

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO E DO COMPRIMENTO DE TORAS DE *PINUS ELLIOTTII* NA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA E DE RESÍDUOS DE SERRARIA*.

Clovis RIBAS**

José Luis ASSINI**

Guenji YAMAZOE**

Lêda Maria A. GURGEL GARRIDO***

RESUMO

Foi estudado o rendimento de madeira serrada e de resíduos de serraria, em relação ao peso total das toras, a partir do desdobro de toras de *Pinus elliottii* Engel.var. *elliottii* de diversos diâmetros e comprimentos. Os resultados obtidos mostraram em média que: o rendimento em madeira serrada variou entre 37,5 % e 56,4 % e foi significativamente maior nas toras mais grossas e mais curtas; as porcentagens de casca variaram de 8,1 % a 9,3 %, sendo maiores nas toras mais finas, independente do comprimento das mesmas; as porcentagens de resíduos variaram de 24,5 % a 40,5 % e foram significativamente maiores nas toras mais finas e nas toras mais longas; as maiores quantidades de pó-de-serra foram produzidas pelas toras mais finas e pelas toras mais curtas, que variaram de 10,9 % a 12,8 %. Com base nos valores médios de rendimento foram desenvolvidas, para cada produto, as equações de regressão que serviram para a elaboração de tabelas de rendimento para os produtos de serraria, em função do diâmetro e do comprimento das toras.

Palavras-chave: *Pinus elliottii*; serraria; rendimento; madeira; resíduos.

ABSTRACT

It was studied the yield of lumber and sawmill residues of *Pinus elliottii* Engel.var. *elliottii* logs with different diameters and lengths. The results showed that the lumber yields varied between 37.5 % and 56.4 %, being higher in the small logs and also in the shorter ones. The average bark yields varied from 8.1 % to 9.3 % showing a significative influence of the diameter in the results. The residue yields varied from 24.5 % to 40.5 % and were higher in the thinner and also in the longer logs. The average sawdust yields were higher in the small diameter logs and also in the shorter ones. Based on the results obtained, regression equations were estimated in order to develop yield tables for the prediction of the sawmill product yields, according to the diameters and lengths of the logs.

Key words: *Pinus elliottii*; sawmill; lumber; sawmill residues; yield.

1 INTRODUÇÃO

Os estudos sobre a influência exercida pelo diâmetro, comprimento e forma sobre o rendimento da serradura de toras de *Pinus*, tem considerado quase que exclusivamente a produção de

madeira serrada. O aproveitamento dos resíduos provenientes da industrialização de madeira roliça pode oferecer rendimento adicional às serrarias, através da venda na forma de cavacos para fa-

(*) Trabalho realizado com auxílio financeiro da FUNDEPAG e aceito para publicação em outubro de 1988.

(**) Instituto Florestal - Caixa Postal 1322 - 01051 São Paulo - SP. Brasil

(***) Instituto Florestal - Caixa Postal 1322 - Bolsista do CNPq

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

bricação de celulose ou para fins energéticos, juntamente com o pó-de-serra e a casca. Para que uma transação justa seja efetuada entre o comprador e o vendedor, as florestas devem ser avaliadas de acordo com o seu potencial de produção de madeira serrada e também de acordo com o seu potencial de produção de resíduos.

O presente trabalho objetiva estudar os rendimentos de madeira serrada e demais produtos resultantes do desdobro de toras de *Pinus elliottii* Engel. var. *elliottii* com os diâmetros e comprimentos mais usuais nas serrarias do Estado de São Paulo e, com o auxílio desses dados, elaborar equações de previsão e tabelas de rendimento para a madeira serrada e para os resíduos de serraria.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Estudando o rendimento da serração de árvores de *Pinus echinata* com diferentes idades e diferentes diâmetros, PHILLIPS & SCHROEDER (1975), verificaram que a porcentagem de madeira serrada obtida variou de 43 % a 58 % em relação ao peso total das toras sendo esse rendimento grandemente influenciado pelo diâmetro.

ASSINI et alii (1979), obtiveram a partir de madeira roliça de *Pinus elliottii* com diâmetro médio de 16,69 cm, rendimento de 30,42 % de material serrado, utilizando-se de um conjunto de serra circular dupla como serra principal. Nesse estudo, os autores verificaram que o pó-de-serra e os resíduos representaram, respectivamente, 19,7 % e 49,91 %, valores esses altos, porém, justificados pela qualidade inferior

do material processado, e pelas características do equipamento utilizado.

ASSINI et alii (1984), estudando os rendimentos do processamento, em um conjunto de serra de fita geminada, de dois lotes diferentes de toras de *Pinus elliottii* provenientes de desbastes comerciais, verificaram que o rendimento de madeira serrada foi de 55 % para o primeiro lote e de 61 % para o segundo lote. Os autores concluíram que o rendimento foi grandemente influenciado pela conicidade das toras, que era maior no primeiro lote.

