COMPARAÇÃO DE EQUAÇÕES DE VOLUME PARA EUCALYPTUS SALIGNA Smith.

I — Equações aritméticas não formais.

Ricardo Antonio de Arruda Veiga *

RESUMO

Determinação de equações de volume aritméticas não formais para Eucalyptus saligna Smith, a partir de dados de eucaliptais de 5 a 10 anos coletados em Mogi-Guaçu, Bragança Paulista, Artur Nogueira e Limeira. Resolução das equações a partir do sistema de regressão "passo-a-passo". Seleção das melhores equações aritméticas não formais para volume total com casca e volume total sem casca, volume comercial ao diâmetro limite de 0,05 m, com e sem casca, e volume comercial ao diâmetro limite de 0,08 m, com e sem casca.

SUMMARY

"Volume equations for Eucalyptus saligna Smith. I — Arithmetic non form equations"

Arithmetic non form equations are compared for Eucalyptus saligna Smith, having the objective of selecting the most precise for inside and outside bark total cubic volume estimation, and for merchantable volumes estimation to 0.05 m. and 0.08 m. top.

1 — Introdução

A estimativa do volume de povoamentos florestais a partir de equações ou tabelas de volume, é recurso de grande utilidade nos trabalhos de inventário. No Brasil, apesar de ser possuidor da maior área do globo reflorestada com eucaliptos, raros são os estudos sobre equações de volume para este gênero.

A relevância do problema motivou o presente trabalho cujo objetivo principal foi a comparação de várias equações de volume aritméticas não formais visando a escolha das mais adequadas para **Eucalyptus saligna** Smith em maciços em ocasião de primeiro corte.

Os estudos foram dirigidos àquela espécie por ser possivelmente, a mais importante em nossas condições, pois é a mais plantada e a sua madeira de aplicações inúmeras, desde o consumo como lenha até a utilização como matéria-prima em indústrias de celulose e de chapas de fibras.

Pretende-se dar continuidade ao presente trabalho, com realização de estudos análogos para equações de volume aritméticas formais, logarítmicas não formais e logarítmicas formais.

2 — Revisão bibliográfica

Inúmeras equações têm sido sugeridas para exprimir o volume em função de dadas variáveis independentes. Uma base para o estabelecimento dessas equações pode ser tomada em GOMES (16), que afirmou estar provada, por "numerosíssimas experiências efetuadas nas mais díspares circunstâncias", a exatidão com que a hipótese linear $V = b_0 + b_1 D^2$ traduz a relação média entre o volume (V) e o quadrado do D.A.P. (D). No caso

$$b_0 = b'_0 + b'_1 H + b'_2 H^2 + \ldots + b'_n H^n$$
$$b_1 = b''_0 + b''_1 H + b''_2 H^2 + \ldots + b''_n H^n$$

com H indicando a altura, donde decorre a fórmula geral:

$$V = b'_0 + b'_1 H + b'_2 H + \ldots + b'_n H + b''_0 D^2 + b''_1 D^2 H + \ldots + b''_n D^2 H^n$$

* Professor titular de Silvicultura da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu.

SPURR (33) realizou amplo estudo sobre tabelas de volume, diferenciando os tipos de equações em: aritméticas não formais, aritméticas formais, logarítmicas não formais e logarítmicas formais. Dentre as aritméticas não formais cita as seguintes:

— Nässlund: $V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 D^2H + b_3 H^2 + b_4 DH^2$

— Compreensiva: $V = b_0 + b_1 D + b_2 DH + b_3 D^2 + b_4 H + b_5 D^2H$

— Meyer Modificada: $V = b_0 + b_1 D + b_2 DH + b_3 D^2 + b_4 D^2H + b_5 H$

— Australiana: $V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 H + b_3 D^2H$

— Variável Combinada: $V = b_0 + b_1 D^2H$

A essas, HUSH (20) acrescenta:

— Takata: $V = D^2H/(b_0 + b_1 D)$

Ainda outras equações têm sido sugeridas, caso da proposta por HAACK (HONER, 19) para utilizar, além de D^2H, as variáveis D^2, D^3, D^3H e D^3H^2.

HONER (19) comparou equações envolvendo 15 variáveis independentes, dadas por D, D^2, D^3, H, H^2, H^3, DH, DH^2, DH^3, D^2H, D^2H^2, D^2H^3, D^3H, D^3H^2, D^3H^3, com resultados favoráveis a $V = b_0 + b_1 D^2 H + b_2 D^3$ e, principalmente, a

$V = D^2/(b_0 + b_1/H)$.

MAVREX (28) apresentou programa destinado à computação eletrônica de dados, utilizando a equação

$$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 H + b_4 DH + b_5 D^2H + b_6 H^2 + b_7 DH^2 + b_8 D^2H^2.$$

Tabelas de volume específicas para **E. saligna** foram construídas por DAWKINS (9, 10), OSMATON (29), LAAR (24), FINLAYSON (12), BARRETO (3), SHARPNACK (32), SANDRASEGARAM (31), FOOT (13).

Os trabalhos de DAWKINS (9, 10), apresentam gráficos para porcentagem de casca e tabelas volumétricas em função de valores de D.A.P. entre 0,10 e 0,35 m, e de altura de 18 a 36 m. Foram realizados em Uganda, o mesmo acontecendo com os conduzidos por OSMATON (29) e FINLAYSON (12). Este último apenas substituiu variáveis da publicação de OSMATON (29), o qual ofereceu os volumes de toras para circunferências de 0,25 a 0,88 m e comprimentos de 1,5 a 15 m.

LAAR (24) forneceu tabelas de adelgaçamento de fuste, de casca e de rendimento para **E. saligna** na África do Sul, e gráfico com volumes em função de D.A.P. e altura. Esse trabalho é citado por HEINSDIJK e outros (17) que verificaram valores baixos para o coeficiente de forma, com variação entre 0,365 e 0,380.

