

## UM SISTEMA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO COM SIMULADOR DE DESBASTE

### *A growth and yield model with thinning simulation.*

José Roberto Soares Scolforo ; Sebastião do Amaral Machado

---

RESUMO: Este trabalho teve por objetivos apresentar os componentes de um sistema de predição do crescimento e da produção com simulador de desbastes, assim como de analisar diferentes opções de desbastes implementadas a partir do sistema desenvolvido. Para tal, foram utilizadas 1204 parcelas (estando inclusas neste total até seis remedições, conforme a época de plantio) na geração do sistema de crescimento e produção, a partir da distribuição weibull. Foram simulados 10 regimes de desbastes, em que são utilizados diferentes intensidades, épocas e número de desbastes e feita a análise destas opções. Como resultados, verificou-se serem consistentes as 10 estimativas obtidas do sistema de crescimento e produção para as dez opções de desbastes implementadas, sendo que as predições obtidas apresentaram-se dentro de um padrão biológico esperado, possibilitando que simulações de desbastes sejam facilmente testadas e implementadas.

PALAVRAS-CHAVE: Crescimento, produção, desbaste.

ABSTRACT: The present study has the purpose of presenting the components of a growth and yield system of prediction with thinning simulation, as well as to assess different options of thinning adopted under the system. A total of 1204 permanent sample plots remeasured up to six times were used to give rise to the growth and yield system, making use of the weibull distribution. Ten thinning regimes were simulated with varying intensities, periods and number of thinnings, which were all assessed. The results showed consistency with the estimations obtained from the system of growth and yield for the ten thinning options adopted. The predictions obtained were also consistent with the expected biological pattern, showing that thinning simulations are liable to be easily tested and adopted.

KEYWORDS: Growth, Yield, Thinning.

## INTRODUÇÃO

Desbastes têm sido, particularmente no caso de *Pinus* sp, uma das mais importantes alter-

nativas silviculturais, influenciando crescimento e a produção por meio do tamanho, do vi-



gor, da qualidade das árvores e da regulação da densidade. Representá-los por meio de funções matemáticas, associando estas à função de distribuição diamétrica, é uma opção consistente e objetiva para que simulações de desbastes sejam implementadas, por meio de sistemas de crescimento e produção, viabilizando, desta maneira, análises econômicas para definir regime de manejo ótimo, planos de manejo por meio da programação linear e análises do crescimento e da produção do povoamento sujeito aos vários regimes de manejo que vierem a ser testados.

As distribuições diamétricas em povoamentos de mesma idade têm sido modeladas por meio de funções matemáticas, dentre elas, a série de Gram Charlier (Meyer, 1928; Meyer, 1930; Schunur, 1934), a curva de crescimento modificada Pearl-Reed (Osborne & Schumacher, 1935; Nelson, 1964), as curvas Pearsonnian (Schunur, 1934), conforme encontrado em (CAO et al., 1982).

Além dessas, várias funções de densidade de probabilidade têm sido utilizadas no meio florestal, para especificar a distribuição dos diâmetros, como a logarítmica normal com três parâmetros, utilizadas por Bliss & Reinker (1964), a distribuição gama, por Nelson (1964); a distribuição beta, por Clutter & Bennet (1965); a distribuição Weibull, por Bailey & Dell (1973); a distribuição  $S_B$  de Johnson, por Hafley & Schreuder (1977); e a distribuição  $S_{BB}$  de Johnson, por Schreuder & Hafley (1977).

No Brasil, em vários trabalhos foram utilizadas as distribuições diamétricas, citando, dentre outros, os de Couto (1980), Campos & Turnbull (1981), Leite et al. (1990), Finger (1982), Glade (1986), Scolforo (1990), Jorge et al. (1990), Cunha Neto et al. (1994), Maestri; Scolforo; Hosokawa (1995). Destes trabalhos, aquele desenvolvido por Scolforo (1990) contempla os efeitos dos desbastes seletivos por baixo, por meio de expressões

matemáticas, compatibilizando-as com a função Weibull. Desta maneira, podem-se simular várias opções de desbastes, por meio de *software* simulador desenvolvido para este fim.

Este trabalho teve por objetivos apresentar os componentes de um sistema de crescimento e produção com simulador de desbastes, assim como analisar diferentes opções de desbastes, implementadas a partir do sistema desenvolvido.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Dados Básicos:*

Os dados utilizados foram provenientes de povoamentos desbastados de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, localizados na Região Sudoeste do Estado de São Paulo, no Município de Agudos, da empresa Duratex S.A.

Conforme Golfari et al. (1978), essa região apresenta como características básicas: periodicidade de chuvas, invernos secos, com déficit hídrico; precipitação média anual entre 1100 e 1400mm; geadas pouco frequentes; temperatura média anual entre 16 e 19°C; vegetação do tipo floresta umbrófila pluvial e campos submontanos; e, ainda, altitude de aproximadamente 900 m.

Para ajuste e seleção das equações de volume e de volume comercial, foram utilizadas 1300 árvores, provenientes da cubagem rigorosa. Um segundo conjunto de dados utilizado adveio de 1204 parcelas circulares permanentes, com área de 500 m<sup>2</sup>, das quais se obtiveram informações dendrométricas antes e após cada desbaste, bem como das árvores removidas no desbaste. Essas parcelas foram instaladas em povoamentos sujeitos a até seis desbastes, nas idades médias de 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos, com redução do número de árvores de, em média, 2300 para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores, respectivamente, e com previsão de corte final aos 25 anos.



### *Classificação de Sítio:*

As curvas de sítio foram geradas a partir do método da diferença algébrica, utilizando-se de pares, altura média das árvores dominantes - idades em idades sucessivas, conforme pode-se ver em Scolforo (1992).

### *O Modelo de Produção Global:*

Foram ajustados ao conjunto de dados, uma série de modelos que propiciam obter estimativa do volume e da área basal por unidade de área, além de outros construídos através de *Backward*, conforme pode-se ver em Scolforo (1992b).

### *A Função de Sobrevivência e o Número de Árvores Presente:*

Foram ajustados ao conjunto de dados, uma série de modelos que propiciaram obter a sobrevivência existente antes de ocorrer o primeiro desbaste na área. A partir da ocorrência destes, a mortalidade foi considerada inexistente, após análise dos dados.