PONCE (1984), afirma que a conicidade e principalmente a tortuosidade são fatores importantes, no processamento de madeiras, afetando drasticamente o rendimento e a qualidade, além de influir negativamente na produtividade. O rendimento cresce abruptamente a partir de 15 cm até 30 cm de diâmetro sendo que acima de 30 cm, o acréscimo é menor. Segundo o autor, a medição de toras para a serraria como madeira empilhada (esteres), tende a valorizar mais as toras mais finas, mais tortuosas e com mais casca sendo que uma consequência desse método de medição é a baixa correlação existente entre o custo dessas toras inferiores e o volume da madeira produzida. A solução seria a existência de um sistema de classificação e valorização diferenciada para toras de qualidades distintas.

Os resultados do relatório I.P.T. n: 17.267 citado por VIANNA NETO (1984) sobre o rendimento volumétrico de um lote de 10 toras com médias de diâmetros menor e maior de respectivamente de 18,2 cm e 21,5 cm mostram que o volume roliço necessário à produção

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

de 1 m³ variou entre 1,84 m³ e 2,88 m³, sendo que essa grande variação foi devida, principalmente, às diferentes dimensões e formas das toras.

Estudando as técnicas operacionais de serrarias para madeiras de pequeno diâmetro, FREITAS (1986), concluiu que o rendimento da operação de desdobro depende do tipo de matéria-prima, do equipamento utilizado e da habilidade do operador. Toras de boa qualidade e de dimensões adequadas podem apresentar rendimentos de até 70 % sendo que toras de diâmetros reduzidos e de baixa qualidade, normalmente, atingem rendimentos da ordem de 30 %. Segundo o autor, como em média, para cada m³ de madeira produzida é também gerado um m³ de resíduos, pode-se avaliar a importância representada por esses produtos que podem ser destinados às indústrias de celulose, chapas ou ainda para fins energéticos.

3 MATERIAL E METODOS

As árvores selecionadas para a produção de toras pertenciam a um talhão de *Pinus elliottii* Engel. var. *elliottii* com 26 anos de idade, implantado originalmente sob o espaçamento 1,50 m x 1,50 m, na Floresta de Manduri, pertencente ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo e que havia sofrido 4(quatro) desbastes seletivos apresentando na ocasião do corte das árvores, a densidade de 516 indivíduos por hectare.

As médias e as amplitudes de variação das características das árvores do povoamento de onde foram extraídas as toras, são apresentadas na TABELA 1.

As árvores foram derrubadas, desgalhadas, divididas em toras, selecionadas de acordo com os comprimentos e diâmetros estudados e então transportadas para local sombreado, próximo ao pátio da serraria. Uma vez que a presença de nós e galhos prejudicam a qualidade das toras em diâmetros abaixo de 12 cm, essa madeira não foi considerada própria para utilização em serraria e isso limitou a altura comercial ao diâmetro mínimo de 12 cm.

Os diâmetros das toras foram medidos com casca na extremidade mais fina e esses valores juntamente com os comprimentos caracterizaram os tratamentos.

As classes diamétricas estudadas foram as seguintes:

- a) 12,1 - 15,0 cm (centro em 13,5 cm)
- b) 15,1 - 18,0 cm (centro em 16,5 cm)
- c) 18,1 - 21,0 cm (centro em 19,5 cm)
- d) 21,1 - 24,0 cm (centro em 22,5 cm)
- e) 24,1 - 27,0 cm (centro em 25,5 cm)

Para cada classe diamétrica foram cortadas toras de 2,10 m, 2,40 m, 3,00 m, 3,30 m e 4,20 m, de comprimento num total de 25 tratamentos. Cada parcela era composta de 5 toras e foram usadas 3(três) repetições, perfazendo, portanto, um total de 375 toras.

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

TABELA 1 - Valores médios e amplitude de variação das características das árvores do povoamento

| CARACTERISTICA | MEDIA | VARIAÇÃO |
|----------------------|-------|---------------|
| DAP (cm) | 24,80 | 20,60 - 30,80 |
| ALTURA TOTAL (m) | 19,30 | 18,30 - 22,50 |
| ALTURA COMERCIAL (m) | 15,10 | 14,60 - 17,80 |
| FATOR DE FORMA | 0,51 | 0,46 - 0,53 |

Cada grupo de 15 toras que representava as 3(três) repetições de um mesmo tratamento foi empilhado e as pilhas tiveram suas arestas medidas para se avaliar seus volumes em esteres. Cada tora teve anotado os valores de diâmetro maior e menor, os quais juntamente com o comprimento forneceram os volumes roliços segundo a fórmula de Smallian:

$$V = (B+b)/2 \cdot L$$

onde: V = volume

B = área da seção da base da tora

b = área da seção da ponta da tora

L = comprimento da tora

No pátio da serraria, no mesmo dia do corte, as toras foram pesadas individualmente, sendo a seguir descascadas e imediatamente repesadas. A diferença entre o 1º e o 2º peso forneceu o peso da casca.