BARRETO (3) apresentou tabela de volume de dupla entrada para varas e pequenos postes de **E. saligna,** mas os dados foram coletados de um só arboreto, com apenas 3,5 anos de idade. As tabelas foram construidas por curvas harmonizadas, tendo sido determinados coeficientes de forma e relação hipsométrica.

SHARPNACK (32) ofereceu tabelas estimando volumes de **E. saligna** e **E. robusta,** em função de D.A.P., comprimento comercial, e diâmetro limite para cada secção de 2,5 m de comprimento. O trabalho foi realizado no Havaí, referindo-se também a outros gêneros.

SANDRASEGARAM (31) construiu tabela de volume local para **E. saligna** com dados coletados em desbaste, porém foram utilizadas apenas 26 árvores.

FOOT (13) elaborou tabelas de volume comercial e total, de simples entrada, para **E. saligna.**

Apesar da importância das tabelas de volume poucos são os estudos sobre esse assunto em toda a América do Sul. Excluídos os trabalhos do nosso país, revisão bibliográfica mostra terem sido construídas tabelas de volume apenas por LEIGHTON (26), INSTITUTO FLORESTAL do Chile (22), FUENTES (14), LAFFITTE e outros (25), BONILLA & BOTTAZZI (4), BONILLA e outros (5), BONILLA & BECMAN (6), LOJAN (27).

No Brasil foram apresentadas tabelas de volume para coníferas por HEINSDIJK (16-a), KISSIN (23) e HEINSDIJK & SOARES (18). A espécie utilizada nesses trabalhos foi **Araucaria angustifolia**, sendo no estudo de HEINSDIJK & SOARES (18) elaboradas tabelas também para **Cunninghamia lanceolata, Pinus elliottii e Criptomeria japonica.** Também se encontram trabalhos realizados por CASTILLO (7), que construiu tabela para **P. pinaster**, com dados coletados em plantações uruguaias, e por VEIGA (36) que descreveu algumas maneiras de preparo de tabelas de rendimento e construiu (VEIGA, 34) tabelas de rendimento de **Pinus** sp.

A literatura compulsada só permitiu encontrar três trabalhos com tabelas de volume ou rendimento para eucaliptos, de autoria de ANDRADE (1), HEINSDIJK e outros (17) e VEIGA (35), dentre os realizados na América do Sul. Nesse último, não se apresentam tabelas de volume, sendo construidas tabelas de rendimento para o gênero **Eucalyptus**, através da estimativa de diâmetros-futuros a serem atingidos em desbastes de acôrdo com método do referido autor, previsão da idade em que ocorrerão tais desbastes, previsão da altura média como dependente da idade, e determinação de volumes totais para classes de qualidade estabelecidas em função da área basal como índice de estagnação.

Na publicação de ANDRADE (1), encontram-se tabelas de volume com casca de **E. grandis, E. alba, E. tereticornis** e **E. saligna**, correspondentes ao espaçamento de 2 x 2 m e com fatores de forma de respectivamente 0,52, 0,51, 0,54 e 0,52. Não são oferecidos volumes totais sem casca, nem volumes comerciais.

No trabalho de HEINSDIJK e outros (17), além de tabelas de rendimento, determinadas para um conjunto de espécies de eucalipto com base em medições de campo efetuadas em vários Estados, é oferecida tabela de volumes, também comum a um conjunto de espécies. Para essa tabela foram medidas 24 árvores de **E. robusta**, 51 de **E. citriodora** e 187 de uma mistura de **E. alba, E. grandis, E. tereticornis** e **E. saligna.** A tabela de volume foi elaborada de acordo com equação logarítmica. Os referidos autores não confeccionaram tabelas de volume total sem casca, por considerarem que a madeira de eucalipto raramente é usada ou vendida descascada, e não apresentaram tabelas de volume comercial.

3 — Material e métodos

3.1 — Material

3.1.1 — Localização

As áreas utilizadas para a coleta de dados de povoamentos de eucaliptos situam-se nos municípios de Mogi-Guaçu (Hôrto Santa Terezinha, de propriedade da Champion Celulose S.A.), Limeira (Fazenda Joazal), Artur Nogueira e Bragança Paulista (Fazenda do Trigo), todos do Estado de São Paulo. Segundo dados do IBGE (21), a sede do municipio de Mogi-Guaçu acha-se localizada a 22°22' de latitude sul e 46°56' de longitude oeste de Greenwich, a 588 m de altitude. Limeira apresenta-se a 22°33' de latitude sul e 47°24' de longitude oeste, e a altitude é de 542 m. O município de Artur Nogueira localiza-se a 640 m de altitude, a 22°35' de latitude sul e 47°10' de longitude oeste. Bragança Paulista situa-se a 22°58' de latitude sul e 46°32' de longitude oeste, em altitude de 850 m.

3.1.2 — Solo

O solo dos locais onde foram coletados os dados dendrométricos é latosol vermelho-amarelo fase arenosa, com exceção da área localizada no municipio de Bragança Paulista, que é latosol vermelho-amarelo orto, conforme classificação da COMISSÃO DE SOLOS (8).

3.1.3 — Relevo

Os terrenos onde foram obtidos os dados podem ser classificados, quanto ao

relevo, em fortemente ondulados no caso de Bragança Paulista, e levemente ondulados nos demais municípios, de acôrdo com classificação sugerida por AUDI (2).

3.1.4 — Clima

Em carta climática, a COMISSÃO DE SOLOS (8) caracterizou o clima das regiões de Mogi-Guaçu, Limeira e Artur Nogueira, como Cwa, e o da região de Bragança Paulista como Cfa, com base na classificação de Köpen. O clima Cwa é mesotérmico de inverno seco, e o Cfa é mesotérmico úmido, sem estiagem. Em ambos a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18ºC e a do mês mais quente superior a 22ºC, e os meses mais chuvosos estão no verão, enquanto os menores índices pluviométricos são registrados no período de abril a setembro.

