

ESTIMATIVA DOS ERROS SISTEMÁTICOS NA CUBAGEM DOS TRONCOS PELOS MÉTODOS DE HOHENADL E PRESSLER.

José Alves da Silva*

SUMMARY

In this research an attempt was made to show that the errors in the stems volume calculation by Hohenadl's and Pressler's methods can easily be estimated by regressions.

The Smalian volume was considered, in this case, as standard volume and the systematic error was expressed in percentage.

The stepwise regressions was utilized to supply the equations determined as a function of Hohenadl quotients and later used to volume corrections. All Hohenadl diameters were calculated by linear interpolation.

1. INTRODUÇÃO

Em geral, o método de cubagem rigorosa mais tradicional nos meios florestais brasileiros é o procedimento de Smalian (veja SPURR (6)), onde o volume individual de cada secção é calculado em função do seu comprimento e de suas secções transversais. Mediante a presença de irregularidades nos troncos ou devido a existência de galhos e nós, comuns em muitas espécies, o ponto de medição dos diâmetros pode ser simplesmente transferido para outro local, alterando assim o comprimento regular das secções, porém o volume é sempre calculado segundo a fórmula das secções médias.

Na Europa, especialmente na Áustria, a cubagem rigorosa para fins comerciais é efetuada segundo o procedimento de Huber. Ambos os procedimentos utilizam todavia medidas absolutas dos comprimentos das secções.

O método de cubagem instituído por HOHENADL (veja PRODAN (6)) é baseado no comprimento relativo das secções, sendo o tronco da árvore dividido em cinco secções relativas de igual comprimento, independente da altura total da árvore.

Tal procedimento tem encontrado larga aplicação nos trabalhos biométricos práticos e, especialmente, científicos como, por exemplo, a determinação do verdadeiro fator forma, dos verdadeiros quocientes, formas e o estudo da forma dos troncos.

Outra grande vantagem deste procedimento, segundo PRODAN (6), é que favorece a comparação entre diferentes troncos, enquanto que os métodos de Huber e Smalian não permitem. A existência de um grande número de espécies florestais cultivadas no Brasil justifica ainda mais o possível emprego do método de Hohenadl, uma vez que se pode fazer estudos comparativos entre os diferentes troncos.

Por outro lado, os métodos de cubagem usados nas pesquisas florestais em nosso meio são exaustivos e onerosos devido ao grande número de medições efetuadas nos troncos. Deve-se salientar, contudo, que o levantamento de um grande número de secções de comprimentos relativos, como usou NAESLUND (citado por WUTT (10)), conduzem também a trabalhos exaustivos. Sob este ponto de vista o procedimento de Hohenadl poderia servir pelo menos para a racionalização das pesquisas biométricas e dos trabalhos de campo em nosso meio florestal.

Comparativamente, procurou-se analisar também a determinação volumétrica segundo Pressler, uma vez que o volume da árvore através deste procedimento pode ser facilmente estimado, utilizando-se os relascópios de Bitterlich.

Como objetivo principal procurou-se, determinar os erros cometidos na cubagem dos troncos abatidos segundo Hohenadl e das árvores em pé segundo Pressler, em relação ao método de cuba-

* Professor de Dendrometria e Inventário Florestal do Deptº de Ciências Florestais — UFSM.

gem de Smalian tomado como padrão, tendo-se em vista a importância prática e científica dos procedimentos de cubagem considerados e, ainda, sua difusão nos meios florestais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados deste trabalho referem-se a 244 árvores de *Pinus taeda* L., conforme a descrição anterior de SILVA (7, 8). A cubagem dos troncos foi efetuada, originalmente, segundo o método de Smalian seccionando-se os troncos a cada 2 metros.

Assim, foi necessário efetuar uma interpolação entre os valores medidos de acordo com o método de Smalian, conforme mostra a Figura 1, a fim de determinar os valores dos diâmetros segundo Hohenadl.