As toras descascadas, logo em seguida, foram desdobradas em tábuas de largura variável, em um

conjunto formado por uma serra de fita dupla principal, uma serra de fita simples para aproveitamento de costaneiras, uma canteadeira dupla e por uma destopadeira. Esse conjunto se encontrava em excelente condição de uso o que possibilitou a obtenção de um alto rendimento tendo sido computadas, para essa finalidade, somente as peças de madeira serrada maiores que 1 m e sem defeitos.

A madeira obtida das 5(cinco) toras de cada parcela, foi pesada, logo após o desdobro, assim como todos os resíduos (costaneiras, refilos e destopos). O peso do pó-de-serra foi obtido pela diferença entre o peso da tora descascadas e o peso da madeira serrada acrescido do peso dos resíduos. Foi também avaliado o volume das peças de madeira serrada que apresentavam comprimento igual ao da tora da qual foram obtidas, com a finalidade de se verificar a influência do comprimento das toras no rendimento em madeira serradas com aquela qualidade.

Todas as análises estatísticas seguiram o esquema fatorial 5 x 5, inteiramente casualizado,

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

com três repetições. Os dados de volume com casca, peso total da tora, peso da madeira serrada e pesos de casca, resíduos e pó-de-serra, foram analisados estatisticamente. As porcentagens de peso de madeira serrada e de resíduos em relação ao peso total da tora também foram analisados estatisticamente, usando-se para isso, a transformação $y = \arcsin x$, onde x é a relação entre os pesos considerados.

Foram estimados para cada tratamento, as quantidades de esteres e m^3 roliços necessários à produção de $1 m^3$ de madeira serrada, além do coeficiente de empilhamento, cujos resultados foram analisados usando-se a transformação do tipo $y = \arcsin 1/x$ onde x é o valor em esteres ou m^3 roliços.

Quando as análises permitiram, foram efetuadas comparações entre as médias dos resultados para os diferentes diâmetros, dentro de cada comprimento de tora.

As tabelas relacionando diâmetro e comprimento das toras com pesos de madeira serrada, madeira serrada com comprimento igual ao da tora, casca, pó-de-serra e resíduos, foram elaboradas a partir da equação:

$$Y_i = b_0 + b_1 (D_i^2 L_i) + e_i$$

onde: Y_i = peso do produto a ser estimado

b_0 e b_1 = coeficientes da equação

D_i = diâmetro da tora

L_i = comprimento da tora

e_i = erro experimental

As equações permitiram a

estimação dos coeficientes de correlação (r) para cada caso os quais foram avaliados através do teste "t".

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na TABELA 2 acham-se expostos os valores médios dos coeficientes de empilhamento observados para os diâmetros e comprimentos de toras estudados.

Esses resultados evidenciam a influência significativa do diâmetro das toras no valor do coeficiente de empilhamento, observando-se que quanto maior o diâmetro, menor é o valor do coeficiente. O valor do coeficiente de empilhamento aumentou com o comprimento das toras em cerca de 4 %, aumento esse, não significativo estatisticamente, fato esse devido a boa forma do fuste das árvores que produziram as toras estudadas, de acordo com PONCE (1984).

Os valores referentes a quantidade média de esteres necessário à produção de $1 m^3$ de madeira serrada, para os diâmetros e comprimentos estudados, podem ser observados na TABELA 3.

Os valores apresentados na TABELA 3, mostram que a quantidade média de esteres necessárias à produção de $1 m^3$ de madeira serrada está inversamente relacionada ao diâmetro da tora, até o diâmetro de 21,0 cm. Para diâmetros maiores, a quantidade necessária não se altera significativamente. O comprimento das toras não influenciou de forma definida o rendimento de madeira serrada, devido talvez a boa forma do fuste das árvores que produziram toras com baixo índice de tortuosidade.

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

TABELA 2-Coefficientes de empilhamento médios observados para toras com diâmetros, na extremidade mais fina, entre 12,1 cm e 27,0 cm e comprimento entre 2,10 m e 4,20 m.

| DIAMETRO (cm) | C O M P R I M E N T O (m) | | | | | MEDIA |
|---------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| | 2,10 | 2,40 | 3,00 | 3,30 | 4,20 | |
| 12,1 - 15,0 | 1,44 | 1,43 | 1,51 | 1,55 | 1,52 | 1,49 (a) |
| 15,1 - 18,0 | 1,35 | 1,39 | 1,48 | 1,43 | 1,50 | 1,43 (b) |
| 18,1 - 21,0 | 1,39 | 1,33 | 1,34 | 1,38 | 1,41 | 1,37 (c) |
| 21,1 - 24,0 | 1,33 | 1,34 | 1,34 | 1,33 | 1,37 | 1,34 (d) |
| 24,1 - 27,0 | 1,27 | 1,30 | 1,25 | 1,29 | 1,27 | 1,28 (e) |
| média * | 1,36 (a) | 1,36 (a) | 1,38 (a) | 1,40 (a) | 1,41 (a) | |

(*) As letras entre parênteses representam o resultado do Teste de Tukey. As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade (coeficiente de variação = 1,09 %)

