

**PRODUÇÃO DE MADEIRA PARA CELULOSE EM POVOAMENTOS DE *Pinus taeda*
SUBMETIDOS A DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTIO E REGIMES
DE DESBASTE: ABORDAGEM EXPERIMENTAL**

Carlos Roberto Sanquetta¹, Alba Valéria Rezende², Débora Gaiad³,
Luciano B. Schaaf³, Ana C. Zampier³, Julio Eduardo Arce¹

(Recebido: 16 de maio de 2000; aceito: 22 de novembro de 2004)

RESUMO: Este artigo avalia estatisticamente o efeito de diferentes regimes de desbaste e densidades de plantio na produção volumétrica de madeira para celulose em povoamentos de *Pinus taeda*. Os dados utilizados para este estudo foram obtidos de um plantio experimental localizado no município de Jaguariaíva, Paraná, de propriedade da empresa PISA Florestal. Cinco espaçamentos de plantio foram comparados: 2,5 x 1,2 m; 2,5 x 2,0 m; 2,5 x 2,8 m; 2,5 x 3,6 m e 2,5 x 4,4 m. Cinco regimes de desbaste foram confrontados: corte final aos 15 anos, sem desbaste; corte final aos 20 anos, sem desbaste; desbaste sistemático na 6ª linha aos 9 anos e corte final aos 20 anos; desbastes seletivos por baixo, com redução de 50% do número de árvores aos 9 e 15 anos e corte final aos 20 anos; e desbaste sistemático na 6ª linha combinado com seletivo de 50% aos 9 anos, seletivo de 50% aos 15 anos e corte final aos 20 anos. O experimento fatorial foi analisado por meio de ANOVA e pelo teste de Tukey. Os resultados demonstraram haver diferenças significativas a 1% entre os espaçamentos e entre os regimes de desbaste, sendo a interação entre ambos também significativa. Evidenciou-se que, para a produção de madeira para celulose, a realização de plantios com maior densidade inicial (espaçamentos 2,5 x 1,2 ou 2,5 x 2,0 m) é recomendável. Quando da realização de desbastes seletivos, o espaçamento 2,5 x 1,2 m repercutiu em maior produção volumétrica para celulose, não tendo sido percebida diferença com o espaçamento 2,5 x 2,0 quando empregado regime sem desbaste ou com desbaste sistemático apenas. Conclui-se que, num horizonte de 20 anos, a adoção de regimes sem desbaste é mais favorável à produção para celulose em comparação aos regimes com desbastes. Entretanto, não é indicada a antecipação do corte final para 15 anos, o que mostra que a prática de não utilizar desbastes para a produção de madeira para celulose é correta. A melhor combinação de espaçamento com regime de desbaste foi a do espaçamento 2,5 x 1,2 m, sem desbaste e corte final aos 20 anos. Porém, neste regime de manejo, a adoção do espaçamento 2,5 x 2,0 m também repercutiu em produção volumétrica para celulose similar. Em se optando pelo espaçamento mais denso, não faz diferença adotar o regime sem desbaste com corte final aos 20 anos e realizar um desbaste sistemático aos 9 anos e o corte final aos 20.

Palavras-chaves: desbaste, espaçamento, simulação, sítio

¹ Professor do Departamento de Ciências Florestais da UFPR, Av. Prof. Lothário Meissner, 3400, UFPR Campus III – Jardim Botânico, CEP 80.210-170, Curitiba-PR, sanqueta@floresta.ufpr.br; jarce@floresta.ufpr.br.

² Professora do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, C.P. 04357, Asa Norte, 70919-970 – Brasília – DF.

³ Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR, Av. Prof. Lothário Meissner, 3400, UFPR Campus III – Jardim Botânico, CEP 80.210-170, Curitiba-PR

YIELD OF ROUND-WOOD FOR PULP AND PAPER PRODUCTION IN STANDS OF *Pinus taeda* GROWING UNDER DIFFERENT SPACING AND THINNING REGIMES: AN EXPERIMENTAL APPROACH