3.1.5 — Espécie em estudo

A espécie escolhida para o estudo foi Eucalyptus saligna Smith, a de maior área plantada no Estado de São Paulo. As árvores amostradas, num total de 411, eram provenientes de mudas produzidas a partir de sementes adquiridas ao Serviço Florestal da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, em Rio Claro. Os povoamentos estavam em ocasião de primeiro corte, que se procedeu sob o regime de talhadio simples regular. No município de Mogi-Guaçu foram obtidos dados dendrométricos de maciços de 3 idades diferentes, onde foram abatidas para mensuração 49 árvores de 10 anos, 56 de 8 anos e 45 de 9 anos. Em Limeira foram utilizadas 32 árvores de 6 anos e meio, enquanto a idade para as 70 árvores de Artur Nogueira e as 159 de Bragança Paulista era de 5 anos. O espaçamento inicial utilizado nos povoamentos localizados em Mogi-Guaçu era de 2,50 x 1,60 m, enquanto nos situados nos demais municípios era de 2,00 x 2,00 m. As árvores utilizadas apresentavam D.A.P. entre 0,06 m e 0,24 m, e altura total compreendida entre 8,0 m e 26,0 m.

3.2 — Métodos

3.2.1 — Amostragem

A escolha das árvores dentro de cada povoamento foi realizada segundo amostragem casual simples. Foram utilizados maciços de E. saligna em exploração pela Champion Celulose e Papel S.A. na ocasião da tomada de dados de campo e que estavam em ocasião de primeiro corte.

3.2.2 — Mensurações

As árvores escolhidas foram abatidas a 0,15 m do solo, sendo coletadas as seguintes informações:

D_0 = D.A.P. com casca
D_1 = D.A.P. sem casca
H_t = altura total
H_8 = altura comercial até diâmetro de desponta de 0,08 m.
H_5 = altura comercial até diâmetro de desponta de 0,05 m.

Foram também determinadas medidas diamétricas, com e sem casca, nas secções das extremidades dos toros de 2,00 m em que foram desdobradas as árvores, considerando-se em cada caso a média de duas medições perpendiculares entre si.

As árvores abatidas foram cubicadas de modo a fornecer:

— volume da cepa, com e sem casca (V_{0C} e V_{1C})
— volume da ponta, com e sem casca (V_{0P} e V_{1P})
— volume comercial até diâmetro de desponta de 0,08 m, com e sem casca (V_{08} e V_{18})
— volume comercial até diâmetro de desponta de 0,05 m, com e sem casca (V_{05} e V_{15})

3.2.3 — Equações de volume aritméticas não formais, a testar.

Para o estudo de equações aritméticas não formais, foi estabelecido o seguinte conjunto de variáveis:

D_0, H_t, D_0^2, D_0^3, H_t^2, $D_0 H_t$, $D_0 H_t^2$, $D_0^2 H_t$

para a determinação de V_{0t}, V_{1t}, V_{05}, V_{15}, V_{08}, V_{18}. Procurou-se ensaiar conjuntos

dessas variáveis, com o propósito de selecionar o que explicasse de forma mais satisfatória o volume, do ponto de vista estatístico. Desse modo o estudo abrangeu as principais variáveis independentes referidas na literatura compulsada.

3.2.4 — Resolução das equações volumétricas

Para a resolução das equações de regressão linear foi utilizado o método dos quadrados mínimos de uso clássico e cujo desenvolvimento matemático é encontrado em trabalho de PIMENTEL GOMES & NOGUEIRA (30). Foram determinados os desvios padrões dos coeficientes, o coeficiente de determinação total (R^2) e o valor de F para testar a significância da regressão. Foi escolhido o desvio padrão da regressão para exprimir a precisão da regressão, como indica SPURR (33). Foi também calculado o coeficiente de variação, que indica o desvio padrão da regressão determinado porcentualmente em relação à média.

Para estimar as equações de volume o procedimento escolhido foi o de regressão passo-a-passo ("stepwise regression"), cujos detalhes podem ser encontrados em DRAPER & SMITH (11) e GIRÃO & BARROCAS (15). Nesse processo seleciona-se a melhor equação do ponto de vista estatístico, através da introdução de variáveis sucessivas. A introdução faz-se em ordem decrescente de contribuição à explicação do fenômeno, com a verificação da significância da contribuição correspondente através de teste F parcial. Devido ao grande volume de dados, as regressões foram solucionadas em computadores do Centro de Cálculo Científico do Instituto Gulbenkian de Ciência, em Lisboa e Oeiras, Portugal.

4 — Resultados

Os coeficientes de correlação parcial simples obtidos entre V_{0t}, V_{1t}, V_{08}, V_{18}, V_{05}, V_{15}, e as demais variáveis testadas constam do quadro 1. Os valores encontrados são todos significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Para volume total com casca, as variáveis testadas permitiram a obtenção das equações constantes no quadro 2 e dos valores correspondentes de teste F, desvio padrão da regressão, coeficiente de determinação total e coeficiente de variação, relacionados no quadro 3. Para a equação selecionada no teste F parcial, foram determinados os testes de significância e intervalos de confiança de parâmetros ,estando os resultados reunidos no quadro 4.

Os resultados análogos, correspondentes a V_{1t}, V_{05}, V_{15}, V_{08} e V_{18} constam dos quadros 5 a 19.

5 — Discussão

No presente trabalho procurou-se apresentar equações de volume tanto com casca como sem casca, pois o mercado consumidor de madeira de eucalipto como matéria prima exige para certas finalidades material descascado, caso das indústrias de celulose, enquanto para outras utiliza a madeira com casca, caso das indústrias de aglomerados e de chapas de fibras.