### *Função Weibull*

A função densidade de probabilidade empregada foi a Weibull. Esta função existe em duas formas: com três parâmetros e com dois parâmetros, respectivamente:

$$f(x) = (c / b) \cdot [(x - a) / b]^{c-1} \exp -[(x-a)/b]^c$$

onde:

$$x \geq a, b \geq 0, c \geq 0, a \geq 0 \quad e$$

$$f(x) = (c / b) \cdot [x / b]^{(c-1)} \exp -[x/b]^c$$

onde:

$$b \geq 0, c \geq 0,$$

em que:

a = parâmetro de locação;

b = parâmetro de escala;

c = parâmetro de forma e

x = variável de interesse (no caso diâmetro).

### *Estimativa dos Parâmetros "a", "b" e "c":*

O parâmetro "a" foi estimado independentemente da função densidade de probabilidade Weibull, com base na evolução do diâmetro mínimo do povoamento, conforme pode-se encontrar em Scolforo(1990).

Os parâmetros "b" e "c" da função densidade de probabilidade Weibull, foram estimados a partir dos dois primeiros momentos não-centrais, a média aritmética dos diâmetros (D) o diâmetro médio quadrático (Dg).

Embora esses momentos possam ser estimados independentemente, segundo Frayer (1981) e, Burk & Newberry(1984), muitas vezes pode-se deparar com problema de convergência, se no modelo de predição da produção suas estimativas são feitas independentemente. Para evitar a possibilidade constatada por estes dois autores, e obter sempre como estimativa no modelo de produção, a média aritmética dos diâmetros menor ou igual ao diâmetro médio quadrático (utilizando dados de uma amostra este fato sempre vai ocorrer), a estimativa desses momentos foi implementada a partir da seguinte expressão.

$$Dg = \sqrt{[(n-1) / n] \cdot S_{di}^2 + \bar{D}^2}$$

em que:

$S_{di}^2$  = variância dos diâmetros e

n = número de observações.

Compatibilidade entre o modelo global e o modelo por classe diamétrica:

A partir do modelo de produção global em área basal pode-se obter o primeiro mo-



mento não-central. Este momento em associação com a variância dos diâmetros foi utilizado para estimar o 2º momento não-central. A partir de  $e$  e  $Dg$  é que foram estimados os parâmetros “b” e “c” da função de densidade de probabilidade Weibull.

Conhecido os valores de “a”, “b” e “c”, a distribuição de diâmetros é gerada e a área basal por hectare(G) é obtida, de acordo com a expressão.

$$G = 0,0000785398163 \cdot N \cdot \sum_{x_i=1}^{00} \frac{x_i^2 f_i}{x_i}$$

em que:

N = número de árvores por unidade de área;

$X_i$  = valor central da classe de diâmetro i,

$f_i = F(X_i \pm 1,5)$  é a proporção de árvores na classe de diâmetro i; e

$F(X) = 1 - \{ \exp - [(X - a)/b]^c \}$  é a distribuição Weibull.

Quando a área basal obtida não é igual à estimada pelo modelo global do povoamento, os parâmetros estimados da função densidade de probabilidade Weibull são recalculados até que a área basal obtida proveniente da distribuição diamétrica seja igual à obtida para o povoamento, conforme pode-se observar em Scolforo (1990).

#### Funções para Representar o Desbaste:

Para possibilitar a simulação de desbastes, foram investigadas as variáveis que potencialmente representam o tipo e o nível de desbastes, como a proporção de árvores e de área basal removida, razões de diâmetro e idades de desbastes, o que pode ser observado em Scolforo(1990).

Para verificar e analisar a eficiência do modelo obtido foram estabelecidas, como pode-se observar na tabela 1, 10 opções de desbastes,

Tabela 1:

Dez regimes de manejo a serem efetuados em cada unidade de corte.

*Ten management system to be applied to each logging stand.*

Períodos de corte	Regimes de manejo									
	Números de árvores remanescentes após o desbaste									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7								1400		
8	1500	1700	1500	1500	1600	1500	1400		1400	
9										1400
10	1000							800		
11									600	
12	700	900	700	700	1000	900	800			800
13										
14								500		
15	500	500	500		500	600	450		500	
16										500
17										
18								300		
19	300	300	300	300	300	251	200		300	
20										300
21										
22	200	200	200							
23					CF	CF	CF	CF	CF	
24										CF
25	CF	CF	CF	CF						

CF= Corte final



onde foram considerados diferentes números, intensidades e épocas de desbaste.

utiliza-se o simulador de desbastes e a partir dos resultados obtidos faz-se previsão para períodos subsequentes, e assim por diante.

*Implementação e Validação do Sistema*

Para simular os desbastes faz-se a previsão até imediatamente antes de sua ocorrência,

Para validação do sistema, várias simulações foram realizadas dentro do escopo de dados reais. Foi utilizado o teste de Qui-quadrado, para o número de árvores, o volume e a área basal.

Tabela 2:

Equações para predição das variáveis do povoamento e que compõem o sistema de crescimento.