ABSTRACT: *This paper evaluates the statistical effects of five different thinning regimes in combination with five initial plant spacing in loblolly pine plantations on the yield of round-wood for pulp and paper. The data came from an experimental plantation located at Fazenda Lageado, Jaguariaíva, Parana State, in southern Brazil, owned by PISA Pulp and Paper Co. The spacings evaluated were: 2.5 x 1.2 m; 2.5 x 2.0 m; 2.5 x 2.8 m; 2.5 x 3.6 m e 2.5 x 4.4 m. The thinning regimes compared were: a single final cut at age 15 without thinning; a single final cut at age 20 without thinning; systematic thinning along the 6th planting line at age 9 and final cut at age 20; selective low thinning of 50% of the trees in the stand at ages 9 and 15 and final cut at age 20; and systematic cut along the 6th planting line combined with selective low thinning at age 9 for 50% of the trees in the stand, selective low thinning for 50% of the trees in the stand at age 15 and final cut at age 20. The factorial experiment was analyzed by ANOVA and the test of Tukey. The results revealed significant differences ($p < 0,01$) among the initial plant spacings and the thinning regimes. The interaction between them was also statistically significant. The results showed that, for the pulp and paper wood yield, the choice of planting with higher initial density (2.5 x 1.2 or 2.5 x 2.0 m) is recommendable. When selective thinning is conducted, the higher density treatment results in greater pulp and paper wood yield. In addition, no significant difference could be noticed as compared to the 2.5 x 2.0 m spacing, when no thinning or a single systematic thinning was carried out. It was concluded from the analysis that the no thinning regime is more favorable to the pulp and paper wood yield in a 20-year rotation. Nonetheless, shorter rotation (15 years for instance) is not recommendable because of the low yield, which corroborated the practice adopted by various forest companies nowadays. The best combination of initial density with thinning regime was 2.5 x 1.2 m and a single final cut at age 20. However, for this stand density, the adoption of the 2.5 x 2.0 m spacing did not affect the pulp and paper wood yield. There is no significant difference between the thinning regime without thinning and that using a single systematic thinning and a final cut at age 20, if the highest initial spacing is chosen.*

Key-words: thinning, spacing, simulation, site

1 INTRODUÇÃO

A atividade de planejamento da produção em uma empresa florestal demanda a avaliação de diversos aspectos que exercem influência direta ou indireta no custo final de produção e na produtividade silvicultural. Qualidade do solo, espécie, densidade, idade do plantio e tratamentos silviculturais são fatores dos mais relevantes na determinação da produtividade dos povoamentos, devendo ser considerados na definição de regimes de desbaste. A seleção de regimes de desbaste, contemplando a escolha do espaçamento

inicial, o tipo de desbaste e a idade de corte, depende muito da finalidade de uso da madeira advinda dos cortes.

Do ponto de vista silvicultural, para uma mesma espécie e um mesmo sítio, a escolha do espaçamento inicial de plantio influenciará no número de tratamentos silviculturais a serem efetuados, na taxa de crescimento, no volume de madeira produzido, no sortimento, na taxa de mortalidade e dominância, no manejo e na colheita, nos custos de produção, dentre outros (Sanquetta et al.).

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 desbaste e a idade de corte final devem ser definidos de acordo com o objetivo da produção madeireira e a densidade de plantio deve estar intimamente relacionada com o regime de desbaste a ser utilizado (Gomes et al., 1998).

Scolforo e Machado (1996), estudando um sistema de crescimento e produção com simulador de desbaste para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, observaram que os desbastes precoces proporcionam maiores produções, principalmente dos volumes para laminado e serraria. Por outro lado, os regimes de manejo que envolvem menor número de desbastes propiciam, além de uma maior produção volumétrica total, um volume comercial limitado por um pequeno diâmetro mínimo, como no caso da madeira utilizada para a produção de produtos de fibras ou partículas. Estes autores notaram que quando se consideram diferentes épocas de desbastes, mesma intensidade e número, ocorre uma maior produção de volume total, volume total para aglomerado, volume total para serraria e volume total para laminado, naquele regime de desbaste implementado mais cedo.

Um modelo de prognose e crescimento da produção de povoamentos de *Pinus* que possibilite a simulação de desbastes e a separação das estimativas de volume total de madeira em volumes parciais para cada finalidade industrial, é fundamental no planejamento da produção de uma empresa. Este modelo deve estar baseado em funções que permitam descrever as distribuições de diâmetro e de altura das árvores do povoamento, em diversas condições de sítio, idade e número de árvores (Oliveira et al., 1998). As ferramentas existentes para a simulação de crescimento e produção podem

ser utilizadas no planejamento florestal para verificação da produção esperada em idades futuras, em diferentes condições de sítio e densidade (Gomes et al., 1997).

Vários autores abordaram com bastante propriedade a questão da seleção de regimes de desbaste para povoamentos de *Pinus*. Ahrens (1992) empregou Programação Dinâmica, Volpi (1997) baseou-se em Programação Linear, enquanto Gomes (1999) e Acerbi Jr. (1998) utilizaram Técnicas de Simulação na definição do melhor regime de desbaste. Esses autores fundamentalmente basearam suas escolhas no maior valor médio, desconsiderando as possíveis diferenças ou igualdades estatísticas entre os regimes comparados.

