

# **TABELAS DE SORTIMENTO PARA PINUS ELLIOTTII ENGELM, NA FLORESTA NACIONAL DE TRÊS BARRAS - SC.**

Luiz Alberto Blanco Jorge\*

## **SUMMARY**

*The main objective of this research was to elaborate individual assortment tables for Pinus elliottii Engelm. stands located in the Três Barras National Forest.*

*It were used 150 trees obtained in stands with ages ranging from 14 to 20 years, but only 16 years old. The following four partial taper function models were developed and graphically fitted in order to evaluate two series of artificial quotients.*

$$\begin{aligned} y_1 &= a_{11} (1 + a_{12} x)^{P_1} & 0 \leq x \leq 0,05 \\ y_2 &= a_{21} + a_{22} (0,45 - x)^{P_2} & 0,05 \leq x \leq 0,45 \\ y_3 &= a_{31} + a_{32} (0,85 - x)^{P_3} & 0,45 \leq x \leq 0,85 \\ y_4 &= a_{41} (1 - x)^{P_4} & 0,85 \leq x \leq 1,0 \end{aligned}$$

*The merchantable height and the individual total volume inside bark of the trees were estimated by employing the parabolic equations. These values were compared with the standard data through the mean percent of deviations, which presented results respectively equals to 3,3% and 8,8%.*

*Individual assortment tables for height and volume's percentage were obtained to the top diameters of 10 cm, 15 cm and 20 cm.*

## **1. INTRODUÇÃO**

As peças de madeira de *Pinus elliottii* Engelm. atingem diferentes preços no mercado consumidor. Este fato está diretamente relacionado ao diâmetro mínimo exigido pelas diferentes atividades madeireiras. Na região de influência da Floresta Nacional de Três Barras, os toretes com diâmetro mínimo acima de 20 cm são comercializados com fins de desdobro em serrarias. Para a mesma utilização anterior, são destinadas peças com dimensões diamétricas variando entre 20 cm e 15 cm. Estas porém, alcançam um preço menor no mercado madeireiro. São direcionadas às empresas de papel e celulose aqueles toretes que têm no mínimo 10 cm de diâmetro.

A presente pesquisa nasceu da necessidade de se oferecer subsídios que possibilitassem otimizar o tamanho de toretes para as diferentes categorias de lenho. Os instrumentos importantes a serem manuseados são tabelas de sortimento individuais que indicam as alturas correspondentes aos diâmetros mínimos prefixados. Como informação suplementar tem-se tabelas de sortimento que apresentam resultados de percentagens de volume (correlacionadas aos diâmetros mínimos) em relação ao volume total individual das árvores.

Tabelas de sortimento são elaboradas a partir de equações que descrevem o formato médio do tronco de uma espécie de madeira. Através de funções de forma obtém-se a reprodução dos valores diamétricos situados à alturas sucessivas.

A metodologia de HOHENADL\*\* (PRODAN<sup>o</sup>) para o estudo da forma do tronco baseia-se na tomada de diâmetros em posições correspondentes à frações iguais da altura total, sendo que esses devem ser expressos em termos de diâmetro de referência.

\* Engenheiro Florestal, M.Sc. em Manejo Florestal.

\*\* HOHENADL, W. Der Aufbau der Baumschäfte. Fw. Cbl. 1924.

PELLICO NETTO<sup>4</sup> dividiu as funções que descrevem a forma da árvore em dois grupos: as construídas para uma série absoluta contínua de forma e as equacionadas para uma série relativa contínua de forma. Na série relativa contínua de forma a função que descreve o perfil da árvore é desenvolvida para uma série relativa de diâmetros como função de uma série relativa de alturas.

KOZAK<sup>2</sup> et alii utilizaram o processo de descrição da forma do tronco através da série relativa contínua de forma quando propuseram a seguinte equação parabólica para coníferas medidas pelo serviço florestal de British Columbia, Canadá:

$$\left(\frac{dx}{d}\right)^2 = a + \frac{b \, hx}{h} + c \left(\frac{hx}{h}\right)^2$$

Pela equação anterior observa-se que os diâmetros foram divididos pelo diâmetro à altura do peito, originando quocientes de forma artificiais. Caracterizou-se, porém, uma série relativa, devido ao uso de alturas relativas.

PREUSSNER<sup>5</sup> fez a dedução de uma curva de forma para o pinheiro (Fichte), composta de quatro funções parciais. Para isso foram medidos os diâmetros a 0,05 h; 0,15 h; 0,25 h; 0,35 h; 0,45 h; 0,55 h; 0,65 h; 0,75 h; 0,85 h; 0,95 h. Na subdivisão da curva de forma em 4 partes distintas, cada uma destas foi equacionada por uma parábola, ou seja:

$$y_1 = a_{11} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + bx}} \quad 0 \leq x \leq 0,25$$

$$y_2 = a_{21} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - x}} \quad 0,25 \leq x \leq 0,60$$

$$y_3 = a_{31} \cdot \frac{1}{\sqrt{(1 - x)^3}} \quad 0,60 \leq x \leq 0,75$$

$$y_4 = a_{41} \cdot \frac{1}{\sqrt{(1 - x)^5}} \quad 0,75 \leq x \leq 1,0$$

onde:

$$x = \frac{hx}{h} = \text{série relativa de alturas}$$

$$y = \frac{dx}{d \, 0,5 h} = \text{série relativa de diâmetros}$$

A série relativa de diâmetros foi tomada em relação à metade do tronco, pois segundo PREUSSNER<sup>5</sup> haveria uma distribuição mais homogênea dos pontos.

PÉLLICO NETTO<sup>4</sup> desenvolveu um processo para ajustar a forma da árvore, em que séries transformadas são obtidas somando-se e subtraindo-se os quocientes de forma naturais simétricos em relação a metade da altura (0,5 h) tomada como ponto de referência. Tem-se então novas séries denominadas ASy para soma de quocientes de forma e ADy para diferença entre eles. Para descrição das duas curvas, que reproduzem os valores de ASy e ADy, foram empregadas quatro equações parabólicas, quais sejam:

$$\begin{aligned}
ASy_1 &= \beta_{01} (1 + \beta_{11} \cdot y)^{P_1} & 0 \leq y \leq 0,2 \\
ADy_1 &= \beta_{01} (1 + \beta_{12} \cdot y)^{P_2} & 0 \leq y \leq 0,2 \\
ASy_2 &= \beta_{02} (1 - y)^{P_3} + \beta_{13} y^{P_3} & 0,2 \leq y \leq 1,0 \\
ADy_2 &= \beta_{03} (1 - y)^{P_4} & 0,2 \leq y \leq 1,0
\end{aligned}$$

Onde a variável  $y$  expressa a série relativa transformada de alturas.