TABELA 3 - Quantidade média de esteres necessários para produção de 1 m³ de madeira serrada, para toras com diâmetro na extremidade mais fina entre 12,1 cm e 27,0 cm e comprimento entre 2,10 m e 4,20 m.

| DIAMETRO (cm) | C O M P R I M E N T O (m) | | | | | MEDIA * |
|---------------|---------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|----------|
| | 2,10 | 2,40 | 3,00 | 3,30 | 4,20 | |
| 12,1 - 15,0 | 4,25 | 3,77 | 4,38 | 4,13 | 3,82 | 4,07 (a) |
| 15,1 - 18,0 | 2,95 | 3,19 | 3,79 | 3,62 | 3,23 | 3,36 (b) |
| 18,1 - 21,0 | 2,68 | 2,65 | 2,86 | 2,73 | 2,72 | 2,73 (c) |
| 21,1 - 24,0 | 2,40 | 2,59 | 2,72 | 2,76 | 2,79 | 2,65 (c) |
| 24,1 - 27,0 | 2,48 | 2,55 | 2,59 | 2,77 | 2,63 | 2,60 (c) |
| média * | 2,95 (b) | 2,95 (b) | 3,27 (a) | 3,20 (a,b) | 3,04 (a,b) | |

(*) As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey (coeficiente de variação = 2,72 %)

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

Para servir de referência às transações nas quais o volume roliço é utilizado como medida, na TABELA 4, são apresentadas as porcentagens médias de rendimento volumétrico de madeira serrada obtidas em relação ao volume sólido de madeira roliça utilizada.

Os valores apresentados na TABELA 4, indicam que o comprimento da tora não influenciou de maneira consistente o rendimento volumétrico de madeira serrada, em relação ao volume de madeira roliça empregada. Verifica-se, porém, que houve uma influência significativa do diâmetro das toras no rendimento, com um crescimento abrupto até o diâmetro de 21,0 cm e uma estabilização para os diâmetros compreendidos entre 21,1 cm e 27,0 cm, estando esses resultados de acordo com os de PONCE (1984), VIANNA NETO (1984) e FREITAS (1986).

Com base no peso verde total, as toras produziram em média, de acordo com os diâmetros e comprimentos estudados, de 37,5 % a 56,4 % de madeira serrada; de 27,6 % a 40,1 % de madeira serrada com comprimento igual ao da tora; de 8,1 % a 9,3 % de casca; de 24,5 % a 40,5 % de resíduos e de 10,9 % a 12,8 % de pó-de-serra, conforme pode ser verificado nas TABELAS 5 e 6, apresentadas a seguir.

Observando-se as TABELAS 5 e 6, verifica-se que:

a) as porcentagens de rendimento em peso de madeira serrada e madeira serrada no comprimento da tora foram significativamente influenciadas pelos diâmetros das toras, numa relação positiva. No que se refere à influência exercida pelo comprimento das toras, verifica-

se que as toras mais curtas foram superiores às toras mais longas. Esses resultados concordam plenamente com os encontrados por PHILLIPS & SCHROEDER (1975);

b) as porcentagens de rendimento de casca em peso não variaram em função dos diferentes comprimentos de tora. A superioridade dos valores observados para os diâmetros menores (12,1 cm a 18,0 cm) em relação aos diâmetros maiores (19,1 cm a 27,0 cm), deve-se, talvez, aos maiores teores de umidade apresentados pela casca situada mais próxima ao ponteiro da árvore, que é o material encontrado nas toras mais finas; nas toras mais grossas, as cascas são comparativamente mais espessas, porém, de densidade menor;

c) as quantidades de resíduos de serraria foram significativamente maiores para as toras mais finas. Na comparação entre as médias de rendimento de resíduos em função do comprimento das toras, observa-se que as toras mais longas produziram maiores porcentagens de resíduos, constatando-se, porém, que essa tendência não se verificou de forma consistente, devido provavelmente, à baixa ocorrência de tortuosidade nas toras;

d) as toras de menor diâmetro (12,1 cm a 18,0 cm) produziram mais pó-de-serra em peso que as de maior diâmetro (18,1 cm a 27,0 cm). Nas comparações entre os comprimentos de tora ocorreram diferenças significativas no rendimento de pó-de-serra, estando as maiores produções associadas às toras mais curtas.

