

**COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS PARA DETERMINAÇÃO  
DA PORCENTAGEM DE MADEIRA EM ÁRVORES DE  
*Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf. EM ITIRAPINA\***

Gilberto de Souza PINHEIRO\*\*

**RESUMO**

Efetou-se a comparação de dois modelos para determinação da porcentagem de madeira com a obtida pela razão entre o volume com casca com o volume sem casca. As análises de variância efetuadas com aplicação do teste de Tukey permitem concluir que a porcentagem de madeira obtida pela média aritmética dos valores quadráticos do fator casca, encontrados ao longo do fuste aproxima-se mais do valor real que o estimado através do modelo simplificado obtido pelo quadrado da razão entre o DAP sem casca e o DAP com casca. A análise da somatória dos desvios em valores relativos mostra que o modelo simplificado subestima o valor da porcentagem de madeira, enquanto o modelo da média aritmética o superestima. Dessa forma se sugere a utilização apenas do valor obtido pelo cociente do volume sem casca pelo volume com casca.

Palavras-chave: fator casca; volume; casca; porcentagem de madeira.

**1 INTRODUÇÃO**

Sabe-se que a função da casca, composta de tecido morto, é proteger os tecidos vivos da árvore contra o ressecamento, ataque de microorganismos e insetos, injúrias mecânicas e variações climáticas.

O prévio conhecimento do fator casca de uma espécie permite calcular o volume descascado a partir do volume com casca, sendo que o quadrado deste fator representa a porcentagem de madeira.

Segundo Scolforo & Figueiredo Filho (1993) a espessura da casca varia consideravelmente entre espécies, dentro de uma mesma árvore, de local para local e de acordo com a idade, dentre outros fatores.

**ABSTRACT**

The aim of this study was to compare two different models with estimate the percentage of wood obtained by quotient between volume of a tree without bark and volume of a tree with bark ( $K_1$ ) with two different models:  $K_2^2$ , obtained by the square of mean of the values along the stem and  $K_3^2$ , the simplified model, obtained by only two measures: the square of the quotient between DBH without bark and DBH with bark. Effectuated the statistical analysis by analysis of variance procedure, Tukey's Test and sum of relatives values of deviation, it was concluded that the best model to calculate the percentage of wood is the one obtained by the quotient between the volume without bark and the volume with bark.

Key words: bark factor; volume; bark; percentage of wood.

Meyer (1946) desenvolveu uma metodologia para estimar a espessura da casca, bem como o seu volume, conhecendo-se os diâmetros com e sem casca à altura do peito. Para Veiga (1976), o quadrado do valor do fator casca, calculado com medições de diâmetros com e sem casca à altura do peito, multiplicado pelo volume com casca, forneceria o volume sem casca. Nunes (1981), trabalhando com três espécies do gênero *Eucalyptus*, concluiu que a porcentagem de casca média pode ser estimada pela porcentagem de casca tomada do nível do diâmetro à altura do peito.

Flor & Reis (1980), estudando o desenvolvimento inicial de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*, concluíram que os valores de porcentagem de casca decrescem segundo uma tendência da base ao ápice do fuste.

(\*) Aceito para publicação em junho de 2005.

(\*\*) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

Guimarães *et al.* (1983) analisaram a quantidade de casca de onze espécies de *Eucalyptus* através do correlacionamento entre o volume com casca (V c/c) e o volume sem casca (V s/c), tal como Hosokawa *et al.* (1979), segundo o modelo de equação:

$$V\ s/c = a + b\ V\ c/c \dots\dots\dots 1,$$

obtendo altos valores de coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) que variaram entre 0,97542 e 0,99868.