BLANCO JORGE<sup>1</sup> modificou a função que descrevia originalmente a série  $ASy_2$ , ou seja:

$$ASy_2 = \beta_{02} \cdot (1 - y)^{P_3} + \beta_{13} \cdot y^{P_3}$$

Este procedimento foi realizado, pois quando se desejou estimar volumes totais ou parciais de árvores, a integração da parte da curva de forma descrita por  $ASy_2$  fez-se necessária. Esta integral deu como resultado final:

$$\begin{aligned}
\int_{0,2}^{y_1} (ASy_2)^2 dy &= \beta_{02}^2 \int_{0,2}^{y_1} (1 - y)^{2P_3} dy + 2 \beta_{02} \cdot \beta_{13} \int_{0,2}^{y_1} \{ (1 - y)^{P_3} \cdot y^{P_3} \} dy + \\
&+ \beta_{13}^2 \int_{0,2}^{y_1} y^{2P_3} dy
\end{aligned}$$

A integração do segundo termo ou do produto  $\{ (1 - y)^{P_3} \cdot y^{P_3} \}$  apresentou-se como um problema de difícil solução devido a descontinuidades da função. Eliminou-se  $y^{P_3}$  do segundo termo no modelo original resultando em:

$$ASy_2 = \beta_{13} + \beta_{02} (1 - y)^{P_3}$$

Com isso as condições necessárias para o ajuste adequado da função foram mantidas e a integração do produto do primeiro pelo segundo termo passou a ser de solução simples, ou seja:

$$\begin{aligned}
\int_{0,2}^{y_1} 2\beta_{02} \cdot \beta_{13} (1 - y)^{P_3} dy &= 2\beta_{02} \cdot \beta_{13} \int_{0,2}^{y_1} (1 - y)^{P_3} dy = \\
&= \frac{2\beta_{02} \cdot \beta_{13}}{(P_3 + 1)} \{ (1 - y) \}^{P_3 + 1}_{0,2}^{y_1}
\end{aligned}$$

## 1.1 Objetivos

Este estudo visou dar continuidade ao uso de funções parciais, ajustadas graficamente, com o intuito de retratar o perfil do tronco de árvores. Conseqüentemente procurou-se alcançar os seguintes objetivos:

— Ajuste de quatro funções parciais que descrevem a curva de forma de um conjunto de árvores de *P. elliottii* Engelm.

— Demonstração da metodologia para estimativas de alturas correspondentes aos diâmetros mínimos aproveitáveis para determinados usos, utilizando as funções de forma desenvolvidas neste trabalho.

— Estimar volumes totais individuais sem casca através de integrações das funções de forma e compará-los aos correspondentes volumes de HOHENADL.

— Elaborar tabelas de sortimento em que, para cada classe de diâmetro e altura total são fornecidos valores de altura e percentagem de volume sem casca relativos a um diâmetro mínimo aproveitável estabelecido.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização dos Povoamentos

Os dados para esta pesquisa são oriundos de povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. situados na Floresta Nacional de Três Barras, localizada no município de Três Barras, no planalto norte do Estado de Santa Catarina, estando distante 350 km da capital do Estado e a 180 km de Curitiba. A área total da FLONA é de 4458,5 ha.

### 2.2 Condições Climáticas da Região

Segundo OLIVEIRA<sup>3</sup>, a Floresta Nacional de Três Barras em pleno planalto catarinense, na altitude de 760 m sobre o nível do mar, possui clima perfeitamente enquadrado no tipo Cfb, segundo a classificação de Köppen, isto é, médias térmicas do mês mais frio igual a 12°C e chuvas bem distribuídas por todo o ano (mesotermal úmido). Os meses mais quentes são os de dezembro, janeiro, fevereiro e os mais frios os de junho, julho e agosto, quando ocorrem geadas, descendo os termômetros a -6°C.

### 2.3 Caracterização dos Povoamentos

Os povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. estão locados em uma área de 815,50 ha. Apresentam estes uma variação de idade entre 14 e 20 anos, à exceção da idade de 16 anos.

Espaçamento inicial de 2,0 x 2,0 m foi constatado em unidades produtoras de todas as idades. Espaçamento inicial de 2 x 1,5 m foi usado em talhões de 18 anos, e em alguns talhões de 15,17 e 18 anos utilizou-se espaçamento inicial de 1,5 x 1,5 m. Foram mensuradas árvores em talhões que sofreram um, dois ou três desbastes.

### 2.4 Obtenção dos Dados

Foram medidas 150 árvores, apresentando DAP compreendido entre 20 e 40 cm, caracterizando 10 classes de 2 cm de intervalo. Procurou-se coletar o mesmo número de árvores por classe de diâmetro. O Quadro 1 apresenta a distribuição das árvores por classes de diâmetro e altura.

QUADRO 1 — Distribuição das árvores de *Pinus elliottii* Engelm. em classes de diâmetro e altura.

DAP/CC	A L T U R A ( m )														SOM.
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
21	—	6	4	1	—	1	—	2	—	—	—	—	—	—	14
23	—	2	3	2	1	5	1	2	—	—	—	—	—	—	16
25	1	1	2	1	1	2	1	3	1	1	1	—	—	—	15
27	2	—	—	1	—	1	1	6	1	2	1	—	—	—	15
29	—	1	2	1	1	1	1	4	1	3	—	—	—	—	15
31	—	—	1	—	1	—	2	1	3	3	1	2	1	—	15
33	—	—	—	—	1	1	—	2	2	4	3	2	—	—	15
35	—	—	—	—	—	—	—	—	1	5	2	5	2	—	15
37	—	—	—	—	—	—	—	1	3	5	1	3	2	—	15
39	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	6	3	—	2	15
SOM.	3	10	12	6	5	11	6	21	13	26	15	15	5	2	150

Após o abate da árvore a 0,20 m do solo, foi mensurada altura total, para em seguida proceder-se a tomada de dados de circunferências ao longo do fuste. Como trabalhou-se com medidas relativas, foram registradas as circunferências correspondentes aos seguintes níveis de altura total: 0,025 h; 0,05 h; 0,15 h; 0,25 h; ... 0,85 h; 0,95 h. Tomou-se também a medição da circunferência à altura do peito.

Para a obtenção de diâmetros sem casca, registrou-se as espessuras da casca relacionadas as respectivas circunferências. A altura do solo até o ponto em que a árvore perfez 10 cm de diâmetro com casca, foi anotada.

## 2.5 Ajuste das equações que descrevem a curva de forma

Os quatro modelos de funções de forma parciais apresentados neste trabalho, foram desenvolvidos a partir dos estudos de PREUSSNER<sup>5</sup>, PÉLLICO NETTO<sup>4</sup> e BLANCO JORGE<sup>1</sup>. Cada uma das funções ajustadas descrevem um segmento da curva de forma média para *Pinus elliotii* Engelm. Os modelos de equações são os seguintes:

$$y_1 = a_{11} \cdot (1 + a_{12} x)^{p_1} \quad 0 \leq x \leq 0,05$$

$$y_2 = a_{21} + a_{22} (0,45 - x)^{p_2} \quad 0,05 \leq x \leq 0,45$$

$$y_3 = a_{31} + a_{32} (0,85 - x)^{p_3} \quad 0,45 \leq x \leq 0,85$$

$$y_4 = a_{41} \cdot (1 - x)^{p_4} \quad 0,85 \leq x \leq 1,0$$

onde:

$$y = \frac{d_i}{d}$$

$d_i$  = diâmetro tomado em um determinado ponto do fuste

$d$  = diâmetro à altura do peito com casca

$$x = \frac{h_i}{h}$$

$h_i$  = altura tomada em um determinado ponto do fuste

$h$  = altura total.

Duas curvas de forma foram descritas, uma referente a  $d_i$  com casca e outra a  $d$  sem casca. Foram estimadas então, duas séries relativas (pois os diâmetros foram tomados em pontos ao longo do tronco que obedeceram proporcionalidade em relação a altura total) de quocientes de forma artificiais.