*Equations to predic the stand variables the form the growth system and yield.*

ATRIBUTOS	EQUAÇÕES	R <sup>2</sup>	S <sub>yx</sub>
SÍTIO	$S = Hd \left[ \frac{1 - \exp(-3,454065 \cdot I_{ref} \cdot 0,162451)}{1 - \exp(-3,454065 \cdot I^{0,162451})} \right]^{125,683073}$	99,62	1,4 m
PRODUÇÃO EM VOLUME E ÁREA BASAL:			
GRUPO 1	$\log V_2 = 0,687924 + 11,23198 I_2^{-1} - 7,62229 S^{-1} + 1,4556 (I_1/I_2) \log G_1 + 2,53905 [1 - (I_1/I_2)] + 0,11925 S [1 - (I_1/I_2)]$	81,57	20,2 m <sup>3</sup>
GRUPO 2	$\log V_2 = 2,845296 - 11,742683 I_2^{-1} - 9,602816 S^{-1} + 1,119425 (I_1/I_2) \log G_1 + 3,735376 [1 - (I_1/I_2)] + 0,032722 \cdot S [1 - (I_1/I_2)]$	81,35	28,1 m <sup>3</sup>
GRUPO 3	$\log V_2 = 3,390047 - 14,122695 I_2^{-1} - 12,857076 S^{-1} + 1,041737 (I_1/I_2) \log G_1 + 2,952862 [1 - (I_1/I_2)] + 0,053735 \cdot S [1 - (I_1/I_2)]$	80,68	25,1 m <sup>3</sup>
GRUPO 4	$\log V_2 = 35,799274 I_2^{-1} - 1,186727 S^{-1} + 1,363275 (I_1/I_2) \log G_1 - 4,720794 [1 - (I_1/I_2)] + 0,399150 \cdot S [1 - (I_1/I_2)]$	99,39	25,1 m <sup>3</sup>
Nº DE ÁRVORES PRESENTES (N) E ÁREA BASAL PRESENTE (G):			
GRUPO 1	$\log (N/G) = 17,765265 I_1^{-1} - 2,875201 \log S + 2,085648 \log (S \cdot I_1)$	99,19	207 arv.
GRUPO 2	$\log (N/G) = 21,632627 I_1^{-1} - 1,676004 \log S + 1,220774 \log (S \cdot I_1)$	98,55	148 arv.
GRUPO 3	$\log (N/G) = 29,893565 I_1^{-1} - 1,480502 \log S + 0,972282 \log (S \cdot I_1)$	98,97	64 arv.
GRUPO 4	$\log (N/G) = 36,607968 I_1^{-1} - 1,420935 \log S + 0,854460 \log (S \cdot I_1)$	99,10	28 arv.
GRUPO 5	$\log (N/G) = 27,689941 I_1^{-1} - 0,9380081 \log S + 0,650178 \log (S \cdot I_1)$	99,20	18 arv.
SOBREVIVÊNCIA ANTES			
DO 1º DESBASTE	$N_2 = N_1 (I_1/I_2)^{0,00403912} \exp [-0,00379080 - 0,00018571 \cdot S (I_2 - I_1)]$	94,09	42 arv.
DIÂMETRO MÍNIMO			
	$Dmin = 10,891531 + 18,975244 I^{-2} + 2,05388 (Hd/I) - 0,005381 N + 0,02357 (Dg I)$	92,53	1,96 cm
ALTURA MÉDIA POR CLASSE			
DE DIÂMETRO	$\log H = 0,344917 + 0,929915 \log (Hd) - 0,126947 \cdot \log (Dg/Di) + 4,292072/(I_2 \cdot Di) - 4,654672/Di$	96,74	0,07 log m
EQ. DE VOLUME	$V = 0,00001657 D^{1,95638711} H^{1,23175898}$	98,38	0,0490 m <sup>3</sup>
EQ. DE VOLUME COMERCIAL	$Vc = V (1 - 0,28502414 D^{4,29190978} H^{-3,96881555})$	99,67	0,0264 m <sup>3</sup>



## VARIÂNCIA DOS DIÂMETROS:

ANTES DO 1º DESBASTE	$\log (Dg^2 - D^2) = 1,231830 \log Hd - 0,104429 \log (N/G) - 0,323432 (Hd/I)$	97,95	0,3 log cm <sup>2</sup>
APÓS O 1º DESBASTE	$\log (Dg^2 - D^2) = 1,467161 \log Hd - 0,368307 \log (N/G) - 0,330136 (Hd/I)$	97,71	0,3 log cm <sup>2</sup>
APÓS O 2º DESBASTE	$\log (Dg^2 - D^2) = 1,728632 \log Hd - 0,787452 \log (N/G) - 0,154431 (Hd/I)$	97,69	0,3 log cm <sup>2</sup>
APÓS O 3º DESBASTE	$\log (Dg^2 - D^2) = 1,449643 \log Hd - 0,804471 \log (N/G) - 0,062603 (Hd/I)$	96,92	0,3 log cm <sup>2</sup>
APÓS O 4º DESBASTE	$\log (Dg^2 - D^2) = 1,692346 \log Hd - 0,637314 \log (N/G) - 0,926253 (Hd/I)$	95,22	0,2 log cm <sup>2</sup>
APÓS O 5º DESBASTE	$\log (Dg^2 - D^2) = 2,205404 \log Hd - 0,975195 \log (N/G) - 2,063499 (Hd/I)$	93,69	0,5 log cm <sup>2</sup>
APÓS O 6º DESBASTE	$\log (Dg^2 - D^2) = 2,999533 \log Hd - 2,993005 \log (N/G) - 1,083318 (Hd/I)$	88,69	0,6 log cm <sup>2</sup>

## REMOÇÃO DO N° DE ÁRVORES:

1º DESBASTE	$Pi = \exp [-1,72832742 (Di^2/Dg^2)^{2,1891446}]$	90,92	0,12
2º DESBASTE	$Pi = \exp [-1,66772739 (Di^2/Dg^2)^{2,6804186}]$	86,89	0,14
3º DESBASTE	$Pi = \exp [-2,28936124 (Di^2/Dg^2)^{4,6951476}]$	88,94	0,13
4º DESBASTE	$Pi = \exp [-3,25217112 (Di^2/Dg^2)^{7,0762733}]$	85,38	0,15
5º DESBASTE	$Pi = \exp [-2,15622880 (Di^2/Dg^2)^{10,2957106}]$	88,57	0,14
6º DESBASTE	$Pi = \exp [-4,89466220 (Di^2/Dg^2)^{15,6883291}]$	91,27	0,12

## REMOÇÃO DA ÁREA BASAL:

1º DESBASTE	$Pi = \exp [-1,76079163 (Di^2/Dg^2)^{2,1454380}]$	90,47	0,12
2º DESBASTE	$Pi = \exp [-1,70147236 (Di^2/Dg^2)^{2,6631080}]$	86,77	0,14
3º DESBASTE	$Pi = \exp [-2,35649674 (Di^2/Dg^2)^{4,6493322}]$	88,74	0,13
4º DESBASTE	$Pi = \exp [-3,31629804 (Di^2/Dg^2)^{7,0131174}]$	85,33	0,15
5º DESBASTE	$Pi = \exp [-2,23620450 (Di^2/Dg^2)^{10,2827893}]$	88,42	0,15
6º DESBASTE	$Pi = \exp [-4,93628710 (Di^2/Dg^2)^{15,4500959}]$	91,28	0,12

onde:

I = idade em anos

$I_{ref}$  = idade de referência (21 anos)

$I_1$  = idade presente

$I_2$  = idade de projeção

$N_1$  = número de árvores/ha na idade  $I_1$

$N_2$  = número de árvores sobreviventes na idade  $I_2$

V = volume total sem casca

$V_c$  = volume comercial sem casca

$H_d$  = altura média das árvores dominantes em metros

G e N = respectivamente, área basal presente por hectare em m<sup>2</sup> e número de árvores presente