Neste caso, utilizou-se uma interpolação linear, baseado nos trabalhos de NAGEL (5), uma vez que foi determinado que a interpolação linear para este tipo

de secção produzia melhor aproximação para a estimativa dos valores relativos que as interpolações logarítmicas. O erro cometido nas estimativas dos diâmetros a 1/10 da altura foi aproximadamente igual a 2,5% e para os demais diâmetros cometeu-se um erro entre -0,2 e -2,5%.

Este resultado foi também coerente com as observações efetuadas por GROSENBAUCH (3) que recomendava para o estudo de interpolações comprimentos máximos de 2 metros. Nestes casos, a interpolação linear poderia ser usada sem provocar grandes erros.

O cálculo dos diâmetros de Hohenadl foi efetuado através de uma subrotina denominada DHO escrita em linguagem Fortran para IBM 1130.

CÁLCULO DE VOLUMES

Para o cálculo dos volumes segundo os métodos de Hohenadl, Smalian e Pressler foi necessário desenvolver quatro subrotinas especiais. A subrotina FORM foi utilizada para o cálculo dos fatores formas verdadeiros (λ 0,9) e artificiais (f), além da determinação do quociente de Hohenadl (qH) e dos verdadeiros quocientes formas. O quociente de Hohenadl foi usado, posteriormente, para a correção do volume segundo aquele autor.

O volume de Hohenadl resultou da aplicação da seguinte fórmula geral:

$$v = \frac{\pi}{4} \cdot d_{0,9}^2 \cdot h \cdot \lambda \dots\dots\dots 1$$

onde:

$d_{0,9}$ = Diâmetro à 0,9 m da altura total

a partir da ápice, obtido por interpolação através da subrotina DHO.

h = Altura total

$\lambda_{0,9}$ = Verdadeiro fator forma

O volume de Smalian foi calculado, usando-se uma subrotina denominada SMAL, enquanto que para o volume de Pressler foi utilizada a subrotina PRIHO. O ponto de referência ou ponto diretor de Pressler, entretanto, foi calculado também por interpolação, pro-

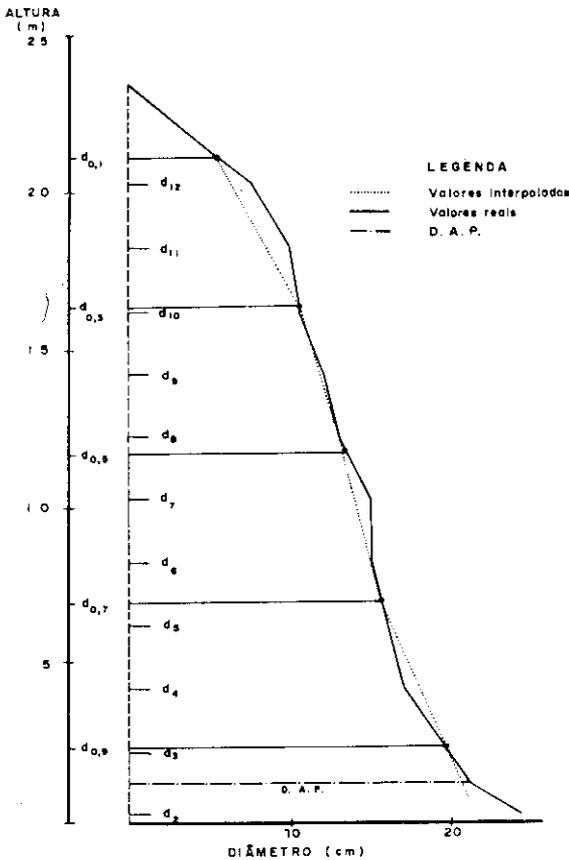


Figura 1 - Diâmetros de HOHENADL interpolados pela subrotina DHO (*Pinus taeda* L.)