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

TABELA 4 - Porcentagens de rendimento volumétrico médio de madeira serrada e relação ao volume sólido de madeira roliça utilizado, para toras com diâmetros, na extremidade mais fina, entre 12,1 cm e 27,0 cm e comprimentos de 2,10 m a 4,20 m.

| DIAMETRO (cm) | C O M P R I M E N T O (m) | | | | | MÉDIA * |
|---------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| | 2,10 | 2,40 | 3,00 | 3,30 | 4,20 | |
| 12,1 - 15,0 | 33,9 | 38,2 | 34,5 | 37,7 | 39,7 | 36,8 (a) |
| 15,1 - 18,0 | 45,9 | 43,9 | 39,1 | 39,7 | 46,5 | 43,0 (b) |
| 18,1 - 21,0 | 52,1 | 50,5 | 46,9 | 50,8 | 51,8 | 50,4 (c) |
| 21,1 - 24,0 | 55,6 | 51,5 | 51,5 | 46,5 | 49,3 | 50,9 (c) |
| 24,1 - 27,0 | 51,0 | 51,0 | 48,5 | 46,5 | 48,1 | 49,0 (c) |
| média * | 47,7 (b) | 47,0 (b) | 44,1 (a) | 44,2 (a) | 47,1 (b) | |

(*) As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de TUKEY (coeficiente de variação = 3,2 %)

TABELA 5 - Porcentagens médias de rendimento, em relação ao peso verde total da tora, de madeira serrada, de madeira serrada com comprimento igual ao da tora, de casca, de resíduos e de pó-de-serra, para as classes diamétricas estudadas.

| CLASSE DIAMÉTRICA (cm) | RENDIMENTO (%)* | | | | |
|------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------|----------|-------------|
| | madeira serrada | madeira serrada comp. tora | casca | resíduos | pó-de-serra |
| 12,1 - 15,0 | 37,5 d | 27,6 d | 9,3 a | 40,5 a | 12,8 a |
| 15,1 - 18,0 | 44,2 c | 34,8 c | 9,0 a | 34,3 b | 12,5 a |
| 18,1 - 21,0 | 52,3 b | 43,3 b | 8,4 b | 28,5 c | 10,9 b |
| 21,1 - 24,0 | 55,6 a,b | 47,6 a,b | 8,4 b | 25,1 d | 10,9 b |
| 24,1 - 27,0 | 56,4 a | 49,1 a | 8,1 b | 24,5 d | 10,9 b |
| coeficiente de variação | 2,00 | 3,86 | 3,33 | 3,02 | 6,24 |

(*) As médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de TUKEY.

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

TABELA 6 - Porcentagens médias de rendimento em relação ao peso verde total da tora, de madeira serrada, de madeira serrada com comprimento igual ao da tora, de casca de resíduos e de pó-de-serra.

| COMPRIMENTO DA TORA (m) | RENDIMENTO (%)* | | | | |
|----------------------------|--------------------|----------------------------------|-------|----------|-------------|
| | madeira serrada | madeira serrada comp./tora | casca | resíduos | pó-de-serra |
| 2,10 | 51,1 a | 45,7 a | 8,4 a | 28,1 c | 12,3 a |
| 2,40 | 50,2 a | 40,9 b | 8,7 a | 29,1 b,c | 12,0 a,b |
| 3,00 | 47,7 b,c | 39,7 b | 8,8 a | 32,3 a | 11,2 c |
| 3,30 | 47,6 c | 39,4 d | 8,6 a | 32,9 a | 10,9 c |
| 4,20 | 49,2 b | 36,7 b | 8,5 a | 30,5 b | 11,7 b |
| coeficiente de variação % | 2,00 | 3,86 | 3,33 | 3,02 | 6,24 |

(*) As médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de TUKEY

Nas TABELAS 7, 8, 9, 10 e 11, são apresentados os valores estimados de volume de madeira serrada, peso de madeira serrada, peso de casca, peso de resíduos e peso de pó-de-serra, em função do diâmetro e do comprimento das toras. A seguir a cada tabela encontram-se as equações estimadas para cada caso, as estimativas do coeficiente de correlação (r) e do coeficiente de determinação (r^2), além dos resultados do teste t aplicado aos coeficientes de correlação.

Os valores dos coeficientes de correlação (r) variaram de

0,91 a 0,99. Os resultados do teste t aplicados a esses coeficientes foram todos altamente significativos (significativos a 1 % de probabilidade) demonstrando bom ajuste das equações obtidas às variáveis em estudo.

Os coeficientes de determinação (r^2) entre 82 % e 98 % indicam que os valores de volume e peso do experimento, podem ser explicados nessas porcentagens pelas variáveis utilizadas na equação. Esses valores indicam, também, a confiabilidade dos pesos e volumes estimados por interpolação.

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

TABELA 7 - Volume de madeira serrada (m³) em função da variação do comprimento e do diâmetro médio, para toras de *Pinus elliottii*.