O motivo de estabelecer diâmetros de desponta de 0,08 m decorre de ser este o limite nominal estabelecido, por indústrias como a de celulose, para aceitação industrial. Tal limite é fixado especificamente pelo "picador", onde a utilização de toros de menor diâmetro produz maior desuniformidade de cavacos, interferindo na qualidade do produto industrializao. Este diâmetro de desponta é considerado na extremidade mais fina do toro, cujo comprimento é de 2,0 m.

O diâmetro de desponta de 0,05 m foi também utilizado porque, na prática, não é obedecido o limite de 0,08 m.

Procurou-se também oferecer tabelas de volume total, pois não só constituem a maneira mais clássica de apresentação de dados volumétricos tabelados, como também são de grande interesse em trabalhos de pesquisa.

Para a construção de tabelas de volume com casca, a inspeção dos valores de F parcial no quadro 3 mostra que a primeira variável introduzida no processo de regressão passo-a-passo foi D^2H_{0t}, a mais altamente correlacionada com o volume com casca. A segunda variável introduzida não trouxe melhoria significativa, mas os dois passos seguintes foram ambos de F parcial significativo. Assim

o critério de F parcial utilizado selecionou o quarto passo do processo de regressão, que incluiu as variáveis $D_0^2H_t$, H_t^3, D_0^3 e $D_0H_t^2$, segundo a equação IV. As estimativas dos parâmetros correspondentes a essas variáveis foram todas significativamente diferentes de zero, como indicam os resultados do teste t para parâmetros, reunidos no quadro 4.

No estudo relativo à equação para volume total sem casca, o primeiro passo do processo de regressão também referiu-se a $D_0^2H_t$, e foram significativas as introduções de mais 3 variáveis, como indica o quadro 6. A equação selecionada, correspondente ao quarto passo, foi a equação VIII que o quadro 5 mostra reunir $D_0^2H_t$, H_t^3, D_0^3 e $D_0H_t^2$ como as variáveis explicativas. Segundo o quadro 6, as estimativas dos parâmetros correspondentes foram também significativas.

Para determinação de volume comercial com desponta a 0,05 m, os quadros 8, 9 e 10 mostram como não significativos os segundo e terceiro passos, e como significativo o correspondente à equação XII. Para exprimir valores sem casca, os quadros 11, 12 e 13 indicam como significativos os passos correspondentes à equações XIV, XV e XVI, selecionando-se essa última pelo critério de F parcial. Tanto XV como XVI selecionaram as variáveis $D_0^2H_t$, H_t^3, D_0^3 e $D_0H_t^2$, e as estimativas dos parâmetros respectivos foram significativas do ponto de vista estatístico.

Para volume comercial com limite de desponta de 0,08 m, nos resultados relacionados a volumes com casca (quadros 14, 15 e 16) o terceiro passo não trouxe melhoria em relação ao segundo, mas o quarto passo foi significativo, selecionando as variáveis $D_0^2H_t$, D_0H_t, H_t e H_t^2, cujos parâmetros diferiram estatisticamente de zero. Os resultados relativos a volumes de madeira descascada, relacionados nos quadros 17 e 18, apresentaram F parcial significativo no segundo e no quinto passos, selecionando a equação XXV. Contudo, o teste t determinado para as estimativas dos parâmetros mostra no quadro 19 que a estimativa relativa a D_0^3 não foi estatisticamente significativa, pelo que poderia ser eliminada do modelo. Mas optou-se por considerar a equação com todas as variáveis.

Desse modo, verifica-se tanto para volumes totais como para volumes comerciais com limite de desponta de 0,05 m, ambos com ou sem casca, comportamento análogo em relação às variáveis explicativas introduzidas no modelo de regressão, sendo selecionadas equações do tipo

$$V = b_0 + b_1 D_0^2H_t + b_2 H_t^3 + b_3 D_0^3 + b_4 D_0H_t^2$$

No caso de volumes comerciais com limite de desponta de 0,08 m, houve comportamento diferente, selecionando equações dos tipos

$$V = b_0 + b_1 D_0^2H_t + b_2 D_0H_t + b_3 H_t + b_4 H_t^2$$

$$V = b_0 + b_1 D_0^2H_t + b_2 D_0 + b_3 H_t + b_4 H_t^2 + b_5 D_0^3$$

para respectivamente, volumes com e sem casca.

Por outro lado, o exame dos resultados mostra que a variável $D_0^2H_t$, a mais altamente correlacionada com as variáveis dependentes testadas e correspondente à fórmula da Variável Combinada, foi sempre a primeira introduzida nos modelos de regressão estudados. Para os casos onde haja dificuldade na computação de dados, seria esta a equação a ser escolhida.

As facilidades oferecidas pelo processo de regressão passo-a-passo na seleção da melhor equação volumétrica, mostram a sua grande utilidade nos estudos de tabelas de volume, sendo de se esperar generalização do seu uso para essa finalidade.

6 — Conclusões

Da discussão dos resultados depreende-se que, para estimar volumes de **E. saligna** em ocasião de primeiro corte, as melhores equações aritméticas não formais foram:

$$V_{0t} = 3{,}657 + 0{,}0809\ D_0^3 - 0{,}0245\ H_t^3 + 0{,}1137\ D_0 H_t^2 - 0{,}1328\ D_0^2 H_t \quad \text{(IV)}$$

$$V_{1t} = -0{,}482 + 0{,}0915\ D_0^3 - 0{,}0265\ H_t^3 + 0{,}1262\ D_0 H_t^2 - 0{,}1585\ D_0^2 H_t \quad \text{(VIII)}$$

$$V_{05} = -2{,}725 + 0{,}0970\ D_0^3 - 0{,}0324\ H_t^3 + 0{,}1447\ D_0 H_t^2 - 0{,}1726\ D_0^2 H_t \quad \text{(XII)}$$

$$V_{15} = -5{,}806 + 0{,}1015\ D_0^3 - 0{,}0316\ H_t^3 + 0{,}1459\ D_0 H_t^2 - 0{,}1835\ D_0^2 H_t \quad \text{(XVI)}$$

$$V_{08} = 34{,}126 - 8{,}4922\ H_t + 0{,}1891\ H_t^2 + 0{,}2491\ D_0 H_t + 0{,}0276\ D_0^2 H_t \quad \text{(XX)}$$

$$V_{18} = 50{,}080 + 2{,}8056\ D_0 - 11{,}4532\ H_t + 0{,}3414\ H_t^2 + 0{,}0276\ D_0^2 H_t - 0{,}0019\ D_0^3 \quad \text{(XXV)}$$

As variáveis explicativas incluídas no modelo de regressão selecionado para volumes totais, foram as mesmas dos volumes comerciais com diâmetro de desponta a 0,05 m, mas diferiram dos de desponta a 0,08 m. Para o caso de se optar por uma única variável independente, destacou-se a variável $D_0^2H_t$, correspondente à equação da Variável Combinada.

A metodologia de seleção de equações através do processo de regressão passo-a-passo mostrou-se de grande utilidade na determinação de equações de volume aritméticas não formais, e como tal um recurso do qual deverá valer-se mais amiúde o pesquisador florestal.

7 — BIBLIOGRAFIA

1—ANDRADE, E. N. 1961. **O Eucalipto,** 2.ª edição, 681 pp, Companhia Paulista de Estradas de Ferro, Jundiaí, SP.

2—AUDI, R. 1965. Estudo da Cultura Canavieira na Região de Piracicaba por Fotointerpretação — Parte I. **Bragantia** 24 (18):203-218.

3—BARRETO, L. S. 1964. Contribuição Para o Estudo Dendrométrico do Eucalipto em Moçambique. **Boletim do Instituto de Investigação Científica de Moçambique** 4: 115-127. Lourenço Marques, Moçambique.

4—BONILLA, J. A. & J. A. BOTTAZZI, 1964. Primeira Contribución Dasométrica. Evaluación de los Rendimientos del Pino Maritmo em la Zona de Carrasco. **Bol. Dep. For.** 9: 1-20, Fac. Agr. Montevidéu.

5—....., M. ROLFO & C. RAVA. 1964. Quinta Contribución Dasométrica. Evaluación de la Calidad de Sítio del Pino Maritmo em la Zona de Carrasco em Base a Caracteristica Edafológica. **Bol. Dep. For. 12:1-9.** Fac. Agr. Montevidéu.

6—BONILLA, J. A. & R. BECKMAN. 1964. Sexta Contribución Dasonométrica. Evaluación de los Rendimientos del Pino Maritmo en la Zona de Carrasco (2.ª parte) **Bol. Dep. For. 12:10-19.** Fac. Agr. Montevidéu.

7—CASTILLO, J. A. B. 1967. **Comparação de Equações para Construção de Tabelas de Volumes "Standard" do "Pinus Maritmo"** (Pinus pinaster Ait.). Tese de "Magister Scientiae". 79 pp. Piracicaba.

8—COMISSÃO DE SOLOS, 1960. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. **Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas 12,** 634 pp.

9—DAWKINS, H. C. 1959. General Volumes Table for **Eucalyptus saligna. Tech. Note For. Dep. Uganda. 72.** 2 pp.

10—..... 1960. Eucalyptus Tapes and Volume by Diametr Limits. **Tech. Note For. Dep. Uganda** 83, 4 pp.

11—DRAPER, N. R. & H. SMITH, 1966. **Applied Regression Analysis,** 407 pp. John Wiley & Sons, Nova York.

12—FINLAYSON, W. 1963. **Volume Table for Eucalyptus saligna Poles. Tech. Note For. Dep. Uganda** 109, 1 p.

13—FOOT, D. L. 1968. A Local Volume Table for **Eucalyptus saligna** at Limbe. **Silv. Res. Rec. Silv. Res. Sta.** 24, 6 pp. Dedza, Malawi [In For. Abstr. **30** 2810 (1969)].

14—FUENTES, J. V. 1963. Elaboración de una Tabla Fotogramétrica de Volumenes para los Bosques de Coníferas del Estado de Durango. **Boletim Técnico 5:1-36.** Inst. Nac. Inv. For., México.

15—GIRÃO, A. J. & J. A. BARROCAS, 1968. **Análise de Regressão. O Algoritmo Strap** 58 pp. Fundação Calouste Gulbenkian, Centro de Estudos de Economia Agrária. Lisboa.

16—GOMES, A. M. A. 1957. **Medição dos Arvoredos,** 413 pp. Sá da Costa, Lisboa.

16a—HEINSDIJK, D. 1959. Volumes do Pinheiro. Tabelas de Volumes e Outros Dados Sôbre o Pinheiro Brasileiro no Estado de Santa Catarina. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal 11:176-199.** Rio de Janeiro.

17—....., R. SOARES, S. ANDEL & R. B. ASCOLY. 1965. Plantações de Eucaliptos no Brasil. **Boletim do Setor de Inventários Florestais,** Secção de Pesquisas Florestais, Divisão de Silvicultura **10, 69** pp.

18—....., & R. O. SOARES, 1962. Plantações de Coníferas no Brasil. Estudo Preliminar sobre Volumes e Rendimentos da **Araucaria angustifolia, Cryptomeria japonica, Cunninghamia lanceolata** e **Pinus elliottii. Boletim do Setor de Inventários Florestais,** Secção de Pesquisas Florestais, Divisão de Silvicultura, **5,** 75 pp. Rio de Janeiro.

19—HONER, T. G. 1965. A New Total Cubic Foot Volumem Function. **Forestry Chronicle 41:** 476-493.

20—HUSH, B. 1963. **Forest Mensuration and Statistics,** 474 pp. Ronald Pres, Nova York.

21—I.B.G.E. 1957. **Enciclopédia dos Municípios Brasileiros 28,** 493 pp. e **29** 397 pp. Rio de Janeiro.

22—INSTITUTO FLORESTAL. 1962. Tablas de Volumen para **Pinus radiata** em Chile. **Boletim Técnico** 1:1-30. Santiago.

23—KISSIN, I. 1962. Crescimento e Produção do Pinheiro Brasileiro. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal 14:**83-145.

24—LAAR, A. 1961. **Eucalyptus saligna** in South Africa: an Investigation Into the Silviculture and Economics. **Annale Universiteit van Stellenbosh,** Stellenbosh 36 A (1), 110 pp. [In For. Abstr. 23:3396 (1962)].

25—LAFFITE, J. C., C. MEZZOTTONI & J. A. BONILLA. 1964. Segunda Contribución Dasonométrica. Tablas de Volumem Standard para **Pinus pinaster. Bol. Dep. For. 10:1-9,** Fac. Agr. Montevidéu.

26—LEIGHTON, J. G. 1957. Tablas de Volumem Standard para **Pinus pinaster. Bol. Dep. For. 10:**1-9. Fac. Agr. Montevidéu.

27—LOJAN, L. 1966. Una Fórmula para Estimar Volúmenes de un Bosque Tropical Húmedo. **Turrialba 16:**67-72.

28—MAVREX, V. 1969. Metodologia para la Construccion de Tablas de Cubicaccion. **Inginieria Florestal 1**(3):9-19.

29—OSMATON, H. A. 1960. Volume Tables for **Eucalyptus saligna** Poles. **Tech. Notes For. Dep. Uganda** 88, 1 p.

30—PIMENTEL GOMES, F. & I. R. NOGUEIRA. 1964. **Regressão e Covariância,** 45 pp. E.S.A.L.Q., Piracicaba.

31—SANDRASEGARAM, K. 1967. A Local Volume Table for **Eucalyptus grandis. The Malayan Forester 30**(3):207-211.

32—SHARPNACK, D. A. 1966. Predicting Volumes in Four Hawai Hardwoods First Multivariate Equations Developed. **U. S. For. Serv. Res. Note Pacif. Sthwest** For Range Exp. Sta. PSW-121, 15 pp. [In For. Abstr. 28:4293 (1967)].

33—SPURR, S. H. 1952. **Forest Inventory,** 476 pp. Ronald Press, Nova York.

34—VEIGA, A. A. 1967. **Tabelas de Rendimento Volumétrico para Pinus,** Serviço Florestal, mimeografado 12, São Paulo.

35—....., 1967.a. **Tabelas de Rendimento Volumétrico para Eucalipto.** Serviço Florestal, mimeografado 11, São Paulo.

36—....., 1967.b. Elaboração de tabelas de Rendimento e de Volume Individual. **Silvicultura em São Paulo 6:**167-171.

Quadro 1 COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO PARCIAL SIMPLES CORRESPONDENTES ÀS VARIÁVEIS TESTADAS.

	V_{0t}	V_{1t}	V_{05}	V_{15}	V_{08}	V_{18}
D_0	0,9487	0,9435	0,9476	0,9426	0,9520	0,9466
D_0^2	0,9735	0,9694	0,9719	0,9680	0,9672	0,9608
H_t^2	0,8037	0,8087	0,8015	0,8069	0,7716	0,7800
$D_0 H_t$	0,9634	0,9626	0,9617	0,9612	0,9640	0,9638
$D_0^2 H_t$	0,9874	0,9862	0,9855	0,9844	0,9822	0,9789
H_t	0,7779	0,7816	0,7558	0,7800	0,7503	0,7580
D_0^3	0,9656	0,9628	0,9635	0,9607	0,9568	0,9494
H_t^3	0,8200	0,8260	0,8177	0,8242	0,7872	0,7963
$D_0 H_t^2$	0,9543	0,9561	0,9524	0,9544	0,9470	0,9495

Quadro 2 — EQUAÇÕES ARITMÉTICAS NÃO FORMAIS PARA V_{0t}.

EQUAÇÃO VOLUMÉTRICA

(I) $V_{0t} = 4{,}795 + 0{,}0362\ D_0^2 H_t$

(II) $V_{0t} = 3{,}504 + 0{,}0005\ H_t^3 + 0{,}0355\ D_0^2 H_t$

(III) $V_{0t} = 3{,}520 + 0{,}0086\ D_0^3 + 0{,}0020\ H_t^3 + 0{,}0261\ D_0^2 H_t$

(IV) $V_{0t} = 3{,}657 + 0{,}0809\ D_0^3 - 0{,}0245\ H_t^3 + 0{,}1137\ D_0 H_t^2 - 0{,}1328\ D_0^2 H_t$

Quadro 3 — VALORES DE DESVIO PADRÃO DA REGRESSÃO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO, TESTE F E TESTE F PARCIAL, CORRESPONDENTES ÀS EQUAÇÕES DE VOLUME ARITMÉTICAS NÃO FORMAIS PARA V_{0t}

Equação	s(Y) dm^3	C.V.	R^2	F	F parcial
I	10,0830	9,93%	0,9750 **	15938,59 **	—
II	10,0661	9,91%	0,9751 **	7997,29 **	2,38
III	10,0246	9,87%	0,9754 **	5377,20 **	4,38 *
IV	9,9594	9,81%	0,9758 **	4087,49 **	6,34 *

Quadro 4 — TESTE DE SIGNIFICANCIA E INTERVALOS DE CONFIANÇA DE PARÂMETROS, DA EQUAÇÃO ARITMÉTICA NÃO FORMAL PARA V_{0t} SELECIONADA PELO TESTE F PARCIAL.