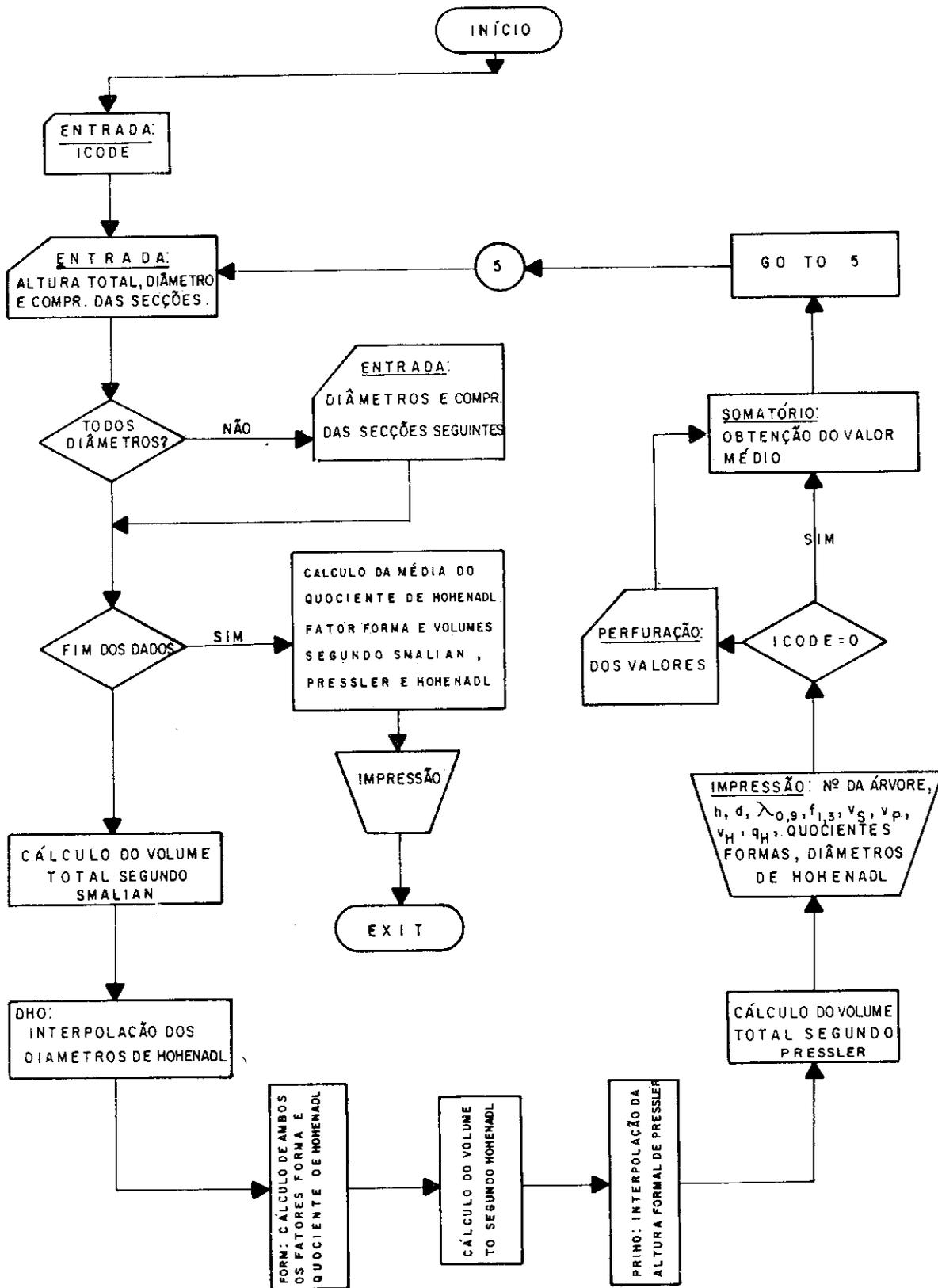


FIGURA 2 - FLUXOGRAMA DO PROGRAMA SMALI

curando-se encontrar ao longo de cada tronco o valor do diâmetro correspondente à metade do DAP.

Para a estimativa do volume individual não se utilizou o fator de correção $m/2$ sugerido por BITTERLICH (1), (Veja também LOETSCH et al (4). Em lugar deste fator tomou-se a metade da altura do DAP (0,65 m), a qual foi somada à altura diretriz de Pressler calculada pela subrotina PRIHO.

Todas estas subrotinas foram reunidas em um programa principal denominado SMALI, onde foram calculados e impressos os volumes individuais segundo os três referidos métodos de cubagem, além dos fatores e quocientes formas, conforme mostra a Tabela 1.

