média dominante é dependente da densidade de plantio.

6.6. A menor sobrevivência ocorreu aos 9 e 14 anos no espaçamento 3,0 x 1,5 m, para as espécies *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa*, respectivamente, em função do aumento da competição entre as árvores.

6.7. O efeito do autodesbaste a partir dos 6 e 9 anos de idade para o *P. oocarpa* e *P. caribaea* var. *hondurensis* respectivamente, indica que durante este período deve-se remover as árvores dominadas nos espaçamentos mais fechados.

6.8. As curvas de incrementos médio e corrente anual, das espécies *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa* ainda não se cruzaram aos 14 anos de idade, indicando que a idade ótima de desbaste deve ocorrer mais tardiamente.

6.9. No caso de povoamento, as curvas dos incrementos corrente e médio anual provavelmente se cruzariam mais cedo e distintamente em função dos diferentes espaçamentos adotados.

6.10. O desbaste realizado aos 14 anos de idade mostrou que os espaçamentos mais amplos, com árvores de diâmetros maiores, responderam mais ao desbaste, quando comparado com os espaçamentos menores, o que pode ser devido a menor competição entre as árvores.

Sugere-se:

1. desenvolver pesquisas, no sentido de avaliar a produção volumétrica, conicidade das árvores, densidade básica da madeira e intensidades de desbastes em diferentes espaçamentos e sítios.
2. avaliar através de estudo a influência do comprimento e extensão lateral da copa no crescimento do fuste em diferentes espaçamentos e sítios.
3. comparar espaçamentos do tipo Nelder, retangular e exagonal para diferentes sítios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACAVE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CARVÃO VEGETAL.
Florestas produtivas. Belo horizonte, ABRACAVE, 1990. 10p.
- AGUIAR, B. L.; VALERI, V. S.; ISMAEL, J. J.; ALHO, R.D. Efeito do espaçamento no desenvolvimento de *Dipterex alata* VOG. em Jaboticabal-S.P, até idade de 20 anos. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, (4): 570-2, 1992.
- ALFARO, R.J. Diameter growth in western larch caused by larch casebearer defoliation. **Western Journal of Applied Forestry**, Bethesda, 6(4): 105-8, 1991.
- ANDRADE, C. D.; PEREIRA, R. A.; GOMES, M. J.; FONSECA, G. A. Avaliação do crescimento de *Eucalyptus grandis* sob espaçamentos em linhas alternadas na região do Cerrado. **Boletim Técnico do IPEF**, Piracicaba, 8: 53-7, 1984.
- AUCLAIR, D. & BOUVAREL, L. Influence of spacing and short rotations on *Populus trichocarpa* x *deltoides* coppice. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, 22(4): 541-8, 1992.
- BALLONI, E. A. & SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **IPEF. Série Técnica**, Piracicaba, 1(3): 1-16, 1980.