O objetivo do presente trabalho é avaliar biometricamente o efeito de cinco regimes de desbaste e cinco densidades de plantio na produção em volume de madeira para celulose em povoamentos de *Pinus taeda*. A contribuição científica mais relevante deste estudo é a comparação estatística entre regimes de desbaste e espaçamentos iniciais de plantio, que numericamente podem ser diferentes, mas que de fato podem não diferir significativamente entre si.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados para este estudo são provenientes de um experimento de *Pinus taeda* localizado no Projeto 26, talhão 11, Fazenda Lageado, município de Jaguariáiva, PR, de propriedade da empresa PISA Florestal.

O experimento foi implantado no período de 28 de outubro a 9 de novembro de 1987, segundo um delineamento em blocos casualizados com seis repetições, instaladas de forma contínua, em um total de 29.692 m², incluindo a bordadura. A área ocupada pelos seis blocos é de 25.920 m², ou seja, 4.320

m²/bloco. Cada bloco corresponde a um sítio diferente, sendo o bloco 1 o de menor valor médio de índice de sítio e o bloco 6 o de maior valor.

As coletas de dados foram feitas em seis idades: 3,5 anos (maio/91), 4,5 anos (maio/92), 5,92 anos (outubro/93), 6,92 anos (outubro/94), 7,67 anos (julho/95) e 8,75 anos (agosto/96). Nas primeiras coletas foram medidas apenas as alturas totais das árvores da parcela. Quando as árvores atingiram 1,30 m de altura, passou-se a medir também a circunferência à altura do peito ou CAP.

Em cada bloco foram testados cinco espaçamentos (Tabela 1). Em cada parcela de cada bloco foram mensuradas apenas as árvores presentes na sua área útil.

Com base nos dados coletados, foram analisados também cinco regimes de desbaste, por meio de simulações, com o objetivo de definir o manejo ideal dentro de cada espaçamento. Os regimes de desbaste variaram em função do método de desbaste (seletivo, sistemático ou livre), da redução na densidade e da idade de corte raso. Foram avaliados os seguintes regimes de desbaste:

1. corte final aos 15 anos, sem desbaste (CF 15 s/desb);

2. corte final aos 20 anos, sem desbaste (CF 20 s/desb);
3. desbaste sistemático na 6^a linha aos 9 anos e corte final aos 20 anos (Sist 9 + CF 20);
4. desbastes seletivos por baixo, com redução de 50% do número de árvores aos 9 e 15 anos e corte final aos 20 anos (Sel 9, Sel 15 + CF 20);
5. desbaste sistemático na 6^a linha combinado com seletivo de 50% aos 9 anos, seletivo de 50% aos 15 anos e corte final aos 20 anos (Sist+Sel 9, Sel 15 +CF 20).

As simulações foram realizadas mediante a utilização do programa SISPINUS (Oliveira, 1995), o qual permite, além da simulação de desbastes, do crescimento e da produção anual do povoamento, a obtenção do sortimento de madeira por classe diamétrica. O sistema utiliza como variáveis de entrada o número de árvores por hectare (N/ha) e a área basal em m²/ha (G/ha) de cada tratamento e o índice de sítio (IS) de cada bloco. Neste estudo, a prognose da produção foi realizada a partir de dados obtidos na idade de 9 anos, em condições distintas de sítio. Os dados utilizados para a efetivação da simulação são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1. Tratamentos analisados em um experimento de manejo de *Pinus taeda*

Table 1. Treatments analyzed in a management experiment of loblolly pine

Espaçamento (m)	Árvores/ha	Área da Parcela (m ²)		Plantas úteis
		Total	Útil	
1 - 2,5 x 1,2	3333	630	234	78
2 - 2,5 x 2,0	2000	630	210	42
3 - 2,5 x 2,8	1428	810	315	45
4 - 2,5 x 3,6	1111	990	378	42
5 - 2,5 x 4,4	909	1260	440	40

Tabela 2. Dados básicos de um plantio experimental de *Pinus taeda*, usados para fins de simulação no programa SISPINUS

Table 2. Basic data of an experimental stand of loblolly pine utilized to start the simulation on the SISPINUS software

Espaçamento (m)	Bloco 1		Bloco 2		Bloco 3		Bloco 4		Bloco 5		Bloco 6	
	IS = 16,6		IS = 17,4		IS = 18,1		IS = 18,4		IS = 18,7		IS = 18,8	
	G/ha	N/ha										
1 - 2,5 x 1,2	44,8	3333	47,3	3419	48,5	3205	47,0	3248	52,6	3248	50,0	3291
2 - 2,5 x 2,0	38,2	2000	41,1	2095	42,1	1952	40,4	2000	48,7	2048	49,2	2190
3 - 2,5 x 2,8	34,0	1492	35,9	1429	38,6	1429	39,1	1429	39,1	1429	36,9	1333
4 - 2,5 x 3,6	31,0	1111	28,7	1164	33,2	1111	35,3	1138	35,9	1138	38,0	1217
5 - 2,5 x 4,4	28,8	909	29,0	932	30,4	932	31,5	909	31,5	955	31,2	955

IS: Índice de sítio médio, correspondente à altura média das árvores dominantes (m) aos 9 anos de idade.