| COMP. TORA | DIAMETRO DA TORA (cm) | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| | (m) | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| 1,80 | 0,007 | 0,010 | 0,015 | 0,020 | 0,025 | 0,031 | 0,038 | 0,045 | 0,053 | 0,061 | |
| 2,10 | 0,008 | 0,013 | 0,018 | 0,023 | 0,030 | 0,037 | 0,045 | 0,053 | 0,062 | 0,072 | |
| 2,40 | 0,010 | 0,015 | 0,021 | 0,027 | 0,035 | 0,043 | 0,052 | 0,061 | 0,072 | 0,083 | |
| 2,70 | 0,012 | 0,017 | 0,024 | 0,031 | 0,040 | 0,049 | 0,059 | 0,070 | 0,081 | 0,094 | |
| 3,00 | 0,014 | 0,020 | 0,027 | 0,035 | 0,044 | 0,055 | 0,066 | 0,078 | 0,091 | 0,105 | |
| 3,30 | 0,015 | 0,022 | 0,030 | 0,039 | 0,049 | 0,060 | 0,073 | 0,086 | 0,100 | 0,116 | |
| 3,60 | 0,017 | 0,025 | 0,033 | 0,043 | 0,054 | 0,066 | 0,079 | 0,094 | 0,110 | 0,126 | |
| 3,90 | 0,019 | 0,027 | 0,036 | 0,047 | 0,059 | 0,072 | 0,086 | 0,102 | 0,119 | 0,137 | |
| 4,20 | 0,020 | 0,029 | 0,039 | 0,051 | 0,064 | 0,078 | 0,093 | 0,110 | 0,129 | 0,148 | |
| 4,50 | 0,022 | 0,032 | 0,042 | 0,055 | 0,068 | 0,084 | 0,100 | 0,118 | 0,138 | 0,159 | |
| 4,80 | 0,024 | 0,034 | 0,046 | 0,059 | 0,073 | 0,090 | 0,107 | 0,127 | 0,147 | 0,170 | |
| 5,10 | 0,026 | 0,036 | 0,049 | 0,063 | 0,078 | 0,095 | 0,114 | 0,135 | 0,157 | 0,181 | |

1. $\hat{Y}_i = -0,004 + 0,402 \cdot D_i^2 \cdot L_i$
 Coeficiente de correlação, $r = 0,99$
 Coeficiente de determinação $r^2 = 98 \%$
 $t = 32,12^{**}$

2. O espaço demarcado representa os valores obtidos por interpolação.

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

TABELA 8 - Peso de madeira serrada (kg) em função da variação do comprimento e do diâmetro, para toras de *Pinus elliottii*

| COMP. TORA (cm) | DIAMETRO MEDIO DA TORA (cm) | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| 1,80 | 7,62 | 11,21 | 15,36 | 20,06 | 25,31 | 31,12 | 37,47 | 44,39 | 51,85 | 59,87 |
| 2,10 | 9,27 | 13,47 | 18,31 | 23,79 | 29,92 | 36,60 | 44,11 | 52,17 | 60,88 | 70,23 |
| 2,40 | 10,93 | 15,73 | 21,25 | 27,52 | 34,52 | 42,27 | 50,74 | 59,96 | 69,91 | 80,60 |
| 2,70 | 12,59 | 17,98 | 24,20 | 31,25 | 39,13 | 47,84 | 57,38 | 67,75 | 78,94 | 90,97 |
| 3,00 | 13,25 | 20,24 | 27,15 | 34,99 | 43,74 | 53,42 | 64,01 | 75,53 | 87,97 | 101,34 |
| 3,30 | 15,90 | 22,50 | 30,10 | 38,72 | 48,35 | 58,99 | 70,65 | 83,32 | 97,01 | 111,70 |
| 3,60 | 15,57 | 24,76 | 33,05 | 42,45 | 52,96 | 64,57 | 77,38 | 91,11 | 106,04 | 122,07 |
| 3,90 | 19,23 | 27,01 | 36,00 | 46,18 | 57,56 | 70,14 | 83,89 | 98,89 | 115,07 | 132,44 |
| 4,20 | 20,88 | 29,27 | 38,95 | 49,91 | 62,17 | 75,71 | 90,55 | 106,68 | 124,10 | 142,81 |
| 4,50 | 22,54 | 31,53 | 41,90 | 53,65 | 66,78 | 81,29 | 97,19 | 114,47 | 113,13 | 153,17 |
| 4,80 | 24,20 | 33,79 | 44,85 | 57,38 | 71,39 | 86,87 | 103,82 | 122,26 | 142,16 | 163,54 |
| 5,10 | 25,86 | 36,05 | 47,80 | 61,11 | 75,99 | 92,44 | 110,46 | 130,04 | 151,19 | 173,91 |

$$1. Y_i = - 2,34 + 383,97 \cdot D_i^2 \cdot L_i$$

Coefficiente de correlação, $r = 0,99$

Coefficiente de determinação, $r^2 = 98 \%$

$t = 29,05^*$

2. O espaço demarcado representa os valores obtidos por interpolação.

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

TABELA 9 - Peso de casca (kg) em função da variação do comprimento e do diâmetro médio, para toras de *Pinus elliottii*.