### 2.5.1 Séries médias originais de quocientes de forma artificiais

Para se processar o ajuste das funções de forma, a metodologia utilizada exigiu que se trabalhasse com os quocientes de forma artificiais originais médios. Estes foram obtidos pelo cálculo da média aritmética condizente com a razão  $d_1/d$ , relacionada aos pontos de alturas relativas abordados na amostragem de campo. A série média foi então representada por:

$x(h_1/h)$	$\bar{k}_{0,ih/1,30}$
0,0	$\bar{k}_{0,0h/1,30}$
0,025	$\bar{k}_{0,025h/1,30}$
0,05	$\bar{k}_{0,05h/1,30}$
0,15	$\bar{k}_{0,15h/1,30}$
0,25	$\bar{k}_{0,25h/1,30}$
0,35	$\bar{k}_{0,35h/1,30}$
0,45	$\bar{k}_{0,45h/1,30}$
0,55	$\bar{k}_{0,55h/1,30}$
0,65	$\bar{k}_{0,65h/1,30}$
0,75	$\bar{k}_{0,75h/1,30}$
0,85	$\bar{k}_{0,85h/1,30}$
0,95	$\bar{k}_{0,95h/1,30}$
1,0	$\bar{k}_{0,1h/1,30}$

### 2.5.2 Ajuste de coeficientes e obtenção das potências das equações de forma

Para o ajuste gráfico empregado, os pontos nas extremidades dos domínios das funções foram fixados. Em  $y_1$ , os pontos extremos correspondem as alturas relativas 0,0 h e 0,05 h. O coeficiente  $a_{11}$  ficou definido como o valor  $\bar{k}_{0,0h/1,30}$ . Assim, quando x foi igual a zero, o valor estimado pela função ficou automaticamente igual ao quociente médio original em 0,0 h. Para a estimativa de  $a_{12}$ , o termo  $y_1$  assumiu o correspondente quociente  $\bar{k}_{0,05h/1,30}$  original. Desta maneira fixou-se o outro extremo do domínio, visto que para qualquer  $a_{11}$  e  $P_1$ ,  $y_1$  foi sempre igual ao valor  $\bar{k}_{0,05h/1,30}$  original quando igualou-se x a 0,05. Para ajustar  $a_{12}$  foi preciso isolá-lo na fórmula, ou seja:

$$\bar{k}_{0,05h/1,30} = \bar{k}_{0,0h/1,30} \cdot (1 + 0,05 \cdot a_{12})^{P_1}$$

elevando todos os termos da equação a potência  $1/P_1$ , tem-se

$$(\bar{k}_{0,05h/1,30})^{1/P_1} = (\bar{k}_{0,0h/1,30})^{1/P_1} \cdot (1 + 0,05 \cdot a_{12})$$

$$0,05 \cdot a_{12} + 1 = (\bar{k}_{0,05h/1,30})^{1/P_1} / (\bar{k}_{0,0h/1,30})^{1/P_1}$$

$$a_{12} = \{ ( (\bar{k}_{0,05h/1,30})^{1/P_1} / (\bar{k}_{0,0h/1,30})^{1/P_1} - 1 ) / 0,05$$

O coeficiente  $a_{12}$  foi obtido por tentativa, considerando que se fez  $P_1$  oscilar entre -0,60 e -0,01, sendo que a cada passo foi adicionada a grandeza 0,01. Para cada valor de  $P_1$  foi encontrado um valor de  $a_{12}$ . Quando a diferença entre o quociente real e o estimado pela equação foi mínima, para um ponto entre 0,0 h e 0,05 h, no caso 0,025 h, determinou-se o valor ótimo para  $a_{12}$ .

O coeficiente  $a_{12}$  foi definido automaticamente como  $\bar{k}0,45h/1,30$  original. No cálculo de  $a_{22}$  foi atribuído a  $y_2$  o valor de  $\bar{k}0,05h/1,30$  e a  $x$  o valor 0,05. Desta maneira foi fixada a extremidade do domínio correspondente a 0,05 h e ao mesmo tempo foi garantido que tanto para  $y_1$  como  $y_2$ , quando  $x$  foi igual a 0,05, os valores fornecidos pelas duas equações foram idênticos. Isolando-se  $a_{22}$  na fórmula resultou:

$$\bar{k}0,05h/1,30 = \bar{k}0,45h/1,30 + a_{22} (0,45 - 0,05)^{P_2}$$

$$a_{22} = (\bar{k}0,05h/1,30 - \bar{k}0,45h/1,30) / 0,4^{P_2}$$

Variou-se  $P_2$  de 0,80 a 1,50. Para cada valor de  $P_2$  foi encontrado um correspondente a  $a_2$ . Este valor foi considerado adequado quando a diferença entre o quociente de forma médio real e o estimado pela equação foi mínima para o ponto de altura relativa igual a 0,25h, o qual localiza-se exatamente na metade da distância entre 0,05 h e 0,45 h.

As estimativas dos coeficientes da equação correspondente a  $y_3$  foram realizadas analogamente a equação anterior, tem-se então:

$$a_{31} = \bar{k}0,85h/1,30$$

$$\bar{k}0,45h/1,30 = \bar{k}0,85h/1,30 + a_{32} (0,85 - 0,45)^{P_3}$$

$$a_{32} = (\bar{k}0,45h/1,30 - \bar{k}0,85h/1,30) 0,4^{P_3}$$

Variou-se  $P_3$  de 0,80 a 1,50. O valor de  $a_{32}$  foi considerado ótimo quando a diferença entre  $\bar{k}0,65h/1,30$  e  $\bar{k}0,65h/1,30$  foi mínima.

Na tentativa de obter-se o coeficiente  $a_{41}$  condizente com  $y_4$ , fixou-se  $\bar{k}0,85h/1,30$  como o valor que substituiu  $y_4$ , sendo  $x$  igual a 0,85. Desta maneira estabilizou-se os dois domínios da função, já que para  $x$  igual a 1,0 o valor em  $y_4$  correspondeu a 0,0, o que se coadunou com o quociente  $\bar{k}1,0h/1,30$  original e  $y_4$  sempre assumiu o valor  $\bar{k}0,85h/1,30$  quando  $x$  foi igual a 0,85, então:

$$\bar{k}0,85h/1,30 = a_{41} \cdot (1 - 0,85)^{P_4}$$

$$a_{41} = \bar{k}0,85h/1,30 / 0,15^{P_4}$$

Variou-se o valor de  $P_4$  de 0,70 a 1,0, obtendo-se a diferença mínima entre o quociente médio real e o estimado para 0,95 h, indicando o coeficiente  $a_{41}$  e a potência  $P_4$  da equação.

## 2.6. Estimativa da altura correspondente a um diâmetro pre-estabelecido

Através do uso das equações de forma parciais ajustadas pôde-se obter alturas correspondentes aos diâmetros prefixados. Com o objetivo de exemplificar e comparar valores reais aos estimados, foram mensuradas no campo as alturas relacionadas a um diâmetro mínimo com casca igual a 10 cm.