G/ha: Área basal (m²/ha) aos 9 anos de idade.

N/ha: Número de árvores/ha aos 9 anos de idade.

Por meio do programa SISPINUS foram gerados os sortimentos em volume de madeira para celulose com casca, ou seja, o programa classificou os sortimentos para uma mesma árvore utilizando comprimento de toras de 1,2 m e diâmetros mínimos de 8 cm para celulose. Dessa forma, o programa maximizou a utilização da árvore. As equações de volume e de índice sítio utilizadas neste estudo foram as equações já ajustadas para *Pinus taeda* do próprio SISPINUS, conforme citado em Oliveira (1995).

Os resultados da distribuição diamétrica prognosticados (valor central de cada classe de DAP, altura média correspondente e número de árvores por hectare estimado para cada classe), foram utilizados para estimar o volume total de madeira com casca para celulose por hectare na idade desejada. A mesma equação de volume utilizada até a idade atual dos povoamentos foi usada para estimar o volume total individual nas idades

futuras (para o valor central de cada classe de DAP, fornecido pelo SISPINUS). Multiplicando-se este volume pelo número de árvores de cada classe (prognosticado pelo SISPINUS), obteve-se o volume total de madeira com casca para celulose/há, por classe de DAP. A soma dos volumes por hectare em todas as classes forneceu a variável necessária para este estudo, ou seja, volume de madeira com casca para celulose.

O volume total de madeira para celulose, para cada regime de desbaste e em cada espaçamento, foi obtido pelo somatório dos volumes dos desbastes e o volume resultante do corte final. Após a obtenção deste volume, procedeu-se uma análise de variância preliminar com os 6 blocos e os 25 tratamentos (espaçamentos, regimes de desbaste e suas interações), considerando um nível de significância de 1%, com o objetivo de verificar se os tratamentos apresentavam efeitos diferentes sobre estes volumes.

Baseado na significância dos tratamentos, realizou-se o desdobramento dos mesmos com o objetivo de avaliar o efeito dos regimes de desbaste, dos espaçamentos e da interação destes dois fatores na produção volumétrica para celulose.

O teste de Tukey foi aplicado para comparar as médias dos efeitos que apresentaram diferença significativa, a 5%, pelo teste F.

Antes de realizar as análises estatísticas, o teste de Bartlett foi utilizado para testar a homogeneidade de variâncias dos dados a 5%

de significância (Drapper e Smith, 1980; Sokal e Rohlf, 1981).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do teste de Bartlett, verificou-se que os dados de volume de madeira para celulose apresentavam variâncias homogêneas. Assim, os dados de volume foram diretamente empregados para proceder as análises estatísticas.

A Tabela 3 mostra os resultados da análise de variância dos volumes de madeira com casca para celulose.

Tabela 3. Análise de variância do volume de madeira com casca para celulose em um plantio experimental de *Pinus taeda*

Table 3. Analysis of variance of inbark round-wood for pulp and paper in an experimental stand of loblolly pine

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios do Volume para Celulose (m ³ /ha)
Bloco	5	51.720,99**
Tratamentos	24	34.901,61**
- Espaçamento	4	123.835,39**
- Desbaste	4	73.467,91**
- Espaçamento x Desbaste	16	3.026,60**
Resíduo	120	378,26

**Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$)

CV% = 4,39

Média = 443,26 [m³/ha]

Os resultados da análise de variância mostram diferenças significativas, a 1% de probabilidade, pelo teste F, para espaçamento e regime de desbaste, indicando que estes fatores apresentam efeitos relevantes sobre a produção volumétrica considerada. Observa-se ainda que o efeito da interação espaçamento x desbaste também foi significativo, indicando, a princípio, que as produções volumétricas de cada espaçamento diferem de acordo com o

regime de desbaste adotado e vice-versa. Deve-se observar que o valor do coeficiente de variação (CV) está dentro da faixa normalmente observada para plantios homogêneos.