S = índice de sítio

D = diâmetro a 1,30 m em cm

Dg = diâmetro médio quadrático

Dc = diâmetro mínimo comercial com casca, sendo 5,0 cm para aglomerado, 18 cm para serraria e 27 cm para laminado

Pi = proporção de árvores

Di = valor central da classe de diâmetro i

H = altura média por classe de diâmetro i

log = logaritmo neperiano e diamétrico

exp = exponencial

e<sub>2</sub> = volume projetado

$V_1$  = área basal na idade  $I_1$  à idade  $I_2$

$G_1$  = área basal na idade  $I_1$  presente



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo de crescimento e produção com simulador de desbastes pode ser implementado a partir das equações apresentadas na tabela 2, respectivamente, para: predição do índice de sítio; predição da produção em volume e em área basal global do povoamento; predição do número de árvores ou a área basal no momento presente; predição do número de árvores sobreviventes antes do primeiro desbaste; predição do diâmetro mínimo; predição da altura média; predição do volume total sem casca; predição do volume comercial, utilizando um diâmetro mínimo de 5 cm com casca, para aglomerado, 18 cm com casca, para serraria, e 27 cm com casca, para laminado; predição da variância dos diâmetros; predição da remoção do número de árvores e/ou da área basal por ocasião da implementação dos desbastes seletivos por baixo.

Para predição da produção em volume e área basal, o grupo 1 foi composto pela ocasião em que nenhum tratamento tinha sido efetuado no povoamento, o grupo 2 foi composto pelo primeiro desbaste, segundo desbaste e o conjugado 1-2; o grupo 3 foi composto, pelo terceiro desbaste, quarto desbaste e o conjugado 2-3; e o grupo 4 pelo quinto ou mais desbastes.

Para predição do número de árvores e área basal presentes a composição é a mesma que a citada anteriormente com exceção do grupo 4, que foi composto apenas pelo quinto desbaste, e do grupo 5, pelo sexto desbaste. Este agrupamento foi identificado a partir de análise de variância dos dados nas diversas épocas de desbaste. Maiores detalhes podem ser encontrados em Scolforo (1990).

As equações presentes no tabela 2 apresentaram ajustes satisfatórios, com as variáveis independentes explicando, com eficiência, as variações da variável dependente, para cada equação considerada. As estimativas obtidas apresentaram-se sem tendenciosidade, e estas equações podem ser implementadas para gerar informações de

crescimento e produção por classe diamétrica em associação com a função de densidade de probabilidade Weibull. Para tal, foi desenvolvido o software “Simulador”, que além de propiciar previsão do crescimento e da produção, também possibilita simular desbastes.

Para validação do sistema, várias simulações por classe diamétrica foram realizadas dentro do escopo de dados reais e em 92% dos casos testados, houve aceitação da hipótese de nulidade, ou seja, o padrão de remoção obtido por meio de desbaste está em conformidade com os dados reais.

Dos 10 regimes de manejo definidos na tabela 1, salienta-se que os quatro primeiros enfocam o efeito de diferentes números de desbastes, enquanto os três seguintes enfocam o efeito de diferentes intensidades de desbaste e os três últimos enfocam diferentes épocas de realização do desbaste, considerando o mesmo número e intensidade. As discussões apresentadas a seguir são válidas para diâmetros mínimos com casca de 5, 18 e 27 cm, respectivamente, para uso na fabricação de aglomerado, em serraria e laminado.

Nas tabelas 3, 4, 5 e 6, apresenta-se uma síntese das respostas desses 10 regimes de manejo, obtidas a partir do software “Simulador”.

Para os quatro primeiros regimes de manejo, constatou-se que, nos três sítios considerados, a opção de manejo 4, que inclui o menor número de desbastes, é aquela que apresenta maior produção volumétrica total e para aglomerado, uma vez que o diâmetro mínimo para este uso é de 5 cm com casca, o que possibilita um volume aproveitável bastante próximo do volume total.

Constatou-se, ainda, que o regime de manejo 1 apresentou uma maior produção total para serraria e laminado, nos locais com índice de sítio 25 (sítio menos produtivo) e 29 (sítio de média produtividade). Isto porque um maior número de intervenções propicia aumento freqüente no espaçamento entre árvores, o que diminui a competição e possibilita um maior desenvolvimento da área seccional das árvores.



Tabela 3:

Síntese ds produções por regime de manejo, advindas das classes diamétricas, cujas previsões tiveram como base a idade de 5 anos, a partir de 2250 árvores.

*Outline of yields per management system, for various diameter classes, based on the age of 5 years of 2250 trees.*