Paula Neto *et al.* (1992), estudando a variação da porcentagem de casca de três espécies de *Eucalyptus*, calculou o fator casca médio por árvore obtido pela razão entre os diâmetros sem e com casca. O valor K foi determinado em todas as secções de cada árvore e o valor médio, por árvore, foi obtido por:

$$\bar{K} = \sum_{i=1}^n (K_i/n) \dots\dots\dots 2.$$

O objetivo do presente trabalho foi comparar métodos de determinação da porcentagem de madeira com o obtido pelo cociente dos volumes sem e com casca, visando definir qual reúne melhores condições de ser utilizado em avaliações florestais.

## 2 MATERIAL E METODOS

O trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental de Itirapina, integrante da rede de Unidades do Instituto Florestal, localizada na região centro-leste do Estado de São Paulo.

Para a caracterização climática foram utilizados os dados da “Ripasa”, situada ao lado da Estação Ecológica de Itirapina. Os dados de precipitação e temperatura compreendem um período de onze anos (1981 a 1991) (TABELA 1).

TABELA 1 – Temperatura do ar e precipitação local: Itirapina, SP – Latitude 22°15’ S – Longitude 47°52’ W – Altitude 765 m. Fonte: Ripasa/1981-1991.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Temp. média (°C)	24,5	25,0	24,4	22,9	20,4	18,0	17,9	19,1	20,5	22,6	23,8	24,3	22,0 (média)
Precipitação (mm)	271	195	189	87	82	44	27	35	69	127	150	225	1.501 (TOTAL)

O solo da área estudada, segundo Ventura *et al.* (1965/66) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1999), é do tipo Lvr- latossolo vermelho amarelo.

A espécie utilizada foi *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* com idades de 12 a 18 anos. Segundo EMBRAPA (1986), essa espécie ocorre naturalmente na costa atlântica da América Central, de Belize até a Nicarágua, em latitudes compreendidas entre 12 e 18° Norte e altitudes entre 0 a 1.000 metros. O regime de chuvas é periódico, podendo ocorrer, em alguns locais, períodos secos com duração de até seis meses.

A temperatura média anual varia de 21° a 27°C, a média das máximas do mês mais quente

entre 29° e 34°C e a média das mínimas do mês mais frio entre 15 e 23°C. Os solos são bem drenados de textura leve a média, neutros e ácidos, podendo ocasionalmente suportar curtos períodos de alagamento.

Segundo Golfari *et al.* (1978), *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é uma das espécies indicadas para reflorestamento para a região de Itirapina.

Foram anotados os dados de 54 árvores representativas da população com dimensões diamétricas variando entre 13,9 cm a 30,0 cm, à altura de peito. As alturas variaram de 9,70 m a 25,20 metros.

Considerou-se, para efeito de comparação, os valores quadráticos do coeficientes de casca calculados pelos modelos seguintes:

- A) pela razão entre o volume total sem casca e o volume total com casca, ambos calculados por Smalian, com seções de um metro ao longo do fuste:

$$K_1 = \frac{V_{s/c}}{V_{c/c}} \dots\dots\dots 3;$$

- B) pela média aritmética dos valores quadráticos de  $K^2$  obtidos pelas razões dos diâmetros sem casca e com casca, nas seções transversais da base até o diâmetro mínimo de 6 cm de despona com casca:

$$k_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{di_{s/c}}{di_{c/c}} \right)^2}{n} \dots\dots\dots 4,$$

sendo n, o número de pares de diâmetros com e sem casca, e

- C) pelo quadrado da razão entre o diâmetro à altura do peito sem casca e o diâmetro a altura do peito com casca:

$$k_3^2 = \left( \frac{dap_{s/c}}{dap_{c/c}} \right)^2 \dots\dots\dots 5.$$

As estimativas dos valores de  $K_1$  considerados como verdadeiros foram então comparados com  $K_2^2$  e  $K_3^2$  utilizando os somatórios das diferenças, em valores relativos. Procedeu-se ainda a análise de variância dos valores de  $K_1$ ,  $K_2^2$  e  $K_3^2$ , bem como a aplicação do teste de Tukey para os valores obtidos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados dendrométricos das 54 árvores e os valores quadráticos anotados encontram-se resumidos na TABELA 2.