As médias dos volumes com casca para celulose entre os espaçamentos e os regimes de desbaste foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O resultados desta análise estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Médias do volume de madeira com casca de *Pinus taeda*, para celulose obtidas para cinco diferentes tipos de espaçamento e cinco regimes de desbaste

Table 4. Mean inbark volume of round-wood for pulp and paper of loblolly pine stands growing under five initial plant spacings and five thinning regimes

Espaçamento – Média volumétrica (m ³ /ha)		Regime de desbaste	
(1 – 2,5 x 1,2 m)	522,05 a	(2 - CF 20 s/desb)	522,22 a
(2 – 2,5 x 2,0 m)	492,16 b	(3 - Sist 9 + CF 20)	450,69 b
(3 – 2,5 x 2,8 m)	434,99 c	(4 - Sel 9, Sel 15 + CF 20)	428,60 c
(4 – 2,5 x 3,6 m)	402,46 d	(5 - Sist+Sel 9, Sel 15 + CF 20)	426,37 c
(5 – 2,5 x 4,4 m)	364,65 e	(1 - CF 15 s/desb)	388,43 d

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

Observa-se, na Tabela 4, que, para a produção de madeira para celulose, todos os espaçamentos apresentaram médias estatisticamente diferentes. A maior média de volume de madeira para celulose foi alcançada pelo espaçamento mais denso (2,5 x 1,2 m) e o menor pelo espaçamento mais amplo 5 (2,5 x 4,4 m). Este resultado suporta a hipótese de que a produção de biomassa é maior em povoamentos de maior densidade. Como, para a fabricação de celulose, não existem grandes restrições de qualidade e de dimensão, quase todo o volume das árvores é aproveitável. Assim, pode-se afirmar que se o interesse for a maximização da produção de madeira para celulose, é recomendável o emprego de espaçamentos menores.

No que se refere ao fator regime de desbaste, a análise estatística revelou diferenças significativas entre os tratamentos, com exceção dos tratamentos 4 e 5. A maior média volumétrica para celulose foi obtida com o regime de corte final aos 20 anos, sem desbaste, enquanto a menor adveio do regime de corte final aos 15 anos, sem desbaste. Os regimes com desbaste apresentaram valores interme-

diários. Os resultados prévios permitem observar que a melhor alternativa de corte para a produção de madeira para celulose é a não realização de desbastes, fazendo-se um único corte aos 20 anos. Como houve diferença muito expressiva em termos volumétricos entre os regimes 2 e 1, é lícito afirmar que a opção de corte precoce (15 anos) não é aconselhável.

Como a interação espaçamento x desbaste foi significativa, as conclusões preliminares independentes obtidas para os efeitos destes dois fatores, com relação às produções volumétricas, ficam prejudicadas, pois os efeitos dos espaçamentos dependem do regime de desbaste aplicado, assim como os efeitos dos regimes de desbaste dependem dos espaçamentos iniciais de plantio. Tais considerações são de fundamental importância para empreendimentos que visam o melhor uso do recurso florestal.

Assim sendo, foi realizado o desdobramento da interação para volume de madeira para celulose, com o objetivo de estudar o comportamento dos espaçamentos dentro de cada regime de desbaste e vice-versa.

3.1 Comportamento dos espaçamentos dentro de cada regime de desbaste

Na Tabela 5 são mostrados os resultados dos desdobramentos. Observa-se que pelo menos um dos cinco espaçamentos tem efeito diferente ($p < 0,01$) sobre cada regime de desbaste. As médias dos espaçamentos foram então comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, dentro de cada regime de desbaste (Tabela 6). A representação gráfica da produção volumétrica de celulose dos cinco diferentes espaçamentos para cada regime de desbaste é apresentada na Figura 1.

Observa-se que, em todos os regimes de desbaste, os espaçamentos mais densos apresentam maiores médias volumétricas para celulose. Nos regimes 1, 2 e 3, não foram evidenciadas diferenças significativas entre os espaçamentos 1 e 2 (2,5 x 1,2 m e 2,5 x 2,0 m).

Entre todos os desdobramentos, o que promoveu a maior produção volumétrica foi o que combinou o regime 2 (CF 20 s/desb) e o espaçamento 2 (2,5 x 2,0 m), embora não tenha havido diferença significativa entre o espaçamento 2 e o 1 (2,5 x 1,2 m).

Outra constatação que se pode fazer em função destes resultados é que a realização de desbastes não influenciou positivamente as produções volumétricas para celulose, quando comparadas aos volumes obtidos com a aplicação do regime com corte final aos 20 anos. Notou-se, ainda, que o povoamento manejado sob o regime com desbaste sistemático aos 9 anos e corte final aos 20 (3) tendeu a apresentar média mais baixa no espaçamento mais denso (2,5 x 1,2 m), aumentando nos outros espaçamentos mais amplos em relação aos regimes com desbastes seletivos.