PRODUÇÃO DO REGIME DE MANEJO																					
1							2							3							
I	N	G	V	V <sub>L</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>A</sub>	I	N	G	V	V <sub>L</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>A</sub>	I	N	G	V	V <sub>L</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>A</sub>	
25	8	698	7,7	30,2	0,0	0,4	29,7	8	498	4,6	17,1	0,0	0,0	16,7	8	698	7,7	30,2	0,0	0,4	29,7
	10	500	8,4	42,0	0,0	3,4	41,7	12	800	13,6	77,2	0,0	4,3	76,7	12	800	15,4	89,9	0,0	13,5	89,4
	12	300	6,8	40,4	0,0	9,2	40,3	15	400	10,5	72,7	0,0	27,0	72,5	15	200	6,5	46,2	0,0	26,3	46,1
	15	200	6,6	47,6	0,0	28,1	47,5	19	200	8,7	73,0	0,0	55,7	72,9	19	200	8,8	73,7	0,0	56,6	73,7
	19	200	9,0	75,5	0,0	58,8	75,5	22	100	5,9	54,7	0,0	47,7	54,7	22	100	6,0	55,0	0,5	48,8	55,0
	22	100	6,0	55,0	0,7	48,0	54,9	25	200	16,8	168,8	82,6	157,8	168,7	25	200	17,0	170,7	85,4	159,8	170,2
	25	200	17,4	174,6	91,0	163,9	174,9	PT	2198	60,1	463,5	82,6	292,5	462,2	PT	2198	61,4	465,7	85,9	304,6	464,6
	PT	2198	61,9	465,3	91,7	311,8	464,2														
29	8	693	8,7	41,3	0,0	1,6	40,8	8	493	5,3	23,8	0,0	0,0	23,4	8	693	8,7	41,3	0,0	1,6	40,8
	10	500	9,5	57,3	0,0	8,8	56,8	12	800	15,3	105,5	0,0	16,4	104,9	12	800	17,0	118,6	0,0	26,5	118,1
	12	300	7,6	53,9	0,0	18,3	53,7	15	400	11,9	99,6	0,0	49,3	99,4	15	200	7,1	60,1	0,0	38,4	60,0
	15	200	7,4	63,0	0,0	42,1	62,9	19	200	10,1	101,3	0,0	83,4	101,2	19	200	10,3	103,4	0,0	85,8	103,4
	19	200	10,6	106,6	0,0	89,4	106,5	22	100	7,6	84,2	32,3	77,6	84,2	22	100	7,7	85,5	34,3	79,0	85,5
	22	100	7,9	88,3	38,5	82,0	88,3	25	200	24,6	289,4	215,4	279,9	289,3	25	200	25,1	293,8	221,0	284,5	293,8
	25	200	26,1	315,6	246,6	306,8	315,5	PT	2193	74,8	703,8	247,7	506,6	702,4	PT	2193	75,9	702,7	255,3	515,8	701,6
	PT	2193	77,8	725,5	285,1	549,0	724,5														
33	8	688	9,3	51,9	0,0	3,1	51,3	8	488	5,7	30,2	0,0	0,0	29,8	8	688	9,3	51,9	0,0	3,1	51,2
	10	500	10,1	71,4	0,0	13,8	71,0	12	800	16,7	134,2	0,0	29,9	133,6	12	800	18,4	150,0	0,0	42,8	149,4
	12	300	8,0	66,0	0,0	25,7	65,8	15	400	12,5	121,2	0,0	65,4	121,1	15	200	8,1	80,8	0,0	58,4	80,7
	15	200	8,2	81,5	0,0	59,3	81,4	19	200	11,4	134,0	4,7	115,4	133,9	19	200	12,0	141,1	11,2	23,2	141,1
	19	200	12,1	142,5	12,5	124,6	142,3	22	100	10,1	132,4	86,1	126,5	132,4	22	100	10,4	136,2	91,1	130,5	136,2
	22	100	10,4	136,9	92,0	131,2	136,9	25	200	36,2	452,7	388,0	444,4	452,7	25	200	37,5	459,6	396,6	451,5	459,5
	25	200	37,6	460,0	396,6	451,2	460,0	PT	2188	92,6	1004,7	478,8	781,6	1003,5	PT	2188	95,7	1019,6	498,3	800,4	1018,4
	PT	2188	95,7	1010	501,1	809,6	1008,7														

onde:

S = índice de sítio (idade de referência, 21 anos);

I = idade de ocorrência do desbaste;

N = número de árvores removidas nos desbastes e corte final;

G = área basal removida nos desbastes e corte final;

V = volume total removido nos desbastes e corte final;

V<sub>L</sub> = volume para laminação removido no desbaste e corte final;

V<sub>S</sub> = volume para serraria removido no desbaste e corte final;

V<sub>A</sub> = volume para aglomerado removido no desbaste e corte final;

PT = produção total de cada regime de desbaste (soma das produções removidas nos desbastes e no corte final).





Tabela 4:

Síntese ds produções por regime de manejo, advindas das classes diamétricas, cujas previsões tiveram como base a idade de 5 anos, a partir de 2250 árvores.

*Outline of yields per management system, for various diameter classes, based on the age of 5 years of 2250 trees.*

PRODUÇÃO DO REGIME DE MANEJO																									
4							5							6											
I	N	G	V	V <sub>L</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>A</sub>	I	N	G	V	V <sub>L</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>A</sub>	I	N	G	V	V <sub>L</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>A</sub>					
25	8	698	7,7	30,2	0,0	0,4	29,7	8	598	6,4	24,9	0,0	0,0	24,5	8	698	7,7	30,2	0,0	0,4	29,7				
	12	800	15,4	89,9	0,0	13,5	89,4	12	600	10,2	58,3	0,0	5,3	57,9	12	600	10,7	61,6	0,0	6,4	61,2				
	15	400	16,5	137,8	0,0	101,2	137,7	15	400	10,0	68,5	0,0	22,0	68,3	15	300	8,0	55,2	0,0	21,3	55,1				
	25	300	21,4	209,0	56,1	189,4	208,9	19	300	12,1	100,6	0,0	72,8	100,5	19	350	14,7	122,3	0,0	90,9	122,1				
	PT	2198	61,0	466,9	56,1	304,5	465,7	25	300	20,4	193,9	40,5	174,3	193,8	23	250	18,5	171,7	49,7	156,1	171,6				
							PT	2198	59,1	446,2	40,5	274,4	445,0	PT	2198	59,6	441,0	49,7	275,1	439,7					
29	8	698	8,7	41,3	0,0	1,6	40,8	8	598	7,1	33,5	0,0	0,0	33,0	8	698	8,7	41,3	0,0	1,6	40,8				
	12	800	17,0	118,6	0,0	26,5	118,1	12	600	11,4	77,8	0,0	12,1	77,4	12	600	11,8	81,3	0,0	13,8	80,9				
	15	400	18,9	189,2	0,0	150,7	182,2	15	400	10,9	90,0	0,0	37,2	89,7	15	300	9,0	74,6	0,0	36,8	74,4				
	25	300	32,4	384,8	260,3	368,9	384,7	19	300	13,9	138,4	0,0	109,2	138,3	19	350	17,1	171,2	0,0	138,7	171,1				
	PT	2198	77,0	733,9	260,3	547,7	732,8	25	300	28,5	326,4	191,2	309,1	326,3	23	250	25,5	288,7	181,4	275,0	288,7				
							PT	2198	71,8	666,1	191,2	467,6	664,7	PT	2198	72,1	657,1	181,4	465,9	655,9					
33	8	688	9,3	51,9	0,0	3,1	51,3	8	588	7,6	41,8	0,0	0,4	41,2	8	688	9,3	51,9	0,0	3,1	51,3				
	12	800	18,4	150,0	0,0	42,8	149,4	12	600	12,2	97,7	0,0	20,2	97,3	12	600	13,1	106,0	0,0	26,9	105,6				
	15	400	21,2	247,9	0,0	207,9	247,8	15	400	11,9	114,7	0,0	56,4	114,4	15	300	9,4	90,6	0,0	48,6	90,4				
	25	300	48,0	689,4	590,9	678,8	689,3	19	300	16,0	186,7	0,0	157,1	186,6	19	350	19,1	224,3	2,2	190,4	224,2				
	PT	2188	96,9	1139,2	590,9	930,6	1137,8	25	300	38,4	519,4	400,7	504,1	519,2	23	250	34,7	469,9	378,0	458,1	469,8				
							PT	2188	86,1	960,4	400,7	738,2	958,9	PT	2188	85,6	942,7	378,0	727,1						

onde:

S = índice de sítio (idade de referência, 21 anos);

I = idade de ocorrência do desbaste;

N = número de árvores removidas nos desbastes e corte final;

G = área basal removida nos desbastes e corte final;

V = volume total removido nos desbastes e corte final;

VL = volume para laminação removido no desbaste e corte final;

VS = volume para serraria removido no desbaste e corte final;

VA = volume para aglomeração removido no desbaste e corte final;

PT = produção total de cada regime de desbaste (somatória das produções removidas nos desbastes e no corte final).