Equação	Variável	b''_i	$s(b''_i)$	t	I.C. inferior	I.C. superior
IV	$D_0^2H_t$	—0,1328	0,0633	—2,10 **	—0,2569	—0,0087
	H_t^3	—0,0245	0,0106	—2,32 **	—0,0453	—0,0037
	D_0^3	0,0809	0,0290	2,79 **	0,0241	0,1377
	$D_0H_t^2$	0,1137	0,0451	2,52 **	0,0253	0,2021

Quadro 5 — EQUAÇÕES ARITMÉTICAS NÃO FORMAIS PARA V_{1t}

EQUAÇÃO VOLUMÉTRICA

(V) $V_{1t} = 1,622 + 0,0315\ D_0^2H_t$

(VI) $V_{1t} = -0,655 + 0,0008\ H_t^3 + 0,0303\ D_0^2H_t$

(VII) $V_{1t} = -0,635 + 0,0113\ D_0^3 + 0,0028\ H_t^3 + 0,0179\ D_0^2H_t$

(VIII) $V_{1t} = -0,482 + 0,0915\ D_0^3 - 0,0265\ H_t^3 + 0,1262\ D_0H_t^2 - 0,1585\ D_0^2H_t$

Quadro 6 — VALORES DE DESVIO PADRÃO DA REGRESSÃO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO, TESTE F E TESTE F PARCIAL CORRESPONDENTES ÀS EQUAÇÕES DE VOLUME ARITMÉTICAS NÃO FORMAIS PARA V_{1t}

Equação	s(Y) dm^3	C.V.	R^2	F	F parcial
V	9,1788	10,70%	0,9726 **	14544,88 **	—
VI	9,0895	10,60%	0,9732 **	7420,60 **	9,08 **
VII	8,9969	10,49%	0,9739 **	5052,55 **	9,44 **
VIII	8,9013	10,38%	0,9745 **	3873,67 **	9,79 **

$b'' = \hat{b}$

Quadro 7 — TESTE DE SIGNIFICANCIA E INTERVALOS DE CONFIANÇA DE PARÂMETROS, DA EQUAÇÃO ARITMÉTICA NÃO FORMAL PARA V_{1t} SELECIONADA NO TESTE F PARCIAL.

Equação	Variável	b''_i	$s(b''_i)$	t	I.C. inferior	I.C. superior
VIII	$D^2_0H_t$	—0,1585	0,0565	—2,80 **	—0,2692	—0,0478
	H^3_t	—0,0265	0,0094	—2,81 **	—0,0449	—0,0081
	D^3_0	0,0915	0,0259	3,53 **	0,0407	0,1423
	$D_0H^2_t$	0,1262	0,0403	3,13 **	0,0472	0,2052

Quadro 8 — EQUAÇÕES ARITMÉTICAS NÃO FORMAIS PARA V_{05}

EQUAÇÃO VOLUMÉTRICA

(IX) $V_{05} = -1,761 + 0,0357\ D^2_0H_t$

(X) $V_{05} = -2,909 + 0,0004\ H^3_t + 0,0352\ D^2_0H_t$

(XI) $V_{05} = -2,900 + 0,0050\ D^3_0 + 0,0013\ H^3_t + 0,0297\ D^2_0H_t$

(XII) $V_{05} = -2,725 + 0,0970\ D^3_0 - 0,0324\ H^3_t + 0,1447\ D_0H^2_t - 0,1726\ D^2_0H_t$

Quadro 9 — VALORES DE DESVIO PADRÃO DA REGRESSÃO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO, TESTE F E TESTE F PARCIAL CORRESPONDENTES ÀS EQUAÇÕES DE VOLUME ARITMÉTICAS NÃO FORMAIS PARA V_{05}

Equação	s(Y) dm^3	C.V.	R^2	F	F parcial
IX	10,7073	11,40%	0,9712 **	13800,24 **	—
X	10,6986	11,40%	0,9713 **	6912,18 **	1,67
XI	10,6947	11,40%	0,9714 **	4611,96 **	1,30
XII	10,5899	11,28%	0,9721 **	3530,03 **	9,09 **

Quadro 10 — TESTE DE SIGNIFICÂNCIA E INTERVALOS DE CONFIANÇA DE PARÂMETROS DA EQUAÇÃO ARITMÉTICA NÃO FORMAL PARA V_{05} SELECIONADA PELO TESTE F PARCIAL

Equação	Variável	b''_i	$s(b''_i)$	t	I.C. inferior	I.C. superior
XII	$D^2_0H_t$	—0,1726	0,0672	—2,57 *	—0,3043	—0,0409
	H^3_t	—0,0324	0,1112	—2,89 **	—0,2504	—0,1856
	D^3_0	0,0970	0,0308	3,15 **	0,0029	0,1919
	$D_0H^2_t$	0,1447	0,0480	3,02 **	0,0506	0,2388

Quadro 11 — EQUAÇÕES ARITMÉTICAS NÃO FORMAIS PARA V_{15}

(XIII) $V_{15} = -3{,}794 + 0{,}0311\ D^2_0H_t$

(XIV) $V_{15} = -5{,}998 + 0{,}0008\ H^3_t + 0{,}0300\ D^2_0H_t$

(XV) $V_{15} = -5{,}983 + 0{,}0087\ D^3_0 + 0{,}0024\ H^3_t + 0{,}0205\ D^2_0H_t$

(XVI) $V_{15} = -5{,}806 + 0{,}1015\ D^3_0 - 0{,}0316\ H^3_t + 0{,}1459\ D_0H^2_t - 0{,}1835\ D^2_0H_t$

Quadro 12 — VALORES DE DESVIO PADRÃO DA REGRESSÃO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO, TESTE F E TESTE F PARCIAL CORRESPONDENTES ÀS EQUAÇÕES DE VOLUME ARITMÉTICAS NÃO FORMAIS PARA V_{15}.

Equação	s(Y) dm^3	C.V.	R^2	F	F parcial
XIII	9,6817	12,18%	0,9690 **	12800,32 **	—
XIV	9,6043	12,09%	0,9696 **	6507,55 **	7,62 **
XV	9,5579	12,03%	0,9700 **	4382,19 **	4,97 *
XVI	9,4353	11,87%	0,9708 **	3375,50 **	11,64 **

Quadro 13 — TESTE DE SIGNIFICÂNCIA E INTERVALOS DE CONFIANÇA DE PARÂMETROS DA EQUAÇÃO ARITMÉTICA NÃO FORMAL PARA V_{15} SELECIONADA PELO TESTE F PARCIAL.

Equação	Variável	b''_i	$s(b''_i)$	t	I.C. inferior	I.C. superior
XVI	$D^2_0H_t$	—0,1835	0,0599	—3,06 **	—0,3009	—0,0661
	H^3_t	—0,0316	0,0100	—3,16 **	—0,0512	—0,0119
	D^3_0	0,1015	0,0275	3,70 **	0,0476	0,1554
	$D_0H^2_t$	0,1459	0,0428	3,41 **	0,0620	0,2918

Quadro 14 — EQUAÇÕES ARITMÉTICAS NÃO FORMAIS PARA V_{08}.

(XVII) $V_{08} = -27{,}334 + 0{,}0368\ D_0^2H_t$

(XVIII) $V_{08} = -37{,}140 + 0{,}0925\ D_0H_t + 0{,}0329\ D_0^2H_t$

(XIX) $V_{08} = -29{,}429 - 1{,}2950\ H_t + 0{,}2085\ D_0H_t + 0{,}0294\ D_0^2H_t$

(XX) $V_{08} = 34{,}4922 - 8{,}4922\ H_t + 0{,}1891\ H_t^2 + 0{,}2491\ D_0H_t + 0{,}0276\ D_0^2H_t$

Quadro 15 — VALORES DE DESVIO PADRÃO DA REGRESSÃO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO, TESTE F E TESTE F PARCIAL CORRESPONDENTES ÀS EQUAÇÕES DE VOLUME ARITMÉTICAS NÃO FORMAIS PARA V_{08}.

Equação	s(Y) dm³	C.V.	R^2	F	F parcial
XVII	12,0591	14,89%	0,9647 **	9666,63 **	—
XVIII	11,9871	14,81%	0,9652 **	4894,12 **	5,26 *
XIX	11,9680	14,78%	0,9654 **	3273,88 **	2,13
XX	11,9108	14,71%	0,9658 **	2480,14 **	4,39 *

Quadro 16 — TESTE DE SIGNIFICÂNCIA E INTERVALOS DE CONFIANÇA DE PARÂMETROS DA EQUAÇÃO ARITMÉTICA NÃO FORMAL PARA V_{08} SELECIONADA PELO TESTE F PARCIAL.

Equação	Variável	b''_i	$s(b''_i)$	t	I.C. inferior	I.C. superior
XX	$D_0^2H_t$	0,0276	0,0031	9,01 **	0,0215	0,0337
	D_0H_t	0,2491	0,0908	2,74 **	0,0713	0,4269
	H_t^2	0,1891	0,0902	2,09 *	0,0123	0,3659
	H_t	—8,4922	3,5479	—2,39 **	—15,4461	—1,5383

Quadro 17 — EQUAÇÕES ARITMÉTICAS NÃO FORMAIS PARA V_{18}.

(XXI) $V_{18} = -24{,}922 + 0{,}0317\ D_0^2H_t$

(XXII) $V_{18} = -29{,}265 - 0{,}0074\ D_0^3 + 0{,}0382\ D_0^2H_t$

(XXIII) $V_{18} = -11{,}580 - 1{,}3778\ H_t - 0{,}0135\ D_0^3 + 0{,}0451\ D_0^2H_t$

(XXIV) $V_{18} = 28{,}026 - 5{,}9365\ H_t - 0{,}0099\ D_0^3 + 0{,}1436\ H_t^2 + 0{,}0408\ D_0^2H_t$

(XXV) $V_{18} = 50{,}080 + 2{,}8056\ D_0 - 11{,}4532\ H_t - 0{,}0019\ D_0^3 + 0{,}3414\ H_t^2 + 0{,}0276\ D_0^2H_t$

Quadro 18 — VALORES DE DESVIO PADRÃO DA REGRESSÃO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO, TESTE F E TESTE F PARCIAL CORRESPONDENTES ÀS EQUAÇÕES DE VOLUME ARITMÉTICAS NÃO FORMAIS PARA V_{18}.

Equação	s(Y) dm³	C.V.	R^2	F	F parcial
XXI	11,3448	16,58%	0,9582 **	8111,58 **	—
XXII	11,1166	16,25%	0,9600 **	4231,83 **	15,68 **
XXIII	11,0872	16,21%	0,9603 **	2837,17 **	2,88
XXIV	11,0668	16,18%	0,9605 **	2136,30 **	2,30
XXV	11,0184	16,11%	0,9610 **	1724,90 **	4,90 *

Quadro 19 — TESTE DE SIGNIFICÂNCIA E INTERVALOS DE CONFIANÇA DE PARÂMETROS, DA EQUAÇÃO ARITMÉTICA NÃO FORMAL PARA V_{18} SELECIONADA PELO TESTE F PARCIAL.

Equação	Variável	b''_i	$s(b''_i)$	t	I.C. inferior	I.C. superior
XXV	$D_0^2H_t$	0,0276	0,0084	3,30 **	0,0111	0,0441
	D_0^3	—0,0019	0,0061	—0,32	—0,0139	0,0101
	H_t	—11,4532	4,1304	—2,78 **	—19,5488	—3,3576
	H_t^2	0,3414	0,1359	2,51 **	0,0750	0,6078
	D_0	2,8056	1,3874	2,02 *	0,0863	5,5249