| COMP. TORA (m) | DIAMETRO MEDIO DA TORA (cm) | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| 1,80 | 2,64 | 3,12 | 3,67 | 4,30 | 4,99 | 5,76 | 6,61 | 7,53 | 8,52 | 9,58 |
| 2,10 | 2,86 | 3,42 | 4,06 | 4,79 | 5,61 | 6,51 | 7,49 | 8,56 | 9,72 | 10,96 |
| 2,40 | 3,08 | 3,72 | 4,45 | 5,29 | 6,22 | 7,25 | 8,37 | 9,60 | 10,92 | 12,34 |
| 2,70 | 3,30 | 4,02 | 4,85 | 5,78 | 6,83 | 7,99 | 9,25 | 10,63 | 12,12 | 13,72 |
| 3,00 | 3,52 | 4,32 | 5,24 | 6,28 | 7,44 | 8,73 | 10,14 | 11,67 | 13,32 | 15,09 |
| 3,30 | 3,74 | 4,62 | 5,63 | 6,77 | 8,05 | 9,47 | 11,02 | 12,70 | 14,52 | 16,47 |
| 3,60 | 3,96 | 4,92 | 6,02 | 7,27 | 8,56 | 10,21 | 11,90 | 13,73 | 15,72 | 17,85 |
| 3,90 | 4,18 | 5,22 | 6,41 | 7,77 | 9,28 | 10,95 | 12,78 | 14,77 | 16,92 | 19,23 |
| 4,20 | 4,41 | 5,52 | 6,81 | 8,26 | 9,89 | 11,69 | 13,66 | 15,80 | 18,12 | 20,61 |
| 4,50 | 4,63 | 5,82 | 7,20 | 8,76 | 10,50 | 12,43 | 14,54 | 16,84 | 19,32 | 21,98 |
| 4,80 | 4,58 | 6,12 | 7,59 | 9,25 | 11,11 | 13,17 | 15,42 | 17,87 | 20,52 | 23,36 |
| 5,10 | 5,07 | 6,42 | 7,98 | 9,75 | 11,73 | 17,91 | 16,31 | 18,91 | 21,72 | 24,73 |

1. $\hat{Y}_i = 1,32 + 51,01 \text{ Di}^2 \cdot \text{Li}$

Coefficiente de correlação, $r = 0,99$

Coefficiente de determinação, $r^2 = 98 \%$

$t = 31,74^{**}$

2. O espaço demarcado representa os valores obtidos por interpolação.

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

TABELA 10 - Peso de resíduos (kg) em função da variação do comprimento e do diâmetro médio, para toras de *Pinus elliottii*.

| COMP. TORA (m) | DIAMETRO MEDIO DA TORA (cm) | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| 1,80 | 12,38 | 13,71 | 15,25 | 16,98 | 18,93 | 21,07 | 23,42 | 25,98 | 28,74 | 31,70 |
| 2,10 | 13,00 | 14,55 | 16,34 | 18,36 | 20,63 | 23,13 | 25,88 | 28,85 | 32,08 | 33,53 |
| 2,40 | 13,61 | 15,38 | 17,43 | 19,74 | 22,33 | 25,19 | 28,33 | 31,74 | 35,42 | 39,37 |
| 2,70 | 14,22 | 16,22 | 18,52 | 21,12 | 24,04 | 27,26 | 30,78 | 34,61 | 38,75 | 43,20 |
| 3,00 | 14,84 | 17,05 | 19,61 | 22,50 | 25,74 | 29,32 | 33,23 | 37,49 | 42,09 | 47,03 |
| 3,30 | 15,45 | 17,89 | 20,70 | 27,44 | 31,38 | 35,68 | 40,37 | 40,37 | 45,43 | 50,87 |
| 3,60 | 16,06 | 18,72 | 21,79 | 25,26 | 29,15 | 33,44 | 38,14 | 43,25 | 48,77 | 54,70 |
| 3,90 | 16,68 | 19,56 | 22,88 | 26,64 | 30,85 | 35,50 | 40,59 | 46,13 | 52,11 | 58,53 |
| 4,20 | 17,29 | 20,39 | 23,97 | 28,02 | 32,55 | 37,56 | 43,05 | 49,01 | 55,45 | 62,36 |
| 4,50 | 17,90 | 21,23 | 25,06 | 29,40 | 34,26 | 39,62 | 45,50 | 51,89 | 58,79 | 66,20 |
| 4,80 | 18,52 | 22,06 | 26,15 | 30,78 | 35,96 | 41,68 | 47,95 | 54,77 | 62,13 | 70,03 |
| 5,10 | 19,13 | 22,89 | 27,24 | 32,16 | 37,66 | 43,75 | 50,41 | 57,65 | 65,46 | 73,86 |

1. $\hat{Y}_i = 8,71 + 141,95 \text{ Di}^2 \cdot \text{Li}$

Coeficiente de correlação, $r = 0,91$

Coeficiente de determinação, $r^2 = 82 \%$

$t = 10,40^{**}$

2. O espaço demarcado representa os valores obtidos por interpolação

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

TABELA 11 - Peso de pó-de-serra (kg) em função da variação do comprimento e do diâmetro médio, para toras de *Pinus elliottii*.