Observa-se comparando-se os valores contidos na coluna referente aos dados de  $K_1$  (obtido entre as razões de volumes sem e com casca) com os da coluna referente aos dados de  $K_2^2$  (obtido pela média dos dados de seções de 1 metro) que, das 54 árvores medidas, os valores de  $K_1$  foram superiores aos valores de  $K_2^2$  em apenas cinco vezes, sendo que em dez oportunidades os valores encontrados foram iguais e em 39 vezes os valores de  $K_1$  foram inferiores. A somatória dos desvios em valores relativos foi de -0,69 os quais divididos pelo número de observações (54) redundaram em -0,013, que corresponde a 1,75% do valor médio de  $K_1$ .

Na comparação de  $K_1$  com  $K_3^2$  verifica-se que o modelo simplificado foi superior em apenas nove vezes, sendo que em duas oportunidades os resultados foram iguais. A somatória dos desvios em valores relativos foi de +2,38, que corresponde a um desvio médio de 0,045, ou seja, 6,08% do valor médio de  $K_1$ , corroborando com Machado & Garcia (1984) que afirmaram que o volume de casca calculado com base nas medições de DAP com e sem casca superestimavam estes valores.

A análise de variância para os dados obtidos apresentou os resultados constantes na TABELA 3.

Existe diferença altamente significativa a nível de 1% de probabilidade entre pelo menos duas médias de valores.

O teste de Tukey detectou as diferenças entre as médias (TABELA 4).

O teste de Tukey evidenciou não ter ocorrido diferença entre os valores de  $K_1$  e  $K_2^2$  e diferença significativa no nível de 5% de significância entre  $K_3^2$  e as outras médias.

TABELA 2 – Quadro resumo de dados dendrométricos e fatores de conversão de casca para *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*.