Tabela 5:

Síntese ds produções por regime de manejo, advindas das classes diamétricas, cujas previsões tiveram como base a idade de 5 anos, a partir de 2250 árvores.

*Outline of yields per management system, for various diameter classes, based on the age of 5 years of 2250 trees.*

PRODUÇÃO DO REGIME DE MANEJO																					
7							8							9							
I	N	G	V	V <sub>L</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>A</sub>	I	N	G	V	V <sub>L</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>A</sub>	I	N	G	V	V <sub>L</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>A</sub>	
2	8	78	89	350	00	04	344	7	85	90	311	00	03	305	8	78	89	350	00	04	344
	E	60	112	642	00	69	638	D	60	112	569	00	57	566	11	60	108	584	00	45	581
	F	30	115	828	00	483	823	H	30	100	632	00	413	630	5	30	99	710	00	416	709
	D	20	125	1067	67	872	1066	B	20	91	743	00	581	742	D	20	90	750	00	581	749
	Z	20	164	1579	727	1470	1578	Z	30	231	2196	804	2018	2195	Z	30	220	2050	589	1863	2049
	PT	2198	605	4466	734	2898	4448	PT	2215	624	4511	804	4072	4498	PT	2198	605	4444	589	2009	4432
2	8	78	99	470	00	16	464	7	82	97	406	00	99	400	8	78	99	470	00	16	464
	E	60	127	879	00	181	875	D	60	125	766	00	148	763	11	60	125	815	00	157	812
	F	30	128	1098	00	728	1097	H	30	106	871	00	558	869	5	30	109	982	00	613	981
	D	20	141	1425	40	1220	1424	B	20	107	1045	00	878	1044	D	20	106	1066	00	894	1065
	Z	20	238	2753	2023	2660	2753	Z	30	331	3820	2641	3670	3820	Z	30	309	3588	2334	3425	3584
	PT	2198	733	6625	2065	4803	6613	PT	2212	766	6008	2641	5263	6896	PT	2198	748	6868	2334	5105	6856
3	8	78	106	586	00	31	579	7	88	101	489	00	15	483	8	78	106	586	00	31	579
	E	60	135	1098	00	292	1094	D	60	131	931	00	214	927	11	60	133	1017	00	253	1013
	F	30	144	1446	00	1057	1445	H	30	122	1181	00	859	1179	5	30	126	1267	00	941	1265
	D	20	172	2070	534	1868	2069	B	20	122	1492	142	1231	1401	D	20	122	1440	142	1264	1439
	Z	20	312	4098	3420	4011	4098	Z	30	475	6529	5561	6405	6528	Z	30	423	5837	4767	5701	5831
	PT	2188	869	9298	3654	7259	9285	PT	2208	951	10332	5703	8724	10518	PT	2188	910	10147	4009	8190	10133

onde:

S = índice de sítio (idade de referência, 21 anos);

I = idade de ocorrência do desbaste;

N = número de árvores removidas nos desbastes e corte final;

G = área basal removida nos desbastes e corte final;

V = volume total removido nos desbastes e corte final;

V<sub>L</sub> = volume para laminação removido no desbaste e corte final;

V<sub>S</sub> = volume para serraria removido no desbaste e corte final;

V<sub>A</sub> = volume para aglomeração removido no desbaste e corte final;

PT = produção total de cada regime de desbaste (somatória das produções removidas nos desbastes e no corte final).



Tabela 6:

Síntese das produções por regime de manejo, advindas das classes diamétricas, cujas previsões tiveram como base a idade de 5 anos, a partir de 2250 árvores.

*Outline of yields per management system, for various diameter classes, based on the age of 5 years of 2250 trees.*

PRODUÇÃO DO REGIME DE MANEJO							
10							
	I	N	G	V	V <sub>L</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>A</sub>
	9	780	8,9	38,5	0,0	0,6	37,9
	12	600	10,5	59,6	0,0	3,2	59,2
	16	300	9,8	72,8	0,0	42,1	72,7
25	20	200	8,9	76,2	0,0	58,7	76,1
	24	300	21,6	205,2	54,5	186,0	204,7
	PT	2180	59,7	452,2	54,5	290,6	451,0
	9	774	10,1	52,7	0,0	2,4	52,0
	12	600	12,4	85,8	0,0	16,3	85,4
	16	300	10,9	96,2	0,0	63,0	96,0
29	20	200	10,5	108,6	0,0	90,9	108,5
	24	300	30,4	348,7	217,4	331,4	348,5
	PT	2174	74,3	692,0	217,4	504,5	690,5
	9	767	11,2	69,1	0,0	6,0	68,4
	12	600	13,7	110,7	0,0	27,3	110,3
	16	300	12,6	131,0	0,0	97,1	130,8
33	20	200	12,2	148,1	14,2	130,1	148,0
	24	300	41,4	580,0	468,6	565,0	580,0
	PT	2167	91,1	1038,9	482,8	825,5	1037,5

onde:

S = índice de sítio (idade de referência, 21 anos);

I = idade de ocorrência do desbaste;

N = número de árvores removidas nos desbastes e corte final;

G = área basal removida nos desbastes e corte final;

V = volume total removido nos desbastes e corte final;

V<sub>L</sub> = volume para laminação removido no desbaste e corte final;

V<sub>S</sub> = volume para serraria removido no desbaste e corte final;

V<sub>A</sub> = volume para aglomerado removido no desbaste e corte final;

PT = produção total de cada regime de desbaste (somatória das produções removidas nos desbastes e no corte final.)