| COMP. TORA (m) | DIAMETRO MEDIO DA TORA (cm) | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| 1,80 | 3,42 | 4,06 | 4,80 | 5,64 | 6,58 | 7,62 | 8,76 | 10,00 | 11,34 | 12,77 |
| 2,10 | 3,71 | 4,46 | 5,33 | 6,31 | 7,41 | 8,62 | 9,95 | 11,39 | 12,95 | 14,63 |
| 2,40 | 4,01 | 4,87 | 5,86 | 6,98 | 8,23 | 9,62 | 11,14 | 12,79 | 14,57 | 16,48 |
| 2,70 | 4,31 | 5,27 | 6,39 | 7,65 | 9,06 | 10,62 | 12,33 | 14,18 | 16,19 | 18,34 |
| 3,00 | 4,60 | 5,68 | 6,91 | 8,32 | 9,88 | 11,62 | 13,51 | 15,58 | 17,80 | 20,20 |
| 3,30 | 4,90 | 6,08 | 7,44 | 8,99 | 10,71 | 12,62 | 14,70 | 16,97 | 19,42 | 22,05 |
| 3,60 | 5,20 | 6,49 | 7,97 | 9,65 | 11,53 | 13,62 | 15,89 | 18,36 | 21,04 | 23,91 |
| 3,90 | 5,50 | 6,89 | 8,50 | 10,32 | 12,36 | 14,61 | 17,08 | 19,76 | 22,66 | 25,77 |
| 4,20 | 5,79 | 7,29 | 9,03 | 10,99 | 13,18 | 15,61 | 18,27 | 21,15 | 24,27 | 27,62 |
| 4,50 | 6,09 | 7,70 | 9,55 | 11,66 | 14,01 | 16,61 | 19,45 | 22,55 | 25,89 | 29,48 |
| 4,80 | 6,39 | 8,10 | 10,08 | 12,33 | 14,83 | 17,61 | 20,64 | 23,94 | 27,57 | 31,33 |
| 5,10 | 6,68 | 8,51 | 10,61 | 12,99 | 15,66 | 18,61 | 21,83 | 25,34 | 29,12 | 33,19 |

1. $\hat{Y}_i = 1,63 + 68,75 \text{ Di}^2 \cdot \text{Li}$

Coeficiente de correlação, $r = 0,98$

Coeficiente de determinação, $r^2 = 97 \%$

$t = 25,74^{**}$

2. O espaço demarcado representa os valores obtidos por interpolação

RIBAS, C. et alii. Estudo da influência do diâmetro e do comprimento de toras de *Pinus elliottii* na produção de madeira serrada e de resíduos de serraria.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no estudo realizado com toras de *Pinus elliottii* Engel. var. *elliottii* de diferentes diâmetros e comprimentos, permitem concluir que:

- a) quanto maior o diâmetro da tora, menor o coeficiente de empilhamento;
- b) o aumento do diâmetro das toras proporcionou aumentos significativos no rendimento de madeira serrada, até o diâmetro de 21,0 cm;
- c) o comprimento das toras teve influência no rendimento de madeira serrada, sendo que nas toras mais curtas o rendimento em geral foi superior ao das toras mais longas;
- d) as porcentagens de peso de casca não variaram em função do comprimento da tora e foram significativamente maiores para as toras com diâmetros abaixo de 18 cm;
- e) as quantidades de resíduos de serraria foram significativamente maiores para as toras mais finas e não foram influenciadas pela variação do comprimento;
- f) as toras com diâmetro abaixo de 18,0 cm produziram mais pó-de-serra do que as toras mais grossas. Não houve influência do comprimento da tora na quantidade de pó-de-serra produzida e;
- g) foram obtidas tabelas para estimativa de volumes e pesos de madeira serrada e resíduos a partir dos diâmetros e comprimentos de tora, de alta con-

fiabilidade.

6 LITERATURA CITADA

- ASSINI, J. L. et alii. 1979. *Processamento mecânico de madeira de Pinus de pequenas dimensões*. São Paulo, Instituto Florestal. 17p. (Boletim Técnico IF, 33)
- _____. 1984. Desempenho de um conjunto de serras de fita germinada e simples e canteadeira dupla no processamento de *Pinus*. *Boletim Técnico IF*, São Paulo, 38(2):127-141, ago.
- FREITAS, A. R. 1986. Alternativas tecnológicas para melhor aproveitamento dos recursos florestais brasileiros. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5, Olinda - PE, nov. 23-28, 1986. *Silvicultura*, São Paulo, 11(41):176-178.
- PHILLIPS, D. R. & SCHROEDER, J. G. 1975. *Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of shortleaf pine*. Asheville, USDA - Forest Service. 12p. (Research Paper SE, 128)
- PONCE, R. H. 1984. Produção de madeira de qualidade para processamento mecânico. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS DE RE-FLORESTAMENTO, Curitiba - PR. Relatório... *Silvicultura*, São Paulo, 9(34):9-13.
- VIANNA NETO, J. A. A. 1984. Considerações básicas sobre desdobro de *Pinus* spp. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS DE RE-FLORESTAMENTO, Curitiba - PR. Relatório... *Silvicultura*, São Paulo, 9(34):15-19.