Na metodologia desenvolvida, inicialmente dividiu-se o diâmetro mínimo pelo diâmetro referencial de cada espécime, resultando um quociente que permitiu testar qual das quatro funções de forma foi utilizada em cada caso particular.

$$k_{0,1} = \frac{10}{d}$$

O teste consistiu em se comparar  $k_{0,1}$  aos quocientes estimados em relação as extremidades do domínio de cada equação. Quatro situações foram analisadas:

1ª — quando  $k_{0,1} \leq \hat{k}_{0,0h/1,30}$  e  $k_{0,1} > \hat{k}_{0,05h/1,30}$ , usou-se a primeira equação ( $y_1$ )

para isolar a altura requerida. Então:

$$y_1 = a_{11} (1 + a_{12} x)^{P_1}$$

$$k_{0,1} = a_{11} (1 + a_{12} \cdot h_i/h)^{P_1}$$

onde:

$h_i$  = altura a ser estimada

$h$  = altura total

$$k_{0,1}^{1/P_1} = a_{11}^{1/P_1} (1 + a_{12} \cdot h_i/h)^{1/P_1}$$

$$h_i = h \cdot \{ (k_{0,1}^{1/P_1} / a_{11}^{1/P_1}) - 1 \} / a_{12}$$

2ª — quando  $k_{0,1} \leq \hat{k}_{0,05h/1,30}$  e  $k_{0,1} > \hat{k}_{0,45h/1,30}$ , utilizou-se a segunda equação

( $y_2$ ) para isolar a altura desejada, então:

$$y_2 = a_{21} + a_{22} (0,45 - x)^{P_2}$$

$$k_{0,1} = a_{21} + a_{22} (0,45 - h_i/h)^{P_2}$$

$$k_{0,1} - a_{21} = a_{22} (0,45 - h_i/h)^{P_2}$$

$$(k_{0,1} - a_{21})^{1/P_2} = a_{22}^{1/P_2} \cdot (0,45 - h_i/h)$$

$$h_i = h \{ (a_{21} - k_{0,1})^{1/P_2} / a_{22}^{1/P_2} + 0,45 \}$$



É importante observar na fórmula anterior que, no termo  $(a_{21} - k_{0.1})^{1/P_1}$ , quando  $k_{0.1}$  foi maior do que  $a_{21}$ , as operações tiveram a seguinte seqüência: subtraiu-se  $a_{21} - k_{0.1}$  e posteriormente obteve-se seu valor absoluto. Elevou-se o resultado a potência  $1/P_1$ , trocando-se a seguir o seu sinal.

3ª — quando  $k_{0.1} \leq \hat{k}_{0.45h/1.30}$  e  $k_{0.1} > \hat{k}_{0.85h/1.30}$ , isolou-se a altura na terceira equação ( $y_3$ ).

$$h_i = h_i \{ ((a_{31} - k_{0.1})^{1/P_3} / a_{32}^{1/P_3}) + 0,85 \}$$

Em  $(a_{31} - k_{0.1})^{1/P_3}$ , quando  $k_{0.1}$  foi maior do que  $a_{31}$ , as operações tiveram a seguinte ordem: subtraiu-se  $a_{31} - k_{0.1}$  e posteriormente obteve-se seu valor absoluto. Elevou-se o resultado a potência  $1/P_3$ , trocando-se a seguir o seu sinal.

4ª — quando  $k_{0.1} \leq \hat{k}_{0.85h/1.30}$ , trabalhou-se com a 4ª equação ( $y_4$ ), onde a altura foi isolada da seguinte maneira:

$$y_4 = a_{41} \cdot (1 - x)^{P_4}$$

$$k_{0.1} = a_{41} (1 - h/h_i)^{P_4}$$

$$k_{0.1}^{1/P_4} = a_{41}^{1/P_4} (1 - h/h_i)$$

$$h_i = h_i \{ 1 - (k_{0.1}^{1/P_4} / a_{41}^{1/P_4}) \}$$

## 2.7 ESTIMATIVA DE VOLUME

Visto que as equações de forma parciais apresentadas na pesquisa foram desenvolvidas na mesma, procurou-se analisar se os volumes individuais estimados indiretamente através das funções de forma eram similares aos volumes padrões. Para isso estimou-se os volumes totais individuais sem casca, comparando-os a seguir aos volumes de HOHENADL. As integrações para as equações de forma envolvidas no estudo foram:

$$v = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h \cdot \left( \int_0^{0.05} \{ a_{11} \cdot (1 + a_{12} \cdot x)^{P_1} \}^2 dx + \right. \\ \left. + \int_{0.05}^{0.45} \{ a_{21} + a_{22} \cdot (0,45 - x)^{P_2} \}^2 dx + \int_{0.45}^{0.85} \{ a_{31} + a_{32} \cdot (0,85 - x)^{P_3} \}^2 dx + \right. \\ \left. + \int_{0.85}^{1.0} \{ a_{41} (1 - x)^{P_4} \}^2 dx \right)$$

$$\begin{aligned}
v = & \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h \cdot \left( \int_0^{0,05} \{ a_{11} \cdot (1 + a_{12} \cdot x)^{2P_1} \} dx + \right. \\
& + \int_{0,05}^{0,45} \{ a_{21}^2 + 2a_{21} a_{22} (0,45 - x)^{P_2} + a_{22}^2 \cdot (0,45 - x)^{2P_2} \} dx + \\
& + \int_{0,45}^{0,85} \{ a_{31}^2 + 2a_{31} a_{32} (0,85 - x)^{P_3} + a_{32}^2 \cdot (0,85 - x)^{2P_3} \} dx + \\
& \left. + \int_{0,85}^{1,0} \{ a_{41}^2 \cdot (1 - x)^{2P_4} \} dx \right) \\
v = & \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h \cdot \left\{ \frac{a_{11}}{a_{12} \cdot (2P_1 + 1)} \cdot \{ (1 + a_{12} \cdot x)^{2P_1 + 1} \} \right. \\
& + a_{21}^2 \cdot \frac{x}{0,05} - \frac{2a_{21} a_{22}}{(P_2 + 1)} \cdot \{ (0,45 - x)^{P_2 + 1} \} \\
& - \frac{a_{22}^2}{(2P_2 + 1)} \cdot \{ (0,45 - x)^{2P_2 + 1} \} + a_{31}^2 \cdot \frac{x}{0,45} - \\
& - \frac{2a_{31} a_{32}}{(P_3 + 1)} \cdot \{ 0,85 - x \}^{P_3 + 1} - \frac{a_{32}^2}{(2P_3 + 1)} \cdot \{ (0,85 - x)^{2P_3 + 1} \} \\
& \left. - \frac{a_{41}^2}{(2P_4 + 1)} \cdot \{ (1 - x)^{2P_4 + 1} \} \right\}
\end{aligned}$$

## 2.7.1 Comparação dos volumes totais individuais estimados com os respectivos volumes padrões.

2.7.1.1 Percentagem média dos desvios — para os volumes totais individuais sem casca, os valores estimados foram comparados aos valores observados através da percentagem média dos desvios, calculada pela fórmula:

$$PMD = \sum \left\{ \left( \left| \frac{v_o - v_e}{v_e} \right| \cdot 100 \right) / v_e \right\} n$$

onde:

$v_o$  = volume total individual sem casca observado

$v_e$  = volume total individual sem casca estimado

$n$  = número de observações

Essa percentagem forneceu uma idéia de quanto, em média, o valor estimado variou do valor observado.