- BARUSSO, P. A. A determinação de funções de crescimento mediante análise do tronco. Curitiba, 1977. 133p. (Mestrado - Universidade Federal do Parana).
- BECKJORD, R. P; MELHUISE Jr, R. P; WILLIS, B. P. Preliminary spacing trials of *Paulownia tomentosa*. **Tree Planters' Notes**, Washington, **42**(1): 34-5, 1991.
- BERTOLOTI, G; SIMÕES, W. J; NICOLIELO, N; GARNICA, J. B. Efeitos de diferentes métodos e intensidades de desbaste na produtividade de *Pinus caribaea* var *hondurensis*. **IPEF**, Piracicaba, **24**: 47-54, 1983.
- BERTOLOTI, G. & MOTA, O. O. Efeitos do espaçamento do plantio no comportamento do *Pinus caribaea* Morlet plantado na região da Bahia. **Boletim Informativo do IPEF**, Piracicaba, **8**(27): 47-53, 1980.
- BLANCO, J. J; RAMOS, L. J; ROMERO, F. A; ALVAREZ, Y. E. Comportamiento de *Pinus caribaea* var *caribaea* em cinco espaciamientos de plantacion em Oxisóis. **Revista Forestal Baracoa**, Habana, **19**(1): 21-9, 1989.
- BLANCO, J. J; RAMOS, L. J; ROMERO, F. A; FRIEOL, P; HERRERO, G. Comportamento de *Pinus tropicalis* em cinco espaciamientos de plantación em los Suelos Ferralíticos Cuarcíticos Amarillos de Viñales, Cuba. **Revista Forestal Baracoa**, Habana, **18**(2): 21-30, 1988.
- BRASIL, M. A. M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus propinqua* Deane ex Maiden em função do local e do espaçamento. Piracicaba, 1972. 126p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Comissão de solos. **Levantamento dos solos do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1960. 634p.
- BREDENKAMP, V. B. Effects of spacing and age on growth of *Eucalyptus grandis* on a dry Zululand Site. **South African Forestry Journal**, Pretoria, **140**: 24-8, 1987.
- BUFORD, M. A. Performance of four yield models for predicting stand dynamics of a 30-year-old loblolly pine (*Pinus taeda* L.) spacing study. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, **46**: 23-8, 1991.
- CAMPOS, C. C. J; LEITE, G. H; SOUZA, N. R; VITAL, R. B. Relações entre espaçamento, volume e peso de madeira em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, **14**(2): 119-33, 1990.
- CHAUCHARD, M. L. Modelo de crecimiento individual del Rauli (*Nothofagus alpina* (poepp. et endl.) Oerst.). In: JORNADAS TÉCNICAS, 6., Eldorado, 1991. **Inventários - Modelos de produção y crecimiento forestales**. actas. Eldorado, Universidade Nacional de Misiones/Faculdade de Ciencias Forestales, 1991. p.274-6.
- COUTO, L. Influencia do espaçamento no crescimento do *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, cultivada na região de Coronel Fabriciano, Minas Gerais. Viçosa, 1977. 54p. (M.S - Universidade Federal de Viçosa).
- CRECHI, E. H. ; FRIEDL, R. A.; FERNANDEZ, R. A. Efecto de la densidad de plantacion sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: JORNADAS TÉCNICAS, 6., Eldorado, 1991. **Inventários - Modelos de produccion y crecimiento forestales**. actas. Eldorado, Universidade Nacional de Misiones/Faculdade de Ciencias Forestales, 1991. p.306-20.

- EULER, V. F; BARADAT, P; LEMOINE, B. Effects of plantation density and spacing on competitive interactions among half-sib families of maritime pine. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, **22**(4): 482-9, 1992.
- EVERTSEN, A. J. & O'BRIEN, D. The effect of thinning and initial spacing on wood quality determining properties in *Sika spruce*. In: MEETING OF PROJECT GROUP P.4.02.02. ON THE INFLUENCE OF SPACING AND SELECTIVITY IN THINNING ON STAND DEVELOPMENT, OPERATIONS AND ECONOMY, Dublin, 1984. **Proceedings**, edited by G. Gallagher. Dublin, IUFRO/Forest and Wildlife Service, 1985. 130-9.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de Biometria Florestal**. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria CEPEF - FATEC, 1992. 269p.
- FISHWICK, W. R. Estudos de espaçamentos e desbastes em plantações brasileiras. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, **7**(26): 13-23, 1976.
- FLORSHEIM, B. M. S. Variações da estrutura anatômica e densidade básica da madeira de árvores de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão. (Anacardiaceae). Piracicaba. 1992. 265p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- FONSECA, L. E. C; BUENO, M. D; SPERANDIO, P. J. Comportamento do *Jacaranda-da-Bahia* aos cinco de idade, em quatro diferentes espaçamentos em Manaus-Am. **Revista Árvore**, Viçosa, **14**(2): 78-84, 1990.
- GARCIA, C. H; CORADINE, L; ALVARENGA, S. F. Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos. **Circular Técnica do IPEF**, Piracicaba, (179): 1-8, 1991.