Já com relação ao índice de sítio 33 (sítio de alta produtividade), é o regime de manejo 4 que apresentou maior produção total de madeira para laminado e serraria. Este fato pode ser justificado de duas maneiras. A primeira é que foram removidas no regime de manejo 4, aos 19 e 25 anos, 700 árvores, contra 500 no regime de manejo 1, aos 19, 22 e 25 anos. Neste último caso, as interferências foram muito próximas uma das outras, o que não possibilitou que as árvores atingissem as dimensões que elas poderiam alcançar.

Uma segunda justificativa é que, por exemplo, o regime de manejo 1 propiciou madeira para uso em laminado já aos 19 anos, enquanto para o regime de manejo 4, só aos 25 anos. Também para serraria, verificou-se que o regime de manejo 1, aos 19 anos já havia produzido mais madeira que o regime de manejo 4. Pode-se constatar, então que, em sítios mais produtivos, produções para usos, como serraria e laminado acontecem mais cedo quando maior número de intervenções são efetuadas na floresta. Outro fato a ser considerado é o pequeno número de parcelas existentes no sítio 33 m, acima da idade de 15 anos, o que pode ocasionar distorções na estimativa para este sítio, nas idades mais avançadas.

Os manejos 5, 6, 7 expressam diferentes intensidades de desbastes, sendo que esta aumenta do regime 5 para o regime 7.

De maneira geral, em todos os três sítios e considerando os três regimes de manejo, verificou-se que o regime de manejo 5, que foi o mais moderado, leva a uma maior produção do volume total acumulado na idade de 23 anos, muito embora as diferenças não sejam grandes. Constatou-se ainda que, em termos absolutos, essa diferença é muito pequena no sítio menos produtivo, aumentando à medida que o sítio considerado é mais produtivo. Já o volume total acumulado produzido para laminado e serraria é maior no regime de manejo 7, que inclui desbastes com maior intensidade, notan-



do-se que apenas no sítio mais produtivo tal fato não ocorre, para serraria e laminado.

O comportamento obtido novamente confirma o que é esperado, já que desbaste menos intenso implica um menor espaçamento entre árvores, o que influi no desenvolvimento da área seccional da árvore, mas, ao mesmo tempo, propicia uma maior produção total. Deve-se observar que num desbaste seletivo, em que as piores árvores são retiradas (prioritariamente as menores), à medida em que novos desbastes são efetuados, ocorrerá um maior deslocamento das árvores para as maiores classes diamétricas, o que propicia uma maior produção de madeira para laminado e serraria.

Os regimes de manejo 8, 9 e 10 expressam o mesmo número de desbastes e a mesma intensidade, mas efetuados em épocas diferentes, sendo o regime de manejo 8 mais precoce que os regimes 9 e o 10.

Para os três sítios considerados, o regime de manejo 8 apresentou ao final da rotação maior produção em volume total, volume para laminado, para serraria e para aglomerado, que o manejo 9. Comparando este mesmo regime de manejo em relação ao décimo, que tem um ano a mais na rotação final, verificou-se por ocasião do corte final nos sítios de média produtividade (índice de sítio 29m) e de baixa produtividade (índice de sítio 25m) que as produções do volume total e para aglomerado, foram semelhantes para os dois regimes de manejo considerados. Considerando o volume para laminado e para serraria, constatou-se uma nítida diferença a favor do regime 8.

Já para o sítio mais produtivo (índice de sítio 33 m) o regime de manejo 8 apresentou uma maior produção em volume total, volume para laminado, para serraria e aglomerado que o regime 10. Este fato possivelmente ocorre, neste sítio porque a competição se estabelece mais cedo em comparação aquela verificada nos sítios menos produtivos. O desbaste ao ser efetuado mais precocemente, elimina boa parte da

competição, dando chance a um maior desenvolvimento das árvores sujeitas a este regime de manejo.

Com relação ao volume de madeira para laminado e serraria, verificou-se que desbastes ocorrendo mais cedo, invariavelmente, levam a maiores produções que desbastes realizados mais tardiamente e que a remoção de árvores mais cedo propicia um maior desenvolvimento da área seccional das árvores, o que implica um deslocamento maior do número de árvores para as maiores classes de diâmetro.

Assim, de maneira geral, observou-se que desbastes precoces levam a maiores produções, principalmente dos volumes para laminado e serraria, do que aqueles desbastes realizados mais tardiamente, e que, percentualmente, os maiores acréscimos são verificados nos sítios menos produtivos, em relação aos mais produtivos.

Na Figura 1 apresenta-se a evolução do diâmetro médio (Dg) nos três sítios considerados para o regime de manejo 1, o que pode ilustrar o que já foi discutido para este regime de manejo. Pode-se constatar, que nas idades mais jovens, as diferenças no Dg são menores que nas maiores idades, nas quais o povoamento já sofreu maior número de intervenções.

Conforme já discutido para os quatro primeiros regimes de manejo, quanto maior o número de intervenções nos povoamentos, mais rapidamente volume para serraria e laminado serão produzidos. Este fato é comprovado pela acentuação da diferença no Dg, sendo esta mais nítida após os últimos desbastes.

A avaliação econômica dos 10 regimes de manejo pode ser encontrada em Scolforo & Hosokawa (1992a), já que para definir qual dos regimes de manejo é mais eficiente, se deve levar em consideração os custos e as receitas pertinentes a cada um deles.

O sistema desenvolvido constitui um instrumento que fornece estimativas confiáveis das características abordadas na população considerada.

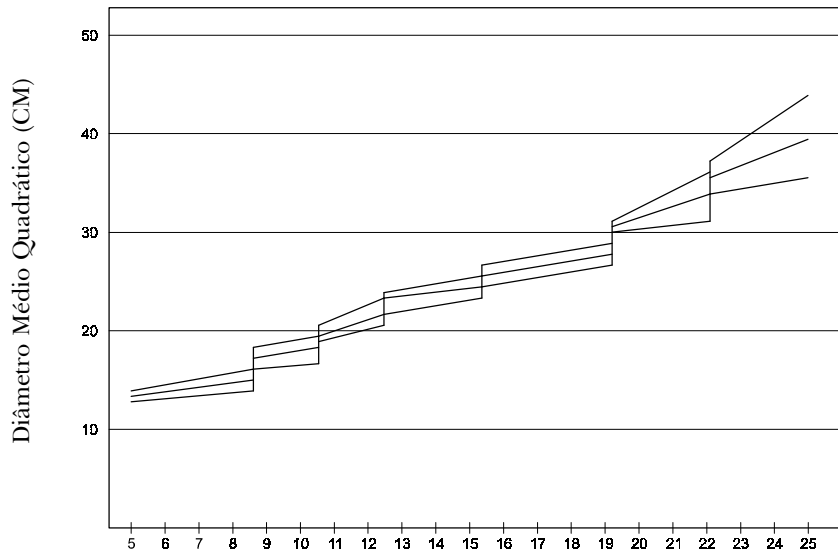


Figura 1:

Comportamento do diâmetro médio para os sítios 25, 29 e 33, sujeitos ao regime de manejo 1.