Portanto, de acordo com os resultados apresentados, a prática adotada por algumas empresas florestais que priorizam a produção de biomassa (setor de papel e celulose ou até mesmo o setor de chapas), de não adotar regimes de desbastes e realizar apenas corte raso, parece correta. Contudo, segundo os resultados deste estudo, deve-se evitar a realização de cortes com idades menores ou iguais a 15 anos, uma vez que o incremento volumétrico no período de 15 a 20 anos compensa tecnicamente o retardamento do corte.

Tabela 5. Desdobramento da interação espaçamento x desbaste para avaliar o comportamento dos espaçamentos dentro de cada regime de desbaste, para a variável volume de madeira com casca de *Pinus taeda* para celulose

Table 5. Analysis of the interaction spacing x management regime for pulp and paper in bark round-wood yield of an experimental loblolly pine stand growing under five initial plant spacings and five thinning regimes

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios do volume para celulose (m ³ /ha)
Espaçamentos dentro de CF 15 s/desb	1	82.563,61**
Espaçamentos dentro de CF 20 s/desb	1	84.485,91**
Espaçamentos dentro de Sist 9+CF 20	1	48.102,99**
Espaçamentos dentro de Sel 9, Sel 15+CF 20	1	16.926.574,74**
Espaçamentos dentro de Sist+Sel 9, Sel 15+CF 20	1	159.348,85**
Resíduo	120	378,26

**Significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

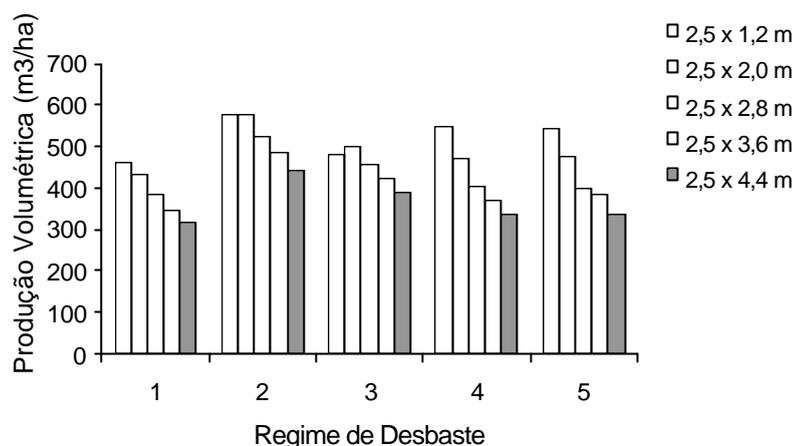


Figura 1. Produção média de volume de madeira de *Pinus taeda* com casca para celulose em cinco diferentes espaçamentos dentro de cinco regimes de desbaste

Figure 1. Mean inbark volume of round-wood for pulp and paper of an experimental loblolly pine stand growing under different initial spacings and thinning regimes

Tabela 6. Médias do volume de madeira com casca de *Pinus taeda*, para celulose nos cinco diferentes espaçamentos dentro de cada regime de desbaste

Table 6. Mean inbark volume of round-wood for pulp and paper of an experimental loblolly pine stands growing under thinning regimes

Regime de Desbaste	Volume de Madeira para Celulose (m ³ /ha)
(1) CF 15 s/desb	(1 – 2,5 x 1,2 m) 461,05 a
	(2 – 2,5 x 2,0 m) 430,78 a
	(3 – 2,5 x 2,8 m) 384,33 b
	(4 – 2,5 x 3,6 m) 349,30 c
	(5 – 2,5 x 4,4 m) 316,70 d
(2) CF 20 s/desb	(2 – 2,5 x 2,0 m) 579,62 a
	(1 – 2,5 x 1,2 m) 577,43 a
	(3 – 2,5 x 2,8 m) 526,52 b
	(4 – 2,5 x 3,6 m) 484,78 c
	(5 – 2,5 x 4,4 m) 442,73 d

Continua ...
To be continued ...

Tabela 6. Continuação ...**Table 6.** Continued ...