A Figura 2 representa o Fluxograma do programa principal SMALI, mostrando todos os principais passos para a determinação volumétrica das árvores.

TABELA 1. — Resultados do Programa SMALI, mostrando como exemplo a árvore nº 144 da espécie "Pinus taeda" L.

Árv.	Altura (M)	DAP (CM)	$\lambda_{0,9}$	$f_{1,3}$	Smalian (M3)	Hohenadl (M3)	Pressler	qH	Alt.Dir
Nº									
144	12,3	11,1	0,5199	0,5359	0,0655	0,0637	0,0698	0,9849	10,1

Árv. Quocientes Forma

Nº	*ETA 9	ETA 7	ETA 5	ETA 3	ETA-1
144	1,0000	0,8192	0,7032	0,5940	0,2847

Diâmetros de Hohenadl

Árv.	DO 9	DO 7	DO 5	DO 3	DO 1
Nº	(CM)	(CM)	(CM)	(CM)	(CM)
144	11,3	9,2	7,9	6,7	3,2

*ETA = $d_{0,i}/d_{0,9}$ sendo $i = 9,7,5,3,1$

ESTIMATIVA DOS ERROS

Considerando-se que o cálculo volumétrico das árvores abatidas baseado em cinco secções relativas produz um erro sistemático negativo veja (PRODAN (6)), resultou, então, a necessidade de se fazer a correção daquele volume. Neste sentido, foi proposto por DITTMAR(2) o seccionamento de cada uma das secções relativas de Hohenadl em três outras secções, a fim de reduzir a magnitude do erro. O procedimento, entretanto, era demasiadamente exaustivo e oneroso.

Segundo PRODAN (6), o erro total cometido na estimativa do volume de árvore depende, em geral, da secção infe-

rior do seu tronco, especialmente das partes localizadas nas regiões de influência das raízes, atingindo um valor máximo de -8%. Este erro, entretanto, pode ser estatisticamente estimado como uma função do quociente de Hohenadl, usado para caracterizar a região dos troncos influenciadas por suas raízes, uma vez que ele expressa a razão entre dois diâmetros tomados à altura do peito e a 9.10 da altura total, a contar do ápice.

Como requisito para a análise estatística, expressou-se o erro em porcentagem, tomando-se a diferença entre o volume individual de Smalian calculado através da subrotina SMALI e o volume de Hohenadl calculado pela expressão

geral 1, no programa principal, em relação ao volume de Smalian. O mesmo critério foi aplicado ao volume de Pressler, cuja estimativa, também no programa principal, foi efetuada através da subrotina PRIHO (veja figura 2).

Utilizou-se para análise estatística o procedimento de regressões progressivas, tomando-se os erros volumétricos em porcentagem como variáveis dependentes e os valores de qH , qH^2 , $1/qH$, $1/qH^2$, $\ln qH$, $\ln^2 qH$, $1/\ln qH$ e qH^3 como variáveis independentes. Neste caso, foram usados os programas KORRE e SCHR do Instituto de Biometria Florestal da Universidade Rural de Viena, o primeiro calculava e perfurava em cartões a matriz de correlação e o segundo efetuava a seleção das regressões.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de regressão, revelou que o erro percentual dos volumes de Hohenadl e Pressler podiam ser expressos por uma parábola, uma vez que os coeficientes de correlação estimados para os modelos hiperbólicos e lineares eram ainda inferiores.

TABELA 2. — Estimativa do erro percentual em volume em função, do quociente de Hohenadl (qH)

Coeficientes de Regressão	Pressler	Hohenadl
b0	—259,58	—206,74
b1	604,90	393,40
b2	—344,20	—186,10
R	0,479	0,431

Entretanto, as relações obtidas nesta análise, ao contrário das observações de PRODAN (6), não explicaram suficientemente a porcentagem de variação da regressão para a estimativa do erro pelo método de Hohenadl. Encontrou-se para a equação de Hohenadl um desvio padrão de regressão de $\pm 3,2\%$ e para a equação de regressão de Pressler cerca de $\pm 6,3\%$. Para o volume de Hohenadl estimou-se um erro médio de $0,14\%$ e para o volume de Pressler cerca de $2,79\%$.