- GERING, L. & PIEENARR, V. L. Stand density effects for site-prepared slash pine plantations in the flatwoods of Georgia and North Florida. In: IUFRO CONFERENCE ON FOREST GROWTH MODELLING AND PREDICTION, Minneapolis, 1987. **Proceedings**, edited by A.R. EK and others. St. Paul, USDA/ Forest Service, 1988. v.2, p.596-603. (USDA. General Technical Report, NC-120).
- GEWALD, N. J. Datos de crecimiento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la reserva forestal la Yeguada, Panama. In: IUFRO/MAB/FOREST SERVICE SYMPOSIUM: WOOD PRODUCTION IN THE NEOTROPICS VIA PLANTATIONS, Rio Piedras, 1980. **Proceedings**. Rio Piedras, 1980. p.51-61.
- GOMES, T. R. Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus spp.* na região de Cerrado de Minas Gerais. Viçosa, 1994. 85p. (M.S - Universidade Federal de Viçosa).
- HARRINGTON, R. A. & FOWNES, J. H. Allometry and growth of planted versus coppice stands of four fast-growing tropical tree species. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, **56**: 315-27, 1993.
- HAYWOOD, J. D. A comparison de *Pinus taeda* growth and yield on pure pine and mixed pine hardwood sites. In: PINE - HARDWOOD MIXTURES :A SYMPOSIUM ON MANAGEMENT AND ECOLOGY OF THE TYPE, Atlanta, 1989. **Proceedings**, edited T.A Waldrop. New Orleans, USDA/Forest Service, 1989. p117-22.
- HOFFMANN, R. & THAME, M. C. A. **Determinação da idade ótima para o primeiro desbaste em povoamentos de *Pinus caribaea***. Piracicaba, ESALQ/Departamento Ciências Sociais Aplicadas, 1970. 39p.

- HORNE, R. Early espaçamento of wheat field white *Cypress pine* regeneration: the effect on secondary regeneration, limb size, and stand merchantability. **Australian Forestry**, Canberra, **53**(3): 160-7, 1990.
- JESUS, M. R.; GARCIA, A.; DARIO, R. F.; DIAZ, P. M. Espaçamento com *Acacia auriculiformes* CUNN.Ex Berth. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO. 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., Curitiba, 1993. **Anais**. São Paulo, Unipress, 1993. vl., p.286-8.
- KLEIN, M. J. E.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, G. C. A.; FLEIG, F. D. Produção de madeira e casca de Acácia-Negra (*Acacia mearnsii* de Wild) em diferentes espaçamentos. **Ciencia Florestal**, Santa Maria, **2**(1): 87-97, 1992.
- LACERDA, J. S. & COUTO, H. T. Z. O uso da lei do autodesbaste na definição do espaçamento para plantios de *Eucalyptus*. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, (182): 1-8, 1993.
- LAVINGNE, B. A. & DONNELLY, G. J. Early results of a spacing trial in a precommercially thinned *Balsan fir* in western new found land. ST. John's, Forest Canada/Newfoundland and Habrador Region, 1989. 23p. (Informations Report, N-X-269).
- MALAN, F. S. & HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, **163**: 13-20, 1992.

- MALIMBWI, E. R.; PERSSON, A.; IDDI, S.; CHAMSHAMA, O. A. S.; MWIHOMEKE, T. S. Effects of spacing on yield and some wood properties of *Cupressus lusitanica* at Rongai, Northern Tanzania. **Forestry**, London, **56**(1): 73-82, 1992.
- MOLINO, O. Rendimentos de *Pinus* a diferentes espaçamentos. In: CONGRESO FORESTAL MUNDIAL, 7., Buenos Aires, 1972. s.n.t. p.irreg. (TCFM/C:ITFE).
- NDIAYE, P.; MAILLY, D.; PINEAU, M.; MARGOLIS, H. A. Growth and yield of *Casuarina equisetifolia* plantations on the coastal sand dunes of Senegal as a function of microtopography. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, **56**(1993): 13-28, 1993.
- ODA, S. ; MELLO, J. E. ; MENCK, M. L. A.; COSTA, C. D. Variação da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos, com 6 anos de idade. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão. 1990. **Florestas e meio ambiente; conservação e produção, patrimônio social**. São Paulo, SBS, 1990. v.3, p.701-5, 1990.
- OLA-ADAMS, B. A. Effects of spacing on biomass distribution and nutrient content of *Tectona grandis* Linn.f. (teak) and *Terminalia superba* Engl. & diels. (afara) in south-western Nigeria. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, **58**: 299-319, 1993.
- OLIVA, E. Modelo de crecimiento y rendimiento de *Acacia mangium* em Costa Rica, Honduras y Panama. **Silvoenergia**, Turrialba, (35): 1-4, 1990.