Regime de Desbaste	Volume de Madeira para Celulose (m ³ /ha)
(3) Sist 9 + CF 20	(2 – 2,5 x 2,0 m) 499,68 a
	(1 – 2,5 x 1,2 m) 482,03 ab
	(3 – 2,5 x 2,8 m) 458,92 b
	(4 – 2,5 x 3,6 m) 424,37 c
	(5 – 2,5 x 4,4 m) 388,45 d
(4) Sel 9, Sel 15 + CF 20	(1 – 2,5 x 1,2 m) 546,75 a
	(2 – 2,5 x 2,0 m) 473,10 b
	(3 – 2,5 x 2,8 m) 404,93 c
	(4 – 2,5 x 3,6 m) 368,75 d
	(5 – 2,5 x 4,4 m) 338,30 d
(5) Sist+Sel 9, Sel 15 + CF 20	(1 – 2,5 x 1,2 m) 542,97 a
	(2 – 2,5 x 2,0 m) 477,62 b
	(3 – 2,5 x 2,8 m) 400,25 c
	(4 – 2,5 x 3,6 m) 385,08 c
	(5 – 2,5 x 4,4 m) 337,07 d

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

3.2 Comportamento dos regimes de desbaste dentro de cada espaçamento

A Tabela 7 mostra os resultados dos desdobramentos para os regimes de desbaste dentro de cada espaçamento. Observa-se que pelo menos um dos cinco regimes de desbaste tem efeito diferente ($p < 0,01$) sobre cada um dos espaçamentos. As médias dos regimes de desbaste foram então comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, dentro de cada tipo de espaçamento (Tabela 8).

Conforme pode ser observado na Tabela 8, para o volume de madeira para celulose, verifica-se que as maiores produções volumétricas foram obtidas para o regime de desbaste 2, ou seja, com corte final aos 20 anos, sem desbaste. Somente no caso do espaçamento de plantio 2,5 x 1,2 m não houve

diferença significativa entre os regimes 2 e o 3 (desbaste sistemático aos 9 anos e corte final aos 20). Portanto, se a opção for maximizar a produção de madeira para celulose, deve-se optar por não realizar desbastes ou, quando muito, realizar apenas um desbaste sistemático, efetuando-se o corte final aos 20 anos, empregando espaçamentos mais densos.

Os resultados desta pesquisa sugerem que a combinação ideal de espaçamento de plantio e regime de desbaste, para a produção de madeira para celulose num horizonte de 20 anos, estaria nos espaçamentos mais densos (2,5 x 1,2 m a 2,5 x 2,0 m), sem a adoção de qualquer desbaste ou apenas um desbaste sistemático. A prática de desbastes não é interessante para a produção exclusiva de madeira para celulose, nem tampouco uma rotação com idades muito inferiores a 20 anos.

Tabela 7. Desdobramento da interação espaçamento x manejo para avaliar o comportamento dos regimes de desbaste dentro de cada espaçamento, para volume de madeira com casca de *Pinus taeda* para celulose

Table 7. Analysis of the interaction thinning regime x spacing for inbark round-wood yield for pulp and paper of an experimental loblolly pine stand growing under five initial plant spacings and five thinning regimes

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios do volume para celulose (m ³ /ha)
Desbastes dentro do Espaçamento 2,5 x 1,2 m	1	56.623,46**
Desbastes dentro do Espaçamento 2,5 x 2,0 m	1	72.282,94**
Desbastes dentro do Espaçamento 2,5 x 2,8 m	1	81.755,91**
Desbastes dentro do Espaçamento 2,5 x 3,6 m	1	69.127,99**
Desbastes dentro do Espaçamento 2,5 x 4,4 m	1	62.506,87**
Resíduo	120	378,26

**Significativo a 1% de probabilidade

Tabela 8. Médias do volume de madeira com casca de *Pinus taeda*, para celulose, nos cinco diferentes regimes de desbaste dentro de cada espaçamento

Table 8. Mean inbark volume of round-wood for pulp and paper of an experimental loblolly pine stands growing under different initial spacings

Espaçamento	Volume de madeira para celulose (m ³ /ha)
(1) 2,5 x 1,2 m	(2 - CF 20 s/desb) 577,43 a
	(3 - Sist 9 + CF 20) 546,75 ab
	(4 - Sel 9, Sel 15 + CF 20) 542,97 b
	(5 - Sist+Sel 9, Sel 15 + CF 20) 482,03 c
	(1 - CF 15 s/desb) 461,05 d
(2) 2,5 x 2,0 m	(2 - CF 20 s/desb) 579,62 a
	(3 - Sist 9 + CF 20) 499,68 b
	(4 - Sel 9, Sel 15 + CF 20) 477,62 b
	(5 - Sist+Sel 9, Sel 15 + CF 20) 473,10 b
	(1 - CF 15 s/desb) 430,78 c

Continua ...

To be continued ...

Tabela 8. Continua ...
Table 8. Continued ...