Nº DA ARVORE	DAP C/C -m-	DAPS/c -cm-	Altura - -m-	Volume total c/casca (m <sup>3</sup> )	Volume total s/casca (m <sup>3</sup> )	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub> <sup>2</sup>	K <sub>3</sub> <sup>2</sup>	K <sub>1</sub> - K <sub>2</sub> <sup>2</sup>	K <sub>1</sub> - K <sub>3</sub> <sup>2</sup>
1.	22,8	18,5	21,55	0,3860	0,2913	0,75	0,76	0,66	-0,01	+0,09
2.	22,9	18,0	19,30	0,3762	0,2637	0,70	0,71	0,62	-0,01	+0,08
3.	21,6	17,3	18,15	0,2829	0,2099	0,74	0,75	0,64	-0,01	+0,10
4.	19,5	17,2	21,40	0,3056	0,2495	0,81	0,83	0,78	-0,02	+0,03
5.	15,4	11,7	17,10	0,1427	0,0949	0,66	0,69	0,58	-0,03	+0,08
6.	26,0	22,2	25,00	0,5629	0,4465	0,79	0,79	0,73	0,00	+0,06
7.	21,9	19,0	23,30	0,3857	0,3204	0,83	0,85	0,75	-0,02	+0,08
8.	22,2	17,1	19,45	0,3519	0,2403	0,68	0,70	0,59	-0,02	+0,09
9.	24,2	19,2	22,85	0,4096	0,2917	0,71	0,75	0,63	-0,04	+0,08
10.	16,0	12,2	13,20	0,1231	0,0760	0,62	0,63	0,58	-0,01	+0,04
11.	13,9	10,0	11,90	0,0730	0,0447	0,61	0,64	0,52	-0,03	+0,09
12.	15,5	13,4	18,80	0,1686	0,1240	0,73	0,76	0,75	-0,03	+0,02
13.	18,1	15,0	17,30	0,1818	0,1284	0,71	0,71	0,69	0,00	+0,02
14.	19,2	16,3	18,10	0,2184	0,1608	0,74	0,74	0,72	0,00	+0,02
15.	16,2	14,9	22,40	0,2086	0,1706	0,82	0,80	0,84	+0,02	-0,02
16.	18,0	14,8	12,60	0,1483	0,0970	0,65	0,66	0,68	-0,01	-0,03
17.	16,4	10,7	12,20	0,1078	0,0598	0,55	0,59	0,42	-0,04	+0,13
18.	14,4	11,2	9,70	0,0686	0,0429	0,62	0,64	0,60	-0,02	+0,02
19.	24,3	18,7	21,10	0,3367	0,2401	0,71	0,74	0,59	-0,03	+0,12
20.	22,5	18,3	24,60	0,3818	0,2776	0,73	0,74	0,66	-0,01	+0,07
21.	27,8	22,8	24,20	0,5857	0,4254	0,72	0,74	0,67	-0,02	-0,05
22.	21,0	17,3	22,80	0,3424	0,2587	0,75	0,76	0,68	-0,01	+0,07
23.	19,0	16,4	22,30	0,2755	0,2014	0,73	0,75	0,74	-0,02	+0,01
24.	19,1	16,2	22,40	0,2741	0,2052	0,75	0,77	0,72	-0,02	+0,03
25.	25,5	21,0	24,20	0,4986	0,3773	0,75	0,76	0,67	-0,01	+0,08
26.	19,3	16,3	23,60	0,2680	0,2104	0,78	0,79	0,71	-0,01	+0,07
27.	18,5	14,6	21,80	0,2523	0,1594	0,63	0,72	0,62	-0,09	+0,01
28.	18,0	15,3	17,80	0,2195	0,1581	0,72	0,74	0,72	-0,02	0,00
29.	27,5	22,8	25,20	0,6322	0,4676	0,74	0,74	0,68	0,00	+0,06
30.	19,0	15,5	20,20	0,2489	0,1869	0,75	0,77	0,66	-0,02	+0,09
31.	23,7	18,9	20,30	0,3421	0,2526	0,74	0,74	0,63	0,00	+0,11
32.	19,2	16,3	18,70	0,2427	0,1773	0,73	0,74	0,72	-0,01	+0,01
33.	26,5	22,8	19,80	0,4927	0,3792	0,77	0,76	0,74	+0,01	+0,03
34.	30,0	25,5	23,00	0,6832	0,5581	0,81	0,79	0,72	+0,02	+0,09
35.	24,0	21,7	24,10	0,4580	0,3727	0,81	0,81	0,82	0,00	-0,01
36.	18,0	16,2	21,60	0,2606	0,2003	0,77	0,77	0,81	0,00	-0,04
37.	25,3	21,4	22,40	0,4804	0,3712	0,77	0,77	0,71	0,00	+0,06
38.	27,1	22,2	22,30	0,5294	0,3818	0,72	0,73	0,67	-0,01	+0,05
39.	19,2	16,4	21,90	0,2973	0,2267	0,76	0,78	0,73	-0,02	+0,03
40.	19,7	16,8	21,60	0,2797	0,2192	0,78	0,80	0,73	-0,02	+0,05
41.	24,9	20,9	18,15	0,3704	0,2667	0,72	0,74	0,70	-0,02	+0,02
42.	28,4	24,0	20,90	0,5776	0,4456	0,77	0,77	0,71	0,00	+0,06
43.	25,9	22,0	22,70	0,4560	0,3542	0,78	0,79	0,72	-0,01	+0,06
44.	26,5	18,8	21,10	0,4278	0,2801	0,65	0,68	0,50	-0,03	+0,15
45.	19,2	17,5	22,80	0,3207	0,2458	0,76	0,71	0,83	+0,05	-0,07
46.	19,5	17,7	22,00	0,3348	0,2547	0,76	0,75	0,82	+0,01	-0,06
47.	24,0	21,1	22,20	0,4457	0,3508	0,79	0,79	0,77	0,00	+0,02
48.	19,8	15,3	16,90	0,2001	0,1382	0,69	0,72	0,60	-0,03	+0,09
49.	19,6	15,3	20,70	0,2703	0,1858	0,69	0,71	0,61	-0,02	+0,08
50.	21,0	17,0	17,90	0,2643	0,1946	0,74	0,75	0,66	-0,01	+0,08
51.	21,8	19,5	21,00	0,3460	0,2767	0,80	0,81	0,80	-0,01	0,00
52.	24,0	18,5	22,20	0,3323	0,2238	0,67	0,68	0,59	-0,01	+0,08
53.	20,4	17,0	20,30	0,2907	0,1966	0,68	0,69	0,69	-0,01	-0,01
54.	21,8	17,0	21,80	0,3181	0,2196	0,69	0,70	0,61	-0,01	+0,08