- RESENDE, A. M. Estudo dos aneis de crescimento de duas variedades de *Pinus caribaea* cultivados na Bahia para avaliação da produtividade, massa específica e nutrição mineral. Piracicaba, 1987. 144p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- RESENDE, P. L. J; PEREIRA, R. A; OLIVEIRA, D. A. Espaçamento ótimo para a produção de madeira. *Revista Árvore*, Viçosa, 7(1): 30-43, 1983.
- HOSOKAWA, R, T. **Manejo e economia de florestas**. Roma, FAO, 1986. 125p.
- SCHNEIDER, R. P. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria, UFSM, 1993. 348p.
- SCOLFORO, J. R. S. Sistema integrado para predição e análise presente e futura do crescimento e produção, com otimização de remuneração de capitais, para *Pinus caribaea* var *hondurensis*. Curitiba, 1990. 290p. (Doutorado - Universidade Federal do Paraná).
- SHELBURNE, B. V; HEDDEN, L. R; ALLEN, M. R. The effects of site, stand density, and sapwood permeability on the relationship between leaf area and sapwood area in loblolly pine (*Pinus taeda* L.). **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, **58**: 193-209, 1993.
- SIMÕES, J. W.; & SPINA-FRANÇA, F. Produção de madeira em florestas energéticas sob diferentes práticas silviculturais. In: SIMPOSIO de ENERGIA da BIOMASSA FLORESTAL, São Paulo, 1983. São Paulo, CESP; Piracicaba, IPEF, 1983. p.1-36.

- SIMÕES, J. W.; BRANDI, R. M; MALINOVSKY, J. R. **Formação de florestas com espécies de rápido crescimento.** Brasília, PNUD/FAO/IBDF/BRA, 1976. 74p. (PNUD/FAO/IBDF/BRA, 45. Série Divulgação, 6).
- SIMÕES, J. W.; BRANDI, R. M; LEITE, N. B; BALONI, E. A. **Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento.** Brasília, IBDF, 1981. 131p.
- SBS - SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **A sociedade brasileira e o seu patrimônio florestal.** São Paulo, SBS, 1990. 20p.
- SOUZA, N. R. Efeito de dois espaçamentos na produção em peso e volume de *Eucaliptus grandis* (W. Hill ex-Maiden). Viçosa, 1989. 88p. (M.S - Universidade Federal Viçosa).
- SPACING. Effects 20 years after planting three conifers in Manitoba. **Forest Management Nete**, Edmonton, **39**: 1-11, 1986.
- SPELTZ, M. R; MONTEIRO, R. F. R; CORDEIRO, A. J. Ensaio de espaçamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: ENCONTRO DA IUFRO SOBRE PROBLEMAS FLORESTAIS DO GÊNERO ARAUCARIA,. Curitiba, 1979. Curitiba, FUPEF, 1980. p.22-30.
- TOLEDO FILHO, D. V. & PIRES, C. L. S. **Comportamento de *Pinus caribaea* var *hondurensis* Bar et Golf aos 16 anos em diferentes espaçamentos sem desbaste.** São Paulo, Instituto Florestal, 1980. p2-5.
- TROVATI, L. R. & FERRAZ, E. S. B. Influência da precipitação e da temperatura na densidade dos aneis de crescimento de *Pinus oocarpa*. IPEF, Piracicaba, **26**: 31-6, 1984.

- VALE, C. ; VILA, R.; LONGART, J. J. Efecto del espaciamiento de plantación y clases de suelo sobre el crecimiento de *Pinus caribaea* var *hondurensis* a 10 años de edad. **Boletim Técnico CVG-Proforca**, Chaguaramas, 4: 1-14, 1992.
- VALERA, F. P. Variação genética em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com o espaçamento. Piracicaba, 1986. 192p. (Mestrado - Escola Superior Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- WALTER, H. **Climate - diagram maps**. Berlin, Springer - Verlag, 1975. 36p.
- WILLIAMS, A. R. Stand density management diagram for Loblolly pine plantations in North Louisiana. **Southern Journal of Applied Forestry**, Washington, 18(1): 40-5, 1994.
- YERO, L; GONZALEZ, A; MOLINA, G; TORRES, J. Y; HERRERO, G. Estudio sobre el desarrollo del *Pinus maestrensis* Bajo Nueve, tipos de espacimientos en su habitat natural, la Sierra Maestra. **Revista Baracoa**, Habana, 22(1): 73-83, 1992.

ANEXOS

Anexo 1 - Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus oocarpa*, plantado no espaçamento 3,0 x 1,5m.

IDADE	VOLUME (m³)	ICA (m³)	IMA (m³)
3	0.00693		0.002308
4	0.01884	0.01191	0.004709
5	0.04273	0.02390	0.008547
6	0.08258	0.03985	0.013763
7	0.13883	0.05625	0.019833
8	0.20738	0.06855	0.025922
9	0.28111	0.07374	0.031235
10	0.35319	0.07207	0.035319
11	0.42004	0.06685	0.038186
12	0.48296	0.06292	0.040247
13	0.54830	0.06534	0.042177
14	0.61430	0.06600	0.043878
15	0.74025	0.12595	0.049350
16	0.91823	0.17798	0.057389

Anexo 2 - Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus oocarpa*, plantado no espaçamento 3,0 x 2,0 m.

IDADE	VOLUME (m³)	ICA (m³)	IMA (m³)
3	0.00613		0.002044
4	0.01736	0.01123	0.004340
5	0.04070	0.02334	0.008140
6	0.08071	0.04001	0.013452
7	0.13828	0.05757	0.019755
8	0.20908	0.07080	0.026135
9	0.28497	0.07589	0.031663
10	0.35763	0.07266	0.035763
11	0.42213	0.06450	0.038376
12	0.47869	0.05656	0.039891
13	0.53269	0.05400	0.040976
14	0.58935	0.05666	0.042096
15	0.67861	0.08926	0.045241
16	0.81057	0.13196	0.050661

Anexo 3 - Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus oocarpa*, plantado no espaçamento 3,0 x 2,5 m.

IDADE	VOLUME (m³)	ICA (m³)	IMA (m³)
3	0.00823		0.002745
4	0.02238	0.01414	0.005594
5	0.05044	0.02806	0.010088
6	0.09644	0.04600	0.016073
7	0.15990	0.06346	0.022843
8	0.23509	0.07519	0.029386
9	0.31333	0.07826	0.034817
10	0.38717	0.07382	0.038717
11	0.45340	0.06623	0.041218
12	0.51454	0.06114	0.042878
13	0.57857	0.06403	0.044505
14	0.64535	0.06678	0.046096
15	0.77771	0.13236	0.051847
16	0.97193	0.19422	0.060746

Anexo 4 - Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus oocarpa*, plantado no espaçamento 3,0 x 3,0 m.

IDADE	VOLUME (m³)	ICA (m³)	IMA (m³)
3	0.00609		0.002032
4	0.01806	0.01196	0.004515
5	0.04352	0.02546	0.008703
6	0.08741	0.04389	0.014568
7	0.15000	0.06259	0.021428
8	0.22541	0.07541	0.028176
9	0.30402	0.07861	0.033780
10	0.37721	0.07320	0.037721
11	0.44131	0.06409	0.040119
12	0.49896	0.05765	0.041580
13	0.55881	0.05985	0.042986
14	0.61881	0.06000	0.044200
15	0.75183	0.13302	0.050122
16	0.94881	0.19699	0.059301

Anexo 5 - Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus oocarpa*, plantado no espaçamento 3,0 x 3,5 m.

IDADE	VOLUME (m³)	ICA (m³)	IMA (m³)
3	0.00397		0.001322
4	0.01231	0.00835	0.003078
5	0.03145	0.01913	0.006290
6	0.06747	0.03602	0.011245
7	0.12418	0.05671	0.017740
8	0.20026	0.07608	0.025033
9	0.28898	0.08871	0.032109
10	0.38105	0.09207	0.038105
11	0.46892	0.08787	0.042629
12	0.54997	0.08106	0.045831
13	0.62785	0.07788	0.048296
14	0.70730	0.07945	0.050521
15	0.82082	0.11290	0.054721
16	0.98038	0.15957	0.061274

Anexo 6 - Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 1,5 m.

IDADE	VOLUME (m³)	ICA (m³)	IMA (m³)
3	0.00729		0.002429
4	0.02110	0.01381	0.005274
5	0.04994	0.02885	0.009989
6	0.09908	0.04913	0.016513
7	0.16872	0.06964	0.024103
8	0.25270	0.08398	0.031587
9	0.34103	0.08833	0.037892
10	0.42485	0.08383	0.042485
11	0.50058	0.07572	0.047623
12	0.57148	0.07090	0.047625
13	0.64766	0.07618	0.049820
14	0.72649	0.07883	0.051892
15	0.89649	0.17000	0.059766
16	1.14930	0.25281	0.071831

Anexo 7 - Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 2,0 m.

IDADE	VOLUME (m³)	ICA (m³)	IMA (m³)
3	0.00831		0.002771
4	0.01951	0.011201	0.004879
5	0.04031	0.020796	0.008062
6	0.07417	0.033858	0.012361
7	0.12303	0.048858	0.017575
8	0.18621	0.063179	0.023276
9	0.26028	0.074072	0.028920
10	0.34007	0.079793	0.034007
11	0.42037	0.080296	0.038215
12	0.49757	0.077201	0.041464
13	0.57079	0.073224	0.043907
14	0.64231	0.071514	0.045879
15	0.71760	0.075296	0.047840
16	0.80564	0.088036	0.050352

Anexo 8 - Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 2,5 m.

IDADE	VOLUME (m³)	ICA (m³)	IMA (m³)
3	0.00582		0.001939
4	0.01797	0.01216	0.004493
5	0.04493	0.02696	0.008986
6	0.09316	0.04823	0.015527
7	0.16416	0.07100	0.023452
8	0.25198	0.08782	0.031498
9	0.34529	0.09331	0.038366
10	0.43290	0.08761	0.043290
11	0.50892	0.07602	0.046265
12	0.57496	0.06604	0.047913
13	0.63977	0.06481	0.049213
14	0.70859	0.06882	0.050613
15	0.83500	0.12641	0.055666
16	1.02872	0.19373	0.064295

Anexo 9 - Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 3,0 m.

IDADE	VOLUME (m³)	ICA (m³)	IMA (m³)
3	0.00806		0.002686
4	0.02326	0.01520	0.005814
5	0.05507	0.03181	0.011014
6	0.10950	0.05444	0.018251
7	0.18722	0.07771	0.026746
8	0.28175	0.09453	0.035219
9	0.38211	0.10036	0.042456
10	0.47810	0.09599	0.047810
11	0.56503	0.08693	0.051366
12	0.64573	0.08070	0.053811
13	0.73059	0.08486	0.056199
14	0.81550	0.08491	0.05825
15	0.99693	0.18143	0.066462
16	1.26023	0.26330	0.078764

Anexo 10 - Crescimento acumulado do volume por árvore e os incrementos corrente e médio anual do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantado no espaçamento 3,0 x 3,5 m.

IDADE	VOLUME (m³)	ICA (m³)	IMA (m³)
3	0.00778		0.002593
4	0.02440	0.01662	0.006099
5	0.06165	0.03726	0.012331
6	0.12878	0.06713	0.021463
7	0.22808	0.09930	0.032583
8	0.35134	0.12326	0.043918
9	0.48287	0.13153	0.053652
10	0.60736	0.12449	0.060736
11	0.71720	0.10985	0.065200
12	0.81560	0.09840	0.067967
13	0.91624	0.10064	0.070480
14	1.0223	0.10606	0.073021
15	1.23424	0.21194	0.097332
16	1.55732	0.32308	0.097332