Espaçamento	Volume de madeira para celulose (m ³ /ha)	
(3) 2,5 x 2,8 m	(2 - CF 20 s/desb)	526,52 a
	(3 - Sist 9 + CF 20)	458,92 b
	(4 - Sel 9, Sel 15 + CF 20)	404,93 c
	(5 - Sist+Sel 9, Sel 15 + CF 20)	400,25 d
	(1 - CF 15 s/desb)	384,33 d
(4) 2,5 x 3,6 m	(2 - CF 20 s/desb)	484,78 a
	(3 - Sist 9 + CF 20)	424,37 b
	(4 - Sel 9, Sel 15 + CF 20)	385,08 c
	(5 - Sist+Sel 9, Sel 15 + CF 20)	368,75 c
	(1 - CF 15 s/desb)	349,30 c
(5) 2,5 x 4,4 m	(2 - CF 20 s/desb)	442,73 a
	(3 - Sist 9 + CF 20)	388,45 b
	(4 - Sel 9, Sel 15 + CF 20)	338,30 c
	(5 - Sist+Sel 9, Sel 15 + CF 20)	337,07 d
	(1 - CF 15 s/desb)	316,70 d

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

4 CONCLUSÕES

Após as constatações desta pesquisa, concluiu-se que, para a produção de madeira para celulose, a realização de plantios com maior densidade inicial (espaçamentos 2,5 x 1,2 m ou 2,5 x 2,0 m) é recomendável. O espaçamento 2,5 x 1,2 m repercute em maior produção volumétrica para celulose, não sendo percebida diferença com o espaçamento 2,5 x 2,0 m quando emprega-se regime sem desbaste ou com desbaste sistemático apenas. Adicionalmente, conclui-se que, num

horizonte de 20 anos, a adoção de regimes sem desbaste é mais favorável à produção para celulose, em comparação aos regimes com desbastes. Entretanto, não é indicada a antecipação do corte final para os 15 anos. Isso mostra que a prática adotada por algumas empresas de não utilizar desbastes para produção de madeira para celulose é correta. A melhor combinação de espaçamento com regime de desbaste foi a do espaçamento 2,5 x 1,2 m, sem desbaste e corte final aos 20 anos. Porém, neste regime de manejo, a adoção do espaçamento 2,5 x 2,0 m também repercutiu

em uma produção volumétrica para celulose similar. Em se optando pelo espaçamento mais denso, não faz diferença adotar o regime sem desbaste com corte final aos 20 anos e realizar um desbaste sistemático aos 9 anos e o corte final aos 20.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pisa Florestal, pela cessão dos dados usados nesta pesquisa e pelo apoio na realização. Também créditos são dados ao pesquisador da Embrapa Florestas, Dr. Edilson Batista de Oliveira, pelo suporte constante e pela permissão de uso do programa computacional empregado neste trabalho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACERBI JR., F. **Definição de regimes de desbaste e poda economicamente ótimos para *Pinus taeda* L.** Lavras: UFLA, 1998. 135 p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais).
- AHRENS, S. **A seleção simultânea do ótimo regime de desbastes e da idade de rotação, para povoamentos de *Pinus taeda* L., através de um modelo de programação dinâmica.** Curitiba, 1992. 189 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.
- DRAPPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis.** 2 ed, John Wiley & Sons, New York, 709 p., 1980.
- GOMES, F. S.; MAESTRI, R.; SANQUETTA, C. R. Avaliação da produção em volume total e sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* L. submetidos a diferentes condições de espaçamento inicial e sítio. **Ciência Florestal**, v.7, n.1, p.101-126, 1997.
- GOMES, F. S. **A Seleção de regimes de desbaste mais rentáveis em *Pinus taeda* L. na produção de madeira para papel e celulose.** Curitiba, 1999. 140 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
- OLIVEIRA, E. B. **Um sistema computadorizado para prognose do crescimento e produção de *Pinus taeda* L., com critérios quantitativos para avaliação técnica e econômica de regimes de desbaste.** Curitiba, 1995. 134 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.
- OLIVEIRA, E. B.; MACHADO, S. A.; FILHO, A. F. Sistema para simulação do crescimento e da produção de *Pinus taeda* L. e a avaliação econômica de regimes de desbaste. **Revista Árvore**, v. 22, n.1, p. 99-111, 1998.
- SANQUETTA, C. R.; MORA, A. L.; BORSATO, R.; VIDAL, M. A. S.; PEIXOTO, A. M. M.; CHIARANDA, R. Efeito do espaçamento de plantio em reflorestamentos: II. *Pinus taeda* L. em Jaguariaíva - PR. **Revista Acadêmica** (no prelo).
- 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.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry: The principles and practice of statistics in biological research.** New York, Freeman, 859p., 1981.
- VOLPI, N. M. P. **O impacto de perturbações estocásticas em um modelo de planejamento florestal.** Curitiba, 1997. 268 p. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná.