

TABELAS DE VOLUME PARA BROTAÇÃO DE TOUÇAS DE *Eucalyptus saligna* Sm.

Hilton Thadeu Zarate do Couto*

O.D.C. - 524.315:176.1 *Eucalyptus saligna* Sm.

SUMMARY

Several volume equation models were tested along with different techniques of variables selection for volume determination of *Eucalyptus saligna* Sm. sprouts.

After an extensive testing, the combined variable equation was chosen as the best model due to simplicity and good prediction ability.

1. INTRODUÇÃO

Uma das técnicas mais aceita na determinação de volume sólido de madeira é a utilização de tabelas de volume. Em geral tabelas de volume estimam volume de cada árvore através da medição de diâmetro à altura do peito (D) e altura total ou comercial, que são variáveis de acesso relativamente fácil. Alguns modelos estimam volume em função apenas do diâmetro à altura do peito (D) e são aceitos para uso local. Esses modelos não levam em consideração a altura das árvores e conseqüentemente o índice de qualidade do solo, se: restringindo, portanto, apenas ao local onde os dados foram coletados.

O objetivo deste trabalho é testar vários modelos de tabelas de volume utilizando diferentes técnicas de seleção de variáveis e ao mesmo tempo prover equações lineares de volume cuja variável independente é o quadrado do diâmetro a altura do peito (D).

2. DADOS

Os dados disponíveis para esse estudo foram coletados no município de Guararema, estado de São Paulo, em plantio de *Eucalyptus saligna* Sm. Os dados foram colhidos de brotações do 3.0 corte de 20 touças com 7 anos de idade cujo espaçamento por ocasião do plantio era de 2 x 2 metros. As touças foram selecionadas ao acaso.

De cada touça, conduzida com 3 ou 4 brotações, foram abatidas todas as brotações e cortadas em secções de 2 metros cada. Medições de D e altura comercial, diâmetros com e sem casca foram medidos na base, e a cada 2 metros até um diâmetro aproximado de 6 cm, com casca. Um total de 63 brotações foram abatidas cujos diâmetros à altura do peito variavam de 6 a 19,50 cm de 4 a 16 metros de altura comercial.

Os volumes com e sem casca de cada brotação foram calculados pela fórmula de Smalian.

* Professor-Assistente do Departamento de Silvicultura
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Universidade de São Paulo

3. SELEÇÃO DE VARIÁVEIS

Dos diferentes métodos de seleção de variáveis apresentados por DRAPER & SMITH (1966) e GIRAO & BARROCOS (1968), os seguintes serão testados:

3.1. COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO

A primeira técnica utilizada na seleção de variáveis foi baseada nos valores de R^2 (Coeficiente de determinação). As seguintes variáveis independentes foram testadas no modelo $v = f(x)$, onde V = volume e X = variável ou variáveis independentes: $X = D, H, D^2, D^2H, H^2, DH^2, DH, \ln D, \ln H$.

As variáveis testadas foram extraídas de modelos não formais apresentados por SPURR (1952).

D = Diâmetro à altura do peito

H = Altura comercial

\ln = Logaritmo neperiano

Os valores de R^2 foram calculados para modelos com uma variável independente até modelos com todas as 9 variáveis. De cada classe (número de variáveis) se escolhia o modelo de maior R^2 , o qual era considerado o melhor modelo.

A tabela 1 apresenta todos os melhores modelos de cada classe de número de variáveis independentes e os respectivos valores de R^2 .

Pode-se notar na tabela 1 que a diferença entre o modelo mais simples ($V = b_0 + b_1 D^2H$) dos modelos subsequentes é muito pequena em termos de R^2 . Outro teste subsequente seria tomar outro conjunto de dados da mesma população e prever erros para os diferentes modelos da Tabela 1.

TABELA 1 - Valores do coeficiente de determinação para os melhores modelos de cada classe de número de variáveis independentes.

N.os de variáveis independentes no modelo	Coeficiente de determinação (R^2)	de Variáveis no modelo
1	0,9617	D^2H
2	0,9621	$D^2H, \ln D$
3	0,9623	D, D^2, D^2H
4	0,9623	$D, D^2, D^2H, \ln D$
5	0,9625	D, D^2, D^2H, H^2, DH^2
6	0,9628	$D, H, D^2, D^2H, DH, \ln D$
7	0,9629	$D, H, D^2, D^2H, H^2, DH^2, \ln D$
8	0,9629	$D, H, D^2, D^2H, H^2, DH^2, \ln D, \ln H$
9	0,9630	$D, H, D^2, D^2H, H^2, DH^2, DH, \ln D, \ln H$

Se a diferença entre os valores estimados para o modelo mais simples seria plenamente aceitável.

Entretanto, não possuímos esse tipo de dado, razão pela qual, na diferença, os erros de estimação do modelo mais simples seria plenamente aceitável.

3.2. PROCESSO DE ELIMINAÇÃO PARA FRENTE

Esta técnica é útil quando se procura modelos complexos, isto é, tendo uma única variável independente que produz o maior valor do coeficiente de determinação. Posteriormente, vai introduzindo variáveis no modelo, de tal maneira que cada variável tem que apresentar um valor do teste F seqüencial* de no mínimo 0,5% de significância.

A Tabela 2 apresenta os valores do teste F seqüencial para cada uma das variáveis. Nota-se também que a contribuição da inclusão de cada variável exceto D2H, não foi relevante, justificando apenas a permanência de D2H no modelo.

3.3. PROCESSO DE ELIMINAÇÃO PARA TRÁS

Neste processo, os cálculos são inicialmente feitos para um modelo incluindo todas as variáveis independentes (neste caso 9) .

TABELA 2 - Valores do teste F seqüencial para variáveis com nível de significância inferior a 0,5%.

Variável	Teste F
D ² H	0,0001
Ln D	0,0246
D ²	0,1559
D	0,3006

Posteriormente as variáveis são eliminadas uma a uma até todas as variáveis remanescentes no modelo apresentem um teste F parcial* de 0,1% para que permaneçam no modelo.

Esta técnica é útil quando se procura modelos complexos, isto é, modelos com número grande de variáveis, o que não é o caso mais comum na prática.

O modelo selecionado neste trabalho foi:

$$V = b_0 + b_1 D^2H + b_2 \text{Ln } D + b_3 D^2 + b_4 DH^2 + b_5 H^2 .$$

3.4. PROCESSO DE ESTIMAÇÃO DA REGRESSÃO PASSO A PASSO

Esta técnica é uma modificação do processo de seleção para frente e procura incluir no modelo variáveis que apresentem o teste F parcial com significância de 0,1 ou menos.

O modelo selecionado foi:

$$V = b_0 + b_1 D^2H + b_3 \text{Ln } D.$$

4. ESCOLHA DO MODELO

Embora seja o mais caro em termos de custo de computação, o procedimento que utiliza o coeficiente de determinação (todas as possíveis regressões), para seleção das variáveis fornece uma visão geral de todas as melhores combinações das variáveis independentes. Aliás, uma das razões para o aparecimento das outras técnicas de seleção foi

* O teste F é dito seqüencial quando a ordem de entrada das variáveis no modelo afeta o valor do teste.

a tentativa de se descobrir um método que o substituísse e cujo custo de computação fosse baixo.

Considerando que qualquer outra variável independente exceto DZH não forneceu contribuição suficiente para melhorar o modelo e também aplicações práticas tais como, facilidade para estimar os parâmetros, facilidade para o uso, baixo custo nos cálculos, e boa precisão, recomendamos a utilização do modelo denominado de variáveis combinadas cuja equação é a seguinte:

$$V = b_0 + b_1 D^2 H$$

5. EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS

Os seguintes modelos foram desenvolvidos para brotação de touças de **Eucalyptus saligna** Sm.

a) $VCc/c = 0,0043 + 0,443(D^2 Hc)$ ($R^2 = 0,96$ **)

b) $VCs/c = 0,0004 + 0,375(D^2 Hc)$ ($R^2 = 0,96$ **)

c) $VCc/c = 0,032 + 6,75 D^2$ ($R^2 = 0,95$ **)

d) $VCs/c = 0,033 + 7,97 D^2$ ($R^2 = 0,95$ **)

VCc/c = Volume comercial com casca (diâmetro mínimo de 6 cm (com casca))

VCs/c = Volume comercial sem casca (diâmetro mínimo de 6 cm (com casca))

R^2 = Coeficientes de determinação

** = Altamente significativo (significativo ao nível de 1%)

Hc = Altura comercial

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DRAPER, N. R. & SMITH, H. 1966 - **Applied regression analysis**. New York, John Wiley.

GIRÃO, J. A. & BARROCAS, J. M. - 1968 - **Análise de regressão: o algoritmo STRAP**. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

SPURR, S. H. - 1952 - **Forest inventory**. New York, Ronald Press.