PINHEIRO, G. de S. Comparação entre modelos para determinação da porcentagem de madeira em árvores de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf. em Itirapina.

TABELA 3 – Análise de variância dos valores de  $K_1$ ,  $K_2$  e  $K_3$ .

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Modelo	2	0,18585679	0,09292840	70,21
Resíduo	159	0,21045741	0,00132363	
Total	161	0,39631420		

Pr >F  
0,0001

TABELA 4 – Aplicação do teste de Tukey para os valores obtidos.

Tukey	Média	N	TR
A	0,7407	54	$K_2$
A	0,7283	54	$K_1$
B	0,6813	54	$K_3$

#### 4 CONCLUSÕES

Embora não tenham ocorridos diferenças significativas entre os modelos  $K_1$  e  $K_2$ , os resultados de  $K_2$  superestimam os valores de volumes sem casca o que permite concluir que o método  $K_1$ , obtido pela razão entre o volume total sem casca e o volume total com casca, embora mais trabalhoso, é o mais indicado para as estimativas propostas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Curitiba, 1986. 89 p. (Documentos, 17).

\_\_\_\_\_. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília, DF: Embrapa. Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FLOR, H. M.; REIS, G. M. C. L. Estudo do desenvolvimento inicial de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari, em Brasília. **Brasil Florestal**, Brasília, D.F., v. 43, p. 25-34, 1980.

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. G. P. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66 p. (Série Técnica, 11).

GUIMARÃES, D. P. *et al.* **Avaliação silvicultural, dendrométrica e tecnológica de espécies de *Eucalyptus***. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1983. 73 p. (Boletim de Pesquisa, 20).

HOSOKAWA, R. T. *et al.* Avaliação de volumes industrializáveis em povoamentos de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 10-20, 1979.

MACHADO, S. A.; GARCIA, E. R. Determinação do volume da casca em plantações de *Pinus taeda*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 15, n. 1-2, p. 17-25, 1984.

MEYER, H. A. Bark volume determination in trees. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 44, n. 12, p. 1067-71, 1946.

PINHEIRO, G. de S. Comparação entre modelos para determinação da porcentagem de madeira em árvores de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf. em Itirapina.

NUNES, J. R. S. **Análise de volume e de porcentagem de casca em povoamentos de *Eucalyptus* de origem hídrica, segundo a idade, local, espécie e método de regeneração.** 1981. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PAULA NETO, F. *et al.* Equações de volume de casca de *Eucalyptus* de diferentes idades e condições de local, espécie e método de regeneração. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 157-169, 1992.

SCOLFORO, J. R.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Mensuração florestal 2: volumetria.** Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL/FAEPE, 1993. 126 p.

VEIGA, A. A. **Curso de atualização florestal.** 3. ed. São Paulo: Instituto Florestal, 1976. 341 p. (Publicação IF, 8).

VENTURA, A.; BERENGUT, G.; VICTOR, M. A. M. Características edafoclimáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvic. S. Paulo**, São Paulo, v. 4, p. 57-139, 1965/1966.