2.7.1.2 Análise dos resíduos — Foi analisada a existência ou inexistência de tendência nas estimativas de volumes através da visualização gráfica dos resíduos em percentagem. Foram plotados os resíduos em percentagem em relação ao diâmetro à altura do peito, o que permitiu uma análise da distribuição ao longo das classes de diâmetro. O resíduo individual foi dado pela fórmula:

$$RES\% = \frac{v_o - v_e}{v_o} \cdot 100$$

## 2.8 TABELAS DE SORTIMENTO

O uso dos instrumentos cujas metodologias haviam sido descritas nos sub-ítem 2.5, 2.6 e 2.7, permitiu a elaboração de tabelas de sortimento individuais. Dois tipos de informações foram obtidas através da análise das tabelas construídas. Apresentou-se resultados de altura e percentagem de volume sem casca (em relação a volume total individual sem casca) correspondentes a diâmetros mínimos aproveitáveis a determinadas atividades madeireiras, quais sejam:

- celulose — 10 cm.
- serraria — 15 cm.
- serraria — 20 cm.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Curvas de Forma

O valores das séries médias de quocientes artificiais, provenientes dos dados originais tomados ao longo dos troncos amostrados, estão tabulados no Quadro 2.

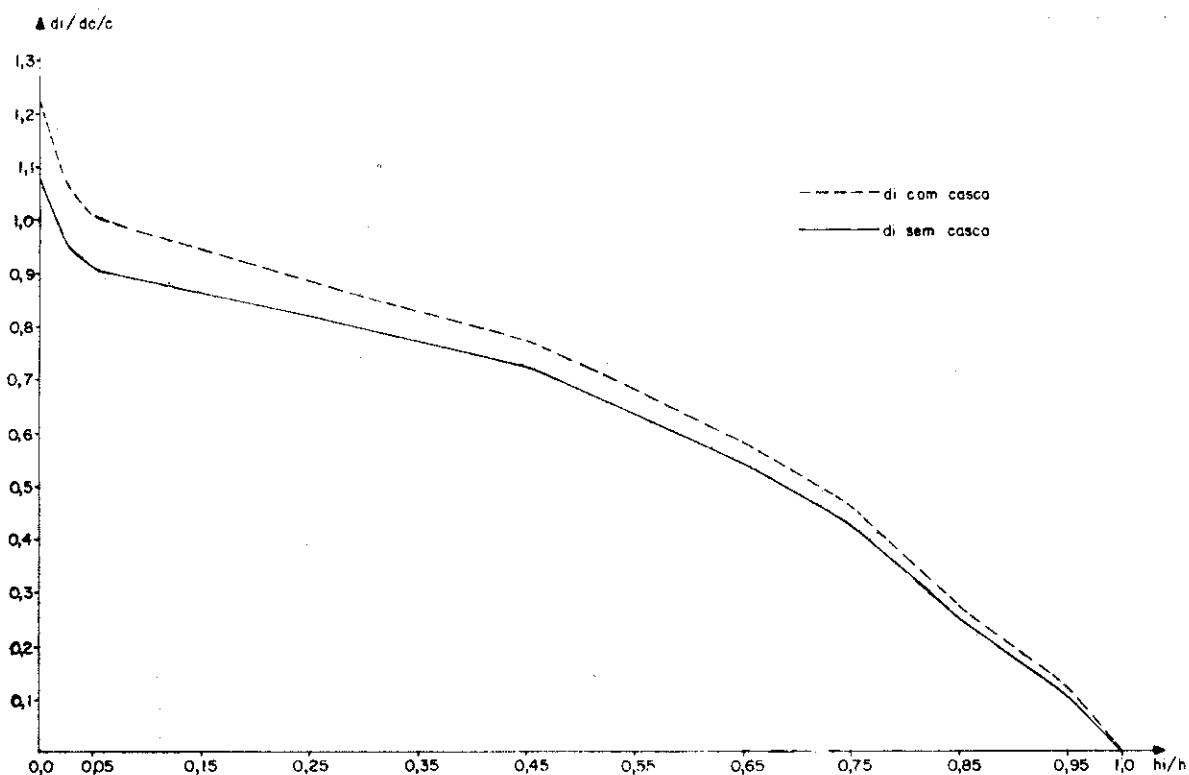
Através do método gráfico exposto em 2.5, os quatro modelos parabólicos que descrevem a curva de forma foram ajustados, para diâmetros ao longo do fuste com e sem casca, e resultaram nas equações exibidas no Quadro 3. A Figura 1 permite a visualização das curvas de forma.

QUADRO 2 — Séries originais médias de quocientes artificiais.

$x(h/h)$ $i$	$\bar{k}$ 0,1h/1,30 (d com casca) $i$	$\bar{k}$ 0,1h/1,30 (d sem casca) $i$
0,0	1,225	1,081
0,025	1,068	0,952
0,05	1,009	0,909
0,15	0,930	0,853
0,25	0,887	0,821
0,35	0,838	0,781
0,45	0,775	0,723
0,55	0,691	0,646
0,65	0,579	0,539
0,75	0,437	0,403
0,85	0,273	0,24
0,95	0,123	0,103
1,0	0,000	0,000

### QUADRO 3 — Equações de forma ajustadas

Equações que descrevem a série de quocientes oriundos de d/c/casca	Equações que descrevem a série de quocientes oriundos de d/s/casca	Domínio da função
$y_1 = 1,225(1+119,1487215 \cdot x)^{-0,10}$	$y_1 = 1,081(1+154,5028924 \cdot x)^{-0,08}$	$0 \leq x \leq 0,50$
$y_2 = 0,775+0,6180623(0,45-x)^{1,08}$	$y_2 = 0,723+0,4321333(0,45-x)^{0,92}$	$0,05 \leq x \leq 0,45$
$y_3 = 0,273+0,9621463(0,85-x)^{0,71}$	$y_3 = 0,246+0,9058919(0,85-x)^{0,70}$	$0,45 \leq x \leq 0,85$
$y_4 = 1,0904758(1-x)^{0,73}$	$y_4 = 1,1010905(1-x)^{0,78}$	$0,85 \leq x \leq 1,0$



FIGUR 1- Representação gráfica das curvas de forma que descrevem as séries de quocientes de forma, baseadas em diâmetros com e sem casca localizados ao longo do tronco.

Intencionando proceder-se a uma análise da precisão com que as equações de forma descreveram as duas séries de quocientes de forma, foram estimados:

— os resíduos individuais em percentagem, relativos aos quocientes de forma médios (ver Quadro 4), onde:

$$RES\% = \left\{ \left( \bar{k}_{0,1h/1,30} - \hat{k}_{0,1h/1,30} \right) / \bar{k}_{0,1h/1,30} \right\} \cdot 100$$

O exame dos resíduos individuais em percentagem nos fornece como valores de maiores amplitudes para as duas séries de quocientes os percentuais -5,5% e -5,9%, referentes em ambos a  $k_{0,75h/1,30}$ .

— a diferença agregada e a percentagem médias dos resíduos. A diferença agregada é freqüentemente utilizada em análises de equações ajustadas graficamente, sua estimativa é dada pela fórmula:

$$DA = \left| \frac{\Sigma \text{valores observados} - \Sigma \text{valores estimados}}{\Sigma \text{valores observados}} \right| \cdot 100$$

Em ajustes gráficos onde existiu um balanceamento adequado da equação a diferença agregada é sempre menor ou igual a 1%. Foram encontrados, para os quocientes originários de  $d$  com e sem casca, diferenças agregadas iguais a 0,25% e 0,27% e percentagens médias de desvios iguais a 6,6% e 7,9% respectivamente.

### 3.2 Comparação das alturas padrões e estimadas correspondentes ao diâmetro mínimo comercializável

Com a intenção de exemplificar a metodologia desenvolvida, no subitem 2,6, para estimar a altura correspondente a um valor diamétrico prefixado, tomou-se os

QUADRO 4 — Séries originais médias de quocientes artificiais e as respectivas séries de quocientes ajustados, com os correspondentes valores de resíduos individuais em percentagem.

x	d com casca/d			d sem casca/d		
	$\bar{y}$	$\hat{y}$	RES%	$\bar{y}$	$\hat{y}$	RES%
0,0	1,225	1,225	0,0	1,081	1,081	0,0
0,025	1,068	1,067	0,1	0,952	0,952	0,0
0,05	1,009	1,009	0,0	0,909	0,909	0,0
0,15	0,930	0,947	-1,8	0,853	0,866	-1,5
0,25	0,887	0,887	0,0	0,821	0,821	0,0
0,35	0,838	0,839	1,0	0,781	0,775	0,8
0,45	0,775	0,775	0,0	0,723	0,723	0,0
0,55	0,691	0,682	1,3	0,646	0,636	1,5
0,65	0,579	0,580	-0,2	0,539	0,540	-0,2
0,75	0,437	0,461	-5,5	0,403	0,427	-5,9
0,85	0,273	0,273	0,0	0,246	0,246	0,0
0,95	0,123	0,122	0,8	0,103	0,103	0,0
1,0	0,000	0,000	0,0	0,000	0,000	0,0

seguintes dados de uma árvore de *Pinus elliottii* Engelm abatida:

$$d = 39,7 \text{ cm}$$

$$h = 25,5 \text{ m}$$

$$h_{\text{padrão}} = 21,7 \text{ m}$$

O diâmetro mínimo aproveitável é igual a 10 cm (para celulose). Então:

$$k = \frac{10}{d} = \frac{10}{39,7} = 0,252$$

O valor 0,252 constitui-se então como teste para o conhecimento de qual das quatro funções parciais ajustadas para dados com casca (ver Quadro 3), deve ser usada quando do isolamento da altura comercial. Como o quociente 0,252 é menor do que a extremidade do domínio da função que estima quocientes situados acima de 0,85 h (ver Quadro 4), trabalha-se com a equação

$$y_4 = 1,0904758 (1 - x)^{0,73}$$

$$y_4 = 1,0904758 (1 - hc/h)^{0,73}$$

Através da dedução feita no subitem 2.6 chega-se a expressão:

$$h_c = 25,5 \cdot \left\{ 1 - (0,252^{(1/0,73)} / 1,0904758^{(1/0,73)}) \right\}$$

$$h_c = 25,5 \cdot \left\{ 1 - (0,252^{1,369863014} / 1,0904758^{1,369863014}) \right\}$$

$$h_c = 25,5 \cdot \left\{ 1 - (0,151356383 / 1,25975164) \right\}$$

$$h_c = 25,5 \cdot 0,865577511 = 22,1 \text{ m}$$

$$\text{RES}\% = \frac{21,7 - 22,1}{21,7} \cdot 100 = -1,8\%$$

Comparando-se as alturas padrões e estimadas (pela metodologia desenvolvida em 2.6) relacionadas ao diâmetro mínimo aproveitável (10 cm), encontrou-se uma percentagem média dos desvios igual a 3,3%. Esta estatística constituiu um teste sensível para precisão do método.

### 3.3 Estimativa volumétrica e tabelas de sortimento

O uso das funções de forma parciais nas estimativas dos volumes totais individuais sem casca, forneceu, após a confrontação aos volumes individuais calculados pelo método de HOHENADL, uma percentagem média de desvios igual a 8,8%. A Figura 2 apresenta a distribuição gráfica dos resíduos volumétricos individuais em percentagem. Esta distribuição configura uma aleatoriedade no arranjo dos resíduos, apesar de se notar em certas classes diamétricas a presença de alguns resíduos negativos com valores elevados. Isto porém não compromete o caráter aleatório dos desvios de uma forma global e nem tão pouco a PMD, que de acordo com

SPURR<sup>7</sup>, pode ser considerada muito satisfatória, levando-se em conta um limite de 10% para variação do volume estimado em relação ao padrão.

Na realidade os extratos de toda metodologia desenvolvida nesta pesquisa são as tabelas de sortimento individuais geradas. Os Quadros 5, 6 e 7 mostram as tabelas de sortimento que fornecem as alturas correspondentes respectivamente a diâmetros iguais a 10 cm, 15 cm e 20 cm. Por outro lado os Quadros 8, 9 e 10 oferecem as percentagens de volume sem casca (em relação ao volume total individual sem casca) concernentes a diâmetros iguais a 10 cm, 15 cm e 20 cm.

#### 4. CONCLUSÕES

É interessante ressaltar que, apesar da utilização de séries relativas de quocientes de forma artificiais como variáveis dependentes no ajuste das funções de forma parciais, a precisão com que as equações estimaram os citados quocientes foi boa. Esta afirmação pode ser confirmada pelos resultados de diferença agregada e percentagem média de desvios encontrados no subitem 3.1. Este fato foi importante na medida em que não houve necessidade desse ajuste ser realizado para quocientes naturais, o que diminuiu um passo na metodologia de estimativas hipsométricas e volumétricas. Este degrau suprimido está relacionado a necessidade que se teria em se estimar o diâmetro referencial da série de quocientes naturais como uma função do diâmetro a altura do peito.

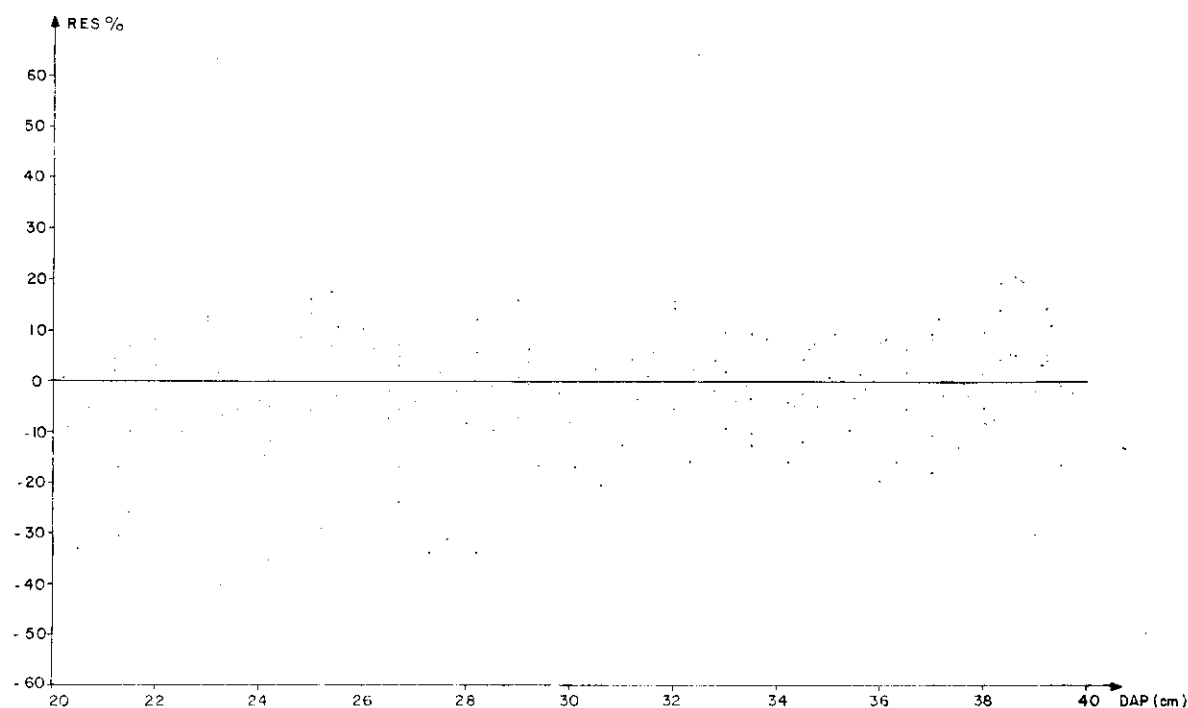


FIGURA 2 - Distribuição dos resíduos volumétricos em percentagem

QUADRO 5 — Tabela de sortimento individual — altura correspondente a um diâmetro igual a 10 cm.

***** ALTURA CORRESPONDENTE A UM DIÂMETRO APROVEITÁVEL IGUAL A 10CM *****														
***** ALTURA(M) *****														
DAF	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
21	11.6	12.3	13.1	13.8	14.6	15.3	16.0	16.8	17.5	18.3	19.0	19.7	20.5	21.2
23	12.1	12.9	13.6	14.4	15.2	15.9	16.7	17.5	18.3	19.0	19.8	20.6	21.3	22.1
25	12.5	13.3	14.1	14.9	15.6	16.4	17.2	18.0	18.8	19.5	20.4	21.2	22.0	22.8
27	12.8	13.6	14.4	15.2	16.0	16.8	17.6	18.4	19.2	20.1	20.9	21.7	22.5	23.3
29	13.0	13.8	14.6	15.5	16.3	17.1	17.9	18.8	19.6	20.4	21.2	22.1	22.9	23.7
31	13.2	14.0	14.8	15.7	16.5	17.3	18.2	19.0	19.8	20.7	21.5	22.3	23.2	24.0
33	13.3	14.1	15.0	15.8	16.6	17.5	18.3	19.2	20.0	20.9	21.7	22.5	23.4	24.2
35	13.4	14.2	15.1	15.9	16.8	17.6	18.5	19.3	20.1	21.0	21.8	22.7	23.5	24.4
37	13.4	14.3	15.1	16.0	16.8	17.7	18.5	19.4	20.2	21.1	22.0	22.8	23.7	24.5
39	13.6	14.5	15.3	16.2	17.0	17.9	18.8	19.6	20.5	21.4	22.2	23.1	23.9	24.8
*****														

QUADRO 6 — Tabela de sortimento individual — altura correspondente a um diâmetro igual a 15 cm.

***** ALTURA CORRESPONDENTE A UM DIAMETRO APROVEITAVEL IGUAL A 15CM *****														
***** ALTURA(M) *****														
DAP	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
*****														
21	8.1	8.6	9.1	9.6	10.1	10.6	11.2	11.7	12.2	12.7	13.2	13.7	14.3	14.8
23	9.1	9.7	10.3	10.8	11.4	12.0	12.6	13.2	13.7	14.3	14.9	15.5	16.1	16.6
25	9.9	10.5	11.2	11.8	12.4	13.1	13.7	14.3	15.0	15.6	16.2	16.8	17.5	18.1
27	10.6	11.2	11.9	12.6	13.2	13.9	14.6	15.3	15.9	16.6	17.3	17.9	18.6	19.3
29	11.1	11.8	12.5	13.2	13.9	14.6	15.3	16.0	16.7	17.4	18.1	18.8	19.5	20.2
31	11.5	12.2	13.0	13.7	14.4	15.2	15.9	16.6	17.4	18.1	18.8	19.6	20.3	21.0
33	11.9	12.6	13.4	14.1	14.9	15.6	16.4	17.2	17.9	18.7	19.4	20.2	20.9	21.7
35	12.2	12.9	13.7	14.5	15.3	16.0	16.8	17.6	18.4	19.1	19.9	20.7	21.4	22.2
37	12.4	13.2	14.0	14.8	15.6	16.4	17.2	17.9	18.7	19.5	20.3	21.1	21.9	22.7
39	12.6	13.4	14.2	15.0	15.8	16.6	17.4	18.2	19.0	19.8	20.6	21.5	22.3	23.1
*****														



QUADRO 7 — Tabela de sortimento individual — altura correspondente a um diâmetro igual a 20 cm.

***** ALTURA CORRESPONDENTE A UM DIAMETRO APROVEITAVEL IGUAL A 20CM *****														
***** ALTURA(M) *****														
DAP	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
*****														
21	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.8	3.9
23	4.3	4.6	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.2	6.5	6.8	7.1	7.4	7.6	7.9
25	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0	9.4	9.8	10.2	10.6	11.0	11.4
27	7.6	8.1	8.6	9.1	9.6	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	13.9
29	8.5	9.0	9.6	10.1	10.6	11.2	11.7	12.3	12.8	13.4	13.9	14.4	15.0	15.5
31	9.2	9.8	10.4	11.0	11.6	12.1	12.7	13.3	13.9	14.5	15.1	15.7	16.3	16.8
33	9.8	10.4	11.1	11.7	12.3	12.9	13.6	14.2	14.8	15.4	16.1	16.7	17.3	17.9
35	10.3	11.0	11.6	12.3	13.0	13.6	14.3	14.9	15.6	16.2	16.9	17.6	18.2	18.9
37	10.8	11.4	12.1	12.8	13.5	14.2	14.9	15.6	16.2	16.9	17.6	18.3	19.0	19.7
39	11.1	11.8	12.6	13.3	14.0	14.7	15.4	16.1	16.8	17.5	18.2	18.9	19.6	20.4
*****														

QUADRO 8 — Tabela de sortimento individual — % de volume sem casca correspondente a um diâmetro igual a 10 cm.

*****														
% VOLUME CORRESPONDENTE A UM DIAMETRO APROVEITAVEL IGUAL A 10CM														
*****														
ALTURA(M)														
DAP	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
*****														
21	92.1	92.3	92.5	92.7	92.8	93.0	93.1	93.2	93.3	93.4	93.5	93.6	93.6	93.7
23	93.5	93.7	93.9	94.1	94.2	94.3	94.4	94.5	94.6	94.7	94.8	94.9	95.0	95.0
25	94.4	94.6	94.8	94.9	95.1	95.2	95.3	95.4	95.5	95.6	95.7	95.8	95.8	95.9
27	95.0	95.2	95.4	95.5	95.6	95.8	95.9	96.0	96.1	96.2	96.2	96.3	96.4	96.5
29	95.4	95.6	95.7	95.9	96.0	96.1	96.3	96.4	96.5	96.5	96.6	96.7	96.8	96.8
31	95.7	95.8	96.0	96.2	96.3	96.4	96.5	96.6	96.7	96.8	96.9	96.9	97.0	97.1
33	95.8	96.0	96.2	96.3	96.5	96.6	96.7	96.8	96.9	97.0	97.0	97.1	97.2	97.2
35	95.9	96.1	96.3	96.4	96.6	96.7	96.8	96.9	97.0	97.1	97.1	97.2	97.3	97.3
37	96.1	96.2	96.4	96.5	96.7	96.8	96.9	97.0	97.1	97.1	97.2	97.3	97.4	97.4
39	96.2	96.4	96.5	96.7	96.8	96.9	97.0	97.1	97.2	97.3	97.4	97.4	97.5	97.6
*****														

QUADRO 9 — Tabela de sortimento individual — % de volume sem casca correspondente a um diâmetro igual a 15 cm.

***** % VOLUME CORRESPONDENTE A UM DIAMETRO APROVEITAVEL IGUAL A 15CM *****														
ALTURA(M)														
DAP	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
*****														
21	75.0	75.2	75.4	75.6	75.8	76.0	76.1	76.2	76.4	76.5	76.6	76.7	76.8	76.9
23	81.3	81.5	81.7	81.9	82.1	82.2	82.4	82.5	82.6	82.7	82.8	82.9	83.0	83.1
25	85.5	85.7	85.9	86.1	86.2	86.4	86.5	86.6	86.7	86.8	86.9	87.0	87.1	87.2
27	88.4	88.6	88.8	88.9	89.1	89.2	89.4	89.5	89.6	89.7	89.8	89.9	89.9	90.0
29	90.4	90.6	90.8	91.0	91.1	91.2	91.4	91.5	91.6	91.7	91.8	91.8	91.9	92.0
31	91.9	92.1	92.2	92.4	92.5	92.7	92.8	92.9	93.0	93.1	93.2	93.3	93.3	93.4
33	92.9	93.1	93.3	93.4	93.6	93.7	93.8	93.9	94.0	94.1	94.2	94.3	94.4	94.4
35	93.7	93.9	94.1	94.2	94.4	94.5	94.6	94.7	94.8	94.9	95.0	95.1	95.1	95.2
37	94.3	94.5	94.7	94.8	94.9	95.1	95.2	95.3	95.4	95.5	95.6	95.6	95.7	95.8
39	94.7	94.9	95.1	95.2	95.4	95.5	95.6	95.7	95.8	95.9	96.0	96.1	96.1	96.2
*****														

QUADRO 10 — Tabela de sortimento individual — % de volume sem casca correspondente a um diâmetro igual a 20 cm.

*****														
% VOLUME CORRESPONDENTE A UM DIAMETRO APROVEITAVEL IGUAL A 20CM														
*****														
ALTURA(M)														
DAP	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
*****														
21	21.9	22.2	22.5	22.7	22.9	23.1	23.3	23.4	23.6	23.7	23.8	24.0	24.1	24.2
23	44.2	44.5	44.7	44.9	45.1	45.3	45.5	45.6	45.8	45.9	46.0	46.1	46.2	46.3
25	61.2	61.5	61.7	61.9	62.1	62.3	62.4	62.6	62.7	62.8	62.9	63.0	63.1	63.2
27	71.8	72.1	72.3	72.5	72.7	72.8	73.0	73.1	73.2	73.4	73.5	73.6	73.7	73.7
29	77.7	77.9	78.1	78.3	78.5	78.6	78.8	78.9	79.0	79.1	79.2	79.3	79.4	79.5
31	81.9	82.1	82.3	82.5	82.7	82.8	83.0	83.1	83.2	83.3	83.4	83.5	83.6	83.7
33	85.0	85.3	85.5	85.6	85.8	85.9	86.1	86.2	86.3	86.4	86.5	86.6	86.7	86.8
35	87.4	87.6	87.8	88.0	88.1	88.3	88.4	88.5	88.6	88.7	88.8	88.9	89.0	89.1
37	89.2	89.4	89.6	89.8	89.9	90.1	90.2	90.3	90.4	90.5	90.6	90.7	90.8	90.8
39	90.6	90.8	91.0	91.2	91.3	91.4	91.6	91.7	91.8	91.9	92.0	92.1	92.1	92.2
*****														

O baixo valor de percentagem média dos desvios ( $PMD = 3,3\%$ ) encontrado quando comparou-se alturas padrões e estimadas relacionadas ao diâmetro mínimo aproveitável igual a 10 cm, permite a afirmação de que a metodologia desenvolvida para estimativas de alturas, localizadas em qualquer ponto do tronco entre a base e o ápice da árvore, é muito eficiente, pois oferece uma precisão elevada.

Através da distribuição gráfica dos resíduos volumétricos individuais em percentagem obteve-se a comprovação da aleatoriedade com que os desvios foram arranjados. Além disso uma percentagem média de desvios volumétricos igual a 8,8% possibilita a utilização das funções de forma parciais apresentadas no estudo como meio para se obter indiretamente estimativas volumétricas.

O êxito com que alturas relacionadas aos diâmetros prefixados e volumes individuais foram estimados, permitiu a construção de tabelas de sortimento individuais. Essas tabelas de sortimento podem se constituir em um dos importantes instrumentos dendrométricos nas decisões quando da comercialização das peças de madeira, bem como nas decisões para o manejo dos povoamentos.

## 5. RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo básico elaborar tabelas de sortimento individuais para povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm na Floresta Nacional de Três Barras.

No estudo foram utilizadas 150 árvores, obtidas em povoamentos com idades variando entre 14 e 20 anos, à exceção da idade de 16 anos. Quatro modelos de funções de forma parciais foram desenvolvidos e ajustados por um método gráfico. Os modelos foram:

$$y_1 = a_{11} (1 + a_{12} x)^{P_1} \quad 0 \leq x \leq 0,05$$

$$y_2 = a_{21} + a_{22} (0,45 - x)^{P_2} \quad 0,05 \leq x \leq 0,45$$

$$y_3 = a_{31} + a_{32} (0,85 - x)^{P_3} \quad 0,45 \leq x \leq 0,85$$

$$y_4 = a_{41} (1 - x)^{P_4} \quad 0,85 \leq x \leq 1,0$$

Foi desenvolvida metodologia para estimar alturas, situadas em qualquer parte do tronco entre a base e o ápice da árvore, através do uso das equações de forma.

Na utilização das 4 funções parabólicas, obteve-se uma PMD igual a 3,3% na comparação das alturas comerciais padrões e estimados, bem como em valor igual a 8,8% desta mesma estatística em confrontações de volumes totais individuais sem casca.

Gerou-se tabelas de sortimento individuais que forneceram, como resultados, alturas e percentagens volumétricas sem casca concernentes aos diâmetros iguais a 10 cm, 15 cm e 20 cm.

## 6. LITERATURA CITADA

1. BLANCO JORGE, L.A. Utilização de curvas de forma em séries relativas transformadas nas estimativas de volumes totais e parciais de árvores de *Pinus taeda* L. Curitiba, 1982. 91 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
2. KOZAK, A.; MUNRO, D.D. & SMITH, J.H.C. Taper functions and their application in forest inventory. *For. Chron.*, 45(4):278-283, 1968.
3. OLIVEIRA, B. O Instituto Nacional do Pinho e seus parques nacionais. *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*, 15:7-82, 1963.
4. PÉLLICO NETTO, S. Die Forstinventuren in Brasilien; neue entwicklungen und ihr Beitrag für eine geregelte Forstwirtschaft. Freiburg, 1979. 232 p. Tese. Doutorado Albert Ludwigs Universität.
5. PREUSSNER, K. Eine neue Schaftkurvengleichung und ihre anwendung. *Wissenschaft. Zeit. de Tech. Univ. Dresden*, 23(1):305-309, 1974.
6. PRODAN, M. *Holzmesslehre*. Frankfurt am Main, J.D. Sauerlander's, 1965. 644 p.
7. SPURR, S.H. *Forest inventory*. New York, Roland Press, 1952. 476 p.