Verificou-se, que a parte inferior dos troncos das árvores de *Pinus taeda*, especialmente em Santa Maria, não sofre

ra grandes influências de suas raízes. A conicidade dos troncos das árvores, pelo menos na idade do levantamento, não foi suficientemente expressiva a ponto de causar uma considerável redução no erro padrão de regressão das equações de Hohenadl e Pressler estimadas para a correção dos volumes.

4. CONCLUSÕES:

1. Verificou-se que os troncos das árvores de *Pinus taeda* L., na região de Santa Maria, não possuíam uma acentuada conicidade.
2. Para a correção dos volumes de Hohenadl e Pressler em relação ao volume de Smalian foram ajustadas duas equações parabólicas, apresentando contudo baixos coeficientes de correlação.
3. Verificou-se que o procedimento de Hohenadl subestimava os volumes das árvores, enquanto o método de Pressler os superestimava.
4. Estimou-se para o volume de Hohenadl um erro médio de $0,14\%$ e para o volume de Pressler $2,79\%$.

5. AGRADECIMENTOS

Para o desenvolvimento dos cálculos estatísticos deste trabalho ficam registrados os nossos agradecimentos ao "Dozent Dipl. Ing. Dr. HUBER STERBA, Institut f. Forstl. Ertragslehre, Universitaet f. Bodenkultur" em Viena, pelo seu assentimento em permitir o manuseio dos programas KORRE e SCHR durante a nossa estada naquele Instituto.

6. RESUMO

No presente trabalho procurou-se mostrar que os erros cometidos na cubagem dos troncos pelos métodos de Hohenadl e Pressler podem ser facilmente estimados por regressões.

Neste caso, tomou-se o volume de Smalian como o volume padrão e expressou-se o erro sistemático em porcentagem.

Na estimativa das equações foram utilizadas regressões progressivas estimadas em função do quociente de Hohenadl para posterior correção dos volumes. Os diâmetros de Hohenadl foram obtidos por interpolação linear.

7. LITERATURA CITADA

1. BITTERLICH, W. Pressler Richthohe in neuem Licht. **Allgemeine Forstzeitung**, (5/6): 1-8, 1959.
2. DITTMAR, O. Untersuchungen über die Zusammenhaege zwischen der Hohenadl'schen echten Schaftholzformzahl λ 0,9, dem echten Formquotienten η 0,5 und echter Ausbauchungsreihe in mittel und norddeutschen Waldbestaenden. **Archiv für Forstwesen**, 7 (1) 1-25, 1958.
3. GROSENBAUGH, L. R. Tree form: Definition, interpolation, extrapolation. **For chron.** 42 (4): 444 — 457, 1966.
4. LOETSCH, F., ZOEHRER, F. e HALLER, K. G. **Forest inventory**. München, BLV. 1973. 469 p. v.2.
5. NAGEL, D. Untersuchungen über die form und Formentwicklung des Fichtenschafthes. Freiburg, Universitaet von Freiburg, 1968. (Dissertation).
6. PRODAN, M. **Holzmesslehre**. Frankfurt, J.D. Sauerlaender, 1965. 644 p.
7. SILVA, J.A. da. Seleção de parcelas amostrais aplicadas em povoamentos de **Pinus taeda** L. para fins biométricos. Santa Maria, Universidade Federal, 1975. 70 p. (Tese de Mestrado).
8. ————. Schafthkurvenuntersuchungen an Fichte (**Picea abies**), Tanne (**Abies alba**), Rotkiefer (**Pinus sylvestris**) und Pechkiefer (**Pinus taeda**). Wien, Universitaet für Bodenkultur, 1976. 111 p. (Dissertationssarbeits zur Erlangung des Doktorgrades).
9. SPURR, S. H. **Forest Inventory**. New York, Ronald Press, 1952. 476 p.
10. WUTT, H. Schafthkurven-Naeherung durch Interpolationspolynome. **Cbl. f. d. ges. Forstw.**, 78 (1): 39-55, 1961.