*Behavior of average diameter for site index 25, 29 and 33 under management system 1.*

Para diferentes números de desbastes, contatou-se que quanto maior o seu número, mais cedo ocorrerá a produção de volume para serraria e laminado, assim como, geralmente, maiores serão estas produções totais.

Regimes de manejo que envolvem menor número de desbaste propiciam maior produção volumétrica total, o que é também válido para volume comercial limitado por um pequeno diâmetro mínimo, como no caso da madeira utilizada para produção de aglomerado.

Desbastes com maior intensidade levam, a maiores produções totais para serraria e

laminado, enquanto desbaste com menor intensidade levam a uma maior produção volumétrica total e, também a um volume comercial limitado por um pequeno diâmetro mínimo, como no caso da madeira utilizada para produção de aglomerado.

Quando se consideraram diferentes épocas de desbastes, mesma intensidade e número, verificou-se 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.

## AUTORES / AUTHORS

JOSÉ ROBERTO SOARES SCOLFORO – Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais – UFPA / Universidade Federal de Lavras – Caixa Postal 37 – 37200-000 Lavras, MG.

SEBASTIÃO DO AMARAL MACHADO Professor Doutor do Departamento de Silvicultura e Manejo – UFPR / Universidade Federal do Paraná – Caixa Postal 2959 – 80035-000 – Curitiba, PR.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILEY, R. L.; DELL, T. R. Quantifying diameter distribution with the Weibull function. *Forest Science*, v. 19, n. 2, p. 27-104, 1973.
- BLISS, D. M.; REINKER, K. A. A lognormal approach to diameter distribution in even aged stands. *Forest Science*, v. 10, n. 3, p. 350-60, 1964.
- BURK, T. E.; NEWBERRY, J. D. A simple algorithm for moment – based recovery of Weibull distribution parameters. *Forest Science*, v. 30, n. 2, p. 329-32, 1984.
- CAMPOS, J. C. C. & TURNBULL, K. J. Um sistema para estimar produção por classe de diâmetro e sua aplicação na interpretação de efeitos de desbastes. *Revista Árvore*, v. 5, n. 1, p. 1-16, 1981.
- CAO, Q. V.; BURKHART, H. E.; LEMIN JR., R. C. *Diameter distributions and yields of thinned loblolly pine plantations*. Virginia, 1982. 62 p. (Publ. FWS, 1).
- CLUTTER, J. L.; BENNETT, F. A. Diameter distributions in old-field slash pine plantations. *General Forestry Resource Council*, n. 13, p. 1-9, 1965.
- COUTO, H. T. Z. *Distribuição de diâmetros em plantações de Pinus caribaea var. Morelet var. caribaea*. Piracicaba, 1980. 79p. Tese (Livres Docência). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- CUNHA NETO, F. R.; SCOLFORO, J. R. S.; CALEGARIO, N.; OLIVEIRA, A. D.; KANEGAE JÚNIOR, H. Modelo para predição da produção por classe de diâmetro para *Eucalyptus grandis*. *CERNE*, v. 1, p. 108-122, 1994.
- FINGER, C. A. G. *Distribuição de diâmetros em Acacia mearnsii de Wild, em diferentes povoamentos e idades*. Curitiba, 1982. 124 p. Dissertação (M.S) Universidade Federal do Paraná.
- FRAYER, J. R. *Compatible whole-stand and diameter distribution modelos for loblolly pine stands*. SU, Dep. For., 1981. 125 p. (Unpublished Ph. D. diss.)
- GLADE, J. E. *Prognose de volume por classe diamétrica para Eucalyptus grandis Hill ex Maiden*. Curitiba, 1986. 99 p. Dissertação (M.S) Universidade Federal do Paraná.
- GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. *Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil*. Brasília: IBDF, 1978. 66 p. (Série técnica, 11).
- HAFLEY, W. L. & SCHREUDER, H. T. Statistics distributions for fitting diameter and height data in even-aged stands. *Canadian Journal of Forestry Research*, v. 7, n. 2, p. 480-7, 1977.
- JORGE, L. A. B.; VEIGA, R. A.; PONTINHA, A. A. S. A função Weibull no estudo de distribuições diamétricas em povoamentos de *Pinus elliottii* na Estação Experimental de Itapeva. *IPEF*, n. 42/43, p. 54-60, 1990.
- LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C. C.; REGAZZI, A. J.; COUTO, L. Um modelo para estimar a produção de madeira para celulose e energia derivada da função Weibull. *Revista Árvore*, v. 14, n. 2, p. 162-178, 1990.
- MAESTRI, R.; SCOLFORO, J. R. S.; HOSOKAWA, R. T. Um sistema de predição do crescimento da produção de povoamentos de acácia negra (*Acacia mearnsii* de Wild). *Revista Árvore*, v. 19, n. 3, p. 358-381, 1995.
- NELSON, T. C. Diameter distribution and growth of Loblolly pine. *Forest Science*, v. 10, n. 1, p. 105-14, 1964.
- SCHREUDER, H. T.; HAFLEY, W. L. A usefull bivariate distribution for describing stand structure of tree heights and diameter. *Biometrics*, v. 33, n. 3, p. 471-488, 1977.
- SCOLFORO, J. R. S. Um modelo de crescimento e produção para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* sujeito a desbaste. *Revista árvore*, v. 16, n. 2, p. 144-156, 1992b.
- SCOLFORO, J. R. S. Curvas de índice de sítio para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *IPEF*, n. 45, p. 40-47, 1992.
- SCOLFORO, J. R. S.; HOSOKAWA, R. T. Avaliação da rotação econômica para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* sujeito a desbastes. *Revista árvore*, v. 16, n. 1, p. 43-58, 1992c.
- SCOLFORO, J. R. S. *Sistema integrado para predição e análise presente e futura do crescimento e produção com otimização da remuneração de capitais, para Pinus caribaea var. hondurensis*. Curitiba, 1990. 290 p. Tese – Doutorado. Universidade Federal do Paraná.