

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

**CRESCIMENTO DE *Pinus taeda* L. EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RODRIGO LIMA

IRATI-PR

2010

RODRIGO LIMA

CRESCIMENTO DE *Pinus taeda* L. EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Mario Takao Inoue
Orientador

Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho
Co-Orientador

Prof. Dr. Antonio José de Araujo
Co-Orientador

IRATI-PR

2010

Catálogo na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO - *Campus* de Irati

L732c	<p>LIMA, Rodrigo. Crescimento de <i>Pinus taeda</i> L. em diferentes espaçamentos/ Rodrigo Lima. – Irati, PR: UNICENTRO, 2010.</p> <p>109p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR Orientador : Professor Dr. Mario Takao Inoue Co-Orientador : Professor Dr. Afonso Figueiredo Filho Co-Orientador : Professor Dr. Antonio José de Araújo</p> <p>1. Engenharia Florestal – dissertação. 2. <i>Pinus taeda</i>. 3. Floresta – produção. I. Figueiredo Filho, Afonso. II.</p>
Araújo,	<p>Antonio José de.</p>
	<p>CDD 20ª ed. 585.2</p>



Universidade Estadual do Centro-Oeste

Reconhecida pelo Decreto Estadual nº 3.444, de 8 de agosto de 1997


PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

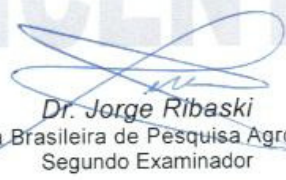
PARECER

Defesa Nº 12

A Banca Examinadora instituída pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, *Campus* de Irati, após arguir o mestrando **Rodrigo Lima** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "Crescimento de *Pinus taeda* L. em diferentes espaçamentos", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do estudante, habilitando-o ao título de **Mestre em Ciências Florestais**, Área de Concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais.

Irati-PR, 04 de março de 2010.


Dr.^a Denise Jeton Cardoso
Serviço Florestal Brasileiro
Primeira Examinadora


Dr. Jorge Ribaski
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Segundo Examinador


Dr. Mario Takao Inoue
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Home Page: <http://www.unicentro.br>

Campus Santa Cruz: Rua Pres. Zacarias 875 – Cx. Postal 3010 – Fone: (42) 3621-1000 – FAX: (42) 3621-1090 – CEP 85.015-430 – GUARAPUAVA – PR
Campus CEDETEG: Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 – Fone/FAX: (42) 3629-8100 – CEP 85.040-080 – GUARAPUAVA – PR
Campus de Irati: PR 153 – Km 07 – Riozinho – Cx. Postal, 21 – Fone: (42) 3421-3000 – FAX: (42) 3421-3067 – CEP 84.500-000 – IRATI – PR

A Deus,
AGRADEÇO

À minha querida, muito amada e incentivadora mãe Cleunice Borges, ao meu querido pai Sidney Ap. Lima, aos meus amados irmãos Ronaldo Lima (*in memorian*), Igor Augusto Magalhães Lima e Iuri Gustavo Magalhães Lima, à minha linda sobrinha Ana Clara Azevedo Lima, às minhas amadas avós Ana Francisca de Oliveira Borges e Florinda Francisca Lima, aos meus queridos avôs Orlando Borges e Francisco Ferreira Lima.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus que abençoa e ilumina meu caminho;

À Universidade Estadual do Centro-Oeste, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e ao Departamento de Engenharia Florestal, pelo acolhimento e possibilidade de realização deste trabalho;

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Prof. Dr. Mario Takao Inoue, pela orientação, amizade, estímulo, confiança e compreensão no desenvolvimento e conclusão deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho pela valiosa co-orientação, amizade, incentivo e confiança desde o início;

Ao Prof. Dr. Antonio José de Araujo pela co-orientação, amizade e confiança;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais: Dr. Luciano Farinha Watzlawick, Dr. Julio Eduardo Arce, Dr. Eduardo da Silva Lopes, Dr. Gabriel de Magalhães Miranda, Dr^a. Andrea Nogueira Dias e Dr^a Kátia Cylene Lombardi, pelas sugestões e ensinamentos durante o curso;

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais Flávia Bühler dos Santos, pela amizade e atenção;

Aos colegas e amigos de pós-graduação, em especial aos companheiros André Leonardo Nasser Pereira e Jean Alberto Sampietro, pela dedicação, apoio, colaboração e amizade incondicional, e pelos momentos de descontração que estimularam mesmo nas horas difíceis;

À todos os amigos que conviveram comigo, incentivando e estando presentes dando apoio diante das dificuldades, em especial à Eliton Luiz Moreira, Diego Sgarbossa Adur, Guilherme Marena Borgo, André Ribeiro e Ruddy Marcondes Barbosa.

À minha família, em especial à minha mãe Cleunice Borges, minha querida avó Ana Francisca de Oliveira Borges e meu amado irmão Ronaldo Lima (*in memorian*), que nunca mediram esforços para a minha formação pessoal e profissional;

À família Zawalski pela amizade, apoio, incentivo e compreensão;

Enfim, a todos que colaboraram de alguma forma para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo geral.....	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1. <i>Pinus taeda</i>	5
3.1.1. Origem e características da espécie.....	5
3.1.2. Introdução no Brasil	7
3.1.3. Usos da espécie	9
3.2. Crescimento e produção florestal.....	10
3.3. Crescimento das variáveis dendrométricas	12
3.3.1. Altura.....	12
3.3.2. Diâmetro.....	13
3.3.3. Área Basal	13
3.3.4. Volume	14
3.4. Densidade.....	15
3.5. Espaçamento	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. Caracterização da área de estudo	21
4.1.1. Localização.....	21
4.1.2. Clima	21
4.1.3. Solo.....	22
4.2. Instalação do experimento	22
4.2.1. Implantação e manutenção do experimento	24
4.2.2. Coleta de dados	24
4.3. Processamento dos dados.....	26
4.3.1. Área transversal.....	26
4.3.2. Área basal	26
4.3.3. Volume por árvore e hectare	26
4.3.4. Incremento médio e corrente anual	27
4.3.5. Avaliação do crescimento	27
4.3.5.1. Bartlett, ANOVA e Tukey	27
4.3.5.2. Correlação linear.....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1. Relação linear entre variáveis dendrométricas	30
5.1.1. Altura total x <i>dap</i>	30
5.1.2. Altura total x área transversal.....	30
5.1.3. Altura total x área basal.....	31
5.1.4. Altura total x volume por árvore	32
5.1.5. Altura total x volume por hectare.....	32
5.1.6. <i>dap</i> x área basal	33

5.1.7. <i>dap</i> x volume por árvore	34
5.1.8. <i>dap</i> x volume por hectare	34
5.2. Efeito do espaçamento no crescimento da altura total.....	35
5.3. Evolução do incremento médio e corrente anual da altura total.....	41
5.4. Efeito do espaçamento no crescimento em <i>dap</i>	46
5.5. Evolução do incremento médio e corrente anual do <i>dap</i>	52
5.6. Efeito do espaçamento no crescimento em área transversal.....	57
5.7. Evolução do incremento médio e corrente anual em área transversal.....	61
5.8. Efeito do espaçamento no crescimento em área basal.....	66
5.9. Evolução do incremento médio e corrente anual em área basal.....	72
5.10. Efeito do espaçamento no crescimento em volume por árvore.....	77
5.11. Evolução do incremento médio e corrente anual em volume por árvore.....	82
5.12. Efeito do espaçamento no crescimento em volume por hectare.....	86
5.13. Evolução do incremento médio e corrente anual em volume por hectare.....	91
6. CONCLUSÕES.....	96
7. ANEXOS	97
7.1. Precipitação mensal na região Centro-Oeste do Paraná entre 2003 e 2009.....	98
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

LISTA DE TABELAS

1. Caracterização do experimento	22
2. Análise de variância da altura total em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	35
3. Valores médios de altura total de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos	36
4. Análise de variância do incremento médio anual da altura total em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	41
5. Valores médios do incremento médio anual da altura total de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos	42
6. Análise de variância do incremento corrente anual da altura total em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	43
7. Valores médios do incremento corrente anual da altura total de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos	43
8. Análise de variância do <i>dap</i> em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	46
9. Valores médios de <i>dap</i> de <i>Pinus taeda</i> L., obtidos para nove espaçamentos.....	46
10. Análise de variância do incremento médio anual do <i>dap</i> em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.....	52
11. Valores médios do incremento médio anual do <i>dap</i> de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos	53
12. Análise de variância do incremento corrente anual do <i>dap</i> em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.....	54
13. Valores médios do incremento corrente anual do <i>dap</i> de <i>Pinus taeda</i> L., obtidos para nove espaçamentos	54
14. Análise de variância da área transversal em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L...	57
15. Valores médios de área transversal de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos...	58
16. Análise de variância do incremento médio anual da área transversal em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	62
17. Valores médios do incremento médio anual da área transversal de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos	62
18. Análise de variância do incremento corrente anual da área transversal em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	63
19. Valores médios do incremento corrente anual da área transversal de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos	64
20. Análise de variância dos dados logaritmizados de área basal em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	66
21. Valores médios de área basal de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos.....	67
22. Análise de variância dos dados logaritmizados do incremento médio anual da área basal em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	72
23. Valores médios do incremento médio anual da área basal de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos	73
24. Análise de variância dos dados logaritmizados do incremento corrente anual da área basal em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	73
25. Valores médios do incremento corrente anual da área basal de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos	74
26. Análise de variância do volume por árvore em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.77	
27. Valores médios de volume por árvore de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos.77	

28. Análise de variância do incremento médio anual do volume por árvore em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	82
29. Valores médios do incremento médio anual do volume por árvore de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos	82
30. Análise de variância do incremento corrente anual do volume por árvore em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	83
31. Valores médios de incremento corrente anual do volume por árvore de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos	84
32. Análise de variância do volume por hectare em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	86
33. Valores médios do volume por hectare de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos.	87
34. Análise de variância dos dados logaritmizados de incremento médio anual do volume por hectare em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	91
35. Valores médios de incremento médio anual do volume por hectare de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos	91
36. Análise de variância do incremento corrente anual do volume por hectare em um plantio experimental de <i>Pinus taeda</i> L.	92
37. Valores médios do incremento corrente anual do volume por hectare de <i>Pinus taeda</i> L. obtidos para nove espaçamentos	93

LISTA DE FIGURAS

1. Regiões de origem do <i>Pinus taeda</i>	5
2. Regiões aptas para o cultivo de <i>Pinus taeda</i> no Brasil.....	8
3. Localização da área de estudo.	21
4. Layout da área experimental.....	23
5. Imagem parcial da área experimental com <i>Pinus taeda</i> L. aos 7 anos de idade.	24
6. Esquema de distribuição de árvores na parcela.	25
7. Relação linear entre altura total e <i>dap</i> para cada idade avaliada.....	30
8. Relação linear entre altura total e área transversal para cada idade avaliada.....	31
9. Relação linear entre altura total e área basal para cada idade avaliada.....	31
10. Relação linear entre altura total e volume por árvore para cada idade avaliada.....	32
11. Relação linear entre altura total e volume por hectare para cada idade avaliada.....	33
12. Relação linear entre <i>dap</i> e área basal para cada idade avaliada.....	33
13. Relação linear entre <i>dap</i> e volume por árvore para cada idade avaliada.....	34
14. Relação linear entre <i>dap</i> e volume por hectare para cada idade avaliada.....	35
15. Relação linear entre altura total e espaço vital aos 4 anos de idade.....	37
16. Relação linear entre altura total e espaço vital aos 5 anos de idade.....	37
17. Relação linear entre altura total e espaço vital aos 6 anos de idade.....	38
18. Relação linear entre altura total e espaço vital aos 7 anos de idade.....	38
19. Evolução da altura total em função do espaçamento para diferentes idades de avaliação.....	39
20. Evolução do incremento médio e corrente anual da altura total.....	45
21. Relação linear entre <i>dap</i> e espaço vital aos 4 anos de idade.	47
22. Relação linear entre <i>dap</i> e espaço vital aos 5 anos de idade.	47
23. Relação linear entre <i>dap</i> e espaço vital aos 6 anos de idade.....	48
24. Relação linear entre <i>dap</i> e espaço vital aos 7 anos de idade.....	49
25. Evolução do <i>dap</i> médio em função do espaçamento para diferentes idades de avaliação.....	49
26. Evolução do <i>dap</i> médio em função da idade de medição para diferentes espaçamentos.....	51
27. Evolução do incremento médio e corrente anual do <i>dap</i>	56
28. Evolução da área transversal média em função do espaçamento para diferentes idades de avaliação.....	59
29. Evolução da área transversal média em função da idade de medição para diferentes espaçamentos.....	59
30. Relação linear entre área transversal e espaço vital aos 4 anos de idade.....	60
31. Relação linear entre área transversal e espaço vital aos 5 anos de idade.....	60
32. Relação linear entre área transversal e espaço vital aos 6 anos de idade.....	61
33. Relação linear entre área transversal e espaço vital aos 7 anos de idade.....	61
34. Evolução do incremento médio e corrente anual em área transversal.....	65
35. Relação linear entre área basal e espaço vital aos 4 anos de idade.....	67
36. Relação linear entre área basal e espaço vital aos 5 anos de idade.....	68
37. Relação linear entre área basal e espaço vital aos 6 anos de idade.....	69
38. Relação linear entre área basal e espaço vital aos 7 anos de idade.....	69
39. Evolução da área basal em função do espaçamento para diferentes idades de avaliação.....	70
40. Evolução da área basal em função da idade de medição para diferentes espaçamentos.....	71
41. Evolução do incremento médio e corrente anual em área basal.....	76
42. Relação linear entre volume por árvore e espaço vital aos 4 anos de idade.....	78
43. Relação linear entre volume por árvore e espaço vital aos 5 anos de idade.....	78

44. Relação linear entre volume por árvore e espaço vital aos 6 anos de idade.....	79
45. Relação linear entre volume por árvore e espaço vital aos 7 anos de idade.....	79
46. Evolução do volume por árvore em função do espaçamento para diferentes idades de avaliação.....	80
47. Evolução do volume por árvore em função da idade de avaliação para diferentes espaçamentos.....	81
48. Evolução do incremento médio e corrente anual em volume por árvore.....	85
49. Relação linear entre volume por hectare e espaço vital aos 4 anos de idade.....	87
50. Relação linear entre volume por hectare e espaço vital aos 5 anos de idade.....	88
51. Relação linear entre volume por hectare e espaço vital aos 6 anos de idade.....	88
52. Relação linear entre volume por hectare e espaço vital aos 7 anos de idade.....	88
53. Evolução do volume por hectare em função do espaçamento para diferentes idades de avaliação.....	89
54. Evolução do volume por hectare em função da idade de avaliação para diferentes espaçamentos.....	90
55. Evolução do incremento médio e corrente anual em volume por hectare.....	95

RESUMO

Rodrigo Lima. Crescimento de *Pinus taeda* L. em diferentes espaçamentos.

O objetivo da presente pesquisa foi estudar o crescimento de *Pinus taeda* L. em diferentes espaçamentos. No ano de 2002 um experimento de campo foi instalado em Irati, estado do Paraná, com mudas produzidas com sementes de pomar clonal. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso com cinco repetições e nove tratamentos, que simulam espaços vitais entre 1,0 m² e 16,0 m². O tamanho das parcelas acompanha o número de árvores que é determinado pelo espaçamento de plantio. Foram selecionadas 25 mudas em cada tratamento efetuando-se o acompanhamento do crescimento destas anualmente. Mediu-se a altura total das plantas entre os anos de 2003 e 2009 e o diâmetro à altura do peito (*dap*) entre 2006 e 2009. O efeito do espaçamento no crescimento das variáveis altura total, *dap*, área transversal, área basal, volume por árvore e por hectare foi avaliado pelo teste de Bartlett, análise de variância, teste de Tukey e coeficiente de correlação linear de Pearson. Foram calculados os incrementos das variáveis de crescimento para avaliação da sua evolução. Os principais resultados foram: o crescimento em altura não foi afetado pelo espaçamento, exceto no sétimo ano quando comprovou-se diferença entre médias. O crescimento em *dap*, área transversal, área basal, volume por árvore e por hectare foi influenciado pelo espaçamento. Foram comprovadas relações significativas entre as variáveis de crescimento e destas com o espaçamento. A evolução do incremento médio e corrente anual do *dap*, área transversal, área basal, volume por árvore e por hectare foi afetado pelo espaço de crescimento. De forma geral, foi confirmada a influência do espaçamento no crescimento de *Pinus taeda* L., até os 7 anos de idade. Verificou-se a necessidade de desbaste nos espaçamentos de 1,0 e 2,0 m² como medida para reduzir a competição entre árvores ampliando o espaço disponível para seu pleno desenvolvimento.

Palavras-Chave: espaçamento, *Pinus taeda* L., crescimento e produção florestal.

ABSTRACT

Rodrigo Lima. Growth of *Pinus taeda* L. at different spacings.

The objective of this research was to study the growth of *Pinus taeda* L. in different spacings. In the year 2002 a field experiment was installed in Irati, Parana State, with seedlings from clonal seed orchard. We used a randomized block design with five replicates of nine treatments, which simulate growing spaces between 1.0 m² and 16.0 m². The size of the plot tracks the number of trees is determined by the spacing of planting. 25 seedlings were selected in each treatment performing follow-up of growth of these annually. It was measured the total height of the plants between the years 2003 and 2009 and the diameter at breast height – 1.3 m (*dbh*) between 2006 and 2009. The effect of spacing in the growth of variable height, *dbh*, transversal area, basal area, volume per tree and per hectare was estimated by Bartlett's test, analysis of variance, Tukey test and linear correlation coefficient of Pearson. Were calculated the increments of growth variables for assessment of its evolution. The main results were: height growth was not affected by vital spacings, except in the seventh year when it proved-was a difference between averages. The growth in *dbh*, transversal area, basal area, volume per tree and per hectare was influenced by growing spaces. Significant relationships between growth variables and those with the spacings. The evolution of the increment and current annual average of total height, *dbh*, transversal area, basal area, volume per tree and per hectare was affected by the growing space. In general, was confirmed the influence of spacing in the growth of *Pinus taeda* L, up to 7 years of age. There is a need for thinning the spacings of 1.0 and 2.0 m² as a measure to reduce competition between trees expanding the space available for their full development.

Keywords: spacing, *Pinus taeda* L., growth and forestry production.

1. INTRODUÇÃO

Os recursos advindos de florestas plantadas são de fundamental importância para o desenvolvimento das civilizações. As florestas e seus produtos são responsáveis pela evolução econômica, cultural e social de diversos países. A madeira tem sido usada por séculos como moradia, proteção, combustível e matéria-prima e, como a população humana mundial cresce exponencialmente, conseqüentemente, aumenta-se a necessidade da produção sustentada de recursos florestais.

Em um passado não muito distante, grande parte do sul do Brasil era coberta por florestas latifoliadas, onde a única espécie de conífera que predominava em grande escala era *Araucaria angustifolia*. O manejo inadequado das florestas de Araucária e o uso do solo para agricultura e pecuária impediram uma produção sustentável desta espécie, levando os madeireiros a buscarem fontes alternativas de matéria-prima para a indústria madeireira.

Por volta de 1936, foram iniciados os primeiros ensaios de introdução de *Pinus* para fins silviculturais, com espécies européias. Neste caso não houve sucesso, devido à má adaptação ao clima brasileiro (SHIMIZU, 2006).

A partir de 1955 foram implantadas extensas áreas localizadas na rede de Estações Experimentais do Instituto Florestal de São Paulo, onde foram introduzidas sementes de diversas espécies de *Pinus* Subtropicais e Tropicais (KRONKA *et al.*, 2005).

Em 1966, foi criada a Lei de Incentivos Fiscais, estímulo do governo Castelo Branco, onde se tornou obrigatória a reposição florestal, com plantio de espécies de maneira proporcional ao corte. De 1967 a 1985 foram aprovados projetos de reflorestamento abrangendo uma área total de 5,8 milhões de hectares no Brasil, dos quais 1,785 milhões eram referentes a plantios de *Pinus* sp. e 76,9 mil de *Araucaria angustifolia* (RAMOS, 1993 *apud* SEITZ, 2000).

Segundo Seitz (2000), na década de 70, a produção de madeira de *Pinus* passou a ser uma realidade no estado do Paraná, onde substituiu inicialmente a Araucária na produção de celulose, tornando-se uma opção para as serrarias após a redução de oferta das florestas nativas.

Em 1987, após o término da Lei de Incentivos Fiscais o país contava com aproximadamente 6 milhões de hectares de florestas plantadas. A partir de 1990, o mercado brasileiro passou a exportar seus produtos. Com consumidores mais exigentes, os produtores

florestais foram obrigados a buscar técnicas adequadas de manejo, visando uma melhor qualidade no seu produto final.

Atualmente, as florestas plantadas existentes no Brasil totalizam cerca de 6,1 milhões de hectares, sendo 4,2 milhões de hectares com *Eucalyptus*, 1,8 milhões de hectares com *Pinus* e 457 mil hectares de outras espécies (ABRAF, 2009). Nas regiões Sul e Sudeste do país, encontram-se as maiores extensões de plantio, com destaque para os estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais.

Como a busca pelo aumento da produtividade em plantios florestais é constante, a produção de madeira com boas características, depende do uso do manejo florestal e de práticas silviculturais adequadas, os quais necessitam para sua prática, do conhecimento sobre a dinâmica de crescimento e a interação entre indivíduos no povoamento.

O espaçamento para o crescimento florestal muitas vezes é determinado de maneira empírica, devendo-se a decisão às práticas comuns e a cultura local. Esta constatação pode ser observada nos dias atuais, onde o fator espaçamento ainda não é empregado de forma correta em relação ao objetivo a que se destina o plantio em relação às adaptações as condições locais.

Inúmeros fatores podem ser elencados como determinantes na escolha do espaçamento a ser empregado em plantios florestais, dentre eles: a forma de crescimento e desenvolvimento radicial, características do solo, crescimento e desenvolvimento das variáveis dendrométricas, tolerância e adaptabilidade da espécie escolhida, práticas silviculturais e técnicas de manejo, fatores climáticos, condições de mercado, métodos de colheita e principalmente o objetivo da produção.

A determinação dos espaçamentos depende, freqüentemente, da disponibilidade de maquinário e ferramentas usualmente empregados na preparação da área onde será implantada a floresta, do cultivo propriamente dito e da tendência de facilitação da futura colheita.

O espaçamento é uma das variáveis, dentre as que atuam sobre o crescimento de um povoamento, que pode ser controlada eficientemente pelo silvicultor, desempenhando um papel muito importante quando se deseja produzir madeira de boa qualidade (BERGER, 2000).

A escolha do espaçamento tem como principal objetivo proporcionar para cada árvore o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo com melhor qualidade e menor custo (CHIES, 2005).

Assim, torna-se necessário a realização de pesquisas com a finalidade de observar o comportamento do crescimento e determinar o espaço vital mais adequado para o cultivo de *Pinus taeda* L. Portanto, os resultados do presente estudo poderão servir de base para o entendimento do desenvolvimento da espécie em questão, gerando subsídios relevantes para a tomada de decisão no planejamento e na gestão dessa importante cultura florestal na região Sul do Brasil.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Esta pesquisa se propôs a estudar o crescimento de *Pinus taeda* L. em diferentes espaçamentos na região de Irati, estado do Paraná.

2.2. Objetivos específicos

Especificamente objetiva-se:

- a) Avaliar o efeito de nove diferentes espaçamentos no crescimento em altura total, diâmetro à altura do peito, área transversal, área basal, volume por árvore e por hectare;
- b) Determinar correlações entre as variáveis altura total, diâmetro à altura do peito, área transversal, área basal, volume por árvore e por hectare e destas com o espaço vital.
- c) Avaliar a evolução do incremento médio anual e corrente anual da altura total, diâmetro à altura do peito, área transversal, área basal, volume por árvore e por hectare;

Esta espécie ocorre nos Estados Unidos em áreas bem maiores que as de ocorrência do *Pinus elliotii*, apresentando exigências climáticas semelhantes e menores conteúdos de resina na madeira. Sua faixa de dispersão vai desde o nível do mar até 2.500 m de altitude, ocasionalmente até 4.500 m, com ampla variação do tipo de solo (KRONKA *et al.*, 2005).

Em seu ambiente natural, o *Pinus taeda* chega a atingir 45 m de altura e 1,30 m de diâmetro. A madeira possui alborno amarelo claro e o cerne passa a se desenvolver a partir do vigésimo ano com coloração marrom avermelhado. A madeira é considerada resistente e dura, com textura média (USDA FOREST SERVICE, 2008).

Essa espécie não cresce bem em locais muito úmidos ou alagados, nem em áreas com solos muito rasos ou erodidos. Na Planície Costeira Atlântica dos EUA, a produtividade geralmente decresce quanto mais superficial seja o lençol freático (RICHARDSON e RUNDEL, 1998, *apud* BOGNOLA *et al.*, 2008).

Segundo Marchiori (1996) estas árvores produzem copa densa, casca gretada e ramos acinzentados. As folhas, aciculares e verde-escuras, reúnem-se em grupos de 3 por fascículo e medem de 15 a 20 cm de comprimento.

Na silvicultura preferem-se as espécies do gênero *Pinus* pelas seguintes razões (LAMPRECHT, 1990):

- entre as numerosas espécies deste gênero quase sempre pode-se encontrar uma com atitude ambiental para cada sítio;
- muitas espécies possuem um amplo intervalo de adaptabilidade ao meio ambiente;
- muitas delas adaptam-se em solos que, por natureza, são pobres e secos e também em sítios degradados;
- os incrementos em volume de algumas espécies, geralmente, são de alto a muito alto, inclusive em condições de meio ambiente desfavoráveis;
- como espécies pioneiras resistentes, são muito apropriadas para reflorestamentos e para plantios com um manejo esquemático simples (monocultivo-corte raso);
- a madeira das coníferas é, por natureza, uma matéria-prima em escassez nos trópicos e os *Pinus* têm a capacidade de produzi-la em grande quantidade e com qualidade uniforme, a qual é necessária para a produção de polpa, papel, painéis, etc.

De acordo com Harms *et al.*, (2000), *Pinus taeda* é uma espécie muito comum e importante economicamente nos Estados Unidos e tem sido introduzida em vários países, como Argentina, Austrália, Brasil, China, Nova Zelândia e África do Sul. Os maiores programas de implantação e manejo de *Pinus taeda* são realizados no Brasil e na China (LEITE *et al.*, 2006).

3.1.2. Introdução no Brasil

As primeiras sementes de *Pinus taeda* foram introduzidas em 1936, pelo Instituto Florestal de São Paulo (KRONKA *et al.*, 2005). De acordo com Shimizu (2006), em 1948, através do Serviço Florestal do Estado de São Paulo, foram introduzidas no Brasil, para ensaios, as espécies americanas conhecidas nas origens como "pinheiros amarelos", dentre essas espécies o *Pinus taeda*.

A partir da segunda metade da década de sessenta, o reflorestamento com espécies do gênero *Pinus* foram intensificados, após a lei de incentivos fiscais. Áreas foram ocupadas predominantemente com *Pinus taeda* e *Pinus elliotti var. elliotti*, formando a base florestal para atividades industriais (SHIMIZU, 1997; FERREIRA *et al.*, 2001).

Pinus taeda foi uma das principais espécies do gênero introduzidas em substituição à *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, como fonte de matéria-prima para produção de celulose de fibra longa.

Um dos aspectos fundamentais para alcançar sucesso no estabelecimento das florestas de *Pinus taeda* no Sul do País foi a definição de metodologia de análise adequada para maior e melhor uniformidade na germinação de suas sementes, que é heterogênea quando comparada ao *Pinus elliottii* Engelm. E por apresentar um teor de resinas mais baixo do que *Pinus elliottii*, tornou-se a espécie preferida para as novas florestas industriais, conseqüentemente, também para a indústria moveleira (PRANGE, 2003).

No Brasil, o *Pinus taeda* é conhecido popularmente como pinheiro-amarelo, pinheiro-rabo-de-raposa, pinheiro-do-banhado, pinos e pinho-amarelo (LORENZI *et al.*, 2003). Os estados do sul possuem os maiores plantios desse gênero, tendo o *Pinus taeda* e o *Pinus elliottii* como as principais espécies cultivadas (REISSMANN e WISNIEWSKI, 2000). A Figura 2 mostra as regiões aptas para o cultivo de *Pinus taeda* no Brasil.

Segundo Kronka *et al.*, (2005), uma das razões mais importantes para a introdução do *Pinus* no país foi a necessidade da produção de madeira para abastecimento industrial, para processamento mecânico, na produção de madeira serrada, madeira laminada na confecção de painéis ou na produção de celulose e papel.



Fonte: Kronka *et al.*, (2005).

Figura 2. Regiões aptas para o cultivo de *Pinus taeda* no Brasil.

Para Shimizu (2008), as características que favorecem o plantio de *Pinus taeda* são as seguintes:

- a madeira é de cor clara, variando de branca a amarelada;
- é de fibra longa, apropriada para fabricação de papel de alta resistência para embalagens, papel de imprensa e outros tipos de papéis;
- apresenta rusticidade e tolerância, possibilitando o plantio em solos marginais para a agricultura, valorizando assim a terra imprópria para a agricultura convencional, com a produção adicional de madeira, a formação de cobertura protetora do solo, a reconstituição de ambiente propício à recomposição espontânea da vegetação nativa;

- apresenta bom desenvolvimento em ambientes degradados e contribui com a redução por absorção dos índices de carbono da atmosfera.

O *Pinus taeda* é considerado de baixa exigência nutricional, sendo que na região sul do Brasil, apresenta crescimento rápido e alta produtividade, mesmo sem o uso de insumos.

As condições de adaptação do *Pinus* aos solos ligeiramente ácidos, que constituem a grande maioria dos solos do país, permitiram a implantação de extensas áreas que, juntamente com a adoção de práticas silviculturais adequadas, tornam as espécies do gênero importantes fontes de matéria-prima, proveniente de florestas estabelecidas dentro de padrões de sustentabilidade (KRONKA *et al.*, 2005).

3.1.3. Usos da espécie

A madeira de *Pinus taeda* tem sido usada há muito tempo para diversas finalidades. Constitui uma importante fonte de matéria-prima na fabricação de diferentes produtos, cuja utilização pela indústria moveleira e de construção civil vem crescendo a cada ano (KRONKA *et al.*, 2005). Marto *et al.*, (2006) indicam a utilização de *Pinus taeda* para as seguintes finalidades: produção de celulose, construções, dormentes, laminação, fabricação de móveis, produção de particulados (aglomerado, OSB, wafer-board), postes, extração de resina e para serraria. Marchiori (1996) comenta que a madeira é indicada para construções, móveis e caixotaria. As fibras são longas, adequadas à fabricação de papel (DACOSTA, 2008).

Para Bognola *et al.*, (2008), o povoamento de *Pinus taeda* é diferenciado pela sua versatilidade, porque, após o corte, sua madeira pode ser destinada à indústria laminadora, que a utiliza para fabricação de compensados, para a indústria de serrados, que a transforma em madeira beneficiada, sendo convertida em móveis, para a indústria de papel e celulose e para a indústria de MDF. Mesmo o seu resíduo tem sido aproveitado como biomassa para geração de vapor e energia (CARGNIN, 2006).

Em pesquisa realizada por Schuchovski (2003), foi possível constatar em diversas empresas e indústrias instaladas no estado do Paraná, uma variedade de itens produzidos a partir da madeira de pinus. Os produtos são os seguintes: celulose fibra longa não branqueada, pasta mecânica, molduras, painéis de madeira reconstituída (aglomerado, compensado, MDF e OSB), lâmina, madeira serrada bruta e beneficiada, madeira bruta seca em estufa, móveis e pré-cortado para móveis, laterais de gavetas, palito de fósforo, lâmina de caixa de fósforos,

grampo, prendedor de roupa, pazinha, cavaco, cerca, “pallet”, compensado anatômico, sarrafo, refilado, caixa de brinquedo, tora, torete, lenha, porta, assoalho, meiacana, prancha, tábuas, forro, rodapé, tapete de sarrafo, papel e celulose, estrado, embalagem, embalagem pré-cortada e aplainada, ripão.

3.2. Crescimento e produção florestal

O crescimento da árvore é o resultado da modificação e acréscimo das diversas variáveis dendrométricas como o diâmetro, altura total, altura da base da copa, perfil do tronco, volumes total e parcial, etc. Tal aumento é produzido pela atividade fisiológica da planta, por meio do meristema apical e lateral (SCOLFORO, 1994; SPATHELF e NUTTO, 2000; CAMPOS e LEITE, 2002; ARANDA, 2003).

Para Vanclay (1994) o crescimento refere-se ao incremento em dimensão de uma ou mais árvores do talhão, em determinado período de tempo. O crescimento das árvores consiste no alongamento e engrossamento das raízes, caules e ramos, que é a mudança de peso, volume e forma da árvore, e é influenciado diretamente pelos fatores genéticos da espécie, interagindo com o meio ambiente: fatores climáticos, solo, topografia e competição (KRAMER e KOSLOWSKI, 1972; HUSCH, *et al.*, 1982; FINGER, 1992; SCOLFORO, 1994; ENCINAS, *et al.*, 2005).

Segundo Schneider (1993), para o manejador inferir no crescimento de uma determinada árvore ou povoamento, faz-se necessário conhecer os fatores que afetam o crescimento, dentre os quais estão a luz, a temperatura, a água, os nutrientes, o CO₂ e conteúdo de clorofila.

A previsão do crescimento de uma floresta, usando curvas de projeção do desenvolvimento em diâmetro, altura e volume, é a condição básica em qualquer processo de planejamento racional (BERGER, 2000).

O termo produção é definido por Assmann (1970), como o processo de crescimento da floresta em relação ao tempo, sítio e as medidas técnicas e econômicas adotadas no manejo.

Spurr (1952) realizou um levantamento histórico relacionado ao desenvolvimento e a evolução dos estudos de crescimento e produção destacando que, já no século XVIII, trabalhava-se com tabelas de produção de volume médio dos povoamentos em várias idades e em vários índices de sítio.

Scolforo (1994) comenta que, o conhecimento do crescimento e da produção presente e futura de árvores em povoamentos florestais é elemento fundamental no manejo florestal sustentável, sendo necessário possuir informações sobre a existência de relações quantitativas e modelos matemáticos que sejam consistentes e, numericamente compatíveis para a predição do desenvolvimento do povoamento em qualquer idade.

O inventário florestal contínuo é uma prática comum na maioria das empresas, sendo geralmente utilizado para avaliar os povoamentos e executar planos de manejo. Essa prática permite estimar a produção corrente de povoamentos florestais e fazer projeções para curtos períodos de tempo, além de permitir o ajuste de equações que expressem uma condição média do povoamento (SCOLFORO, 1994).

Segundo Costas *et al.*, (2006), a produção de uma floresta regular pode ser predita por modelos matemáticos, cujas variáveis preditivas mais usadas são a idade, a densidade e a qualidade do sítio expressa pelo índice de sítio. Para Scheeren (2003), tais modelos compreendem um conjunto de relações matemáticas, que podem ser apresentadas na forma de tabelas, sendo utilizadas para descrever quantitativamente os povoamentos.

Os métodos para predizer o crescimento de florestas são baseados no conceito de que o crescimento e a produção de povoamentos de uma dada espécie, ou composição de espécies, são influenciados por quatro fatores (CLUTTER *et al.*, 1983):

- idade do povoamento ou a distribuição da idade em povoamentos inequiâneos;
- a capacidade inata de produção da área envolvida;
- a suposição de que esta capacidade inata tem sido e é plenamente utilizada;
- tratamentos silviculturais aplicados.

A necessidade crescente de conhecimento da situação presente dos povoamentos, bem como sua dinâmica, tem conduzido a um contínuo aprimoramento das técnicas de construção de modelos de crescimento e produção, os quais podem ser definidos como um conjunto de relações matemáticas que descrevem quantitativamente um sistema, representado neste caso pelo povoamento florestal (BERGER, 2000). Além de informações sobre o estoque presente e suas mudanças com o tempo, é de interesse para o manejador conhecer o efeito da aplicação de técnicas silviculturais como o controle do espaçamento, intensidade de desbaste e adubação (CAMPOS *et al.*, 1986).

3.3. Crescimento das variáveis dendrométricas

Vários autores, entre eles Schönau (1974), Fishwick (1976), Couto *et al.*, (1977), Simões *et al.*, (1980), Schneider (1993), Yared *et al.*, (1993), dentre muitos outros, confirmaram a influência do espaçamento entre árvores sobre as características de crescimento (altura, diâmetro, área basal, volume) e sobrevivência dos povoamentos.

3.3.1. Altura

O crescimento em altura se produz pela atividade da gema apical ou terminal, pela divisão celular. Este crescimento é também chamado de crescimento primário (ENCINAS *et al.*, 2005). Estes autores, ainda relataram que a variável altura da árvore produz a modificação mais notória do crescimento especialmente na idade em que torna-se fácil observar a rapidez da modificação em altura em períodos curtos de tempo.

Campos *et al.*, (1985) e Finger (1992) afirmaram que a altura da árvore é uma importante variável dendrométrica para estimar, junto com o diâmetro, o volume de madeira da árvore e seus componentes. Torna-se, também, necessário conhecer a medida de altura para a interpretação do processo de crescimento e incremento volumétrico, sendo que fornece importante subsídio à classificação de sítios (CAMPOS *et al.*, 1985).

O crescimento em altura é avaliado medindo as alturas no início e no fim de um intervalo de tempo pré-definido (ENCINAS *et al.*, 2005).

Golfari (1971) *apud* Doldán (1987) ressaltou a importância de ter a altura como índice orientador, considerando que seu incremento não está, dentro de certos limites, influenciado pela densidade do povoamento.

Uma diminuição da altura média com o uso de espaçamentos menores foi observada por Balloni e Simões (1980), que comentaram a existência de várias controvérsias em relação à influência do espaçamento sobre o crescimento em altura das árvores.

Campos (1985) e Finger (1992) comentaram que esta variável tem importância fundamental no estudo dos sítios, isto é, quando se quer descrever o comportamento e desenvolvimento de uma espécie, associados a um determinado local e analisada junto com a idade, sendo muito importante no manejo florestal, pois relaciona o crescimento das árvores com os fatores ambientais.

3.3.2. Diâmetro

O crescimento em diâmetro se refere ao aumento da espessura de uma árvore em um determinado período de tempo. Este crescimento é também chamado de crescimento secundário (ENCINAS *et al.*, 2005). Estes autores ainda comentaram que em geral, primeiro a árvore cresce em altura e depois em diâmetro. Este crescimento é fortemente influenciado pelo espaço vital e não é igual ao longo de todo o fuste.

Um dos fatores que mais influencia no crescimento em diâmetro de uma árvore é a silvicultura aplicada e, concretamente, o manejo da densidade da massa, que se regula mediante as operações de desbastes (DACOSTA, 2008). As densidades baixas favorecem o crescimento diametral das árvores ao diminuir a competição entre os indivíduos (ARANDA, 2003).

3.3.3. Área Basal

Basicamente, os mesmos fatores que favorecem o crescimento em diâmetro também contribuem para o crescimento em área basal, entretanto, o incremento em diâmetro difere do incremento em área basal.

O incremento da área basal do povoamento depende do incremento das áreas transversais das árvores e do número destas. A área basal aumenta significativamente até o momento em que os indivíduos começam a competir entre si (DACOSTA, 2008). Para Burger (1980) e Schneider (1986) a diminuição do crescimento da área basal ocorre devido, também, à alta densidade, à competição e à mortalidade.

Schneider (1993) citou que essa redução do crescimento em área basal total pode ser resultado da redução de produção fotossintética, limitação da quantidade de água e nutrientes absorvidos pelas árvores, e da falta de desenvolvimento do sistema radicular.

O crescimento em área basal é avaliado em função da medição do diâmetro. É importante tomar em conta que crescimento constante por ano da área basal significa que o crescimento diamétrico vem diminuindo (ENCINAS *et al.*, 2005).

Dacosta (2008) relatou que, tratando-se de povoamentos equiâneos, a área basal da floresta é relativa ao diâmetro médio das árvores e à densidade populacional, sendo que maiores densidades acarretam valores de área basais mais elevados, até o instante em que o

povoamento entra em competição, o que causa uma redução no incremento diamétrico e, por consequência, no incremento em área basal. A área basal é influenciada pela qualidade do sítio e pela idade, da seguinte forma (SCHNEIDER, 1993):

- em sítios bons ocorre uma taxa inicial maior de crescimento;
- em povoamentos maduros, a taxa de crescimento em área basal tende a permanecer constante;
- uma pequena melhora na qualidade de um sítio empobrecido ocasiona um notável incremento em área basal.

3.3.4. Volume

O crescimento em volume se refere ao aumento do volume em um determinado período de tempo e, se avalia calculando a diferença dos volumes que a árvore teria no início e no fim do período (ENCINAS, 2005).

Para Prodan *et al.*, (1997), o volume representa a produção potencial de matéria sólida de um povoamento, sendo caracterizado pelo meio ambiente e pela atividade florestal empregada.

O crescimento em volume está alicerçado nos crescimentos em diâmetro e altura e na forma do fuste (ENCINAS *et al.*, 2005).

Scolforo (1994) relatou que os povoamentos florestais com menor densidade, embora apresentem maiores valores médios de diâmetro e área basal, possuem uma menor produção líquida que as florestas com maior densidade. Isto ocorre devido ao menor número de árvores por unidade de área (ENCINAS *et al.*, 2005).

Segundo Machado *et al.*, (2002), o procedimento mais comum utilizado na estimativa de volumes por árvore é o emprego de equações em que o volume constitui a variável dependente, estando as variáveis independentes comumente representadas pelo *dap* com casca e a altura total ou altura comercial. Uma terceira variável independente que, eventualmente, pode ser usada em equações volumétricas, é um termo que expressa a forma do fuste, normalmente o quociente de forma.

Conceição (2004) relatou que, muitos modelos matemáticos foram criados e testados para o ajuste de equações de volume. Apesar de o uso ter consagrado alguns desses modelos, nenhum deles será sempre o de melhor desempenho para todas as espécies e condições

(DACOSTA, 2008). Por isso, torna-se recomendável testar vários modelos para, através de análises estatísticas, identificar o melhor para cada caso.

3.4. Densidade

A densidade do povoamento é influenciada pelos fatores bióticos e abióticos do meio, pois eles controlam a disponibilidade de fatores produtivos como água, luz e nutrientes. A qualidade do sítio influencia a sobrevivência, o crescimento e vigor das plantas (BOTELHO, 1998).

De acordo com Patiño-Valera (1986), a densidade ótima é aquela capaz de fornecer o maior volume do produto em tamanho, forma e qualidade desejáveis, sendo função do sítio, da espécie e do potencial do material genético utilizado. A densidade do povoamento é o segundo fator em importância, depois da qualidade do sítio, para a determinação da produtividade de um sítio florestal (DANIEL *et al.*, 1982).

As medidas de densidade podem ser agrupadas, segundo Spurr (1952), como medidas de densidade média ou como medidas do ponto de densidade, dependendo se elas expressam a média de toda a população ou a competição relacionada a uma árvore em particular. Segundo o mesmo autor, as medidas de densidade média mais usuais são:

- número de árvores por hectare;
- área basal;
- densidade relativa;
- índice de densidade do povoamento;
- índice de espaçamento ou espaçamento relativo;
- fator de competição da copa.

Segundo Zobel *et al.*, (1987), *apud* Botelho (1998), a densidade de plantio influencia para a mesma espécie e mesmo sítio, o número de tratos culturais a serem efetuados, a taxa de crescimento, o volume de madeira produzido, o sortimento de madeira, a taxa de mortalidade e dominância, a idade de estagnação do crescimento, as práticas de implantação, manejo e exploração e a qualidade da madeira.

Costas *et al.*, (2005) afirmaram que os tratamentos que utilizam a densidade como variável produzem resultados que diferenciam a quantidade e qualidade dos produtos de um plantio. Com densidades altas em plantios de *Pinus taeda* L. se produzem fustes mais

cilíndricos e pequenos, e diâmetros menores, em relação às densidades baixas (DACOSTA, 2008).

Costas *et al.*, (2001) observaram que menores densidades de plantio inicial produziram maiores *dap* médios, e maiores volumes por unidade de superfície na idade de 8 anos. Em maiores densidades de plantas, a competição inicia-se mais cedo, sendo que os ramos mais finos secam e caem mais facilmente (KRONKA *et al.*, 2005).

3.5. Espaçamento

O espaçamento tem influência marcante no desenvolvimento das variáveis dendrométricas de *Pinus taeda* L. As decisões sobre espaçamentos não podem ser tomadas sem o conhecimento mais preciso da influência dos mesmos na qualidade dos produtos a serem obtidos (BRASIL e FERREIRA, 1971).

Para Gomes *et al.*, (2002), a definição de quais técnicas de manejo empregar em plantios de *Pinus* spp. em função do objetivo da produção, é um dos principais problemas na administração florestal em empresas de médio e grande porte.

Chies (2005) afirmou que a escolha do espaçamento tem como principal objetivo proporcionar para cada árvore o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo com melhor qualidade e menor custo.

Simões *et al.*, (1976) relataram que a decisão em relação ao espaçamento afeta a formação das florestas, os tratamentos culturais, a qualidade da madeira, a colheita florestal e, conseqüentemente, os custos da produção.

Scolforo (1998a) abordou que, quando o povoamento é muito denso o espaço para o crescimento de cada árvore é reduzido, retardando o crescimento e desenvolvimento da planta, comprometendo assim o desenvolvimento radicial e da copa, afetando diretamente a qualidade e quantidade da produção.

A decisão sobre o espaçamento a ser adotado constitui a primeira prática silvicultural que poderá vir a influenciar nas propriedades da futura árvore (KRONKA *et al.*, 2005).

Além de apresentar influência marcante na produção, o espaçamento afeta significativamente os custos de implantação (VALE *et al.*, 1982), a manutenção e exploração da floresta (MELO *et al.*, 1976) e pode afetar a qualidade da madeira produzida (WEHR, 1982).

Segundo Botelho (1998) a recomendação de espaçamento não pode ser generalizada, devendo-se levar em consideração a qualidade do sítio, as características da espécie, os objetivos de manejo e condições de mercado bem como os métodos de colheita da madeira e ou outros produtos.

Clutter *et al.*, (1983) comentaram sobre a importância da densidade de um povoamento concluindo que, dentro de certos limites, uma maior quantidade de espaço disponível para cada árvore proporcionará um crescimento mais rápido da mesma.

Guimarães (1957) descreveu as vantagens da utilização de espaçamentos mais amplos citando os seguintes fatores:

- as árvores apresentam maior desenvolvimento individual, permitindo sua utilização para fins mais nobres;
- maior facilidade de mecanização de várias operações após o plantio;
- maior facilidade de mecanização florestal, como tratamentos culturais melhorando a qualidade das árvores plantadas;
- na colheita há maior facilidade na extração de lenha;
- redução da taxa de mortalidade;
- menor proporção de árvores dominadas.

De acordo com Berger (2000), a tendência para espaçamentos maiores visa à produção de menor volume total de madeira, mas de melhor qualidade, baseada em diâmetros maiores.

Guimarães (1957) e Fishwick (1976) destacaram que espaçamentos mais amplos frequentemente ocasionam lucros financeiros maiores. Contudo o segundo autor citou como vantagens destes espaçamentos os seguintes pontos:

- custo reduzido de implantação em relação ao número de árvores;
- toras de maior diâmetro nos primeiros desbastes e nas árvores de corte final;
- desbastes antieconômicos nos primeiros anos podem ser evitados;
- as rotações podem ser mais curtas para a produção de toras de tamanhos pré-determinados.

A densidade inicial do plantio é uma decisão da área de manejo com importantes consequências sobre a quantidade e qualidade do produto final (CASTELO, 2007).

De acordo com Cardoso (1989), povoamentos muito densos tendem naturalmente a apresentar árvores de diâmetro menor se comparados com árvores de povoamentos pouco

densos, onde a concorrência por espaço é menor e o crescimento em diâmetro é mais acentuado.

Fishwick (1976) destacou como vantagens do uso de espaçamentos menores os seguintes fatores:

- alta produção de volume total em menor tempo;
- plantios de reposição desnecessários, devido ao número elevado de plantas;
- rápidos rendimentos financeiros provenientes de desbastes (onde existe mercado);
- menores galhos e menor conicidade de fuste;
- rápido fechamento do dossel, reduzindo o surgimento de plantas invasoras.

De acordo com Taylor (1969), existem vantagens no uso de um espaçamento inicial reduzido, haja vista que proporciona um número elevado de árvores jovens, permitindo uma boa seleção das melhores, na ocasião das primeiras operações de limpeza e desbaste. Um espaçamento menor promove um processo eficiente de desrama natural, do que resulta madeira de boa qualidade a ser obtida no estágio final de manejo do povoamento (BERGER, 2000).

Para escolha do espaçamento adequado, existe a necessidade de se considerar a qualidade e o peso-volume de madeira que será produzido, local (sítio), hábitos de crescimento, espécie, sobrevivência esperada, objetivos do produto, futuros tratamentos silviculturais e o tipo de equipamento a ser empregado na implantação e colheita do povoamento (COUTO *et al.*, 1977).

Normalmente, as espécies de rápido crescimento juvenil, podem ser plantadas em espaçamentos maiores que as de crescimento lento (BOTELHO, 1998).

Um dos principais aspectos envolvidos no manejo refere-se a escolha do espaçamento correto no plantio e o espaço vital ao longo do ciclo da floresta, pois o mesmo tende a influenciar tanto o crescimento individual bem como seu crescimento em conjunto.

Do ponto de vista silvicultural, os plantios com menor espaçamento atingem mais rapidamente a capacidade do sítio, com a diminuição das dimensões dos produtos obtidos (ASSMANN, 1970).

Historicamente, os espaçamentos mais comuns para o cultivo de *Pinus* no Brasil, são 2,0 x 2,0 m (4,0 m²); 2,5 x 2,5 m (6,25 m²); 3,0 x 1,5 m (4,5 m²); 3,0 x 2,0 m (6,0 m²); 3,0 x 2,5 m (7,5 m²); 3,0 x 3,0 m (9,0 m²) e 3,0 x 3,5 m (10,5 m²).

Segundo Botelho (1998) as empresas reflorestadoras têm escolhido os espaçamentos visando possibilitar a mecanização das atividades de implantação, manutenção e exploração. Tem sido dada preferência a espaçamentos com distância entre linhas em torno de 3,0 m, o que possibilita a movimentação de veículos para efetuar capina e remoção de árvores nos desbastes com pouco risco de causar danos às plantas.

De acordo com Kronka *et al.*, (2005), os espaçamentos de plantios estabelecidos à época dos incentivos fiscais para reflorestamento eram de 1,5 x 1,5 m, 2,0 x 2,0 m e 2,0 x 2,5 m, correspondendo a uma densidade de plantio de 4.444, 2.500 e 2000 mudas por hectare. Os mesmos autores ainda comentaram que atualmente são comuns espaçamentos mais amplos: 3,0 x 2,0 m, 3,0 x 3,0 m ou 3,0 x 3,5 m.

Suassuna (2006) recomendou a utilização de 4,5 a 6,0 metros quadrados de terreno para cada planta, usando espaçamento 3,0 x 2,0 m; 2,0 x 2,5 m; 3,0 x 1,5 m, para o plantio de *Pinus*.

Na produção de madeira para serraria são usados espaçamentos mais largos com o objetivo de se obter madeira de maiores dimensões, mas isso favorece a formação de galhos maiores e em maior quantidade, vindo a representar mais e maiores nós na madeira (FINGER *et al.*, 2001).

Segundo Toumey e Korstian (1967), *apud* Botelho (1998), os espaçamentos mais praticados na Europa são os mais fechados onde se considera que apresentam possibilidade de lucro com os desbastes iniciais, menor necessidade de manutenção e maior proteção do solo. Os autores ainda comentaram que, apesar da grande dependência de espécie e sítio, nos Estados Unidos, o espaçamento de aproximadamente 2,0 x 2,0 m é o mais aceitável para a maioria das espécies e condições; espaçamentos entre 1,0 e 2,40 m (3,3 a 6,0 m² por planta) são normalmente recomendados.

Smith e Strub (1991) consideraram que, para as espécies de pinus da região sul dos Estados Unidos, os melhores espaçamentos estão na faixa de 2,4 x 2,4 m a 3,0 x 3,0 m que proporcionam um número entre 1.000 a 1.600 árvores por hectare. Os autores comentaram que este estoque é baixo o suficiente para produzir árvores de tamanho adequado e um bom volume por hectare em rotações de 20 a 30 anos em sítios bons sem desbaste, mas são altos o bastante para permitir um ou dois desbastes se as condições de mercado são garantidas.

Para Botelho (1998), a manutenção de uma mesma densidade com variação na distribuição pode resultar em diminuição do custo do plantio e melhor crescimento de

algumas espécies em função de suas respostas a variação nas relações de competição. Por exemplo, um plantio com cerca de $9,0 \text{ m}^2$ por planta pode ser plantado em arranjos de $3,0 \times 3,0 \text{ m}$; $6,0 \times 1,5 \text{ m}$ e $9,0 \times 1,0 \text{ m}$, onde se verifica nesta ordem, uma redução no custo do preparo de solo e aumento na incidência de luz na entrelinha, o que pode implicar em mudanças das respostas das plantas em relação a produtividade e qualidade da madeira.

Para Zobel *et al.*, (1987) *apud* Botelho (1998), os povoamentos para celulose, escoras de minas, produção de carvão e postes são plantados em espaçamentos menores, enquanto que plantios para madeira serrada são feitos em espaçamentos mais amplos. Simões (1994) recomendou o uso de densidades que proporcionem uma área por planta acima de $6,0 \text{ m}^2$ para obtenção de postes, dormentes e toras.

Segundo Maestri (1994), para o sistema de manejo denominado “*clearwood*” que visa a produção de madeira de maiores dimensões e livres de nós, o ideal é o plantio de poucas árvores por hectare, com desbastes pré-comerciais. As densidades iniciais, neste caso variam de 900 a 1300 árvores por hectare ($11,0$ a $7,7 \text{ m}^2/\text{planta}$) e, aos 3 ou 4 anos é feito um desbaste pré comercial reduzindo o número de árvores para 500-800 plantas por hectare (BOTELHO, 1998).

Conforme Schonau (1984) *apud* Schonau e Coetzee (1989), quando o objetivo do manejo é a obtenção de madeira para serraria ou postes, o espaçamento de plantio não deve ser menor que $3,0 \times 2,5 \text{ m}$. O autor recomendou densidade inicial de 1.200 a 2.000 plantas por hectare.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

4.1.1. Localização

O experimento está instalado no município de Irati, que se encontra a 156 km de Curitiba, capital do Paraná. Está localizado na região Centro-Sul do estado (Figura 3), entre as coordenadas geográficas $25^{\circ} 27' 56''$ de latitude Sul com interseção com o meridiano $50^{\circ} 37' 51''$ de longitude Oeste. Encontra-se na sub-região dos pinhais no segundo planalto paranaense.



Figura 3. Localização da área de estudo.

4.1.2. Clima

Segundo a classificação climática de Köppen, a região onde o experimento está situado apresenta clima do tipo Cfb com geadas frequentes no inverno. A temperatura média máxima é de $24,2^{\circ}\text{C}$ e a média mínima de $11,0^{\circ}\text{C}$. A precipitação média mensal de $193,97\text{ mm}$ e a umidade relativa média mensal do ar é de $79,58\%$ (FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2006).

4.1.3. Solo

Geologicamente o solo pertence ao permiano carbonífero, com topografia marcada por encostas suaves a intermediárias, encostas íngremes, vertentes retilíneas e topos planos; solos acinzentados/vermelhos ao Norte e castanhos ao Sul. Predominam na região solos Sílticos argilosos, Litólicos, Coluviais e Saprolíticos (IRATI, 2009).

O solo da área experimental classifica-se como Neossolo Regolítico Distro-úmbrico léptico (RRdh), com textura muito argilosa (LIMA *et al.*, 2009).

4.2. Instalação do experimento

No ano de 2002 um experimento de campo de 1,92 ha foi implantado, sob coordenação do Professor Dr. Mario Takao Inoue do Departamento de Engenharia Florestal da UNICENTRO, no Campus universitário de Irati, PR. Esse experimento tem como finalidade principal avaliar o crescimento de *Pinus taeda* L., importante cultura florestal cultivada em larga escala na região sul do país.

A área experimental foi instalada com mudas produzidas com sementes de pomar clonal de *Pinus taeda* L., cedidas pela empresa Klabin do Paraná. Como tratamentos foram considerados nove espaçamentos, simulando espaços vitais de 1,0 m² a 16,0 m², que constam na Tabela 1 juntamente com o número de árvores estimado por hectare e o número de árvores pertencentes a cada parcela, avaliadas a cada ano entre 2003 e 2009.

Tabela 1. Caracterização do experimento.

Espaçamento (m)	Espaço vital (m ²)	Árvores/há	Árvores avaliadas
1,0 x 1,0	1,0	10.000	25
2,0 x 1,0	2,0	5.000	25
2,0 x 2,0	4,0	2.500	25
3,0 x 2,5	7,5	1.333	25
3,0 x 3,0	9,0	1.111	25
3,0 x 3,5	10,5	952	25
4,0 x 3,0	12,0	833	25
4,0 x 3,5	14,0	714	25
4,0 x 4,0	16,0	625	25

O ensaio foi instalado em blocos ao acaso, com cinco repetições e parcelas constituídas por 25 mudas. A Figura 4 mostra o layout do experimento com o esquema de disposição dos tratamentos em campo. Os tratamentos estão numerados de 1 a 9, onde o número 1 refere-se ao espaçamento com 1,0 m², 2 com 2,0 m², 3 com 4,0 m², 4 com 7,5 m², 5 com 9,0 m², 6 com 10,5 m², 7 com 12,0 m², 8 com 14,0 m² e 9 com 16,0 m².

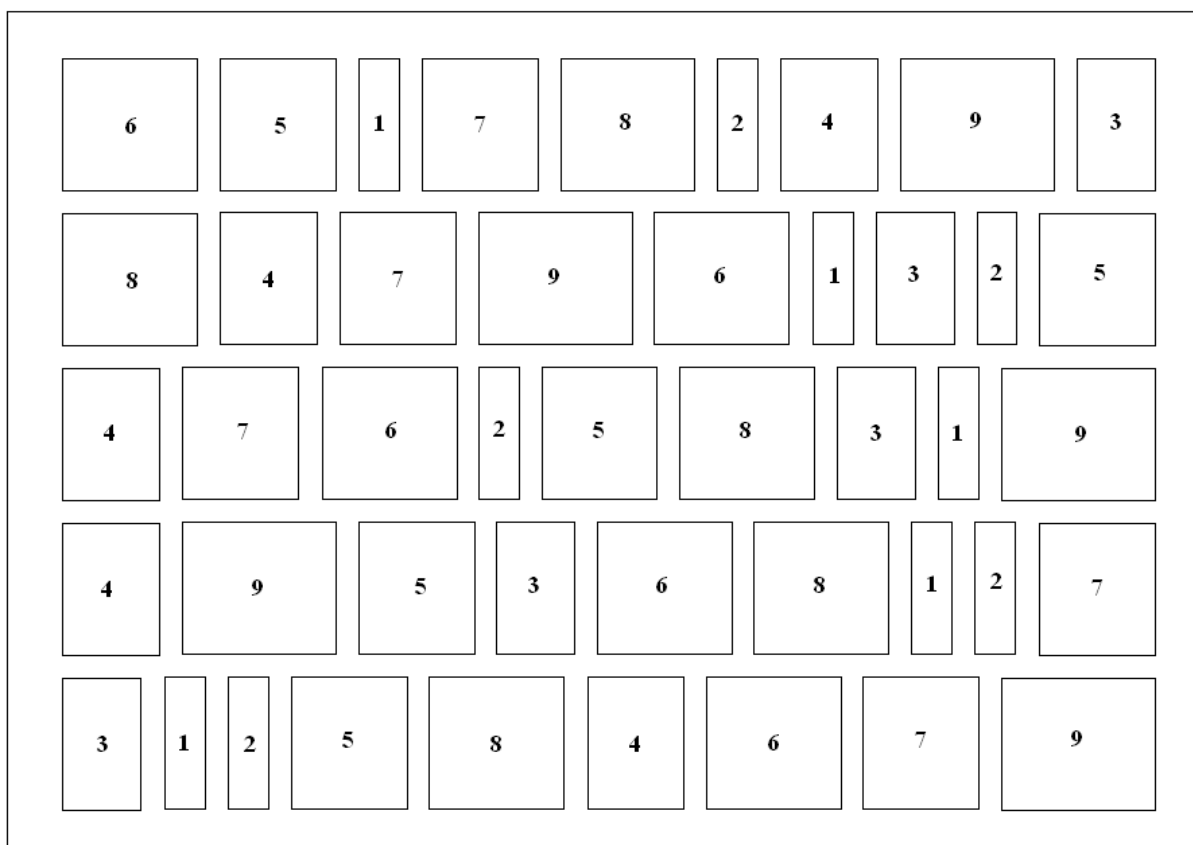


Figura 4. Layout da área experimental.

Obs: 1) 1,0 x 1,0 m; 2) 2,0 x 1,0 m; 3) 2,0 x 2,0 m; 4) 3,0 x 2,5 m; 5) 3,0 x 3,0 m; 6) 3,0 x 3,5 m; 7) 4,0 x 3,0 m; 8) 4,0 x 3,5 m; 9) 4,0 x 4,0 m.

Observa-se na Figura 4 que a área referente aos tratamentos apresenta tamanhos variados, isto ocorre devido ao número de árvores, que é diferente para cada tratamento, seguindo de acordo com o espaçamento. O espaçamento de 1,0 x 1,0 m é constituído por 200 árvores, 2,0 x 1,0 m por 104 árvores, 2,0 x 2,0 m por 104 árvores, 3,0 x 2,5 m por 72 árvores, 3,0 x 3,0 m por 72 árvores, 3,0 x 3,5 m por 72 árvores, 4,0 x 3,0 m por 56 árvores, 4,0 x 3,5 m por 56 árvores e 4,0 x 4,0 por 56 árvores.

A Figura 5 mostra uma imagem parcial da área experimental com *Pinus taeda* L. aos 7 anos de idade.



Figura 5. Imagem parcial da área experimental com *Pinus taeda* L. aos 7 anos de idade.

4.2.1. Implantação e manutenção do experimento

O preparo de solo da área do experimento foi feito por aração e o plantio foi manual, com perfuração de covas com o uso de sacho. O controle de formigas cortadeiras foi feito por ocasião do plantio, com o uso de iscas formicidas, a base de 10 g por 100 m² de terreno.

A limpeza da área foi feita um ano após o plantio por meio de coroamento ao redor das plantas e capina nos espaços entre blocos, sendo repetida anualmente.

Em 2006, aos quatro anos de idade, foi realizada a primeira poda das árvores, visando a obtenção de um núcleo nodoso de aproximadamente 5,0 cm. A poda foi aplicada em algumas árvores até o verticilo imediatamente abaixo de 1,3 m do solo.

4.2.2. Coleta de dados

A cada ano, até 2005, foram medidas apenas as alturas totais das 25 árvores pertencentes a cada espaçamento. Em 2006, foram tomadas as medidas de altura total e

diâmetro à altura do peito, medido a 1,3 m de altura (*dap*), pois aos 4 anos todas as árvores já possuíam tal condição. Nos anos seguintes, 2007, 2008 e 2009 foram tomadas as medidas de altura total e *dap*. No total foram mensuradas anualmente 1.125 árvores, para a realização do presente estudo.

Pode-se observar na Figura 6 o esquema de distribuição de árvores na parcela referente ao espaçamento com 4,0 x 3,5 m. As parcelas apresentam diferenças quanto ao número de linhas de bordadura em ambos os lados, pois este número acompanha o espaçamento entre as árvores, com no mínimo uma linha de bordadura. Buscou-se avaliar anualmente 25 árvores centrais devido ao número restrito de árvores disponíveis nos tratamentos com espaços vitais mais amplos.

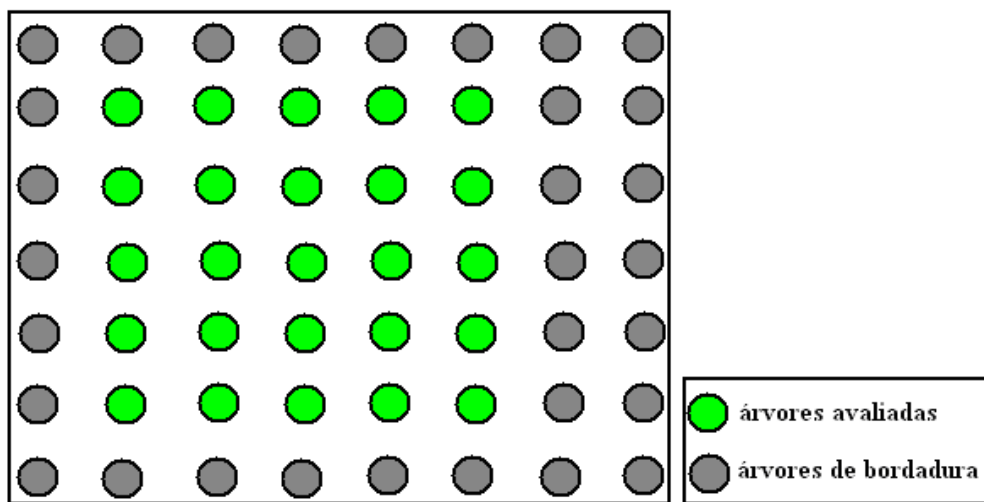


Figura 6. Esquema de distribuição de árvores na parcela.

O instrumento utilizado para obtenção da altura total dos indivíduos foi o clinômetro eletrônico Haglöf e para a medição do diâmetro das árvores foi utilizada uma fita métrica comum.

Todos os dados levantados foram registrados em fichas de campo padronizadas, sendo posteriormente armazenados em planilhas eletrônicas.

4.3. Processamento dos dados

4.3.1. Área transversal

A área transversal de cada indivíduo, para cada espaço vital foi calculada por meio da expressão:

$$g = \frac{\pi \cdot dap^2}{40.000}$$

onde:

g = área transversal (m^2); dap = diâmetro à altura do peito da árvore i (cm); π = constante (3,141592654).

4.3.2. Área basal

Para a obtenção da área basal (G), os valores médios de área transversal média por espaçamento foram multiplicados pelo número estimado de árvores por hectare, para cada período de avaliação. Como o dap passou a ser mensurado apenas aos 4 anos de idade, conseqüentemente a área basal foi obtida dos 4 aos 7 anos.

4.3.3. Volume por árvore e hectare

Tomando-se os valores de altura total e dap das árvores de cada espaço vital, foi calculado o volume de cada indivíduo utilizando:

$$v = g_i \cdot ht \cdot f$$

onde:

v = volume (m^3); g_i = área transversal da árvore i (m^2); ht = altura total da árvore i (m); f = fator de forma (0,5).

Posteriormente os valores médios de volume por árvore ($v/\text{árv}$) obtidos para cada espaçamento, nas diferentes idades de avaliação foram multiplicados pelo número de árvores

estimado correspondente a cada espaçamento, calculando-se assim o volume por hectare (V/ha), em cada situação. Utilizou-se de um fator de forma médio (0,5) para cálculo do volume real.

4.3.4. Incremento médio e corrente anual

Foram calculados os incrementos em altura total (m), diâmetro à altura do peito (cm), área transversal (m²), área basal (m²/ha), volume por árvore (m³) e por hectare (m³/ha). O incremento em altura total foi obtido com base no crescimento em altura das 25 árvores medidas nos diferentes tratamentos, nas sete medições. Desta forma foram avaliados os incrementos em altura ocorridos entre 2003 e 2009.

Os incrementos em diâmetro à altura do peito, área basal e volume por árvore e por hectare foram calculados com base nos dados obtidos entre 2006 e 2009.

O incremento médio anual foi obtido por meio da fórmula:

$$IMA_x = \frac{X_I}{I}$$

onde:

IMA_x = incremento médio anual da variável x ; X_I = variável obtida na idade I ; I = idade (anos).

O incremento corrente anual foi obtido pela fórmula:

$$ICA_x = X_{I+1} - X_I$$

onde:

ICA_x = incremento corrente anual da variável x ; X_{I+1} = variável obtida na idade $I+1$; X_I = variável obtida na idade I .

4.3.5. Avaliação do crescimento

4.3.5.1. Bartlett, ANOVA e Tukey

Para cada parcela e para cada idade foram gerados parâmetros médios das variáveis de interesse. O teste de Bartlett foi aplicado para todas as variáveis de crescimento com intuito de testar a homogeneidade de variâncias dos dados a um nível de $\alpha = 0,01$. Quando esta condição não foi encontrada, a transformação logarítmica da variável considerada foi aplicada.

A análise de variância foi utilizada para avaliar o efeito dos espaços vitais e da idade nas médias das variáveis de crescimento das árvores pertencentes ao estudo. A análise de variância permitiu comparar o efeito dos tratamentos aplicados sobre a média das seguintes variáveis: altura total, diâmetro à altura do peito (*dap*), área transversal (*g*), área basal (*G*), volume por árvore (*v/árv*) e por hectare (*V/ha*), incremento médio anual (*IMA*) e incremento corrente anual (*ICA*) das variáveis já citadas.

Uma vez constatada a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os dados testados, foi utilizado o teste estatístico de comparação de médias de Tukey. Este teste define uma distância mínima entre os dados, com base na variância, através de uma constante calculada, para que possam ser considerados homogêneos. A análise de variância e o teste de Tukey foram aplicados ao nível de $\alpha = 0,01$ e $\alpha = 0,05$, respectivamente.

4.3.5.2. Correlação linear

Foram calculadas correlações entre as variáveis: altura total, diâmetro (*dap*), área transversal (*g*), área basal (*G*), volume por árvore (*v/árv*) e volume por hectare (*V/ha*), e destes com o espaço vital, utilizando a técnica de correlação linear simples, calculada para um nível de significância $\alpha = 0,01$. Esta análise determina o grau de afinidade entre duas variáveis, sendo esta relação obtida pelo coeficiente de correlação de Pearson (*r*).

O valor de *r* varia de -1 a +1, podendo representar as situações a seguir (SILVA, 1999a):

- Se $r = -1$, o grau de ajustamento é perfeito com todos os pontos sobre a reta, que tem um sentido decrescente;
- Se $r = 1$, o grau de ajustamento é perfeito com todos os pontos sobre a reta, que tem um sentido crescente;
- Se $r = 0$, neste caso teórico, há uma ausência total de relação entre as variáveis;
- Se $0 < r < 1$, neste caso não se verifica um ajuste perfeito da reta, porém se

percebe um sentido de positivo nas relações das variáveis;

- Se $-1 < r < 0$, neste caso não se verifica um ajuste perfeito da reta, porém se percebe um sentido negativo nas relações das variáveis.

No processo de análise dos dados foram utilizados os softwares Assistat versão 7.5 beta (2008) e Microsoft Office Excel (2007).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Relação linear entre variáveis dendrométricas

5.1.1. Altura total x *dap*

O coeficiente de correlação de Pearson apontou relação linear positiva ao nível de $\alpha = 0,01$ para a relação altura e *dap* nas idades de 4, 5, 6 e 7 anos, conforme ilustra a Figura 7.

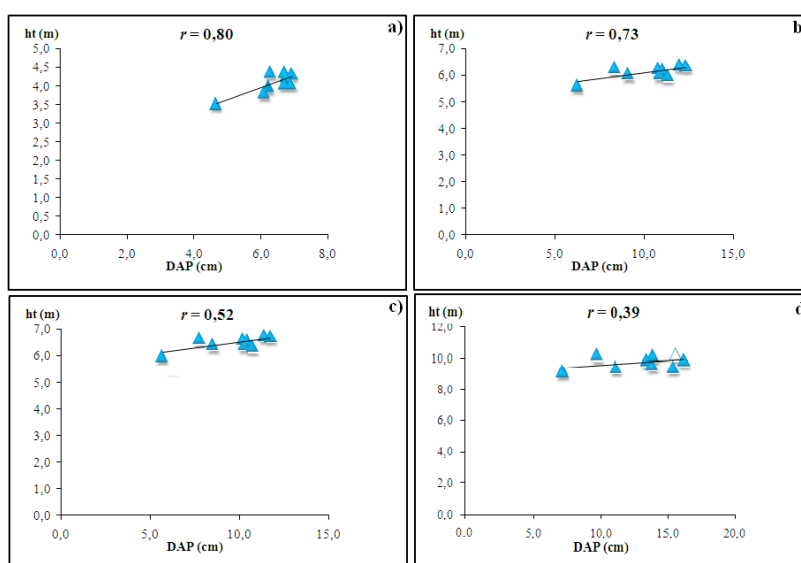


Figura 7. Relação linear entre altura total e *dap* para cada idade avaliada.

Obs: a) 4 anos; b) 5 anos; c) 6 anos; d) 7 anos.

Barrichelo *et al.*, (1977) estudando procedências de *Pinus taeda* L., para usos industriais constatou correlação significativa entre altura e *dap* ($r = 0,86$) aos 4 anos de idade, conforme também verificado no presente estudo.

5.1.2. Altura total x área transversal

Correlação positiva foi comprovada entre altura total e área transversal aos 4 anos (Figura 8a), 5 anos (Figura 8b) e 6 anos de idade (Figura 8c). Os resultados mostram que o aumento da altura proporcionou maiores valores de área transversal nestas idades. Porém aos 7 anos de idade (Figura 8d) foi verificada correlação negativa entre estas variáveis.

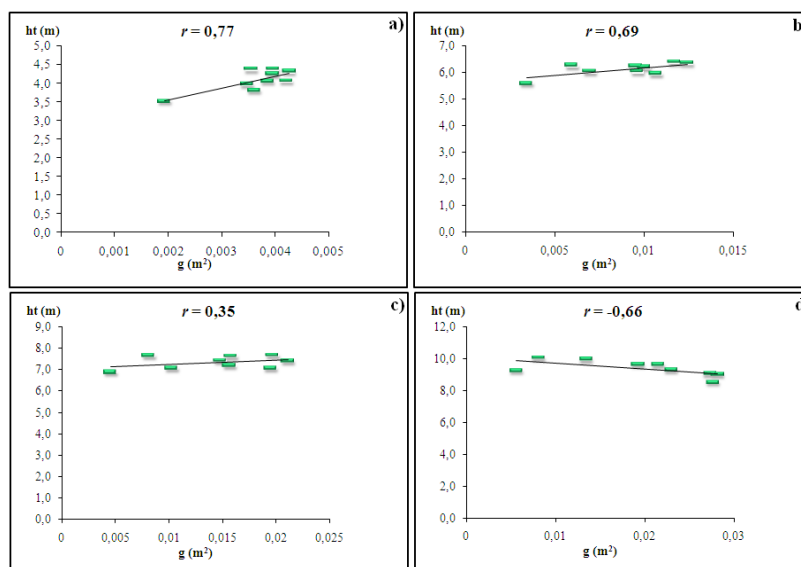


Figura 8. Relação linear entre altura total e área transversal para cada idade avaliada.

Obs: a) 4 anos; b) 5 anos; c) 6 anos; d) 7 anos.

5.1.3. Altura total x área basal

Correlação linear negativa foi verificada entre altura total e área basal aos 4 anos (Figura 9a), 5 anos (Figura 9b) e 6 anos (Figura 9c). Aos 7 anos de idade (Figura 9d) notou-se relação positiva entre estas variáveis.

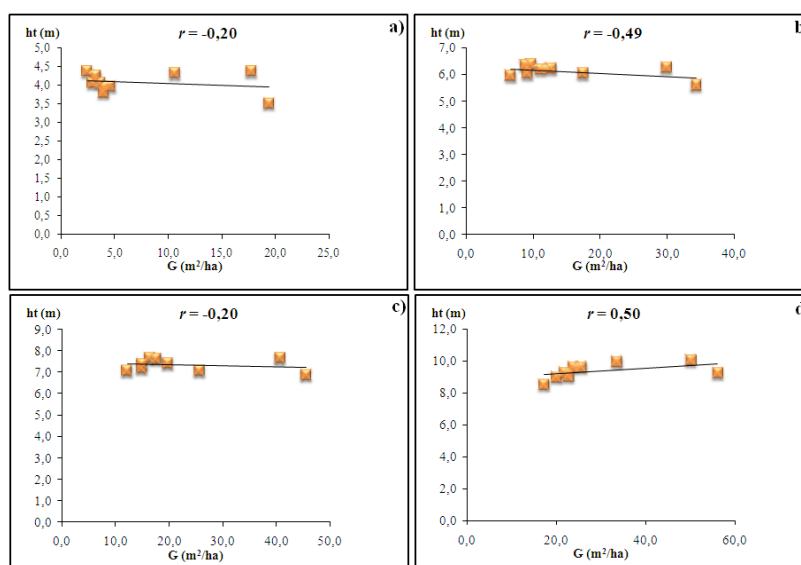


Figura 9. Relação linear entre altura total e área basal para cada idade avaliada.

Obs: a) 4 anos; b) 5 anos; c) 6 anos; d) 7 anos.

5.1.4. Altura total x volume por árvore

O coeficiente de correlação linear de Pearson apontou relação positiva entre altura total e volume por árvore aos 4 anos (Figura 10a), 5 anos (Figura 10b) e 6 anos de idade (Figura 10c). Correlação linear negativa foi comprovada entre altura total e volume por árvore aos 7 anos de idade (Figura 10d).

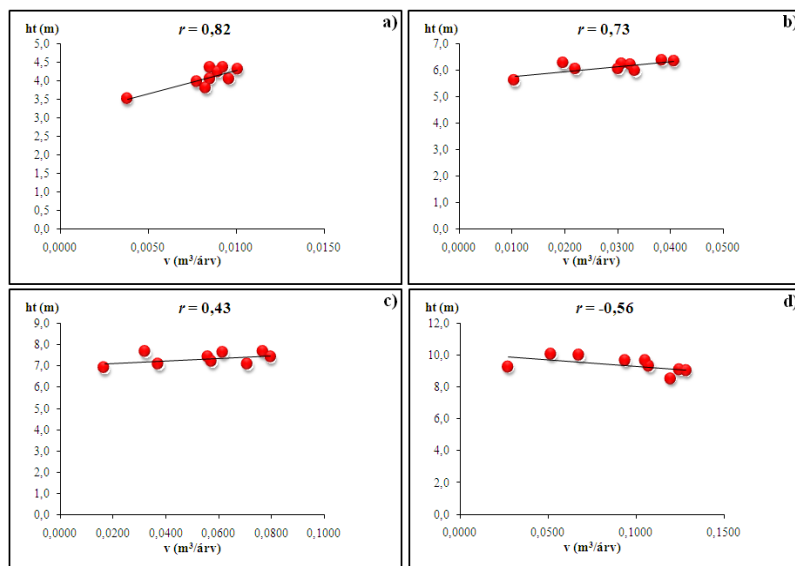


Figura 10. Relação linear entre altura total e volume por árvore para cada idade avaliada.

Obs: a) 4 anos; b) 5 anos; c) 6 anos; d) 7 anos.

5.1.5. Altura total x volume por hectare

Correlação linear negativa foi constatada entre altura total e volume por hectare aos 4 anos (Figura 11a), 5 anos (Figura 11b) e 6 anos de idade (Figura 11c). No último período avaliado observou-se relação positiva entre as variáveis em questão, conforme Figura 11d.

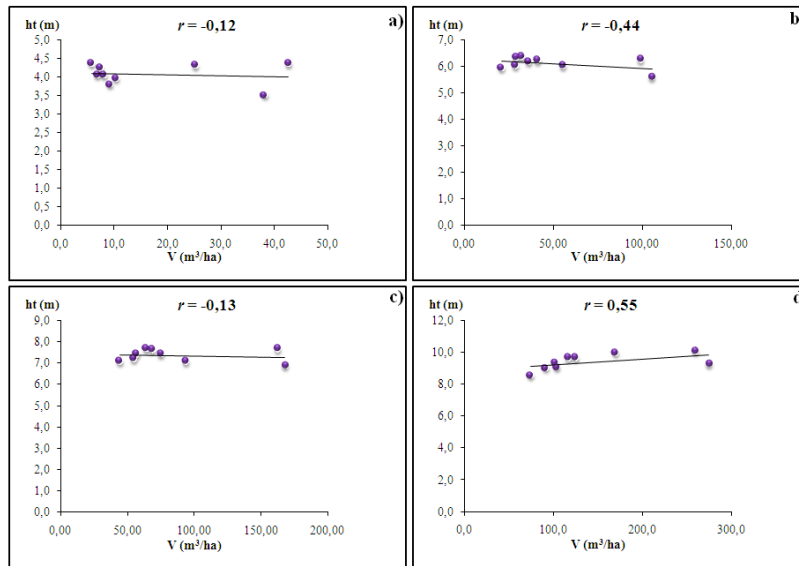


Figura 11. Relação linear entre altura total e volume por hectare para cada idade avaliada.

Obs: a) 4 anos; b) 5 anos; c) 6 anos; d) 7 anos.

5.1.6. *dap* x área basal

O coeficiente de correlação linear de Pearson apontou relação negativa entre *dap* e área basal aos 4, 5, 6 e 7 anos de idade, conforme Figura 12.

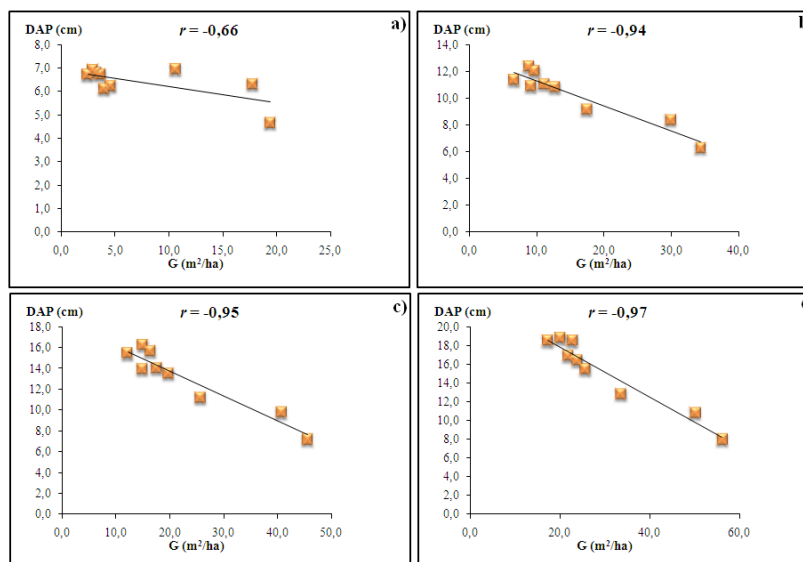


Figura 12. Relação linear entre *dap* e área basal para cada idade avaliada.

Obs: a) 4 anos; b) 5 anos; c) 6 anos; d) 7 anos.

5.1.7. *dap* x volume por árvore

Foi possível constatar alta correlação entre diâmetro à altura do peito e volume por árvore aos 4, 5, 6 e 7 anos de idade, conforme Figura 13.

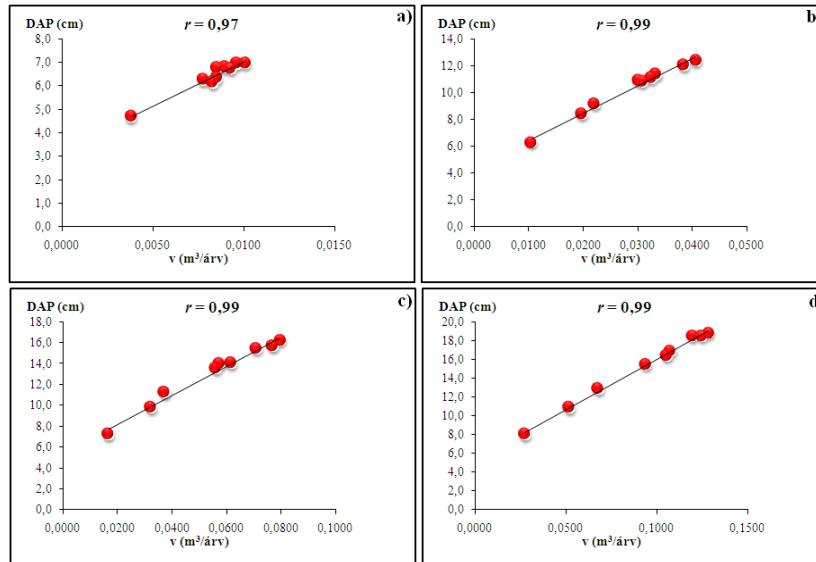


Figura 13. Relação linear entre *dap* e volume por árvore para cada idade avaliada.

Obs: a) 4 anos; b) 5 anos; c) 6 anos; d) 7 anos.

5.1.8. *dap* x volume por hectare

Evidenciou-se relação negativa entre diâmetro à altura do peito e volume por hectare aos 4, 5, 6 e 7 anos de idade, ou seja, quanto maiores os diâmetros menores foram os valores de volume por hectare.

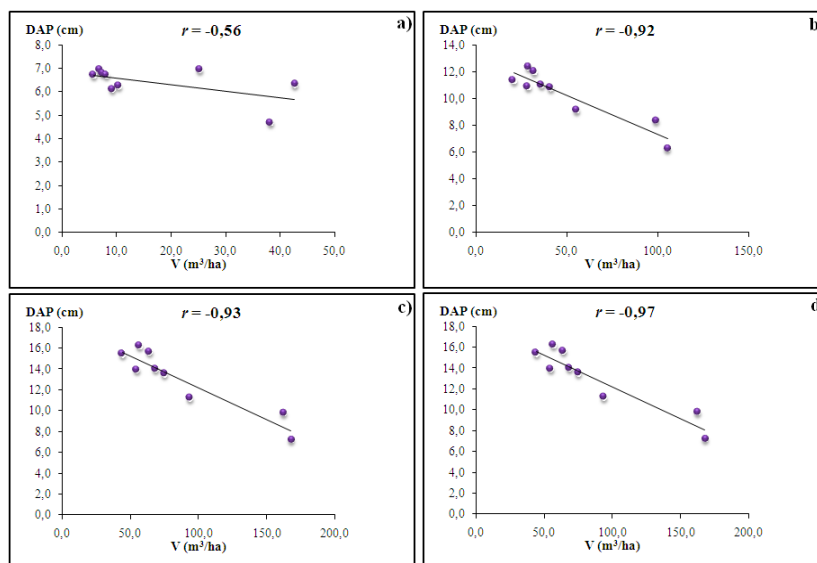


Figura 14. Relação linear entre *dap* e volume por hectare para cada idade avaliada.

Obs: a) 4 anos; b) 5 anos; c) 6 anos; d) 7 anos.

5.2. Efeito do espaçamento no crescimento da altura total

O teste de Bartlett mostrou que, como o nível de significância para a variável altura total (ht) ultrapassou o valor crítico de $\alpha = 0,05$ ficou em evidência a homogeneidade de variâncias e que, portanto os dados poderiam ser submetidos às demais análises.

A análise de variância revelou diferença estatística significativa para as variáveis espaço vital e idade ($p < 0,01$), conforme mostra a Tabela 2. Entretanto, a interação entre espaço vital e idade não foi significativa. Isto indica que à princípio a relação entre os fatores idade e espaço vital, não influencia o crescimento em altura total.

Tabela 2. Análise de variância da altura total em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	8,07	1,00	4,84 **
Idade	6	3002,89	500,48	2400,83 **
Espaço vital x Idade	48	12,34	0,25	1,23 ns
Blocos	4	10,35	2,58	12,42 **
Resíduo	248	51,69	0,20	
Total	314	3085,38		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Rejeitada a hipótese da nulidade, o teste de comparação de médias foi aplicado com intuito de determinar diferenças estatísticas. As médias de altura de *Pinus taeda* L. em diferentes espaçamentos revelaram diferenças significativas pelo teste de Tukey ao nível de $\alpha= 0,05$, conforme consta na Tabela 3.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 3, observa-se que o crescimento em altura total não foi influenciado pelo espaço vital, exceto aos 7 anos de idade onde comprovou-se diferenças entre médias.

No primeiro ano de avaliação os espaços vitais com 2,0 m² e 4,0 m² apresentaram os maiores valores médios de altura total. O menor valor nesta idade foi 0,30 m, pertencente ao espaço vital com 1,0 m².

Tabela 3. Valores médios de altura total de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	ht (m)						
	Idade (anos)						
	1	2	3	4	5	6	7
1,0	0,30 a	0,90 a	2,12 a	3,50 a	5,60 a	6,88 a	9,23 ab
2,0	0,44 a	1,30 a	2,85 a	4,35 a	6,24 a	7,64 a	10,03 a
4,0	0,44 a	1,21 a	2,72 a	4,30 a	6,02 a	7,08 a	9,93 a
7,5	0,36 a	1,04 a	2,47 a	3,96 a	6,20 a	7,41 a	9,61 ab
9,0	0,35 a	1,02 a	2,36 a	3,79 a	6,17 a	7,61 a	9,61 ab
10,5	0,34 a	1,08 a	2,55 a	4,04 a	6,02 a	7,19 a	9,28 ab
12,0	0,35 a	1,20 a	2,67 a	4,23 a	6,36 a	7,66 a	9,04 ab
14,0	0,37 a	1,06 a	2,48 a	4,04 a	6,32 a	7,39 a	8,99 ab
16,0	0,42 a	1,22 a	2,76 a	4,36 a	5,93 a	7,07 a	8,52 b
CV%	21	21	17	13	8	7	6

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

Aos 2 anos de idade, o maior valor médio de altura total foi observado no tratamento com espaço vital com 2,0 m². Neste período o menor valor de altura total foi constatado no espaço com 1,0 m².

Aos 3 anos, a maior altura média ocorreu no espaço vital de 2,0 m². O menor valor foi observado no espaçamento com 1,0 m², mantendo-se assim o menor valor também encontrado aos 2 anos.

Aos 4 anos, o maior valor médio de altura total foi 4,36 m verificado no espaço vital com 16,0 m². O menor valor foi 3,50 m, média referente ao espaço vital de 1,0 m². Foi

constatada correlação linear positiva entre altura total e espaço vital (Figura 15), isto indica a influência positiva de espaçamentos menos densos no desenvolvimento das árvores.

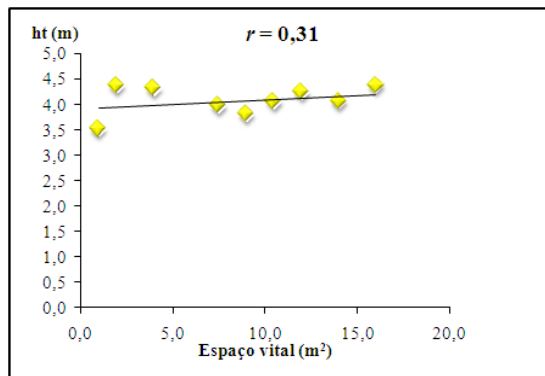


Figura 15. Relação linear entre altura total e espaço vital aos 4 anos de idade.

Aos 5 anos de idade, o espaço vital com 1,0 m² foi responsável pelo menor valor médio de altura total. Já o espaço vital com 12,0 m² apresentou a maior altura. Este resultado confirma as constatações de alguns autores de que, com o estabelecimento do povoamento, há uma tendência biológica de espaçamentos maiores conferirem maiores alturas. Morais (2006) avaliando o crescimento em altura de eucalipto na região noroeste de Minas Gerais observou, aos 5 anos, maiores alturas em espaços vitais mais amplos, porém não constatou influência do espaçamento no crescimento em altura. No entanto, essa é uma variável polêmica, pois existem vários casos em que ocorre um acréscimo na altura com a diminuição do espaçamento (PATIÑO-VALERA, 1986).

Aos 5 anos, o coeficiente de correlação linear de Pearson apontou relação positiva entre altura total e espaço vital, conforme Figura 16.

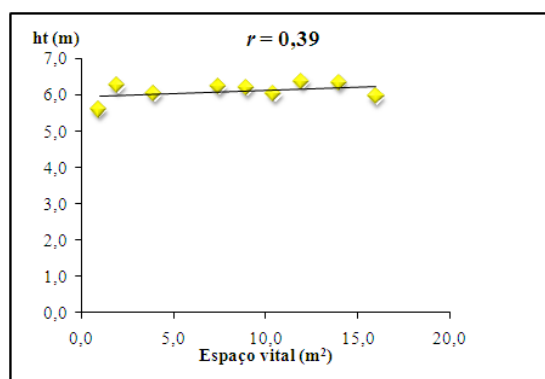


Figura 16. Relação linear entre altura total e espaço vital aos 5 anos de idade.

No sexto ano de avaliação, maior valor médio de altura foi observado no espaço vital com 2,0 m². A menor altura total nesta idade foi verificada no espaço vital com 1,0 m², conforme observado também em idades anteriores. Baixa correlação foi verificada entre altura total e espaço vital, conforme mostra a Figura 17.

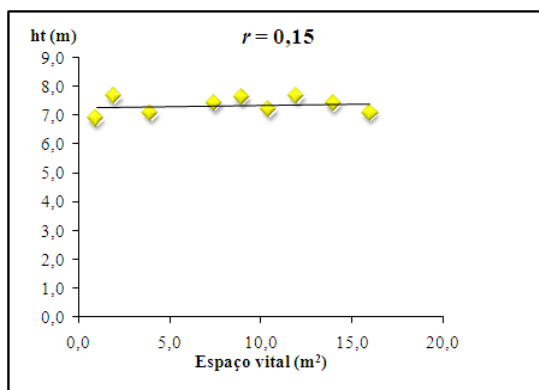


Figura 17. Relação linear entre altura total e espaço vital aos 6 anos de idade.

No último período de avaliação, foi constatada maior altura total no espaço vital com 2,0 m². Aos 7 anos de idade, o menor valor médio de altura foi comprovado no espaço vital mais amplo, com 16,0 m². Verificou-se diferença estatística significativa entre médias dos espaços vitais com 2,0 e 4,0 m² para com o espaço vital com 16,0 m², aos 7 anos de idade. Apesar da diferença estatística entre algumas médias, observou-se que os valores não apresentaram grande variação ao longo dos períodos estudados, pois os valores do coeficiente de variação decresceram com o aumento da idade.

Aos 7 anos, comprovou-se a mais baixa relação entre altura total e espaço vital (Figura 18), pelo coeficiente de correlação linear de Pearson ao nível de $\alpha = 0,01$.

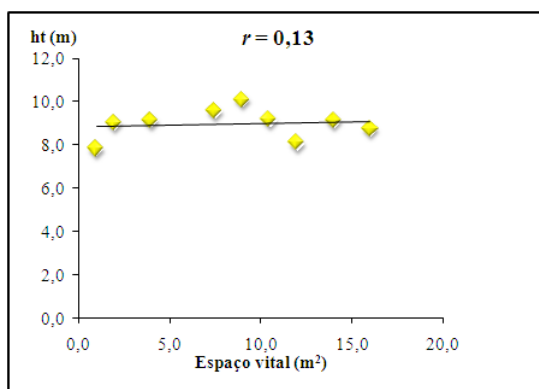


Figura 18. Relação linear entre altura total e espaço vital aos 7 anos de idade.

Na Figura 19, é apresentado o comportamento da altura total média em função do espaçamento para as diferentes idades de avaliação, observando-se que aos 7 anos a altura decresce à partir de 2,0 m² até chegar a 16,0 m², com uma diferença de 1,5 m.

Em termos gerais, os espaçamentos que mais se destacaram em relação ao crescimento em altura total no presente estudo foram: 2,0 x 1,0 m e 2,0 x 2,0 m. O tratamento com espaço vital de 2,0 m² apresentou os maiores valores médios de altura durante os 7 anos de avaliação, com médias que variaram de 0,43 m a 10,03 m.

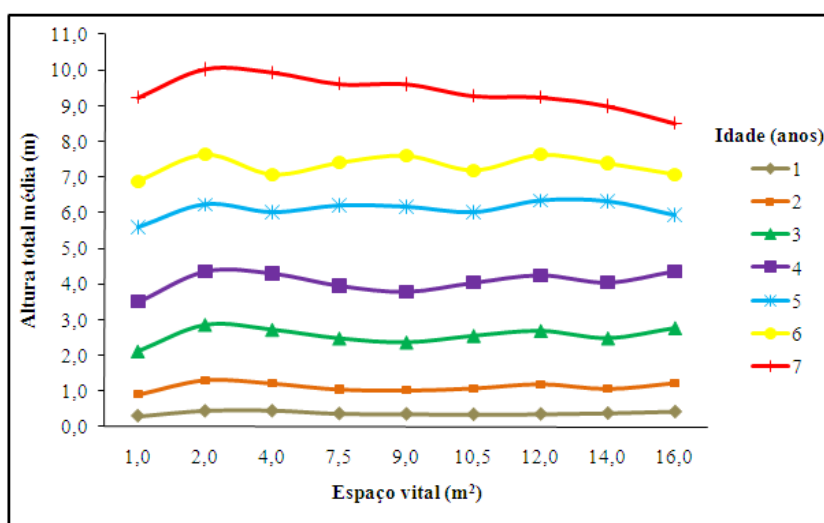


Figura 19. Evolução da altura total em função do espaçamento para diferentes idades de avaliação.

Botelho (1998) relatou que muitos experimentos têm mostrado uma tendência de aumento do crescimento em altura à medida que se diminui o espaçamento. Segundo Patiño-Valera (1986), isso ocorre porque, nos espaçamentos mais reduzidos, a competição entre plantas em busca de luz é muito mais intensa, em função da necessidade da árvore de ampliar ao máximo a superfície foliar e suprir sua necessidade de fotoassimilados, estimulando-se dessa forma, o crescimento em altura.

Patiño-Valera (1986), Bernardo (1995) e Assis *et al.*, (1999) constataram maior crescimento inicial em altura de plantas em espaçamentos menores. Por outro lado, Couto (1977) observou que o espaçamento influenciou o crescimento em altura de *Eucalyptus urophylla*, sendo obtidos maiores valores para a altura média em espaçamentos mais amplos. No presente estudo, em algumas idades foram observados maiores valores médios de altura

total em espaços vitais mais amplos. Dentre tais espaçamentos, o tratamento com espaço vital de 16,0 m² apresentou valores consideráveis nos primeiros anos. Também o espaço vital com 12,0 m² apresentou maiores alturas no quinto e sexto ano.

O aumento do crescimento em altura com o aumento do espaçamento foi verificado para *E. pyrocarpa*, nos espaçamentos 2,0 x 1,5 m; 3,0 x 1,5 m e 3,0 x 2,0 m (GORGULHO *et al.*, 1991); para *E. grandis*, *E. saligna*, *E. Alba* e *E. proprinqua*, nos espaçamentos 3,0 x 2,0 m e 3,0 x 2,5, aos 4 anos (COELHO *et al.*, 1970); para *Pinus oocarpa* e *P. caribea hondurensis* nos espaçamentos 3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,0 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 a partir de 5 anos (SOUZA, 1995).

Segundo Schneider (1993), o crescimento em altura é pouco influenciado pela densidade, a menos que, a densidade seja tão elevada que produza a estagnação do crescimento ou, o povoamento seja tão ralo que as árvores estejam expostas às tensões excessivas no fuste por ocasião do vento, o que transfere o crescimento mais para a parte inferior do fuste e raízes, para que as árvores possam alcançar maior estabilidade.

Avaliando um plantio experimental de *Pinus taeda* L., aos 12 anos de idade no município de Jaguariaíva, norte pioneiro do Paraná, Sanquetta *et al.*, (2003a) constataram que a altura não foi afetada pelo espaçamento, fato já observado em outros estudos realizados na mesma região por Gomes *et al.*, (1997) e Sanquetta *et al.*, (1998).

Leite *et al.*, (2006) estudando o efeito do espaçamento e da idade sobre as variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. no planalto serrano de Santa Catarina, não constataram efeito do espaço vital (entre 1,5 m² e 7,5 m²) sobre a altura das árvores de *P. taeda* até os oito anos de idade, verificando diferença de até 1,1 m entre tratamentos quando medido aos 14 anos de idade.

Morais (2006) avaliando a dinâmica de crescimento de eucalipto clonal sob diferentes espaçamentos, até os 7 anos, na região noroeste do estado de Minas Gerais encontrou maior crescimento em altura nos espaçamentos menos adensados. Fato também observado, na maioria dos tratamentos avaliados na presente pesquisa.

Assis *et al.*, (1999) estudando o comportamento de *E. urophylla* em função de diferentes espaçamentos, encontraram maior altura aos 4 anos de idade para as árvores pertencentes aos espaçamentos mais reduzidos, concluindo ser este fato devido à maior competição e conseqüente busca por luz.

Bernardo (1995) analisando o crescimento em altura e diâmetro, a produção de biomassa e eficiência nutricional de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. urophylla* nos espaçamentos 4,0 x 3,0 m; 3,0 x 3,0 m e 3,0 x 1,5 m, aos 41 meses, verificou que as três espécies apresentaram respostas diferenciadas quanto aos parâmetros avaliados. O *E. urophylla* apresentou maior altura no menor espaçamento, *E. camaldulensis* apresentou maior altura no maior espaçamento e *E. pellita* não apresentou diferenças.

Uma redução da altura média com o uso de espaçamentos menores também foi observada por Balloni e Simões (1980), que comentaram a existência de várias controvérsias em relação à influência do espaçamento sobre o crescimento em altura das árvores. Existem casos onde a altura média aumenta com o espaçamento e outros onde o resultado é o inverso (EVERT, 1971). No entanto, torna-se importante avaliar a idade de avaliação, pois podem ocorrer mudanças no comportamento da altura em idades mais avançadas (BERGER, 2000).

Apesar de alguns trabalhos apontarem para uma redução do crescimento em altura com o aumento do espaço vital, a maioria das pesquisas relatam maiores alturas em espaçamentos menos amplos.

5.3. Evolução do incremento médio e corrente anual da altura total

O teste de Bartlett apontou homogeneidade de variâncias para os valores médios de incremento médio e incremento corrente anual da altura total ao nível de $\alpha = 0,05$.

Na Tabela 4 constam os resultados da análise de variância dos valores de incremento médio anual da altura total (IMA ht), onde comprova-se diferença estatística significativa para as variáveis espaço vital e idade ($p < 0,01$).

Tabela 4. Análise de variância do incremento médio anual da altura total em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	0,57	0,07	5,60 **
Idade	6	35,59	5,93	464,38 **
Espaço vital x Idade	48	0,40	0,008	0,65 ns
Blocos	4	0,78	0,19	15,33 **
Resíduo	248	3,16	0,01	
Total	314	40,52		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

De acordo com os valores apresentados na Tabela 5 observa-se que o incremento médio da altura total não foi afetado pelo espaço vital até os 6 anos de idade, verificando-se diferenças estatísticas entre médias apenas no sétimo ano ($p < 0,05$). Os espaçamentos com 2,0 e 4,0 m² diferiram do espaçamento com 16,0 m². Os demais tratamentos apresentaram médias semelhantes quando comparados.

Tabela 5. Valores médios do incremento médio anual da altura total de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	Idade (anos)						
	IMA ht (m/ano)						
	1	2	3	4	5	6	7
1,0	0,30 a	0,44 a	0,72 a	0,90 a	1,12 a	1,14 a	1,32 ab
2,0	0,46 a	0,66 a	0,94 a	1,08 a	1,24 a	1,26 a	1,44 a
4,0	0,44 a	0,60 a	0,90 a	1,06 a	1,20 a	1,18 a	1,42 a
7,5	0,36 a	0,52 a	0,82 a	0,98 a	1,24 a	1,24 a	1,40 ab
9,0	0,35 a	0,52 a	0,80 a	0,96 a	1,24 a	1,28 a	1,36 ab
10,5	0,34 a	0,54 a	0,84 a	0,98 a	1,20 a	1,18 a	1,32 ab
12,0	0,35 a	0,60 a	0,90 a	1,04 a	1,26 a	1,28 a	1,32 ab
14,0	0,37 a	0,52 a	0,82 a	1,02 a	1,26 a	1,22 a	1,28 ab
16,0	0,42 a	0,58 a	0,90 a	1,06 a	1,20 a	1,16 a	1,22 b
CV%	19	22	18	13	9	7	7

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

O espaço vital com 2,0 m² apresentou os maiores valores médios de IMA em altura nas idades 1, 2, 3, 4 e 7 anos, com valores crescentes de 0,46 a 1,44 m/ano. No quinto e sexto ano de avaliação os maiores valores médios foram comprovados nos espaços vitais com 12,0 e 14,0 m², e 12,0 e 9,0 m², respectivamente.

A análise de variância aplicada aos dados de incremento corrente anual em altura total (ICA ht), revelou diferença estatística significativa para as variáveis idade e para a interação entre espaço vital e idade ($p < 0,01$), conforme consta na Tabela 6.

Tabela 6. Análise de variância do incremento corrente anual em altura total em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	1,38	0,17	1,47 ns
Idade	5	52,73	10,54	89,82 **
Espaço vital x Idade	40	12,14	0,30	2,58 **
Blocos	4	0,54	1,25	1,16 ns
Resíduo	212	24,89	0,13	
Total	269	91,69		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < ,01$)

ns não significativo ($p \geq ,05$)

Na Tabela 7 estão apresentados os valores médios de ICA em altura. Os resultados mostram que o espaçamento não afetou de maneira expressiva o incremento corrente anual da altura total até os 6 anos de idade. Diferenças entre as médias foram verificadas apenas no último período avaliado, em que o ICA em altura variou de 1,36 m com 12,0 m² até 2,86 m com 4,0 m².

Tabela 7. Valores médios do incremento corrente anual da altura total de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	ICA ht (m/ano)					
	Idade (anos)					
	1/2	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7
1,0	0,60 a	1,22 a	1,40 a	2,06 a	1,28 a	2,34 a
2,0	0,86 a	1,54 a	1,50 a	1,90 a	1,40 a	2,38 a
4,0	0,76 a	1,50 a	1,58 a	1,70 a	1,06 a	2,86 a
7,5	0,70 a	1,42 a	1,46 a	2,24 a	1,20 a	2,20 ac
9,0	0,66 a	1,34 a	1,42 a	2,00 a	1,46 a	2,02 ac
10,5	0,74 a	1,46 a	1,46 a	1,98 a	1,18 a	2,08 ac
12,0	0,80 a	1,50 a	1,54 a	2,12 a	1,32 a	1,36 c
14,0	0,68 a	1,42 a	1,56 a	2,28 a	1,08 a	1,60 c
16,0	0,82 a	1,54 a	1,60 a	1,56 a	1,14 a	1,44 c
CV%	22	14	10	30	19	20

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

No primeiro período avaliado o espaço vital com 2,0 m² apresentou a maior média de ICA em altura total. Nesta idade os valores variaram de 0,60 a 0,86 metros. Entre 2 e 3 anos de idade os espaços vitais com 2,0 e 16,0 m² foram responsáveis pelos maiores valores

médios de incremento corrente. Entre o terceiro e quarto ano o espaço vital com 16,0 m² apresentou as maiores médias. O espaço vital com 14,0 m² teve maiores valores médios de ICA em altura entre o quarto e o quinto ano. No período entre 5 e 6 anos de idade o espaço vital com 9,0 m² foi responsável pelo maior ICA em altura. No último período de avaliação o maior valor médio de incremento corrente em altura foi verificado no espaço vital com 4,0 m².

Com os valores apresentados nas Tabelas 5 e 7, foi gerada a Figura 20, onde se observa a evolução dos incrementos em altura total ocorrentes em função de cada espaçamento avaliado. Em todos os casos foi possível comprovar um decréscimo no ICA entre o quinto e o sexto ano, fato que pode ser justificado pela redução no nível de precipitação ocorrente neste período, conforme Anexo 1. Já que entre o sexto e sétimo ano verifica-se um aumento progressivo no incremento corrente.

No sexto ano de avaliação ocorre o encontro das curvas de IMA e ICA, onde nota-se o máximo incremento anual em altura com valores variando entre 1,12 e 1,26 m/ano. Tanto espaços vitais mais amplos como os tratamentos com espaços vitais menores apresentaram máximo incremento na mesma idade. Porém, à partir do sexto ano foi possível verificar a inclinação das curvas de ICA em altura em todos os espaçamentos, conforme Figura 20.

No presente estudo o espaço vital mais adensado (1,0 m²) apontou menores incrementos em altura durante a maior parte das avaliações, observando-se ainda elevado crescimento em altura no espaçamento mais amplo (16,0 m²). Porém sabe-se que até os 4 ou 5 anos a floresta está em formação, portanto é comum o crescimento oscilante. A partir de 6 anos pode-se esperar um crescimento menos acelerado. Deve-se destacar que a poda foi realizada aos 4 anos de idade, o que contribuiu para reduzir um pouco o crescimento em altura total nos espaçamentos maiores.

A partir dos 7 anos deve ocorrer maior concorrência entre árvores, bem como um aumento do crescimento em altura nos espaçamentos menores. O resultado obtido até o presente momento poder ser consequência da poda e também do bom padrão genético.

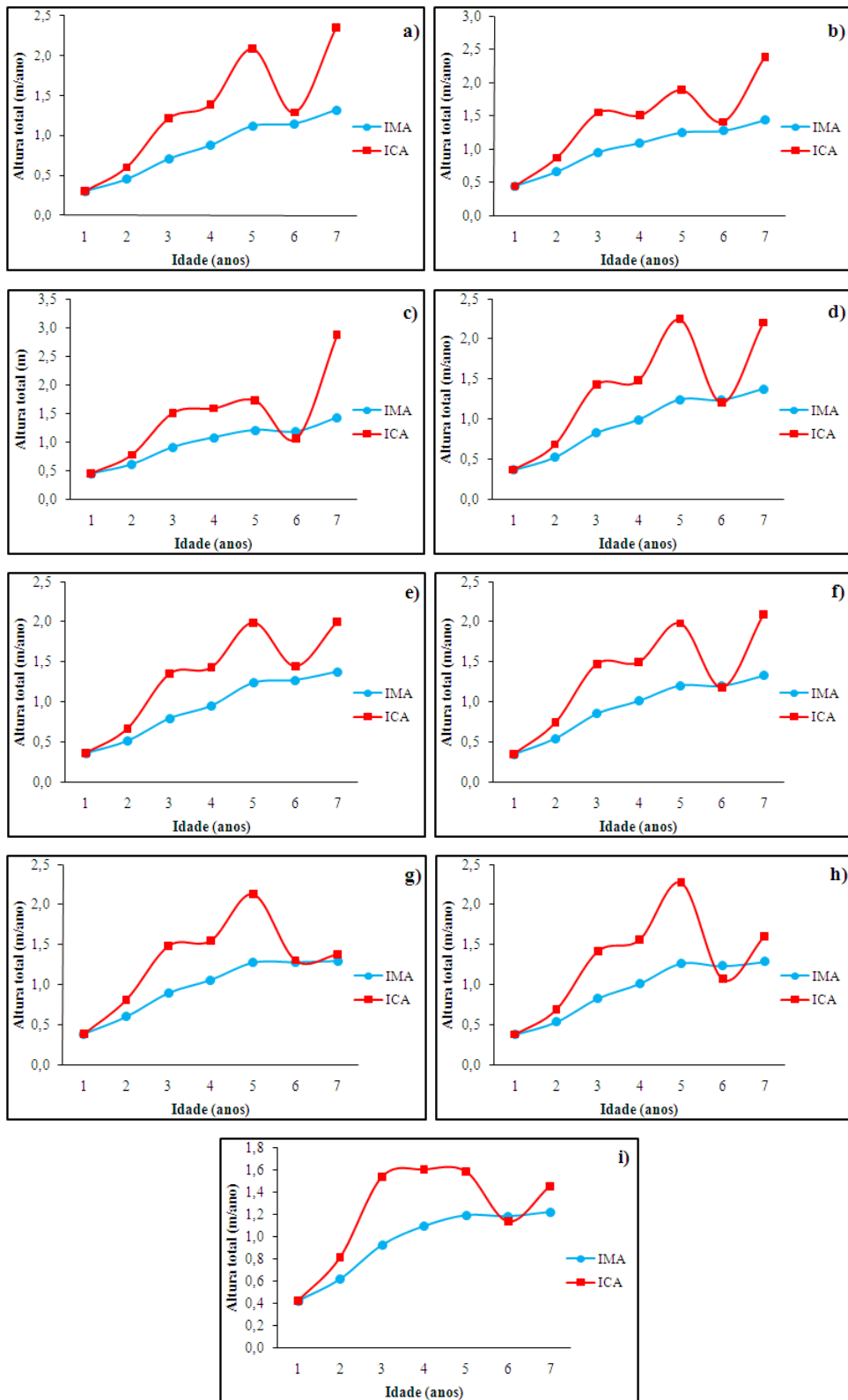


Figura 20. Evolução do incremento médio e corrente anual da altura total.

Obs: a) 1,0 m²; b) 2,0 m²; c) 4,0 m²; d) 7,5 m²; e) 9,0 m²; f) 10,5 m²; g) 12,0 m²; h) 14,0 m²; i) 16,0 m².

5.4. Efeito do espaçamento no crescimento em *dap*

A partir do teste de Bartlett, verificou-se a homogeneidade das variâncias dos dados de DAP ao nível de $\alpha = 0,05$ e que, desta forma poderiam ser submetidos à ANOVA.

A análise de variância revelou diferença estatística significativa ($p < 0,01$) para as variáveis espaço vital, idade e para a interação entre espaço vital e idade. Na Tabela 8 constam os valores obtidos no processo estatístico.

Tabela 8. Análise de variância do *dap* em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	862,37	107,79	67,88 **
Idade	3	1925,40	641,80	404,14 **
Espaço vital x Idade	24	255,08	10,62	6,69 **
Blocos	4	28,08	7,02	4,42 **
Resíduo	140	222,32	1,58	
Total	179	3293,28		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Analisando-se os valores mostrados na Tabela 8, foi possível constatar que a variável espaço vital influencia significativamente o crescimento em diâmetro, assim como a idade. Na Tabela 9 constam os valores médios de diâmetro à altura do peito nos diferentes espaçamentos nas idades estudadas.

Tabela 9. Valores médios de *dap* de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	<i>dap</i> (cm)			
	Idade (anos)			
	4	5	6	7
1,0	4,67 a	6,27 d	7,20 e	7,98 e
2,0	6,30 a	8,36 cd	9,76 d	10,81 de
4,0	6,94 a	9,14 bc	11,17 cd	12,79 cd
7,5	6,24 a	10,79 abc	13,50 bc	15,42 bc
9,0	6,11 a	11,04 ab	13,98 ab	16,34 ab
10,5	6,71 a	10,88 abc	13,93 ab	16,83 ab
12,0	6,78 a	11,99 a	15,62 ab	18,43 a
14,0	6,92 a	12,35 a	16,19 a	18,75 a
16,0	6,71 a	11,32 ab	15,41 ab	18,40 a
CV%	21	11	9	9

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

Aos 4 anos de idade, os espaços vitais com 4,0 m² e 14,0 m² apresentaram os maiores valores médios de *dap*. O menor valor médio nesta idade foi verificado no espaço vital com 1,0 m², os demais espaçamentos apresentaram maiores médias, porém valores semelhantes entre si, pois não foi comprovada diferença estatística entre médias nesta idade. O coeficiente de correlação linear de Pearson apontou relação positiva entre *dap* e espaço vital (Figura 21).

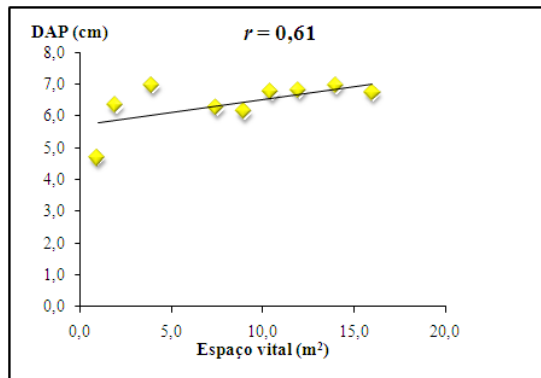


Figura 21. Relação linear entre *dap* e espaço vital aos 4 anos de idade.

Aos 5 anos de idade destacou-se o espaço vital com 14,0 m², onde foi observado o maior diâmetro médio. O espaço vital com 1,0 m² apresentou o menor *dap*. Notou-se nesta idade, diferença entre as médias dos espaços vitais mais amplos para com os espaçamentos menos amplos. Os espaços vitais intermediários 7,5 e 10,5 m² não diferiram entre si. Correlação linear significativa foi observada aos 5 anos, entre *dap* e espaço vital (Figura 22).

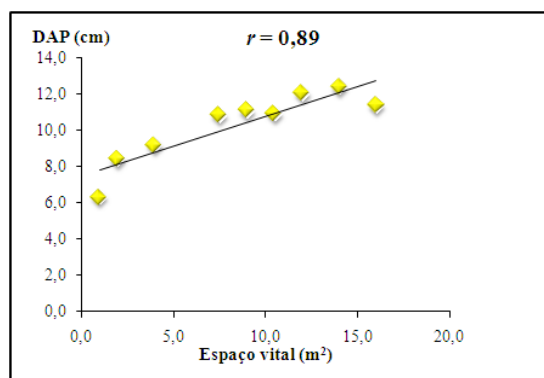


Figura 22. Relação linear entre *dap* e espaço vital aos 5 anos de idade.

Bernardo (1995) e Oliveira Neto *et al.*, (2003) comentaram que o espaçamento exerce grande influência no crescimento em diâmetro, principalmente na fase inicial de desenvolvimento das plantas.

Morais (2006) constatou, aos 5 anos de idade, maiores diâmetros em espaçamentos mais amplos, sendo eles: 6,0 x 4,0 m e 12,0 x 2,5 m para eucalipto clonal, na região noroeste de Minas Gerais. Naquele caso os espaços vitais com 6,0; 12,0 e 18,0 m² apresentaram 12,30 cm, 14,11 cm e 16,11 cm de *dap* médio, respectivamente. Obviamente que, alguns dos espaços vitais utilizados no trabalho citado são superiores aos espaços utilizados na presente pesquisa, porém, reforçam a teoria de que em espaçamentos mais amplos obtêm-se maiores diâmetros.

Aos 6 anos o espaçamento com 14,0 m² apresentou o maior diâmetro, 16,1 cm. O espaço vital com 1,0 m² manteve o menor *dap* médio e diferiu dos demais espaçamentos. Nesta idade foi verificada alta correlação entre *dap* e espaço vital (Figura 23).

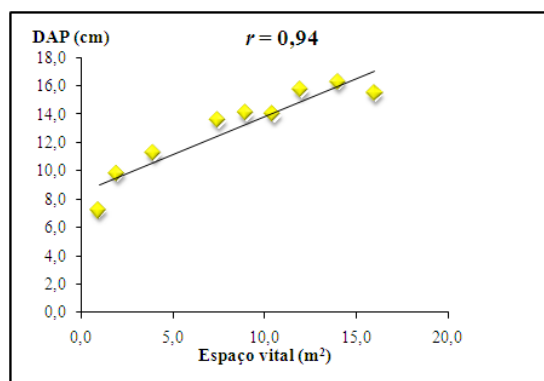


Figura 23. Relação linear entre *dap* e espaço vital aos 6 anos de idade.

A tendência de expressão dos valores médios de *dap*, observada aos 6 anos após o plantio, foi idêntica a observada aos 7 anos. Isso provavelmente indica que, a partir destes períodos, inicia-se a ocorrência de definições mais acentuadas dos efeitos dos espaçamentos sobre o crescimento individual das árvores.

No último período de avaliação, destacou-se o espaço vital com 14,0 m², pois apresentou o maior diâmetro médio. O espaço vital com 1,0 m² manteve o menor valor médio de *dap*. Aos 7 anos de idade, o espaço vital com 1,0 m² apresentou média semelhante ao espaço vital com 2,0 m², porém diferiu dos demais espaçamentos.

O coeficiente de correlação linear de Pearson apontou alta relação entre *dap* e espaço vital (Figura 24).

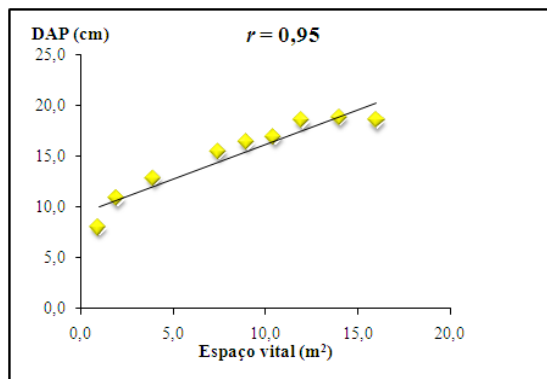


Figura 24. Relação linear entre *dap* e espaço vital aos 7 anos de idade.

Analisando a Figura 25, observa-se que o efeito do espaçamento manifesta-se através da inclinação das curvas, cujo aumento com a idade evidencia que os espaçamentos mais amplos possuem maior velocidade de crescimento, em relação aos espaçamentos menos amplos. Constata-se também, que o espaço vital com 1,0 m² apresentou os menores diâmetros ao longo de todo período estudado.

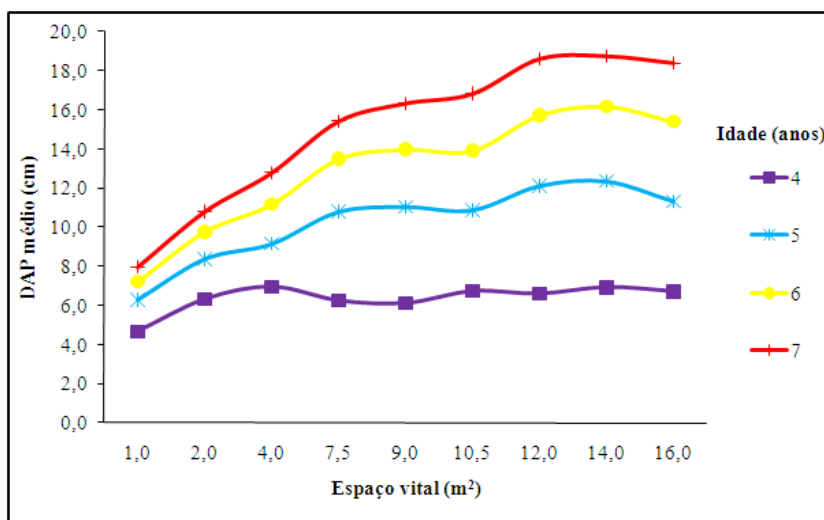


Figura 25. Evolução do *dap* médio em função do espaçamento para diferentes idades de avaliação.

A redução diamétrica em espaçamentos menores pode ser justificada pela alta competição entre indivíduos por fatores do meio, como água, luz e nutrientes, fato obviamente relacionado ao elevado número de árvores por unidade de área. Leite *et al.*, (1997) e Moraes (2006), verificaram comportamento semelhante avaliando diferentes espaçamentos e densidades populacionais de eucalipto.

De modo geral, os valores médios de *dap* foram maiores com a utilização de espaços vitais mais amplos, ao longo dos 7 anos de avaliação, com os valores variando entre 4,67 cm aos 4 anos e 18,74 cm aos 7 anos. Este resultado está de acordo com Botelho (1998), que afirmou que o crescimento em diâmetro acompanha a área útil disponível para cada planta, ou seja, espaçamentos mais amplos tendem a apresentar plantas com maiores diâmetros.

Diferenças expressivas foram apresentadas por Leles (1995) que, testando diferentes espaçamentos, na região do cerrado, verificou que no espaçamento com 9,0 x 9,0 m, aos 52 meses, todas as árvores apresentaram *dap* maior que 10 cm, enquanto que nos espaçamentos 3,0 x 1,0 e 3,0 x 1,5 m mais de 65% das árvores de *E. camaldulensis* e mais de 55% de *E. pellita* apresentaram *dap* menor do que 10 cm.

Estudando o crescimento de um plantio de *Pinus taeda* aos 12 anos de idade em Jaguariaíva, região do norte pioneiro do Paraná, Sanquetta *et al.*, (2003a) observaram maiores diâmetros (*dap*) conforme o aumento do espaço vital, naquele caso, até 11,0 m², fato já observado em outras pesquisas realizadas na mesma região por Gomes *et al.*, (1997) e Sanquetta *et al.*, (1998). Também Leite *et al.*, (2006) avaliando o efeito do espaçamento e da idade sobre as variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L., em Santa Catarina, confirmaram que espaçamentos mais amplos proporcionam diâmetros maiores, naquele caso espaços vitais entre 1,5 m² e 7,5 m² foram testados.

Costas *et al.*, (2005) verificaram em povoamentos de *Pinus taeda* L., aos 7 anos, na província de Misiones – Argentina, diferenças significativas nas médias dos diâmetros (*dap*) devido ao efeito do espaço entre plantas, observando em densidades inferiores diâmetros maiores. Fato também comprovado na presente pesquisa.

Fahler *et al.*, (1986) e Costas *et al.*, (2001) avaliando o crescimento de *Pinus taeda* L., aos 8 e 4 anos de idade, respectivamente, constataram maiores valores médios de diâmetro à altura do peito em menores densidades iniciais de plantio.

Klein e Freitas (1988) afirmaram que o espaçamento influenciou o crescimento em diâmetro de *Eucalyptus saligna* avaliado aos 7 anos, sendo que o espaçamento mais aberto,

6,0 m² por árvore, apresentou os maiores valores. Também Campos *et al.*, (1990) verificaram para *E. grandis*, no espaçamento 3,0 x 1,5 m, que os diâmetros foram menores em relação ao espaçamento 3,0 x 2,0 m.

A evolução do *dap* em função dos anos de avaliação para diferentes espaçamentos é mostrada na Figura 26, onde nota-se uma relação direta com a idade. Observa-se que o efeito da idade se manifesta através da inclinação das curvas, enquanto o efeito do espaço vital é indicado por um deslocamento vertical das mesmas. Verifica-se também, o distanciamento progressivo das curvas correspondentes aos três menores espaçamentos em relação aos demais. As curvas são mais íngremes para os espaços com 7,5 a 16,0 m².

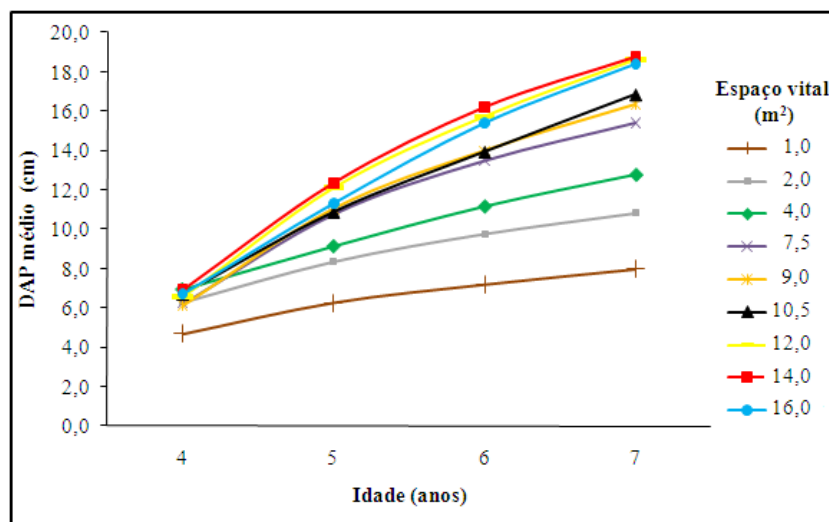


Figura 26. Evolução do *dap* médio em função da idade de medição para diferentes espaçamentos.

No processo de desenvolvimento de um povoamento, à medida que cada árvore cresce, necessita de mais espaço para que sua copa possa se desenvolver para alimentar o fuste que se torna cada vez maior. A taxa de crescimento em diâmetro é determinada pelo espaço vital de que a árvore dispõe. Em um povoamento, o espaço de cada árvore pode ser limitado pelas árvores vizinhas, levando a competição ao nível das copas e ao nível das raízes. Para um desenvolvimento mais homogêneo é desejado que as árvores estejam distribuídas uniformemente no povoamento, facilitando, desta forma, a busca por espaço (HILEY, 1959).

Bernardo (1995) e Sanquetta *et al.*, (2003b) relataram que, de modo geral, os resultados de pesquisas mostram que o crescimento em diâmetro é uma característica altamente responsiva aos espaçamentos.

5.5. Evolução do incremento médio e corrente anual do *dap*

O teste de Bartlett apontou homogeneidade de variâncias para os valores médios de IMA e ICA do *dap* ao nível de $\alpha = 0,05$. Na Tabela 10 constam os resultados da análise de variância dos dados de incremento médio anual do diâmetro à altura do peito (IMA *dap*), onde comprova-se diferença estatística significativa para as variáveis espaço vital, idade e interação espaço vital idade ($p < 0,01$).

Tabela 10. Análise de variância do incremento médio anual do *dap* em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	24,59	3,07	47,58 **
Idade	3	9,80	3,26	50,59 **
Espaço vital x Idade	24	4,39	0,18	2,83 **
Blocos	4	1,26	0,31	4,91 **
Resíduo	140	9,04	0,06	
Total	179	49,10		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Os valores médios do IMA do *dap* são apresentados na Tabela 11, onde comprova-se a influência do espaço vital sobre a evolução do incremento médio anual em diâmetro, aos 5, 6 e 7 anos.

No primeiro período de avaliação não foi comprovada diferença estatística entre médias. Os espaços vitais com 4,0 e 16,0 m² apresentaram os maiores valores médios de IMA do *dap* aos 4 anos, no entanto os espaços com 10,5, 12,0 e 14,0 m² apresentaram valores muito próximos a estes.

Tabela 11. Valores médios do incremento médio anual do *dap* de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	IMA <i>dap</i> (cm/ano)			
	Idade (anos)			
	4	5	6	7
1,0	1,18 a	1,24 d	1,20 d	1,16 e
2,0	1,54 a	1,66 cd	1,62 c	1,54 de
4,0	1,72 a	1,84 bc	1,86 c	1,84 cd
7,5	1,56 a	2,14 abc	2,26 b	2,20 bc
9,0	1,54 a	2,22 ab	2,32 ab	2,34 ab
10,5	1,68 a	2,16 abc	2,30 ab	2,42 ab
12,0	1,70 a	2,40 a	2,60 ab	2,62 a
14,0	1,70 a	2,46 a	2,70 a	2,68 a
16,0	1,72 a	2,26 ab	2,58 ab	2,64 a
CV%	22	11	8	8

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

Aos 5 anos de idade o espaço vital com 14,0 m² foi responsável pelo maior incremento médio anual em diâmetro. Nesta idade os espaçamentos vitais com 12,0 e 14 m² diferiram dos espaçamentos com 1,0, 2,0 e 4,0 m².

Aos 6 anos os espaçamentos vitais menos amplos (1,0, 2,0 e 4,0 m²) apresentaram médias diferentes quando comparados aos demais. Os espaçamentos vitais com 10,5 e 14,0 m² diferiram entre si. Nesta idade o maior valor médio foi verificado no espaço vital com 14,0 m².

Aos 7 anos, o espaço vital com 14,0 m² apresentou maior IMA em *dap*. Neste período o espaço vital com 1,0 m² apresentou média semelhante ao espaço com 2,0 m², porém diferiu dos demais tratamentos. O espaço vital com 1,0 m² apresentou os menores valores médios ao longo de todos os períodos avaliados.

Analisando-se os valores dispostos na Tabela 12, foi possível constatar que a variável espaço vital influencia significativamente o crescimento do ICA em diâmetro, assim como a idade. Portanto, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de $\alpha = 0,05$ para comprovar a diferença estatística entre as médias. Na Tabela 13 constam os valores médios de ICA em *dap* nos diferentes espaçamentos nos períodos avaliados.

Tabela 12. Análise de variância do incremento corrente anual do *dap* em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	144,51	18,06	23,30 **
Idade	2	71,09	35,54	45,86 **
Espaço vital x Idade	16	17,73	1,10	1,43 ns
Blocos	4	8,45	2,11	2,72 ns
Resíduo	104	80,60	0,77	
Total	134	322,40		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < ,01$)

ns não significativo ($p \geq ,05$)

Entre 4 e 5 anos o espaço vital com 14,0 m² apresentou maior incremento corrente em diâmetro. Neste período, diferença estatística foi comprovada entre os espaços vitais com 12,0 e 14,0 m², para com os espaços vitais com 1,0 e 2,0 m².

Entre o quinto e o sexto ano comprovou-se o mais baixo coeficiente de variação experimental, 15%. O espaço vital com 16,0 m² apontou o maior valor médio, diferindo do espaço vital com 1,0 m².

No período seguinte o espaçamento mais amplo manteve o maior incremento corrente, porém com resultado estatisticamente igual ao dos espaçamentos de 9,0, 10,5, 12,0 e 14,0 m². O espaço vital com 1,0 m² apresentou os menores valores médios de ICA em *dap*, conforme esperado.

Tabela 13. Valores médios do incremento corrente anual do *dap* de *Pinus taeda* L., obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	ICA <i>dap</i> (cm/ano)					
	Idade (anos)					
	4/5		5/6		6/7	
1,0	1,60	d	0,94	f	0,78	e
2,0	2,08	cd	1,40	ef	1,04	de
4,0	2,22	bcd	2,04	de	1,62	cde
7,5	4,54	abcd	2,70	cd	1,92	bcd
9,0	4,92	abc	2,94	bcd	2,34	abc
10,5	4,16	abcd	3,04	bc	2,92	a
12,0	5,22	ab	3,60	abc	2,82	ab
14,0	5,44	a	3,84	ab	2,56	abc
16,0	4,64	abc	4,06	a	3,06	a
CV%	37		15		21	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

A evolução do IMA e ICA do *dap* pode ser observada na Figura 27, bem como a variação dos valores em função do espaçamento. Foi possível notar que a redução do crescimento em *dap* ocorre mais cedo nos espaçamentos mais adensados. Este comportamento pode ser justificado pela influência do elevado número de árvores que competem entre si por espaço físico, água, luz e nutrientes. Estes fatores são essenciais para o pleno desenvolvimento de espécies florestais, e, quando disponíveis em baixos níveis podem comprometer e retardar o crescimento.

Os espaços vitais com 4,0 e 7,5 m² apresentam comportamento semelhante. Ambos atingem o incremento médio máximo em diâmetro entre 6 e 7 anos de idade, conforme observa-se nas Figuras 27c e 27d.

Nos espaçamentos com 9,0 m² (Figura 27e) e 14,0 m² (Figura 27h) as curvas de IMA e ICA encontram-se à partir do sétimo ano. Neste período observou-se um incremento corrente máximo entre 2,3 e 2,8 cm/ano. Finger e Fajardo (1995) comparando valores de IMA e ICA do diâmetro de *Araucaria columnaris* com valores de incremento de *Pinus elliottii*, apresentaram na pesquisa, ICA máximo para a segunda espécie citada, de 2,15 cm, aos 6 anos de idade.

No espaço vital mais amplo (16,0 m²) a tendência é que o incremento máximo ocorra em idades futuras próximas (Figura 27i). Comportamento justificado, pelo maior espaço disponível para desenvolvimento individual, favorecendo assim o incremento diamétrico.

Sobre o crescimento em diâmetro, Scolforo (1998a) comentou que este depende do genótipo do indivíduo, do sítio onde ele cresce e do espaçamento em que são dispostas as árvores vizinhas. O autor afirmou que a curva de produção em diâmetro será mais inclinada, quanto mais produtivo for o sítio, que conseqüentemente acarretará na culminação mais cedo do ICA.

De maneira geral, foi possível notar que a evolução do incremento médio e corrente anual em diâmetro é afetada pelo espaço vital. Observa-se também, a necessidade de desbaste nos espaçamentos de 1,0 e 2,0 m² em que o ICA é menor que o IMA há cerca de 2 anos.

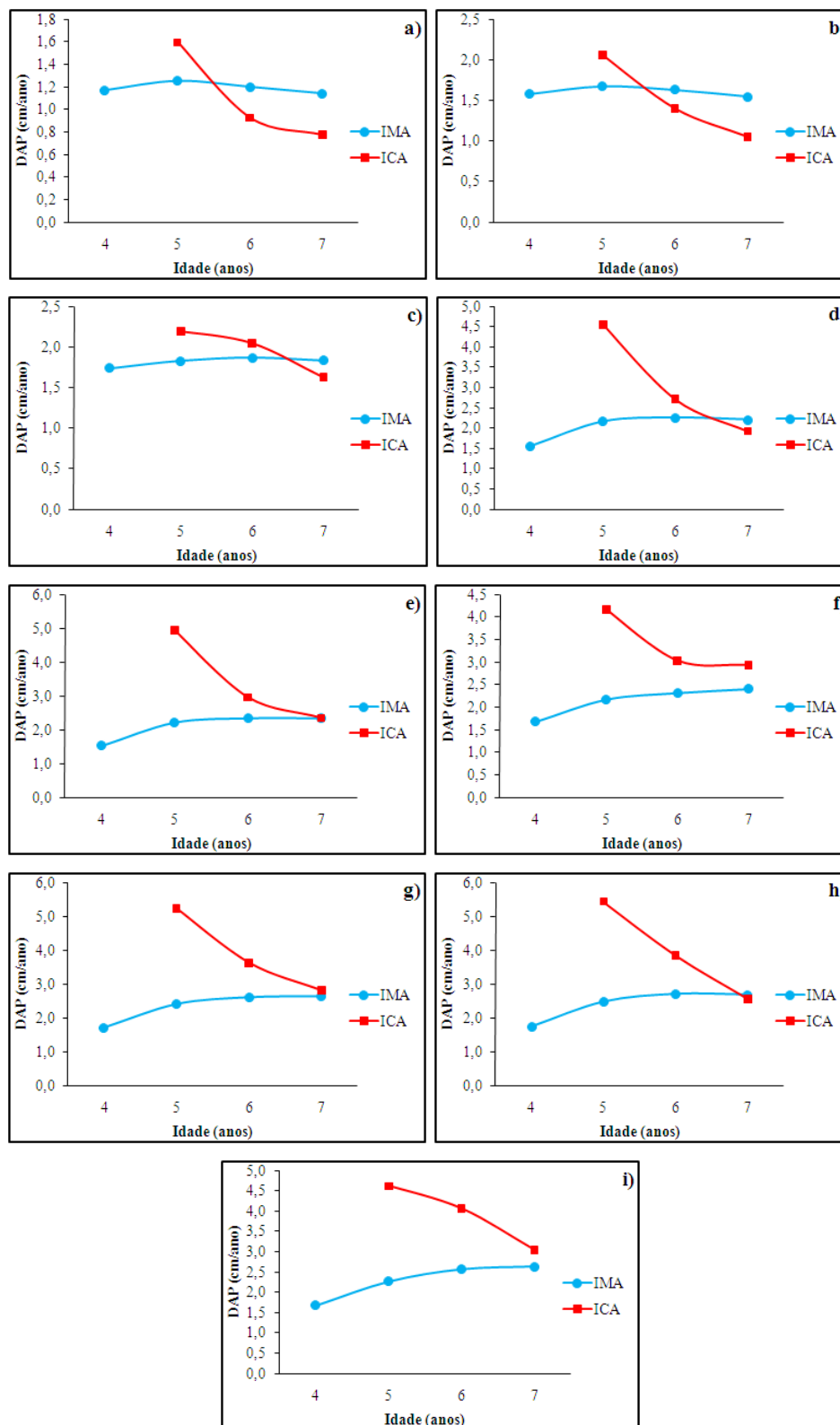


Figura 27. Evolução do incremento médio e corrente anual do *dap*.

Obs: a) 1,0 m²; b) 2,0 m²; c) 4,0 m²; d) 7,5 m²; e) 9,0 m²; f) 10,5 m²; g) 12,0 m²; h) 14,0 m²; i) 16,0 m².

5.6. Efeito do espaçamento no crescimento em área transversal

O teste de Bartlett mostrou que, como o nível de significância para a variável área transversal (g) ultrapassou o valor crítico de $\alpha = 0,05$ ficou em evidência a homogeneidade de variâncias e que, portanto os dados poderiam ser submetidos às análises seguintes.

A análise de variância revelou diferença estatística significativa para as variáveis espaço vital, idade e para a interação espaço vital e idade ($p < 0,01$), conforme mostra a Tabela 14.

Os valores médios de área transversal submetidos ao teste de Tukey ao nível de $\alpha = 0,05$ revelaram diferenças significativas entre médias, conforme mostra a Tabela 15, onde comprova-se a influência do espaço vital na evolução desta variável, à partir dos 5 anos de idade.

Tabela 14. Análise de variância da área transversal em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	0,0030	0,0003	61,03 **
Idade	3	0,0062	0,0020	329,87 **
Espaço vital x Idade	24	0,0014	0,00006	9,75 **
Blocos	4	0,00005	0,00001	2,00 ns
Resíduo	140	0,0008	0,00001	
Total	179	0,0116		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Aos 4 anos, não foi comprovada diferença entre as médias dos tratamentos estudados. Aos 5 anos, o espaço vital com 14,0 m² foi responsável pelo maior valor médio de área transversal. Os espaços vitais com 2,0 e 4,0 m² apresentaram valores semelhantes, bem como médias iguais aos tratamentos com espaçamentos de 7,5, 9,0 e 10,5 m².

Aos 6 anos de idade, o espaço vital com 1,0 m² teve média semelhante ao espaço com 2,0 m² e apresentou diferenças quando comparado aos demais. O espaço vital com 14,0 m² apontou maior valor médio de área transversal, ainda que tenha apresentado resultado estatisticamente igual ao dos espaçamentos de 12,0 e de 16,0 m².

Tabela 15. Valores médios de área transversal de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	g (m ²)			
	Idade (anos)			
	4	5	6	7
1,0	0,0019 a	0,0034 d	0,0045 e	0,0056 d
2,0	0,0035 a	0,0059 cd	0,0081 de	0,0080 d
4,0	0,0042 a	0,0069 bcd	0,0102 cd	0,0134 cd
7,5	0,0035 a	0,0095 abc	0,0148 bc	0,0192 bc
9,0	0,0036 a	0,0100 abc	0,0158 b	0,0215 ab
10,5	0,0038 a	0,0096 abc	0,0156 b	0,0229 ab
12,0	0,0040 a	0,0117 a	0,0197 ab	0,0273 a
14,0	0,0042 a	0,0124 a	0,0211 a	0,0281 a
16,0	0,0040 a	0,0106 ab	0,0194 ab	0,0276 a
CV%	36	22	17	19

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

No último período de avaliação foi verificada diferença estatística entre médias dos espaços vitais menos amplos (1,0, 2,0, 4,0 e 7,5 m²) para com o tratamento de 9,0 m² ou espaçamentos mais amplos que este. Maior área transversal média foi comprovada no espaço vital com 14,0 m², assim como nas idades anteriores. Durante todo o período avaliado o espaço vital com 1,0 m² foi responsável pelos menores valores médios de área transversal.

Sanquetta *et al.*, (2003b) avaliando o efeito de diferentes espaçamentos de plantio em reflorestamentos de *Pinus taeda* L., em Jaguariaíva, PR, constatou diferença significativa para a variável área transversal após os 54 meses de idade. No referido estudo o autor ainda comentou a ocorrência de um aumento progressivo da área transversal com o aumento do espaçamento, conforme também observado na presente pesquisa.

A evolução da área transversal em função da idade pode ser observada na Figura 28, onde nota-se que a influência do espaçamento manifesta-se sobremaneira nos espaços vitais mais amplos, através da inclinação das linhas.

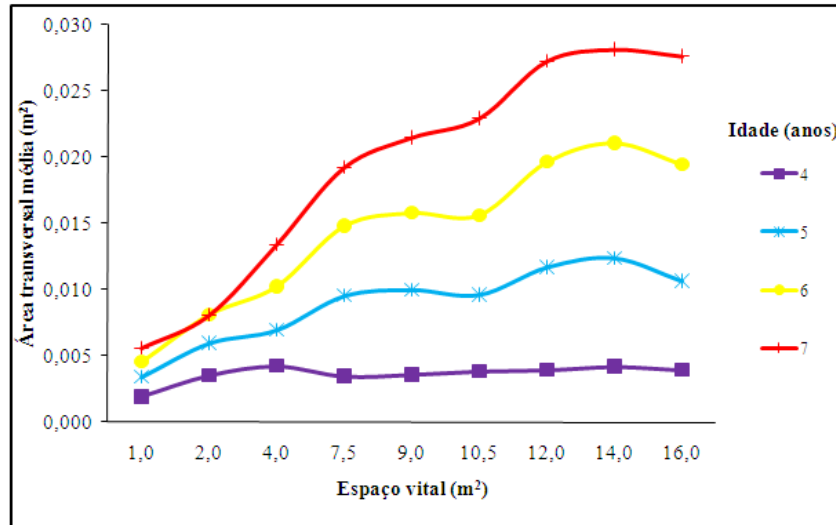


Figura 28. Evolução da área transversal média em função do espaçamento para diferentes idades de avaliação.

A evolução da área transversal em função da idade é ilustrada na Figura 29. É possível observar relação direta com a idade. Verifica-se ainda, grande diferença no desenvolvimento em área transversal entre espaços vitais mais amplos e os tratamentos com espaços vitais mais adensados.

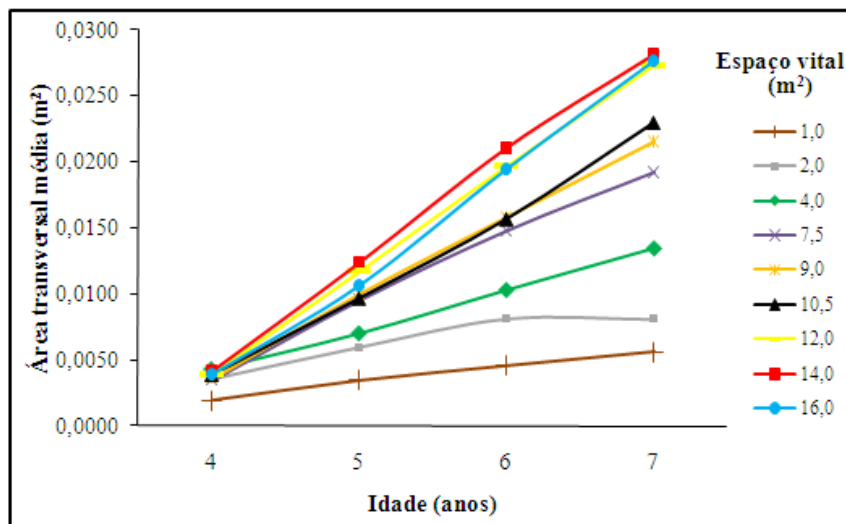


Figura 29. Evolução da área transversal média em função da idade de medição para diferentes espaçamentos.

O coeficiente de correlação linear de Pearson revelou relação positiva significativa aos 4 anos de idade, entre área transversal e espaço vital (Figura 30).

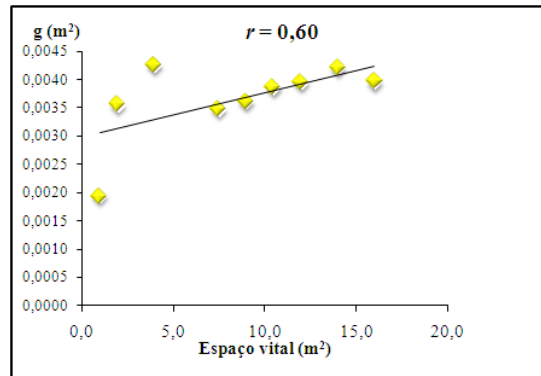


Figura 30. Relação linear entre área transversal e espaço vital aos 4 anos de idade.

Aos 5 anos notou-se coeficiente mais expressivo. Nesta idade comprovou-se relação significativa entre área transversal e espaço vital (Figura 31).

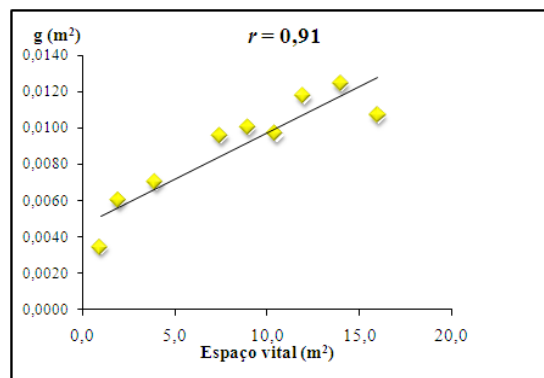


Figura 31. Relação linear entre área transversal e espaço vital aos 5 anos de idade.

No sexto ano (Figura 32) e no sétimo ano (Figura 33) foi possível observar correlação expressiva entre área transversal e espaço vital.

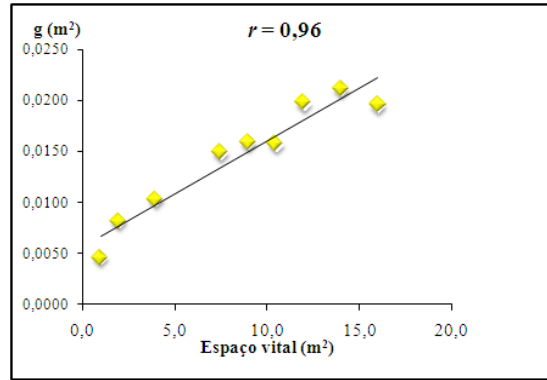


Figura 32. Relação linear entre área transversal e espaço vital aos 6 anos de idade.

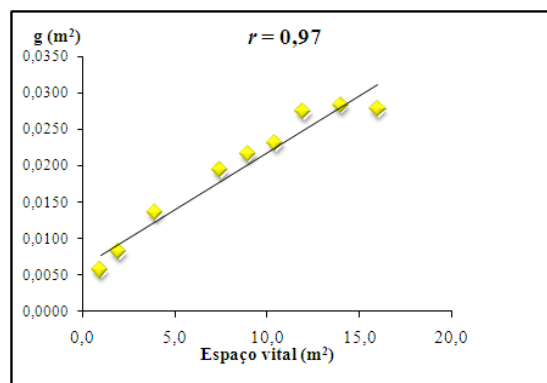


Figura 33. Relação linear entre área transversal e espaço vital aos 7 anos de idade.

5.7. Evolução do incremento médio e corrente anual em área transversal

O teste de Bartlett apontou homogeneidade de variâncias para os valores médios de IMA e ICA em área transversal ao nível de $\alpha = 0,05$. Na Tabela 16 constam os resultados da análise de variância dos dados de incremento médio anual em área transversal (IMA g), onde comprova-se diferença estatística significativa para as variáveis espaço vital, idade e para a interação espaço vital e idade ($p < 0,01$).

Tabela 16. Análise de variância do incremento médio anual da área transversal em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	0,00008	0,00001	60,17 **
Idade	3	0,00009	0,00003	183,48 **
Espaço vital x Idade	24	0,00003	0,00000	6,66 **
Blocos	4	0,00000	0,00000	3,21 ns
Resíduo	140	0,00002	0,00000	
Total	179	0,00022		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

As médias do IMA em área transversal de *Pinus taeda* L. em diferentes espaçamentos revelaram diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ao nível de $\alpha = 0,05$. Analisando os valores mostrados na Tabela 17, é possível notar que o IMA em área transversal foi afetado pelo espaço vital à partir do quinto ano de avaliação. Observa-se também que o espaço vital com 1,0 m² apresentou os menores valores médios de IMA em área transversal do quarto ao sétimo ano após o plantio. Os valores do coeficiente de variação decresceram com o aumento da idade.

Tabela 17. Valores médios do incremento médio anual da área transversal de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	IMA g (m ² /ano)			
	Idade (anos)			
	4	5	6	7
1,0	0,00050 a	0,00066 d	0,00076 e	0,00078 e
2,0	0,00088 a	0,00120 cd	0,00134 de	0,00142 de
4,0	0,00106 a	0,00142 bcd	0,00172 cd	0,00192 cd
7,5	0,00086 a	0,00190 abc	0,00248 bc	0,00276 bc
9,0	0,00090 a	0,00198 abc	0,00262 b	0,00306 ab
10,5	0,00096 a	0,00192 abc	0,00262 b	0,00328 ab
12,0	0,00098 a	0,00236 a	0,00326 ab	0,00388 a
14,0	0,00104 a	0,00250 a	0,00350 a	0,00402 a
16,0	0,00098 a	0,00214 ab	0,00324 ab	0,00394 a
CV%	36	22	17	17

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

Aos 4 anos, os maiores incrementos médios em área transversal foram verificados nos espaços vitais com 4,0 e 14,0 m². Nos anos seguintes o espaço vital com 14,0 m² manteve o

maior valor médio. Aos 5, 6 e 7 anos comprovaram-se diferenças entre as médias dos espaços vitais menos amplos quando comparados aos tratamentos mais espaçados. Apesar da diferença encontrada entre os espaços vitais, notou-se que os valores não apresentaram grande variação.

A análise de variância aplicada aos dados de ICA em área transversal revelou diferença estatística significativa para a variável espaço vital ($p < 0,01$), conforme mostra a Tabela 18. Entretanto, a idade e interação entre espaço vital e idade não foram significativas.

Tabela 18. Análise de variância do incremento corrente anual da área transversal em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	0,0008	0,0001	47,02 **
Idade	2	0,0000	0,0000	0,47 ns
Espaço vital x Idade	16	0,00003	0,0000	0,98 ns
Blocos	4	0,00002	0,00001	2,63 ns
Resíduo	104	0,00022	0,0000	
Total	134	0,00108		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

As médias do ICA em área transversal de *Pinus taeda* L. em diferentes espaços vitais revelaram diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ao nível de $\alpha = 0,05$, conforme mostra a Tabela 19. Foi possível notar que o espaçamento influencia a evolução da variável em questão.

O maior valor médio de ICA em área transversal, no primeiro período avaliado foi verificado no espaço vital com 14,0 m². O espaço vital com 1,0 m² apresentou média semelhante aos espaços com 2,0 e 4,0 m², porém diferiu dos espaçamentos mais amplos.

Entre 5 e 6 anos de idade os tratamentos com 12,0, 14,0 e 16,0 m² apresentaram médias diferentes aos demais. O espaço vital com 1,0 m² diferiu dos espaçamentos intermediários, bem como dos mais amplos. Neste período os espaços vitais com 14,0 e 16,0 m² apontaram maiores valores médios de ICA em área transversal. O mais baixo coeficiente de variação também foi observado neste período (16 %).

Entre o sexto e sétimo ano, o espaço vital com 16,0 m² manteve o maior incremento corrente. O espaço vital com 1,0 m² apresentou média estatisticamente semelhante aos

tratamentos com 2,0 e 4,0 m² e diferiu dos demais espaçamentos estudados. Os espaços vitais mais amplos (9,0, 10,5, 12,0, 14,0 e 16,0 m²) apresentaram médias semelhantes.

Tabela 19. Valores médios do incremento corrente anual da área transversal de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	ICA g (m ² /ano)		
	Idade (anos)		
	4/5	5/6	6/7
1,0	0,0014 c	0,0011 d	0,0010 e
2,0	0,0024 bc	0,0021 cd	0,0018 de
4,0	0,0027 bc	0,0032 c	0,0031 cde
7,5	0,0060 ab	0,0052 b	0,0044 bcd
9,0	0,0064 ab	0,0058 b	0,0057 abc
10,5	0,0058 ab	0,0060 b	0,0073 ab
12,0	0,0077 a	0,0079 a	0,0076 a
14,0	0,0082 a	0,0086 a	0,0070 ab
16,0	0,0067 a	0,0088 a	0,0081 a
CV%	35	16	28

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

Analisando a Figura 34, observa-se que em nenhum dos tratamentos ocorreu o cruzamento das curvas de incremento, notando-se ainda que todos os espaçamentos apresentaram comportamento semelhante.

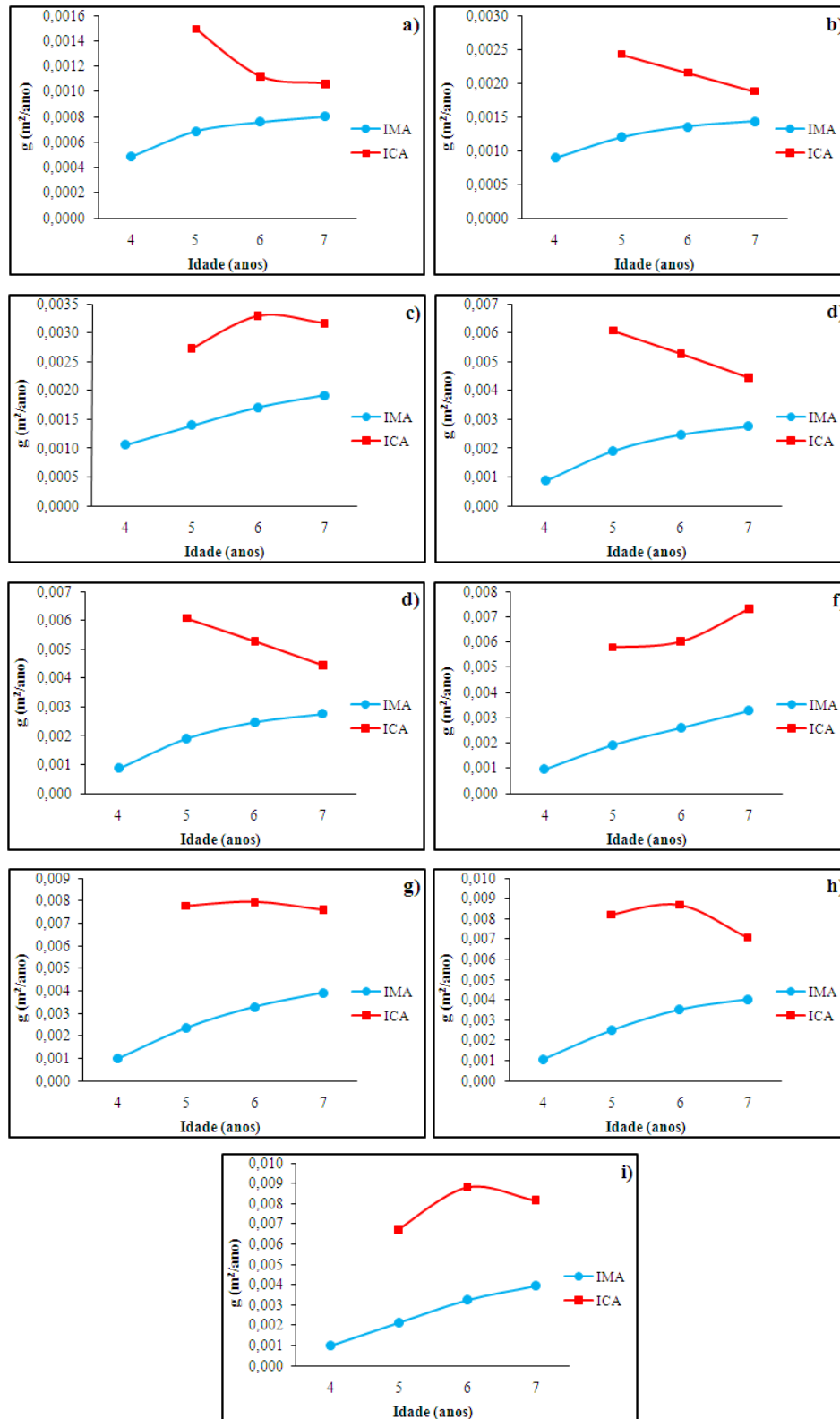


Figura 34. Evolução do incremento médio e corrente anual em área transversal.

Obs: a) 1,0 m²; b) 2,0 m²; c) 4,0 m²; d) 7,5 m²; e) 9,0 m²; f) 10,5 m²; g) 12,0 m²; h) 14,0 m²; i) 16,0 m².

5.8. Efeito do espaçamento no crescimento em área basal

A partir do teste de Bartlett, verificou-se que os dados de área basal apresentavam variâncias heterogêneas ao nível de $\alpha = 0,05$. Assim, os dados foram logaritmizados ($\log x$) e novamente submetidos ao referido teste, onde foi comprovada a homogeneidade das variâncias. Após a transformação dos dados, demais análises foram aplicadas.

Na Tabela 20 encontram-se os resultados obtidos na análise de variância dos dados médios de área basal logaritmizados. A ANOVA revelou diferença estatística significativa para as variáveis espaço vital, idade e interação espaço vital e idade ($p < 0,01$). Estes resultados indicam uma diferença na resposta das árvores de *Pinus taeda* L., quanto aos espaços vitais avaliados em função da idade.

Tabela 20. Análise de variância dos dados logaritmizados de área basal em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	9,09	1,13	66,21 **
Idade	3	13,46	4,48	261,35 **
Espaço vital x Idade	24	0,74	0,03	1,81 **
Blocos	4	0,34	0,08	4,99 **
Resíduo	140	2,40	0,01	
Total	179	26,05		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Para se especificar quais os espaçamentos, nas idades estudadas que apresentaram diferenças estatisticamente, aplicou-se o teste de comparação de médias aos dados logaritmizados de área basal. Os resultados do teste de Tukey ao nível de $\alpha = 0,05$ podem ser observados na Tabela 21. Para uma melhor apresentação dos resultados utilizou-se os valores médios observados de área basal, porém com os comparadores de médias obtidos no teste de Tukey aplicado aos dados logaritmizados. Foi possível notar que o crescimento em área basal foi afetado pelo espaçamento.

Aos 4 anos de idade, maiores médias de área basal foram verificadas nos espaços vitais menos amplos. Destacaram-se os espaçamentos com 1,0 m² (10.000 árv/ha); 2,0 m² (5.000 árv/ha) e 4,0 m² (2.500 árv/ha), pois nestes encontrou-se 19,39 m²/ha, 17,76 m²/ha e

10,64 m²/ha, respectivamente. As médias dos espaçamentos citados são estatisticamente iguais e diferiram das médias dos demais tratamentos.

Tabela 21. Valores médios de área basal de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	G (m ² /ha)			
	Idade (anos)			
	4	5	6	7
1,0	19,39 a	34,32 a	45,50 a	56,12 a
2,0	17,76 a	29,88 a	40,66 a	50,06 a
4,0	10,64 ab	17,44 b	25,66 b	33,58 b
7,5	4,66 bc	12,74 bc	19,76 bc	25,68 bc
9,0	4,02 c	11,14 bc	17,58 bcd	23,90 bcd
10,5	3,68 c	9,16 cd	14,90 cd	21,86 cd
12,0	3,28 c	9,76 cd	16,40 cd	22,72 cd
14,0	3,02 c	8,88 cd	15,06 cd	20,12 cd
16,0	2,48 c	6,66 d	12,20 d	17,30 d
CV%	45	30	24	22

Médias seguidas pela mesma letra (referente aos valores logaritmizados) na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação (referente aos valores observados).

Os espaços vitais com 14,0 m² (714 árv/ha) e 16,0 m² (625 árv/ha) apresentaram menores valores de área basal. O espaço vital com 4,0 m² apresentou diferença significativa, quando comparado aos espaços vitais mais amplos (9,0, 10,5, 12,0, 14,0 e 16,0 m²). Nesta idade observou-se o mais alto coeficiente de variação experimental, 45%.

O coeficiente de correlação linear de Pearson revelou relação negativa aos 4 anos (Figura 35), entre área basal e espaço vital.

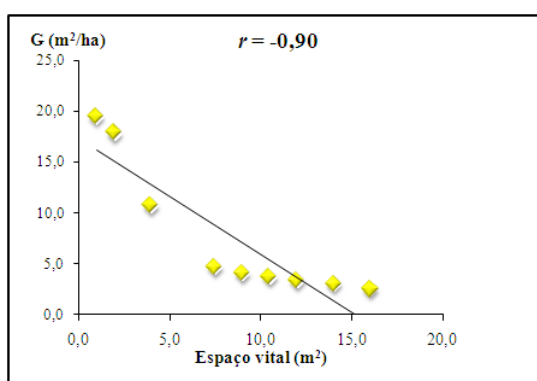


Figura 35. Relação linear entre área basal e espaço vital aos 4 anos de idade.

Aos 5 anos, os espaços vitais com 1,0 m² (10.000 árv/ha) e 2,0 m² (5.000 árv/ha) apresentaram maiores áreas basais médias, com valores semelhantes porém diferentes das médias dos demais espaçamentos. Os valores obtidos nestes espaçamentos (1,0 e 2,0 m²) foram muito superiores em relação aos espaçamentos maiores. Os espaços vitais com 14,0 m² (714 árv/ha) e 16,0 m² (625 árv/ha) apresentaram menores valores. Nesta idade, o espaço vital mais amplo (16,0 m²) apresentou diferenças para com os espaços vitais menos amplos (1,0, 2,0, 4,0 e 7,5 m²).

Relação negativa significativa foi verificada entre área basal e espaço vital, aos 5 anos de idade, conforme Figura 36.

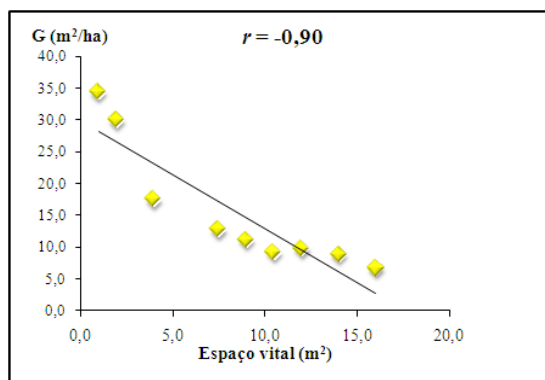


Figura 36. Relação linear entre área basal e espaço vital aos 5 anos de idade.

Aos 6 anos de idade, as maiores médias foram constatadas nos espaços vitais com 1,0 m² (10.000 árv/ha), 2,0 m² (5.000 árv/ha) e 4,0 m² (2.500 árv/ha), mantendo-se assim a tendência de crescimento verificada nas outras idades. Os valores de área basal encontrados nos espaços vitais com 1,0 e 2,0 m² neste período, ultrapassam os valores recomendados para aplicação do desbaste.

Aos 6 anos, menores valores médios de área basal foram observados em espaços vitais maiores. Os tratamentos com espaços vitais de 10,5 m² (952 árv/ha) e 16,0 m² (625 árv/ha) apresentaram menores médias. Os tratamentos com espaço vital com 1,0 e 2,0 m² diferiram dos demais. Nesta idade comprovou-se relação linear negativa entre área basal e espaço vital (Figura 37).

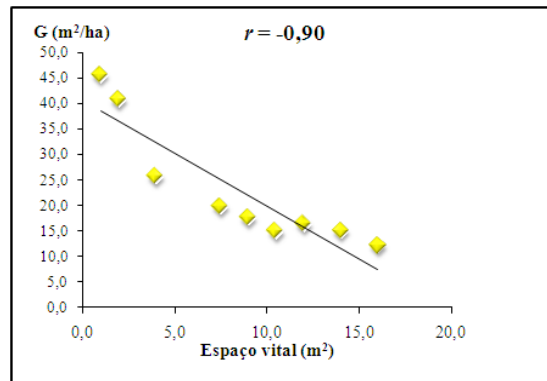


Figura 37. Relação linear entre área basal e espaço vital aos 6 anos de idade.

No último período de avaliação os espaços vitais com 1,0 (10.000 árv/ha); 2,0 (5.000 árv/ha) e 4,0 m² (2.500 árv/ha) foram responsáveis pelas maiores áreas basais. Assim como nas idades anteriores, aos 7 anos de idade, espaços vitais com 14,0 m² (714 árv/ha) e 16,0 m² (625 árv/ha) apresentaram os menores valores médios. Nesta idade foi comprovada diferença entre as médias dos espaços vitais extremos. Os valores variaram de 17,30 m²/ha a 56,12 m²/ha.

Observou-se relação linear negativa significativa entre área basal e espaço vital, conforme ilustra a Figura 38.

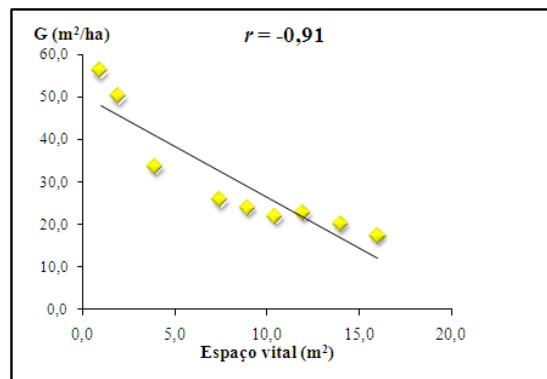


Figura 38. Relação linear entre área basal e espaço vital aos 7 anos de idade.

Verifica-se na Figura 39 que o efeito do espaçamento inicial manifesta-se através do declínio das curvas, conforme o aumento do espaço vital. A tendência é que, com o aumento da idade ocorra uma horizontalidade das curvas, resultando assim na redução das diferenças entre os espaços vitais. Neste contexto, espera-se que a estagnação do crescimento ocorra mais cedo em espaçamentos menos amplos.

Schneider (1993) comentou que em povoamentos equiâneos, a área basal total da floresta é função do diâmetro médio das árvores e da densidade populacional, sendo que maiores densidades acarretam valores maiores de área basal até o momento em que o povoamento entra em competição, o que causa uma redução no incremento diamétrico e por consequência, do incremento em área basal.

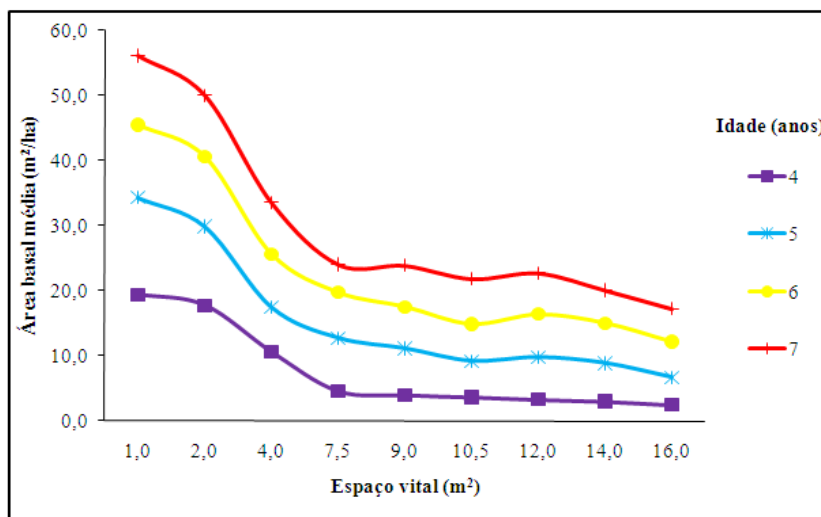


Figura 39. Evolução da área basal em função do espaçamento para diferentes idades de avaliação.

Morais (2006) estudando a dinâmica de crescimento de eucalipto clonal, até os 7 anos de idade, submetidos a cinco diferentes espaços vitais, constatou maior área basal em espaçamentos menores, naquele caso 6,0 m², sendo o menor espaço vital testado.

Sanquetta *et al.*, (1998) avaliando um plantio de *Pinus taeda* L., aos nove anos de idade, sob espaços vitais diferentes (3,0, 5,0, 7,0, 9,0 e 11,0 m²) encontraram maiores valores médios de área basal nos espaçamentos menores.

Em ensaios distintos para avaliação do crescimento de *Pinus taeda* L., Fahler *et al.*, (1986) aos 8 anos de idade, Crechi *et al.*, (1992) *apud* Costas *et al.*, (2005), para idades entre 9 e 19 anos e Costas *et al.*, (2003) aos 5 anos, encontraram em espaços vitais menos amplos, maior produção em área basal. Pinkard e Neilsen (2003), também encontraram resultados semelhantes, atribuídos ao maior número de árvores/ha.

Campos *et al.*, (1990) verificaram que, para *E. grandis*, no espaçamento 3,0 x 1,5 m, os diâmetros e as alturas foram menores, enquanto as áreas basais foram maiores, em relação ao espaçamento 3,0 x 2,0 m.

Na Figura 40, o efeito da idade é observado através da inclinação positiva das curvas (relação direta), bem como a diferença de comportamento da área basal em espaços vitais com 1,0 m² e 2,0 m², em relação aos espaços vitais mais amplos. Nota-se também que não ocorreu grande diferença entre os espaços vitais mais amplos na evolução desta variável.

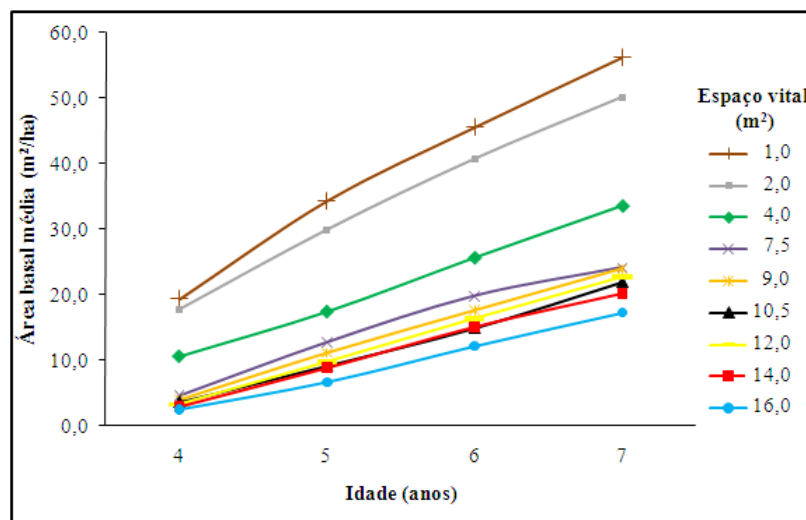


Figura 40. Evolução da área basal em função da idade de medição para diferentes espaçamentos.

Segundo Pinkard e Neilsen (2003), o efeito do número de árvores por unidade de área é fundamental na determinação dos valores de maior produtividade observada nos espaçamentos mais adensados.

De maneira geral, foi possível comprovar que a área basal é uma variável extremamente influenciada pelo espaço vital de crescimento. Obviamente que este fato pode ser justificado pela densidade do povoamento, ou seja, quanto maior o número de árvores, menor o espaço vital por árvore e maior a área basal.

5.9. Evolução do incremento médio e corrente anual em área basal

O teste de Bartlett apontou heterogeneidade de variâncias para os valores médios de IMA e ICA em área basal ao nível de $\alpha = 0,05$. Desta forma, adotou-se o mesmo procedimento estatístico utilizado para os dados de área basal. A análise de variância aplicada aos valores logaritmizados de IMA em área basal revelou diferença estatística significativa para espaço vital, idade e para a interação entre ambos ($p < 0,01$), conforme mostra a Tabela 22.

Tabela 22. Análise de variância dos dados logaritmizados do incremento médio anual da área basal em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	2,35	0,29	8,46 **
Idade	3	2,13	0,71	20,92 **
Espaço vital x Idade	24	6,46	0,26	7,92 **
Blocos	4	0,04	0,01	0,36 ns
Resíduo	140	4,76	0,03	
Total	179	15,76		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Rejeitada a hipótese da nulidade, o teste de comparação de médias foi aplicado com intuito de determinar diferenças entre os tratamentos. As médias de IMA em área basal de *Pinus taeda* L. em diferentes espaços vitais revelaram diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ao nível de $\alpha = 0,05$, conforme mostram os valores na Tabela 23. Foi possível constatar a influência do espaçamento na evolução da variável em questão.

No primeiro ano de avaliação os espaços vitais com 1,0, 2,0 e 4,0 m² apresentaram os maiores valores médios de IMA em área basal. O menor valor nesta idade foi 0,62 m²/ha. ano, pertencente ao espaço vital com 16,0 m². Foram verificadas diferenças entre as médias dos espaços vitais com 1,0 e 2,0 m², para com os demais. O coeficiente de variação mais alto foi verificado aos 4 anos. Conforme o aumento da idade notou-se a redução dos valores de CV%.

Tabela 23. Valores médios do incremento médio anual da área basal de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	IMA G (m ² /ha.ano)			
	Idade (anos)			
	4	5	6	7
1,0	4,84 a	6,86 a	7,60 a	8,02 a
2,0	4,60 a	5,98 a	6,78 a	7,16 a
4,0	2,66 b	3,50 b	4,26 b	4,80 b
7,5	1,16 bc	2,54 bc	3,30 bc	3,66 bc
9,0	1,00 bc	2,22 bc	2,94 bc	3,40 bc
10,5	0,92 bc	1,82 bc	2,50 bc	3,12 bc
12,0	0,82 bc	1,96 bc	2,72 bc	3,86 bc
14,0	0,78 c	1,78 bc	2,52 bc	2,86 bc
16,0	0,62 c	1,34 c	2,00 c	2,48 c
CV%	45	30	24	23

Médias seguidas pela mesma letra (referente aos valores logaritmizados) na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação (referente aos valores observados).

Aos 5, 6 e 7 anos, os espaços vitais apresentaram comportamento semelhante. Nestas idades os espaçamentos com 1,0 e 2,0 m² diferiram dos demais tratamentos. Nestes períodos verificou-se maiores incrementos anuais em área basal nos espaços vitais mais adensados (1,0 e 2,0 m²).

Quanto ao ICA em área basal, foi possível constatar influência significativa do espaçamento (Tabela 24). Portanto, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de $\alpha = 0,05$ para comprovar a diferença estatística entre as médias. Na Tabela 25 constam os valores médios de ICA em área basal nos diferentes espaçamentos.

Tabela 24. Análise de variância dos dados logaritmizados do incremento corrente anual em área basal em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	1,76	0,22	11,20 **
Idade	2	0,02	0,01	0,58 ns
Espaço vital x Idade	16	0,18	0,01	0,58 ns
Blocos	4	0,04	0,01	0,62 ns
Resíduo	104	2,04	0,019	
Total	134	4,06		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Analisando os resultados dispostos na Tabela 25, verifica-se diferenças entre o tratamento com 1,0 m² quando comparado aos espaçamentos vitais com 14,0 e 16,0 m². Os espaçamentos intermediários apresentaram médias semelhantes. Nesta idade os dados apontaram o maior coeficiente de variação, 53%.

Tabela 25. Valores médios do incremento corrente anual em área basal de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	ICA G (m ² /ha.ano)		
	Idade (anos)		
	4/5	5/6	6/7
1,0	14,90 a	11,20 a	10,62 a
2,0	12,14 ab	10,78 a	9,40 ab
4,0	6,80 ab	8,22 ab	7,90 abc
7,5	8,10 ab	7,04 b	5,90 bc
9,0	7,10 ab	6,44 b	6,30 bc
10,5	5,50 ab	5,70 b	6,96 abc
12,0	6,46 ab	6,62 b	6,36 bc
14,0	5,86 b	6,20 b	5,04 c
16,0	4,22 b	5,50 b	5,10 c
CV%	53	22	24

Médias seguidas pela mesma letra (referente aos valores logaritmizados) na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação (referente aos valores observados).

Nos espaçamentos com 1,0 e 2,0 m² ocorreram os maiores incrementos correntes em área basal ao longo dos períodos estudados. A Figura 41, apresenta a evolução do incremento médio e corrente anual em área basal, para cada espaçamento testado. Apesar dos altos valores médios de área basal, principalmente nos espaçamentos mais adensados (1,0 e 2,0 m²), não foi verificado o cruzamento das linhas de incremento. Porém, nota-se claramente nas Figuras 41a e 41b a tendência de declínio nas curvas.

Entre os espaçamentos intermediários, o espaço vital com 7,5 m² (Figura 41d) também apresentou decréscimo dos valores de ICA à partir dos 5 anos. Os espaçamentos com 12,0 m² (Figura 41g); 14,0 m² (Figura 41h) e 16,0 m² (Figura 41i) apresentaram comportamento semelhante ao tratamento com 7,5 m², porém com menor declínio da curva de incremento corrente.

Torna-se importante ressaltar que, apesar dos resultados apresentados graficamente não apontarem o máximo incremento médio, foi possível notar que os valores de área basal

observados em alguns tratamentos já ultrapassam os valores geralmente recomendados e utilizados por empresas florestais para realização do desbaste (35-40 m²/ha), principalmente os espaços vitais com 1,0 (10.000 árv/ha) e 2,0 m² (5.000 árv/ha). Neste aspecto, Scolforo (1998a) abordou que, quando o povoamento é muito denso o espaço para o crescimento de cada árvore é reduzido, retardando o crescimento e desenvolvimento da planta, comprometendo assim o desenvolvimento radicial e da copa, afetando diretamente a qualidade e quantidade da produção.

Particularmente para o gênero *Pinus*, os desbastes têm sido uma das mais importantes alternativas silviculturais, influenciando no crescimento e produção das árvores, nas suas dimensões, vigor e qualidade e na regulação da densidade do povoamento (SCOLFORO e MACHADO, 1996). O regime de manejo e idade de corte devem ser definidos de acordo com o objetivo da produção madeireira e a densidade do plantio.

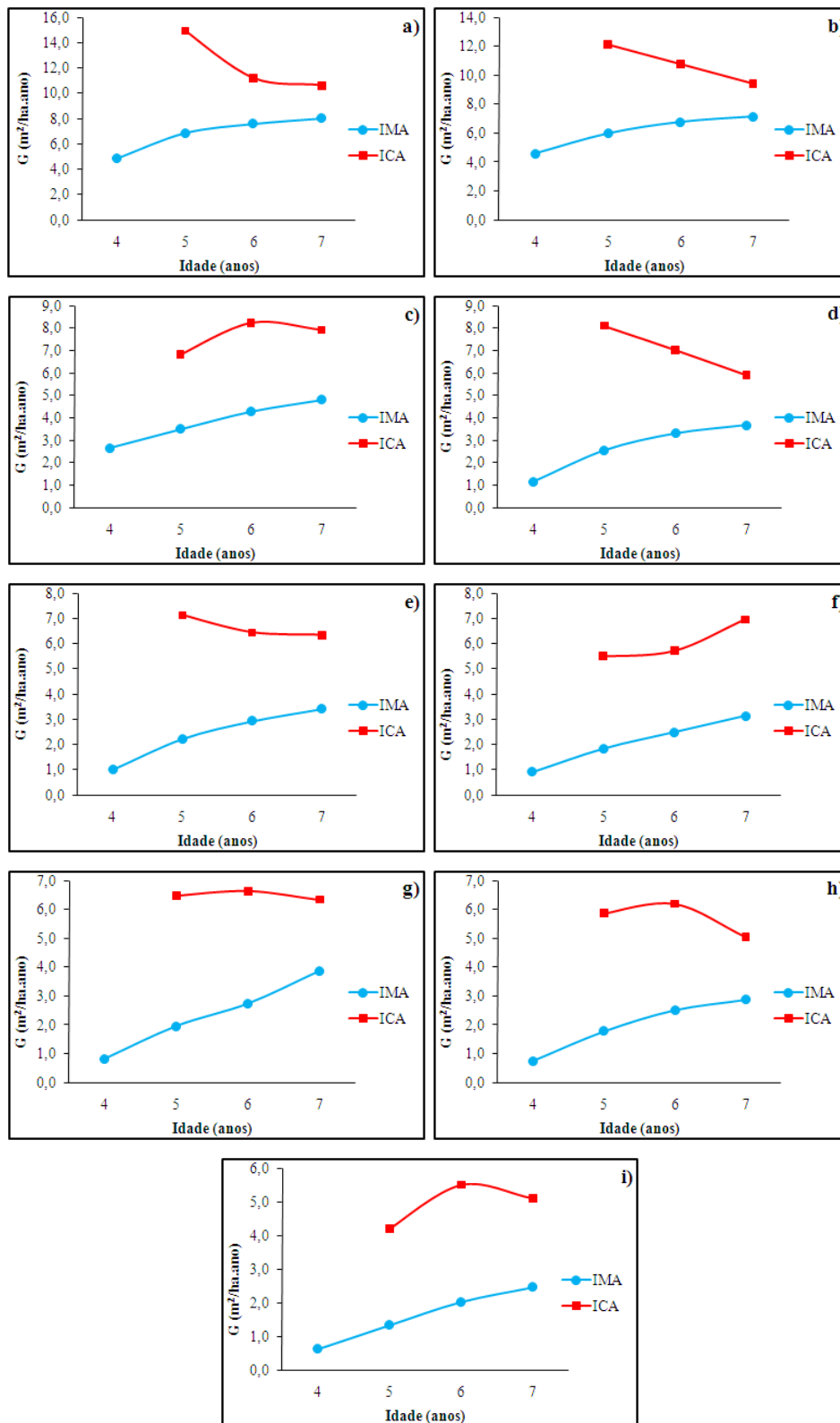


Figura 41. Evolução do incremento médio e corrente anual em área basal.

Obs: a) 1,0 m²; b) 2,0 m²; c) 4,0 m²; d) 7,5 m²; e) 9,0 m²; f) 10,5 m²; g) 12,0 m²; h) 14,0 m²; i) 16,0 m².

5.10. Efeito do espaçamento no crescimento em volume por árvore

O teste de Bartlett aplicado aos valores médios de volume por árvore (v/árv) revelou a homogeneidade das variâncias ao nível de $\alpha = 0,05$. A análise de variância apontou diferença estatística significativa para as variáveis: espaço vital, idade e para a interação espaço vital e idade ($p < 0,01$). Isto indica que a relação entre idade e espaço vital influencia significativamente o comportamento do crescimento em volume, conforme Tabela 26.

Tabela 26. Análise de variância do volume por árvore em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	0,0452	0,0056	39,53 **
Idade	3	0,1755	0,0585	409,09 **
Espaço vital x Idade	24	0,0266	0,0011	7,77 **
Blocos	4	0,0008	0,0002	1,52 ns
Resíduo	140	0,0200	0,0001	
Total	179	0,2683		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

As médias do volume por árvore de *Pinus taeda* L. em diferentes espaçamentos revelaram diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de $\alpha = 0,05$ (Tabela 27).

Tabela 27. Valores médios de volume por árvore de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	v (m ³ /árv)			
	Idade (anos)			
	4	5	6	7
1,0	0,0038 a	0,0105 d	0,0168 d	0,0274 c
2,0	0,0085 a	0,0198 cd	0,0324 cd	0,0519 c
4,0	0,0100 a	0,0221 bcd	0,0374 bcd	0,0680 bc
7,5	0,0077 a	0,0309 abc	0,0562 abc	0,0939 ab
9,0	0,0083 a	0,0325 abc	0,0617 ab	0,1056 ab
10,5	0,0085 a	0,0301 abc	0,0576 abc	0,1076 ab
12,0	0,0089 a	0,0384 ab	0,0770 a	0,1249 a
14,0	0,0096 a	0,0407 a	0,0796 a	0,1284 a
16,0	0,0093 a	0,0334 abc	0,0710 a	0,1196 a
CV%	41	28	22	21

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

Aos 4 anos de idade, os espaços vitais com 4,0 e 14,0 m² apresentaram os maiores volumes médios por árvore, 0,0100 m³ e 0,0096 m³, respectivamente. Nesta idade, o menor volume foi constatado no espaço vital com 1,0 m² (0,0038 m³/árv). O coeficiente de correlação linear de Pearson ($p < 0,01$) apontou relação significativa entre volume por árvore e espaço vital (Figura 42).

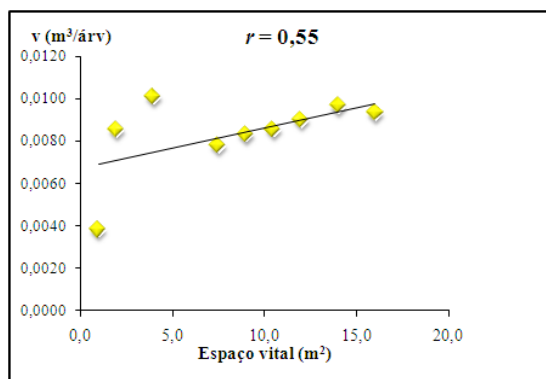


Figura 42. Relação linear entre volume por árvore e espaço vital aos 4 anos de idade.

Aos 5 anos, o maior valor de volume por árvore foi verificado no espaço vital com 14,0 m² (0,0407 m³/árv). Nesta idade os menores valores médios de volume foram constatados nos espaços vitais de 1,0 m² (0,0105 m³/árv), 2,0 m² (0,0198 m³/árv) e 4,0 m² (0,0221 m³/árv), diferente estatisticamente dos demais. Nesta idade correlação positiva significativa foi observada entre volume por árvore e espaço vital (Figura 43).

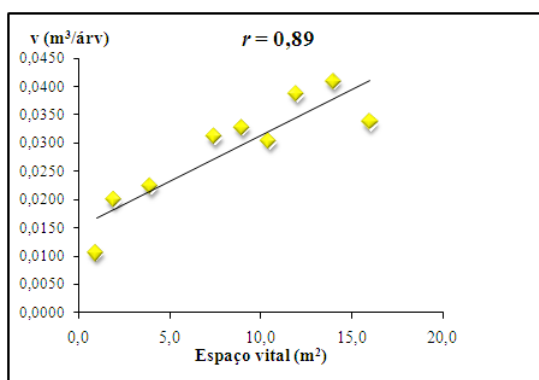


Figura 43. Relação linear entre volume por árvore e espaço vital aos 5 anos de idade.

Aos 6 anos de idade, os espaços vitais com 14,0 m² (0,0796 m³/árv) e 12,0 m² (0,0770 m³/árv), apresentaram os maiores valores médios de volume, conforme observado

também aos 5 anos. Menores valores foram verificados nos espaçamentos menos amplos. O espaço vital com 1,0 m² apresentou diferença significativa quando comparado aos espaços mais amplos (7,5, 9,0, 10,5, 12,0, 14,0 e 16,0 m²). Os espaços vitais com 2,0 e 4,0 m², também diferiram dos espaços vitais com 12,0, 14,0 e 16,0 m². Nesta idade foi verificada correlação positiva significativa entre volume por árvore e espaço vital (Figura 44).

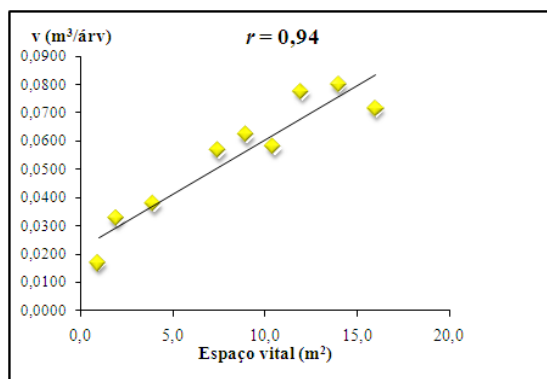


Figura 44. Relação linear entre volume por árvore e espaço vital aos 6 anos de idade.

Aos 7 anos, o espaço vital com 14,0 m² apresentou o maior volume por árvore, 0,1284 m³. Os menores valores foram constatados nos espaços vitais menos amplos, 1,0 m² (0,0274 m³/árv) e 2,0 m² (0,0519 m³/árv), que diferiram dos espaços vitais com 12,0, 14,0 e 16,0 m². Os espaçamentos intermediários (7,5, 9,0 e 10,5 m²) não apresentaram diferença entre si.

O coeficiente de correlação linear de Pearson apontou relação significativa entre as variáveis volume por árvore e espaço vital (Figura 45), aos 7 anos.

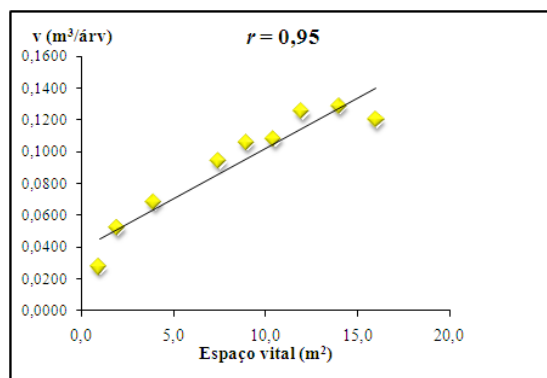


Figura 45. Relação linear entre volume por árvore e espaço vital aos 7 anos de idade.

A variável volume por árvore é altamente influenciada pelo *dap*, ou seja, o livre crescimento do *dap* conferido pela maior disponibilidade de área útil dos espaçamentos mais amplos normalmente confere maior volume individual por árvore. Este resultado está de acordo com Pinkard e Neilsen (2003) que encontraram maior volume por árvore devido ao maior DAP em povoamento com 500 árvores por hectare de *E. nitens*, comparado às densidades de até 1.667 árvores por hectare.

Analisando a Figura 46, observa-se que o efeito do espaçamento manifesta-se através da inclinação e distanciamento das curvas, cujo aumento evidencia que os espaços vitais mais amplos possuem cada vez maior velocidade de crescimento, em relação aos espaços vitais menos amplos. A partir dos 4 anos de idade nota-se uma superioridade da produção volumétrica por árvore em espaçamentos maiores, enquanto que, espaçamentos menores sofrem maior concorrência apresentando menores diâmetros e conseqüentemente menores valores de volume individual.

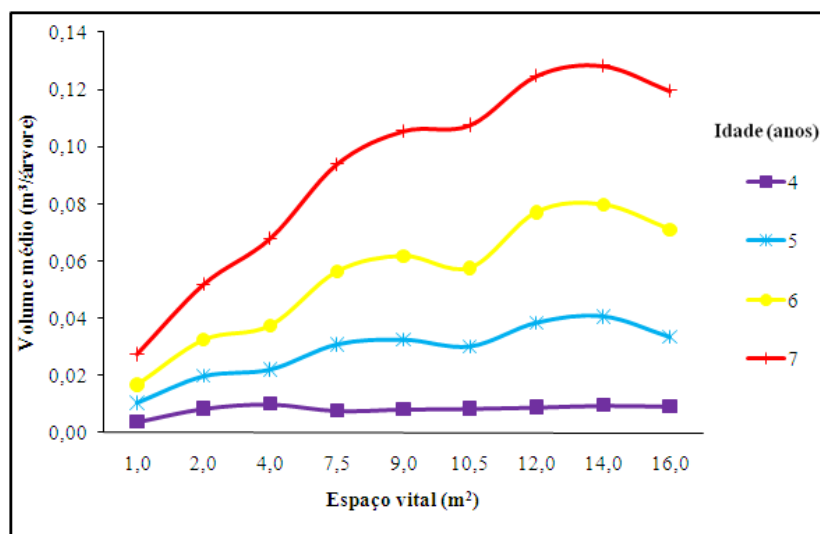


Figura 46. Evolução do volume por árvore em função do espaçamento para diferentes idades de avaliação.

De maneira geral, verificou-se que o volume por árvore definido pelo diâmetro em relação a altura mostrou que os espaços vitais mais amplos têm maiores médias. Isto indica um maior incremento individual decorrente de sua maior área útil.

De acordo com Leite *et al.*, (2006), a influência do espaçamento sobre o volume por árvore e por hectare é resultado do efeito do espaçamento sobre a sobrevivência e sobre o crescimento em diâmetro e em altura.

A Figura 47 mostra a evolução do volume por árvore em função dos anos de avaliação para diferentes espaçamentos, observando-se relação direta com a idade. Nota-se que o efeito da idade se manifesta através da inclinação das curvas, enquanto que o efeito do espaçamento é indicado por um deslocamento vertical das mesmas. Verifica-se também, o distanciamento progressivo das curvas correspondentes aos espaços vitais mais amplos.

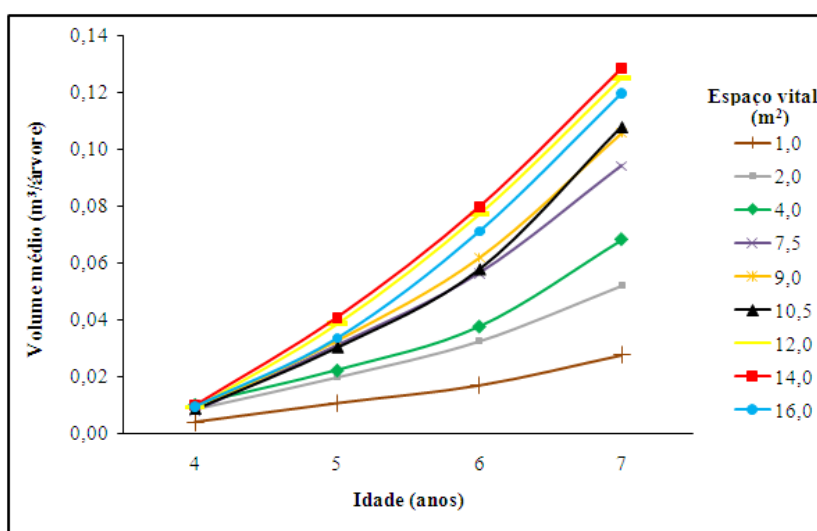


Figura 47. Evolução do volume por árvore em função da idade de avaliação para diferentes espaçamentos.

Como o volume está diretamente ligado ao diâmetro das plantas e à sua altura (BOTELHO, 1998), observa-se que os resultados de volume individual e volume por hectare apresentam a mesma tendência de variação observada para os resultados do *dap*. Sanquetta *et al.*, (2003b) avaliando os efeitos de diferentes espaçamentos em reflorestamentos de *Pinus taeda* L., comprovaram diferenças significativas no crescimento do volume cilíndrico individual à partir dos 54 meses. Os autores comentaram o aumento do volume por árvore conforme o aumento do espaçamento.

5.11. Evolução do incremento médio e corrente anual em volume por árvore

Os valores médios de incremento médio e corrente anual do volume por árvore apontaram variâncias homogêneas pelo teste de Bartlett ao nível de $\alpha = 0,05$.

Na Tabela 28 constam os valores obtidos na análise de variância, onde constata-se diferença significativa para as fontes de variação apreciadas (espaço vital, idade e interação entre espaço vital e idade), ao nível de $\alpha = 0,01$.

Tabela 28. Análise de variância do incremento médio anual do volume por árvore em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	0,0046	0,0005	40,39 **
Idade	3	0,0120	0,0040	277,74 **
Espaço vital x Idade	24	0,0020	0,0000	5,96 **
Blocos	4	0,0001	0,0000	1,99 ns
Resíduo	140	0,0020	0,0000	
Total	179	0,0208		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

O efeito do espaçamento na evolução do IMA em volume por árvore é comprovado à partir do quinto ano após o plantio, conforme Tabela 29.

Tabela 29. Valores médios de incremento médio anual do volume por árvore de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	IMA v (m ³ /árv.ano)			
	Idade (anos)			
	4	5	6	7
1,0	0,0010 a	0,0021 d	0,0028 d	0,0039 c
2,0	0,0021 a	0,0040 cd	0,0054 cd	0,0074 c
4,0	0,0025 a	0,0044 bcd	0,0062 bcd	0,0097 bc
7,5	0,0019 a	0,0062 abc	0,0094 abc	0,0134 ab
9,0	0,0021 a	0,0065 abc	0,0103 ab	0,0151 ab
10,5	0,0021 a	0,0060 abc	0,0096 abc	0,0154 ab
12,0	0,0022 a	0,0077 ab	0,0128 a	0,0178 a
14,0	0,0024 a	0,0081 a	0,0133 a	0,0183 a
16,0	0,0023 a	0,0067 abc	0,0118 a	0,0171 a
CV%	41	28	22	21

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

Aos 4 anos de idade os valores variaram de 0,0010 a 0,0025 m³/árv.ano. O mais alto valor de coeficiente de variação experimental foi comprovado nesta idade, 41%.

Aos 5 anos, o maior valor médio de IMA em volume por árvore foi verificado no espaço vital com 14,0 m². Este tratamento manteve os maiores valores nas idades seguintes, 6 e 7 anos. No quinto ano o espaço vital com 1,0 m² apresentou o menor incremento e diferiu dos espaçamentos intermediários (7,5, 9,0 e 10,5 m²) bem como dos espaçamentos mais amplos (12,0, 14,0 e 16,0 m²).

No sexto ano, os espaços vitais menos amplos (1,0, 2,0 e 4,0 m²) apresentaram diferenças quando comparados aos espaços vitais mais amplos (12,0, 14,0 e 16,0 m²). Nesta idade os espaçamentos intermediários (7,5, 9,0 e 10,5 m²) apontaram médias semelhantes. No último período avaliado, as diferenças entre espaçamentos mais amplos e menos amplos foram mantidas. Os maiores incrementos aos 7 anos foram observados nos espaços vitais com 14,0 e 12,0 m².

Na Tabela 30 seguem dispostos os valores obtidos na ANOVA aplicada aos dados de ICA em volume por árvore, onde nota-se diferença estatística significativa para as variáveis espaço vital e idade ($p < 0,01$).

Tabela 30. Análise de variância do incremento corrente anual do volume por árvore em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	0,06	0,0077	34,88 **
Idade	2	0,02	0,13	62,03 **
Espaço vital x Idade	16	0,0055	0,0003	1,55 ns
Blocos	4	0,0010	0,0002	1,19 ns
Resíduo	104	0,0230	0,0002	
Total	134	0,1191		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Para se definir as diferenças estatísticas entre os espaçamentos, nas idades estudadas, aplicou-se o teste de comparação de médias aos dados de ICA em volume por árvore. Os resultados do teste de Tukey ao nível de $\alpha = 0,05$ podem ser observados na Tabela 31.

Tabela 31. Valores médios do incremento corrente anual do volume por árvore de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	ICA (m ³ /árv.ano)		
	Idade (anos)		
	4/5	5/6	6/7
1,0	0,0067 c	0,0063 e	0,0107 e
2,0	0,0113 bc	0,0127 e	0,0195 e
4,0	0,0121 bc	0,0153 de	0,0305 de
7,5	0,0231 ab	0,0254 cd	0,0377 cd
9,0	0,0242 ab	0,0292 abc	0,0439 abc
10,5	0,0217 abc	0,0274 bc	0,0500 bc
12,0	0,0295 ab	0,0386 ab	0,0479 ab
14,0	0,0310 a	0,0390 a	0,0487 a
16,0	0,0241 ab	0,0376 ab	0,0486 ab
CV%	35	22	20

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

Os maiores incrementos correntes, entre os 4 e 5 anos foram constatados nos espaçamentos com 12,0 e 14,0 m². O tratamento com 1,0 m² diferiu dos espaçamentos intermediários (7,5 e 9,0 m²) e mais amplos (12,0, 14,0 e 16,0 m²), apresentando médias semelhantes aos espaços vitais com 2,0, 4,0 e 10,5 m². Neste período foi verificado o mais alto coeficiente de variação experimental, 35%.

Entre o quinto e o sexto ano os valores médios variaram de 0,0063 a 0,0390 m³/árv.ano. Os espaços vitais menos amplos (1,0, 2,0 e 4,0 m²) apresentaram médias semelhantes entre si, estes diferiram dos espaçamentos intermediários e amplos.

Entre 6 e 7 anos o maior incremento corrente em volume por árvore foi observado no espaço vital com 10,5 m². O comportamento dos tratamentos neste período foi semelhante ao comportamento observado no período anterior.

Na Figura 48, é possível analisar a evolução do incremento médio e corrente anual em volume por árvore, em diferentes espaçamentos. Não foi possível comprovar a ocorrência do máximo incremento médio em nenhum dos tratamentos testados. Nota-se que os incrementos correntes em volume por árvore para todos os espaçamentos apresentaram valores superiores aos valores de incremento médio anual. Os espaços vitais mais amplos apresentaram maior produção individual, obviamente devido aos maiores diâmetros proporcionados em tais tratamentos.

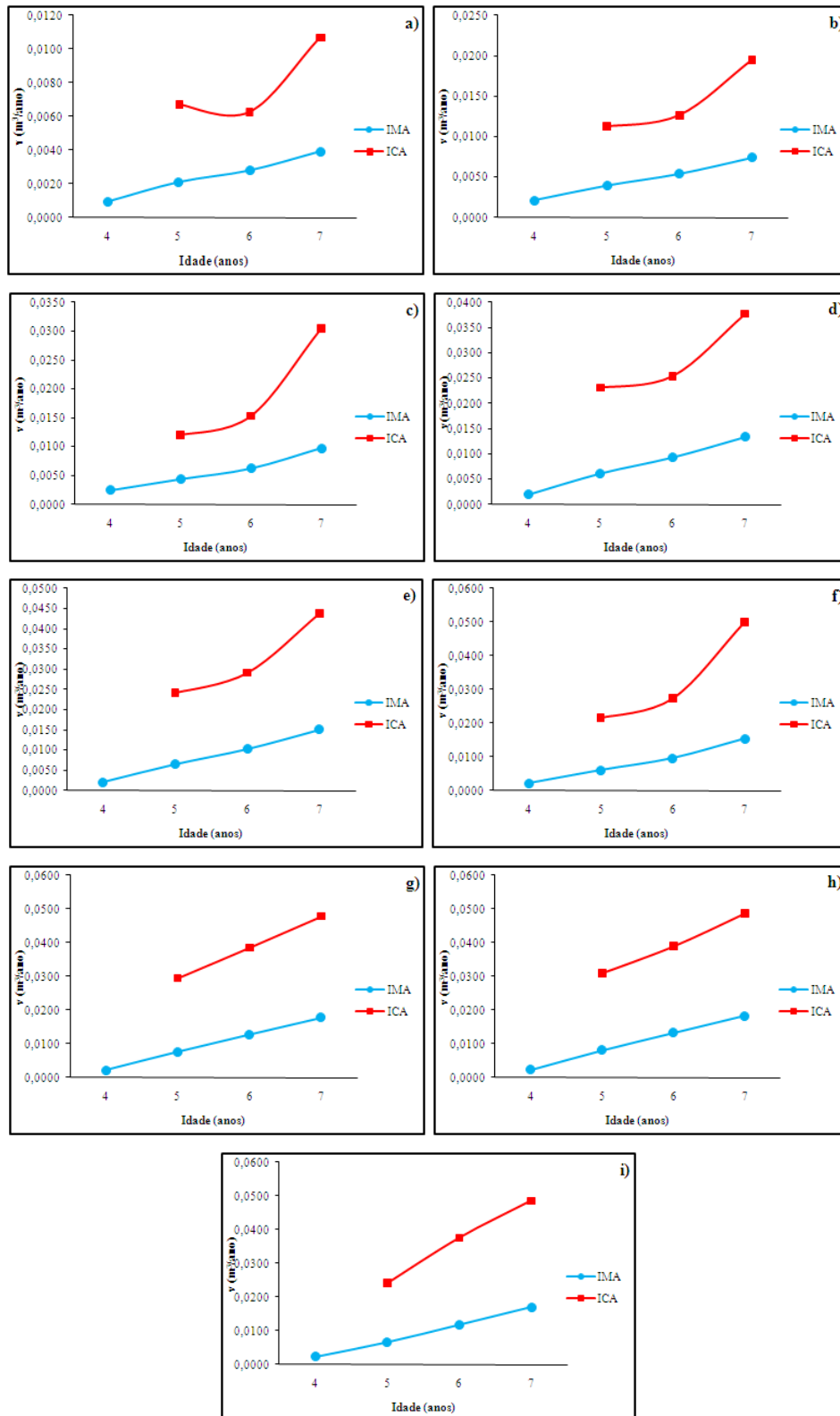


Figura 48. Evolução do incremento médio e corrente anual em volume por árvore.

Obs: a) 1,0 m²; b) 2,0 m²; c) 4,0 m²; d) 7,5 m²; e) 9,0 m²; f) 10,5 m²; g) 12,0 m²; h) 14,0 m²; i) 16,0 m².

5.12. Efeito do espaçamento no crescimento em volume por hectare

Os valores médios de volume por hectare (V/ha) apresentaram variâncias heterogêneas e foram logaritmizados, para posteriormente serem submetidos às demais análises. O procedimento para transformação e apresentação dos dados foi o mesmo empregado aos valores de área basal.

Os resultados contidos na Tabela 32 indicam que o espaçamento influencia significativamente o crescimento em volume por hectare, assim como a idade ($p < 0,01$). A interação espaço vital e idade não foi significativa para esta variável. Desta forma, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de $\alpha = 0,05$ para comprovar a diferença estatística entre as médias.

Tabela 32. Análise de variância do volume por hectare em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	9,12	1,14	42,89 **
Idade	3	28,25	9,42	354,35 **
Espaço vital x Idade	24	0,68	0,03	1,07 ns
Blocos	4	0,58	0,14	5,47 **
Resíduo	140	3,72	0,03	
Total	179	42,35		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Na Tabela 33 constam os valores médios de volume por hectare nos nove diferentes espaços vitais nas idades estudadas. Verificaram-se elevados valores médios de volume por hectare.

Aos 4 anos, os espaços vitais com 2,0 m² (5.000 árv/ha) e 1,0 m² (10.000 árv/ha) apresentaram os maiores valores médios de volume por hectare, com 42,58 m³/ha e 38,15 m³/ha. Nesta idade os menores valores foram constatados em espaços mais amplos (16,0 m² e 14,0 m²). As médias variaram de 5,81 m³/ha a 42,58 m³/ha. Os espaçamentos com 1,0 e 2,0 m² diferiram dos mais amplos, com 7,5, 9,0, 10,5, 12,0, 14,0 e 16,0 m². O espaço vital com 16,0 m² apresentou diferenças quando comparado aos espaços de 1,0 e 2,0 m².

Tabela 33. Valores médios de volume por hectare de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	V (m ³ /ha)			
	Idade (anos)			
	4	5	6	7
1,0	38,15 a	105,29 a	167,93 a	274,89 a
2,0	42,58 a	99,00 a	162,37 a	259,77 a
4,0	25,18 ab	55,35 b	93,71 b	170,05 b
7,5	10,37 bc	41,16 b	75,00 b	125,26 bc
9,0	9,21 bc	36,14 b	68,58 b	117,30 bc
10,5	8,12 bc	28,73 b	54,85 b	102,49 bc
12,0	7,48 bc	32,03 b	64,18 b	104,05 bc
14,0	6,87 bc	29,03 b	56,87 b	91,66 bc
16,0	5,81 c	20,90 b	44,39 b	74,75 c
CV%	53	39	32	28

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação (referente aos valores observados).

O coeficiente de correlação linear de Pearson apontou relação significativa negativa entre volume por hectare e espaço vital aos 4 anos (Figura 49), 5 anos (Figura 50), 6 anos (Figura 51) e 7 anos (Figura 52).

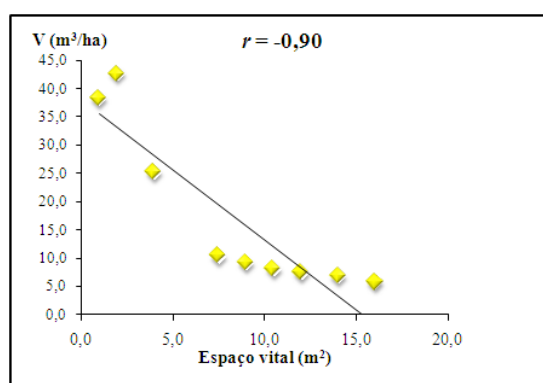


Figura 49. Relação linear entre volume por hectare e espaço vital aos 4 anos de idade.

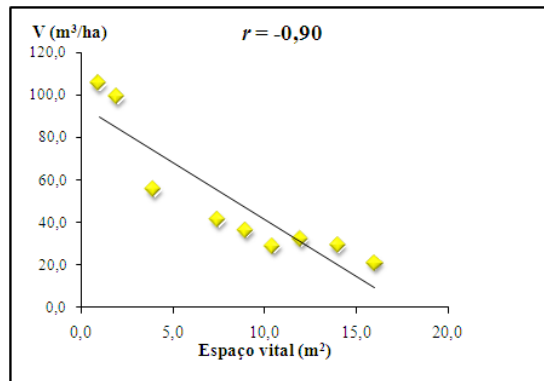


Figura 50. Relação linear entre volume por hectare e espaço vital aos 5 anos de idade.

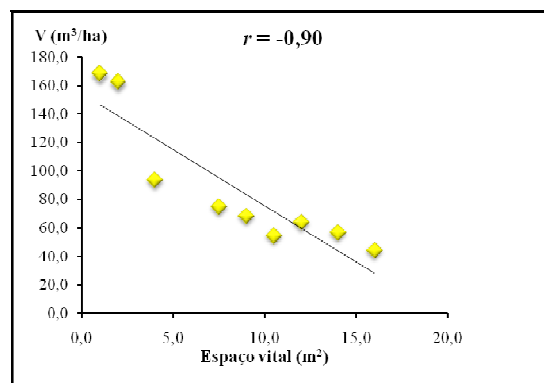


Figura 51. Relação linear entre volume por hectare e espaço vital aos 6 anos de idade.

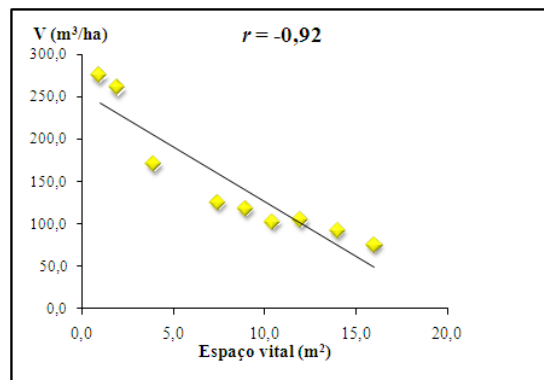


Figura 52. Relação linear entre volume por hectare e espaço vital aos 7 anos de idade.

Aos 5 e 6 anos de idade, maiores valores de volume por hectare foram verificados nos espaços vitais com 1,0 (10.000 árv/ha); 2,0 (5.000 árv/ha). Neste período de avaliação os espaços vitais com 16,0 m² (625 árv/ha); 14,0 m² (714 árv/ha) e 12,0 m² (833 árv/ha) foram responsáveis pelos menores volumes por hectare. Nestas idades constatou-se diferenças entre os espaços vitais com 1,0 e 2,0 m² quando comparados aos demais tratamentos.

No último período de avaliação o volume por hectare variou de 74,75 m³/ha a 274,89 m³/ha. Aos 7 anos de idade, maiores valores foram comprovados nos espaços vitais com 1,0 m² (10.000 árv/ha) e 2,0 m² (5.000 árv/ha), estes apresentaram médias diferentes quando comparadas aos demais. O espaçamento com 4,0 m² diferiu do tratamento com 16,0 m².

A influência do espaçamento sobre o volume por hectare manifesta-se através do declínio das curvas conforme observado na Figura 53. De maneira geral, observou-se ao longo dos 7 anos de idade maior produção volumétrica por hectare em espaçamentos menos amplos. Os espaços vitais com 1,0 e 2,0 m² apresentaram valores elevados de volume por hectare, fato que pode ser justificado pela alta densidade nestes espaçamentos, sendo 10.000 e 5.000 árvores por hectare, respectivamente.

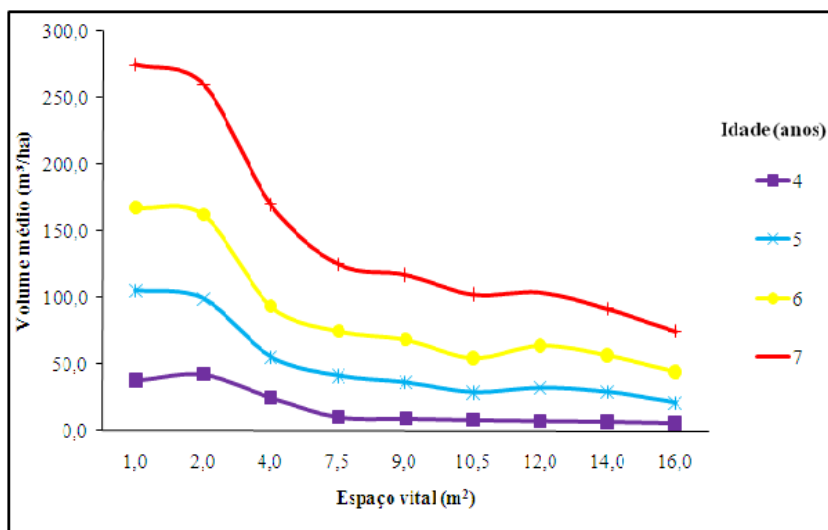


Figura 53. Evolução do volume por hectare em função do espaçamento para diferentes idades de avaliação.

Para Fishwich (1976), a produção em volume de madeira de um povoamento sempre diminui com o aumento do espaçamento inicial. Essa diferença de produção torna-se cada vez menor com o aumento da idade das plantas (MORAIS, 2006).

Pinkard e Neilsen (2003), também citaram que o volume total do povoamento por unidade de área, no decorrer do tempo, aumenta com a maior densidade do espaçamento, às expensas de um menor volume individual por árvore.

Silva (1999b) avaliando o crescimento de *E. grandis*, verificou que o diâmetro diminuiu com a redução da área útil por planta, resultando em menor volume por árvore. No entanto, devido ao maior número de árvores nos menores espaçamentos, aos seis anos de idade, em sistemas consorciados com gramíneas, o maior volume de madeira com casca por hectare ocorreu no espaçamento 3,0 x 2,0 m, sendo 68% superior ao do espaçamento 6,0 x 2,0 m.

Na Figura 54 apresenta-se a evolução do volume por hectare em função dos anos de avaliação para os diferentes espaçamentos. O efeito do espaço vital manifesta-se sobremaneira, nas curvas dos espaços vitais menos amplos (1,0 e 2,0 m²) que estão claramente acima das demais, até os 7 anos de idade. Nota-se também, que os espaçamentos mais amplos não apresentaram grande variação na evolução desta variável.

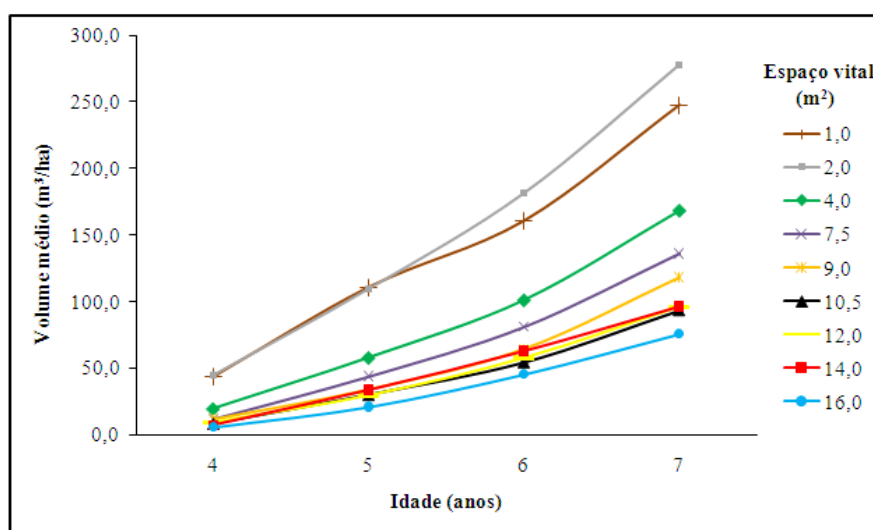


Figura 54. Evolução do volume por hectare em função da idade de avaliação para diferentes espaçamentos.

Botelho (1998) e Oliveira Neto *et al.*, (2003) também citaram a ocorrência de maior produção por unidade de área nos espaçamentos mais reduzidos, em função do maior número de indivíduos, confirmando os resultados obtidos no presente estudo.

Os resultados das análises do efeito do espaço vital sobre o volume por hectare aos 7 anos de idade foram similares aos resultados obtidos por Fahler *et al.*, (1986) avaliando um ensaio de densidade, aos 8 anos e também por Costas *et al.*, (2002 e 2003) estudando um experimento com *Pinus taeda* L., aos 5 e 6 anos de idade.

5.13. Evolução do incremento médio e corrente anual em volume por hectare

Os dados de incremento do volume por hectare submetidos ao teste de Bartlett apresentaram heterogeneidade de variâncias ao nível de $\alpha = 0,05$. Na sequência estes dados foram logaritmizados ($\log x$) e posteriormente submetidos às demais análises.

Na Tabela 34 constam os valores obtidos na análise de variância aplicada aos dados logaritmizados de IMA em volume por hectare.

Tabela 34. Análise de variância dos dados logaritmizados de incremento médio anual do volume por hectare em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	8,50	1,06	42,15 **
Idade	3	15,05	5,01	198,92 **
Espaço vital x Idade	24	0,54	0,022	0,86 ns
Blocos	4	0,32	0,0822	3,25 ns
Resíduo	140	3,53	0,0252	
Total	179	27,96		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Os valores de incremento médio em volume por hectare são apresentados na Tabela 35, onde nota-se que o espaço vital afeta a evolução do IMA em volume por hectare.

Tabela 35. Valores médios de incremento médio anual do volume por hectare de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	IMA V (m ³ /ha.ano)			
	Idade (anos)			
	4	5	6	7
1,0	9,54 a	21,26 a	27,99 a	39,27 a
2,0	10,65 a	19,80 a	27,06 a	37,11 a
4,0	6,30 ab	11,07 b	15,62 b	24,29 b
7,5	2,59 bc	8,23 b	12,50 b	17,30 bc
9,0	2,30 bc	7,23 b	11,43 b	16,76 bc
10,5	2,03 bc	5,75 b	9,14 b	14,64 bc
12,0	1,87 bc	6,41 b	10,70 b	14,87 bc
14,0	1,72 bc	5,81 b	9,48 b	13,10 bc
16,0	1,45 c	4,18 b	7,40 b	10,68 c
CV%	53	39	32	28

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação (referente aos valores observados).

Aos 4 anos, observaram-se valores de IMA de 1,45 m³/ha.ano (16,0 m²) até 10,65 m³/ha.ano (2,0 m²). Diferenças entre médias foram verificadas entre os tratamentos com 1,0 e 2,0 m², para com os demais, apresentando médias semelhantes apenas ao espaçamento com 4,0 m². Nesta idade verificou-se o maior coeficiente de variação, 53%.

No quinto e sexto ano as diferenças estatísticas entre médias obtidas nos diferentes espaçamentos foram semelhantes. Nestes períodos foi possível comprovar que os espaços vitais com 1,0 e 2,0 m² diferiram dos demais e apresentaram os maiores valores de incremento médio em volume por hectare.

Aos 7 anos de idade, diferenças estatisticamente significativas foram constatadas entre os espaços vitais com 1,0 e 2,0 m², quando comparados aos demais tratamentos. Nesta idade, assim como nos períodos anteriores os maiores incrementos ocorreram nos espaços vitais mais adensados, fato justificado pelo elevado número de indivíduos por unidade de área.

Quanto ao incremento corrente anual em volume por hectare a análise de variância revelou diferença significativa para os fatores espaço vital e idade ($p < 0,01$), conforme mostram os valores dispostos na Tabela 36.

Tabela 36. Análise de variância do incremento corrente anual do volume por hectare em um plantio experimental de *Pinus taeda* L.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Espaço vital	8	3,68	0,46	22,78 **
Idade	2	1,90	0,95	47,10 **
Espaço vital x Idade	16	0,20	0,0129	0,64 ns
Blocos	4	0,0330	0,0082	0,40 ns
Resíduo	104	2,10	0,0201	
Total	134	7,92		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)
 ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Após rejeitada a hipótese da nulidade, o teste de comparação de médias foi aplicado. As médias de IMA em volume por hectare de *Pinus taeda* L., em diferentes espaços vitais revelaram diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ao nível de $\alpha = 0,05$, conforme mostram os valores contidos na Tabela 37.

Entre 4 e 5 anos os espaços vitais com 1,0 (10.000 árv/ha) e 2,0 m² (5.000 árv/ha) foram responsáveis pelos maiores valores, com 67,15 m³/ha.ano e 56,42 m³/ha.ano, respectivamente. Nesta idade foi verificado alto coeficiente de variação experimental. Como a

floresta está em formação o coeficiente de variação apresenta comportamento decrescente com o aumento da idade.

Tabela 37. Valores médios do incremento corrente anual do volume por hectare de *Pinus taeda* L. obtidos para nove espaçamentos.

Espaço vital (m ²)	ICA V (m ³ /ha.ano)		
	Idade (anos)		
	4/5	5/6	6/7
1,0	67,15 a	62,63 a	106,96 a
2,0	56,42 ab	63,26 a	97,40 a
4,0	30,17 abc	38,36 b	76,34 ab
7,5	30,79 abc	33,84 b	50,26 bc
9,0	26,93 bc	32,44 b	48,72 bc
10,5	20,62 bc	26,11 b	47,64 bc
12,0	25,44 bc	32,14 b	39,88 c
14,0	22,16 bc	27,83 b	34,80 c
16,0	15,09 c	23,49 b	30,36 c
CV%	54	28	25

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação (referente aos valores observados).

Entre 5 e 6 anos, os espaços vitais com 1,0 e 2,0 m² diferiram dos demais. Neste período observou-se um decréscimo no incremento corrente em volume por hectare, no espaçamento menos amplo (1,0 m²). Fato isolado, já que os demais tratamentos apontaram valores crescentes.

No último período estudado os valores variaram de 30,36 m³/ha.ano até 106,96 m³/ha.ano. Os espaços vitais com 1,0 e 2,0 m² apresentaram novamente maiores incrementos. Notou-se diferença entre as médias dos espaçamentos mais adensados quando comparados com os demais. O tratamento com 16,0 m² (625 árv/ha) apresentou os menores valores médios ao longo das idades avaliadas.

A Figura 55 mostra a evolução dos incrementos médios e correntes em volume por hectare, para todos os espaçamentos. Verificou-se maior produção por unidade de área nos espaçamentos mais adensados, acarretados pelo maior número de indivíduos.

Os resultados de área basal indicam que os espaçamentos de 1,0 m² e 2,0 m² deveriam ser desbastados. Possivelmente o encontro das curvas de ICA e IMA ocorrerá aos 9/10 anos, sendo o momento de máxima capacidade produtiva. A realização de um desbaste até essa idade terá resposta positiva.

De forma geral foi possível comprovar a importância e influência do espaçamento no crescimento e evolução das variáveis analisadas, bem como a necessidade de acompanhamento do experimento até a idade do corte raso visando verificar o comportamento de *Pinus taeda* L., após os desbastes que devem ser adequadamente planejados.

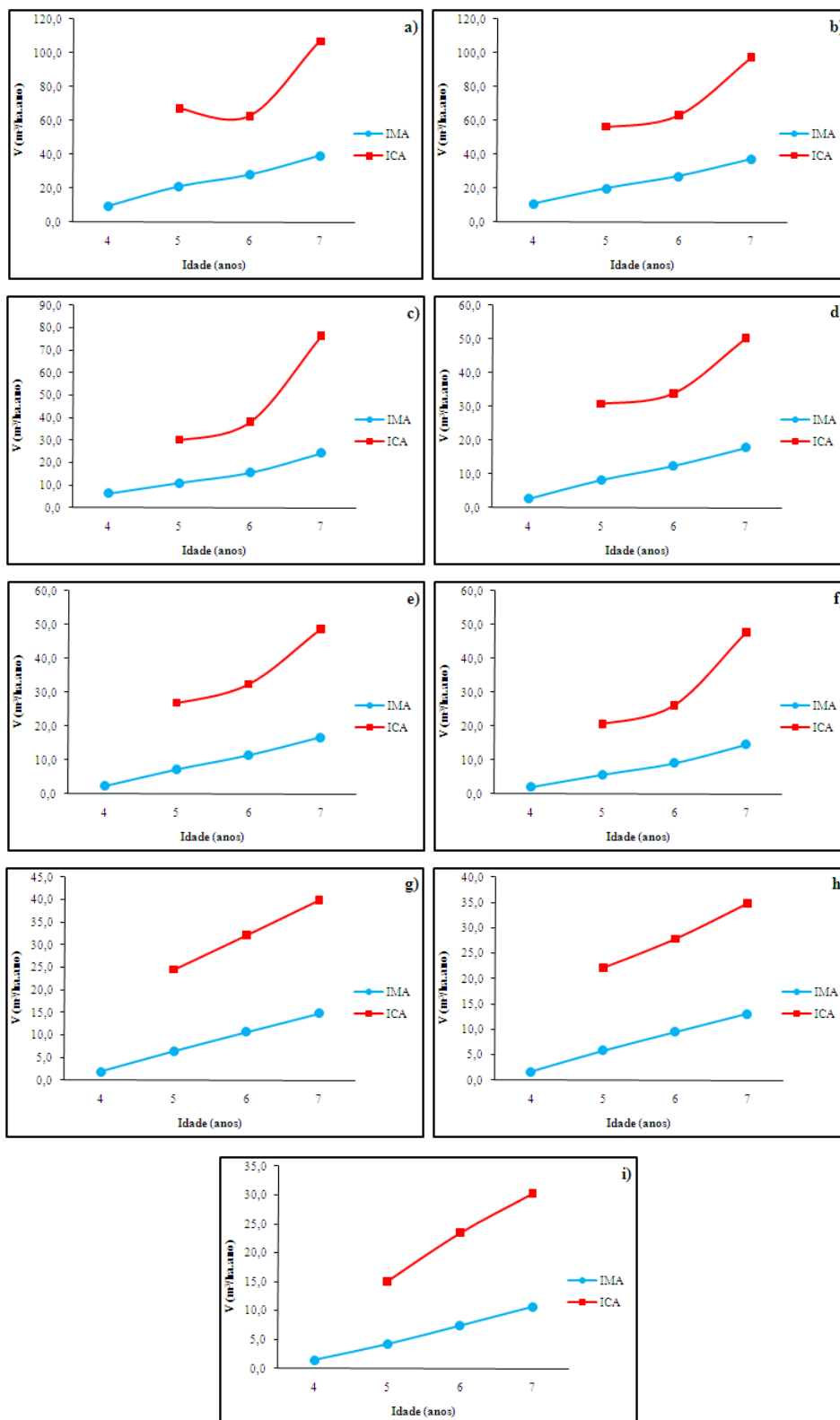


Figura 55. Evolução do incremento médio e corrente anual em volume por hectare.

Obs: a) 1,0 m²; b) 2,0 m²; c) 4,0 m²; d) 7,5 m²; e) 9,0 m²; f) 10,5 m²; g) 12,0 m²; h) 14,0 m²; i) 16,0 m².

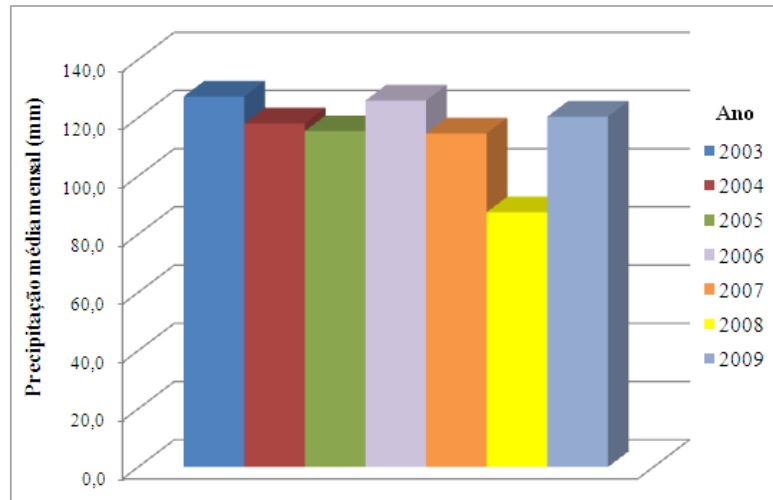
6. CONCLUSÕES

De acordo com a análise e discussão dos resultados, as principais conclusões foram:

- O crescimento em altura total não foi afetado pelo espaçamento até o sexto ano.
- Maior crescimento em altura foi constatado no espaço vital com 2,0 m².
- O crescimento em diâmetro foi influenciado pelo espaçamento.
- Maior crescimento diamétrico foi verificado no espaço vital com 14,0 m².
- O crescimento em área transversal foi afetado pelo espaçamento à partir dos 5 anos.
- Maior crescimento em área transversal foi constatado no espaço vital com 14,0 m².
- O crescimento em área basal foi influenciado pelo espaçamento.
- Maior crescimento em área basal foi comprovado nos espaços vitais com 1,0 e 2,0 m².
- O crescimento em volume por árvore foi afetado pelo espaçamento.
- Maior crescimento em volume por árvore foi verificado no espaço vital com 14,0 m².
- O crescimento em volume por hectare foi influenciado pelo espaçamento.
- Maior produção em volume por hectare foi comprovada nos espaços vitais com 1,0 e 2,0 m².
- Os resultados obtidos revelaram a necessidade de realização de desbaste nos espaçamentos menos amplos, de 1,0 e 2,0 m².

7. ANEXOS

7.1. Anexo 1



Fonte: Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR.

Anexo 1. Precipitação mensal na região Centro-Oeste do Paraná entre 2003 e 2009.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF: Anuário estatístico da associação brasileira de produtores de florestas plantadas. Brasília: ABRAF, ano base 2008. 90p. 2009.
- ARANDA, U. D. *et al.* **Dendrometría**. Madrid: Mundi Prensa. 327p. 2003.
- ASSIS, R. L. *et al.* Produção de biomassa de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais. **Árvore**, v.23, n.2, p.151-156, 1999.
- ASSMANN, E. **The principle of forest yield study**. New York: Pergamon Press. 1970.
- BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. **O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais**. IPEF. 16p. (Série Técnica, 3) 1980.
- BARRICHELO, L. E. G. *et al.* Estudos de procedências de *Pinus taeda* visando seu aproveitamento industrial. **IPEF**, n. 15, p. 1-14, 1977.
- BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilidade**. Santa Maria, 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria.
- BERNARDO, A. L. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp. sob diferentes espaçamentos na região do cerrado de Minas Gerais**. Viçosa, 1995. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.
- BOGNOLA, I. A. *et al.* Modelagem uni e bivariada da variabilidade espacial de rendimento de *Pinus taeda* L. **Floresta**, v.38, n.2, 13p. 2008.
- BOTELHO, S. A. Espaçamento. In: SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p.381-406.
- BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. **Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus Alba* Reinw, *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento**. IPEF, 1971. v.2, n.3, p.129-49.
- BURGER, D. **Ordenamento Florestal: a produção florestal**. 4 ed. Curitiba: FUPEF, 1980. 124p.
- CAMPOS, J. C. C. *et al.* Ainda, sobre a seleção de equações de volume. **Árvore**, v.9, n.2, p.115-126, 1985.
- CAMPOS, J. C. C. *et al.* Aplicação de um modelo compatível de crescimento e produção de densidade variável em plantações de *Eucalyptus grandis*. **Árvore**, v.10, n.2, p.121-134, 1986.
- CAMPOS, J. C. C. *et al.* Relações entre espaçamento, volume e peso de madeira em plantações de eucalipto. **Árvore**, v.14, n.2, p.119-133, 1990.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. Viçosa: UFV, 2002. 407p.

CARDOSO, D. J. **Avaliação da influência dos fatores sítio, idade, densidade e posição sociológica na relação hipsométrica para *Pinus taeda* nas regiões central e sudoeste do estado do Paraná**. Curitiba, 1989. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 106p.

CARGNIN, O. **Alternativas das florestas de pinus**. Disponível em: <<http://www.valeverde.org.br/html/clipp2.php?id=3752&categoria=Biodiversidade>>. Acesso em: 30 set. 2006.

CASTELO, P. A. R. **Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus taeda* em diferentes sítios de crescimento e espaçamentos, através do método não destrutivo de emissão de ondas de tensão**. Curitiba, 2007. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná.

CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da Madeira serrada de *Pinus taeda* L.** Curitiba, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CLUTTER, J. L. *et al.* **Timber Management: a quantitative approach**. New York: John Wiley e Sons, 1983. 383p.

COELHO, A. S. R. *et al.* **Comportamento de espécies de eucaliptos face ao espaçamento**. IPEF, Piracicaba, 1970, n.1, p.29-55.

CONCEIÇÃO, M. B. da. **Comparação de métodos de estimativa de volume em diferentes idades em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex – Maiden**. Curitiba, 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

COSTAS, R. *et al.* *Pinus taeda* L. Densidad de Plantación y Rendimiento. **Facultad de Ciencias Agrarias**, Cuyo, v.33, n.2, p.11-19, 2001.

COSTAS R. *et al.* Efectos de la densidad de plantación y la altura de poda sobre la producción de *Pinus taeda* L. a los 5 años de edad. **Floresta**, v.33, n.1, p.79-97, 2002.

COSTAS, R. *et al.* Efectos de la Densidad de plantación y la altura de poda sobre la producción de *Pinus taeda* L. a los 6 años de edad. **Forestal Venezolana**, 2003.

COSTAS, R. *et al.* Influencias de la densidad y podas sobre la producción de *Pinus taeda* L. a los 7 años de edad. **Ciência Florestal**, v.15, n.3, p.275-284, 2005.

COSTAS, R. *et al.* Modelos predictivos de la producción de *Pinus taeda* empleando variables vinculadas con las podas. **Bosque**, v.27, n.2, p.98-107, 2006.

COUTO, L. **Influência do espaçamento no crescimento do *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida cultivado na região de Coronel Fabriciano – Minas Gerais.** Viçosa, 1977. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

DACOSTA, L. P. E. **Relações biométricas em povoamentos jovens de *Pinus taeda* L. na província de Corrientes, República da Argentina.** Santa Maria, 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria.

DANIEL, T. W. *et al.* **Principles of silviculture.** New York: Mc Graw-Hill, 1982.

DOLDÁN, M. E. Q. **Desenvolvimento da altura dominante de *Pinus taeda* L. como resposta aos estímulos dos fatores do meio, na região de Ponta Grossa.** Curitiba, 1987. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ENCINAS, J. I. *et al.* **Idade e crescimento das árvores.** Comunicações Técnicas Florestais, Brasília, UFB, 2005, v.7, n.1, 25p.

EVERT, F. Spacing studies: a review. **Information report.** FMR-X, Ottawa, (37): 1-95, 1971.

FAHLER, J. C. *et al.* **Comportamiento de 10 diferentes densidades de plantación inicial en *P. taeda* a los 8 años de edad en suelos del complejo 9 (C.A.R.T.A.) en la provincia de Misiones: E. E. A. Misiones.** INTA, 1986. Informe Técnico n.46.

FERREIRA, C. A. *et al.* **Nutrição de pinus no sul do Brasil: diagnóstico e prioridades de pesquisa.** Documentos EMBRAPA Florestas, Paraná, 2001, n.60, p.1-23.

FIGUEIREDO FILHO, A. *et al.* **Crescimento sazonal em diâmetro de 16 espécies de uma Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brazil.** In: 2o. Congresso Latinoamericano IUFRO, 2006, La Serena, Chile. Bosques: La creciente importância de sus funciones ambientales, sociales y económicas. La Serena, Chile: IUFRO-INFOR, 2006. v.1.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal.** Santa Maria: UFSM, CEPEF-FATEC, 1992.

FINGER, C. A.; FAJARDO, A. G. Crescimento diamétrico da *Araucaria columnaris* Forstes & Hooker em Santa Maria-RS. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 155-170, 1995.

FINGER, C. A. G. *et al.* Efeito da intensidade de desrama sobre o crescimento e a produção de *Eucalyptus saligna* Smith. **Cerne**, v.7, n.2, p.053-064, 2001.

FISHWICK, R. W. Estudos de espaçamentos e desbastes em plantações brasileiras. **Brasil Florestal**, v.7, n.26, p.13-23, 1976.

GOMES, F. S. *et al.* Avaliação da produção em volume total e sortimento em povoamento de *Pinus taeda* L. submetidos a diferentes condições de espaçamento inicial e sítio. **Ciência Florestal**, v.7, p.101-126, 1997.

GOMES, F. S. *et al.* Efeitos do sítio e de cenários de custos e preços na análise de regimes de manejo com e sem desbastes em *Pinus taeda* L. **Cerne**, v.8, n.1, p.013-031, 2002.

GORGULHO, E. P. *et al.* Avaliação de progênies de *Eucalyptus pyrocarpa* L. Jonhson e Blaxell, em diferentes espaçamentos de plantio. **Árvore**, v.15, n.3, p.207-216, 1991.

GUIMARÃES, R. F. **Ensaio de espaçamentos em *Eucalyptus saligna*, para produção de lenha.** Anuário Brasileiro de Economia Florestal, v.9, n.9, p.144-172, 1957.

HARMS, W. R. *et al.* Growth and development of loblolly pine in a spacing trial planted in Hawaii. **Forest Ecology and Management**, v.126, p.13-14, 2000.

HILEY, W. E. **Conifers: South African methods of cultivation.** London: Faber and Faber, 1959. 123p.

HUSCH, B. *et al.* **Forest mensuration.** 3th. New York: John Wiley e Sons, 1982.

IRATI. **Geografia.** Disponível em:

<<http://www.irati.pr.gov.br/municipio/geografia.asp>>. Acesso em: 30 set. 2009.

KLEIN, J. E. M.; FREITAS, A. L. P. Influência do espaçamento na produção de madeira de *Eucalyptus saligna* Smith. In: Congresso Florestal Estadual, 6., 1988, Nova Prata. **Anais...** Porto Alegre: Palloti, 1988. p.480-491.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. **Fisiología das árvores.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972.

KRONKA, F. J. N. *et al.* **A Cultura do Pinus no Brasil.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales em los bosques tropicales y sus espécies arbóreas; posibilidades y métodos para um aproveitamiento sostenido.** Rosdorf: TZ-Verl.-Ges, 1990.

LEITE, F. P. *et al.* Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Árvore**, v.21, n.3, p.313-321, 1997.

LEITE, H. G. *et al.* Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Árvore**, n.30, v.4, p.603-612, 2006.

LELES, P. S. S. **Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em *E. camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos.** Viçosa, 1995. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

LIMA, R. *et al.* Carbono orgânico no solo em função do espaço vital de crescimento de *Pinus taeda* L. In: XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Resumos...** Fortaleza, v.1, p.463- 583, 2009.

LORENZI, H. *et al.* **Árvores exóticas no Brasil. Madeiras, ornamentais e aromáticas.** Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2003, 339 p.

MACHADO, S. A. *et al.* Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. **Ciências Exatas e Naturais**, v.4, n.2, p.185-197, 2002.

MAESTRI, R. Manejo florestal para a obtenção de múltiplos produtos. In: Semana do meio ambiente, 3.: Produção e proteção – a busca do desenvolvimento sustentável. **Palestras...** Lavras: ESAL, 1994. 12p.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das gimnospermas.** Santa Maria: Ed. UFSM, 1996.

MARTO, G. B. T. *et al.* Indicações para escolha de espécies de *Pinus*. **REMADE**, p.16-17, Ed. Especial, n.99, 2006.

MELLO, H. A. *et al.* **Influência do espaçamento e da idade de corte na produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado.** IPEF, v.13, p.143-62, 1976.

MORAIS, V. **Dinâmica de crescimento de eucalipto sob diferentes espaçamentos, na região noroeste do estado de Minas Gerais.** Lavras, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras.

OLIVEIRA NETO, S. N. *et al.* Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Árvore**, v.27, n.1, p.15-23, 2003.

PATIÑO-VALERA, F. **Variação genética em progênes de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com espaçamento.** Piracicaba, 1986. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

PINKARD, E. A.; NEILSEN, W. A. Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing: implications for thinning. **Forest Ecology and Management**, v.172, n.2/3, p.215-227, 2003.

PRANGE, P. W. ***Pinus taeda*: a observação que deu início ao sucesso da espécie.** In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Memórias, 2003, 1p.

PRODAN, M. *et al.* **Mensura forestal.** San José: IICA, 561p. 1997.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, p. 135-166, 2000.

SANQUETTA, C. R. *et al.* Produção de madeira para laminação em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a diferentes densidades e regimes de desbaste: uma abordagem experimental. **Floresta**, v.28, n.1/2, p.80-96, 1998.

SANQUETTA, C. R. *et al.* Produção de madeira livre de nós em povoamentos de *Pinus taeda* em função da densidade de plantio. **Cerne**, v.9, n.2, p.129-140, 2003a.

SANQUETTA, C. R. *et al.* Efeito do espaçamento de plantio em reflorestamentos – II. *Pinus taeda* L. em Jaguariaíva-PR. **Acadêmica**, v.1, n.1, p.55-61, 2003b.

SCHEEREN, L. W. **Estruturação da produção de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus saligna* Smith manejados em alto fuste**. Santa Maria, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria.

SCHNEIDER, P. R. Forma de tronco e sortimento para *Pinus elliottii* Engelm., da floresta nacional de Passo Fundo, Rio Grande do Sul. **Acta For. Bras.**, v.1, p.43-64, 1986.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM, CEPEF, FATEC. 1993. 348p.

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

SCHONAU, A. P. G.; COETZEE, J. Initial spacings, stand density and thinning in eucalypt plantations. **Forest ecology and management**, v.29, p.245-266. 1989.

SCHUCHOVSKI, M. S. **Diagnóstico e planejamento do consumo de madeira e da produção em plantações florestais no estado do Paraná**. Curitiba, 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SCOLFORO, J. R. S. **Modelos para expressar o crescimento e a produção florestal**. Lavras: FAEPE, 1994.

SCOLFORO, J. R. S.; MACHADO, S. A. Um sistema de crescimento e produção com simulador de desbaste. **Scientia Forestalis**, n.50, p. 51-64, 1996.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. Lavras: Universidade Federal de Lavras – UFLA/FAEPE. 438p. 1998a.

SEITZ, R. A. **Critérios para a seleção de um regime de podas de *Pinus taeda* L. no sul do Brasil**. Curitiba, 2000. (Professor Titular, Departamento de Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SHIMIZU, J. Y. Silvicultura de *Pinus* para o sul do Brasil. **REMADE**, v.6, n.37, p.32-5, 1997.

SHIMIZU, J. Y. *Pinus* na Silvicultura Brasileira. **REMADE**, Ed. Especial n.99, 2006.

SHIMIZU, J. Y. **Cultivo do pinus**. Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivoPinus/inex.htm>>.
Acesso em: 22 jul. 2008.

SILVA I. P. da. **Métodos estatísticos aplicados a pesquisa científica: uma abordagem para profissionais da pesquisa agropecuária**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1999a, 309p.

SILVA, J. M. S. da. **Estudo silvicultural e econômico do consórcio de *Eucalyptus grandis* com gramíneas sob diferentes espaçamentos em áreas acidentadas**. Viçosa, 1999b. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

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

SIMÕES, J. W. *et al.* **Crescimento e produção de madeira de eucalipto**. IPEF, v.20, p.77-97, 1980.

SIMÕES, J. W. **Manejo silvicultural de eucalipto para a produção de madeira grossa**. In: Curso de atualização – processamento mecânico e secagem da madeira de eucalyptus spp, Piracicaba, 1994. 17p.

SMITH, W. D.; STRUB, M. R. Initial spacing: how many trees to plant. In: DURYEY, M. L.; DOUGHERTY, P. M. **Forests regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p.281-289.

SOUZA, D. R. **Efeitos 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. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

SPATHELF, P.; NUTTO, L. **Modelagem aplicada ao Crescimento e Produção Florestal**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2000.

SPURR, H. **Forest inventory**. New York: The Ronald Press Company. 1952.

SUASSUNA, J. Obtenção de Sementes. **REMADE**, Ed. Especial, p.32-42. n.99, 2006.

TAYLOR, C. J. **Introdução à silvicultura tropical**. São Paulo: Edgard Blucher, 1969, 200p. Tradução por Helládio do Amaral Mello.

USDA FOREST SERVICE. **Technology transfer, *Pinus taeda***. Disponível em: <<http://www2.fpl.fs.fed.us/techsheets/softwoodNA/htmldocs/Pinustaeda.html>>. Acesso em: 3 de julho 2008.

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

VANCLAY, J. K. **Modeling Forest Growth and Yield: applications to Mixed Tropical Forests**. Wallingford: CAB International. 1994.

WEHR, J. P. P. **Espaçamento de plantio: efeito na qualidade, economicidade e produtividade**. Piracicaba, 1982. (Seminário apresentado na disciplina de Formação e Manejo de Povoamentos Florestais - Curso de Pós-graduação).

YARED, J. A. G. *et al.* Volumetria e fator de forma de morotó (*Didymopanax morototonii* Aubl. Decne. et Planch.) sob diferentes espaçamentos. In: Congresso florestal panamericano, 1. Curitiba, 1993. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1993.