

DETERMINAÇÃO DE EQUAÇÕES PARA QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA DA COPA DE ÁRVORES DE *Eucalyptus saligna* AOS 22 ANOS*

José Luiz TIMONI**

Ricardo Antonio de Arruda VEIGA***

Gilberto de Souza PINHEIRO**

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar o peso total e parcial de copas de árvores de *Eucalyptus saligna* Smith, com 22 anos de idade, através de equações estimadas por análise de regressão. Os autores concluíram que, dentre as equações logarítmicas e não logarítmicas testadas, os melhores resultados para estimativa do peso da matéria seca dos ramos mortos (psrm), de ramos vivos (psrv), de folhas (psf) e de copa (psc) foram obtidos com as equações correspondentes ao modelo de Shumacher-Hall. Todavia, a capacidade estimadora da equação logarítmica em função apenas do diâmetro à altura do peito levou a bons resultados e pode ser utilizada ante a relativamente maior facilidade de aplicação.

Palavras-chave: biomassa; copa; folhas; ramos; *Eucalyptus saligna*.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de quantificação da biomassa em florestas, em termos de peso de matéria seca, tem chamado a atenção de pesquisadores das mais diversas partes do mundo.

No Brasil, os estudos realizados foram dirigidos principalmente a espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* (VEIGA, 1992), os mais utilizados nas atividades de reflorestamento.

Os trabalhos nacionais sobre estimativa da biomassa em *Eucalyptus*, na sua quase totalidade restringiram-se a estimativas do peso de matéria seca da madeira, em primeiro corte, no regime de talhadia.

É o caso dos trabalhos pioneiros de VEIGA & BRASIL (1980, 1981) e VEIGA,

ABSTRACT

The main purpose of this study is to estimate the total and partial weight of crowns of 22 years old *Eucalyptus saligna* Smith trees through the estimative equations obtained from regression analysis. The authors concluded that at several mathematical models the best results for estimate the crowns and its components (leaves and branches) were obtained with Shumacher-Hall classic model, but the independent variable, diameter at height breast, was able to estimate the weights with precision almost as good at the model selected.

Key words: biomass; leaves; branches; *Eucalyptus saligna*.

BRASIL & FERREIRA (1980, 1981), conduzidos respectivamente para povoamentos de 5 anos de *E. propinqua* Deane ex Maiden, e plantios de 5 e 7 anos de *E. saligna* Smith e *E. urophylla* S.T. Blake. Em ambos foram determinadas equações de regressão para estimativa do peso de matéria seca do fuste comercial em função do DAP e da altura total de cada árvore.

É também o caso, dentre outros, do trabalho de VEIGA *et al.*, (1985), com determinação de equações e inventário do peso comercial sem casca de povoamento de eucalipto com 4; 6; 7; 9 e 10 anos de idade.

A carência de estudos referentes a estimativas de peso de matéria seca de ramos e folhas em povoamentos mais velhos de eucalipto, motivou a realização do presente trabalho.

(*) Aceito para publicação em junho de 1997.

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

(***) UNESP, Caixa Postal 237, 18603-970, Botucatu, SP, Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODO

A espécie *E. saligna* Smith, foi escolhida para estudo por tratar-se de uma das mais plantadas no país. Segundo CARPANEZZI (1985) a sua principal área de ocorrência situa-se numa faixa de 120 km ao longo da costa da Austrália estendendo-se desde Nova Gales do Sul até Queensland. Ocorre ainda de forma dispersa e um pouco isolada no leste de Queensland, onde apresenta características muito próximas àquelas da espécie afim *E. grandis*. A latitude na região de distribuição natural varia de 21° a 36° S e a altitude desde o nível do mar até cerca de 1100 m.

O povoamento, com 22 anos de idade, estava localizado na Estação Experimental de Batatais, propriedade do Instituto Florestal, em Batatais - SP.

O espaçamento adotado no plantio foi de 3,0 x 1,8 m e contava por ocasião do estudo com uma densidade de 1619 árvores por hectare.

O clima da região é do tipo Cwa pela classificação de Köppen, e o solo da área em questão é classificado como Lva (VEIGA, 1976).

Foram amostradas 34 árvores, selecionadas aleatoriamente mas devidamente distribuídas por classes de diâmetros.

A amostragem foi do tipo destrutiva, realizando-se medições dendrométricas e coletando-se em cada árvore discos de madeira para determinações de densidade básica, e realizando-se pesagem dos ramos mortos, dos ramos vivos e das folhas para cálculos posteriores de porcentagem de umidade e peso de matéria seca.

Para a seleção de equações de biomassa foram cotejados os 7 modelos de regressão constantes no QUADRO 1, os 6 primeiros sugeridos por VEIGA (1984a, b) e VEIGA, CATANEO & BRASIL (1989) e utilizados por TIMONI (1986), e o último escolhido dentre os utilizados por PINHEIRO (1980).

QUADRO 1 - Modelos de regressão testados para a seleção de equações de biomassa (p = peso de matéria seca; d = DAP com casca; h = altura total da árvore).

| EQUAÇÕES | MODELO |
|----------|--|
| 1 | $p = b_0 + b_1 d_2 h$ |
| 2 | $p = b_0 + b_1 d_2 + b_2 h + b_3 d^2 h$ |
| 3 | $p = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 dh + b_4 d^2 h$ |
| 4 | $p = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 dh^2 + b_4 h^2$ |
| 5 | $\log p = b_0 + b_1 \log (d^2 h)$ |
| 6 | $\log p = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$ |
| 7 | $\log p = b_0 + b_1 \log d$ |

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância levaram à obtenção dos resultados sintetizados nos QUADROS 2 e 3, onde constam para cada variável em estudo os valores correspondentes aos coeficientes de regressão b_i , coeficientes de determinação r^2 e coeficientes de variação CV.

Depreende-se do QUADRO 3 que, dentre as equações não logarítmicas testadas, os melhores resultados para estimativa do peso de matéria seca de ramos mortos (psrm), de ramos vivos (psrv), de

folhas (psf) e da copa (psc), foram sempre obtidos com o uso da equação número 3, correspondente ao modelo clássico de Meyer modificado.

Depreende-se também do QUADRO 3 que, dentre as equações logarítmicas analisadas, os melhores resultados foram os correspondentes ao modelo clássico de Shumacher-Hall, correspondente à equação número 6. Este mostrou-se inclusive melhor que o de Meyer modificado, ao serem comparados os resultados decorrentes do uso ou não de transformações logarítmicas, pelo índice de Furnival, conforme citado por VEIGA (1972).

QUADRO 2 - Resultados dos coeficientes de regressão b_i obtidos para os modelos testados (psrv = peso de matérias secas de ramos verdes; psrm = peso de matérias secas de ramos mortos; psf = peso de matéria seca de folhas; psc = peso de matéria seca de copa).

| Equação n° | b_i | psrv | psrm | psf | psc |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | b_0 | -1,061636 | -1,510387 | -0,771207 | -3,343230 |
| | b_1 | -0,001110 | 0,000594 | 0,000421 | 0,002125 |
| 2 | b_0 | 17,120033 | 9,233298 | 5,851619 | 32,204950 |
| | b_1 | -0,080489 | -0,017367 | -0,009849 | -0,107705 |
| | b_2 | 0,544964 | -0,425706 | -0,265364 | -1,236034 |
| | b_3 | 0,003556 | 0,001248 | 0,000802 | 0,005606 |
| 3 | b_0 | -34,215159 | -21,064790 | -13,078892 | -68,358841 |
| | b_1 | 9,501248 | 5,349740 | 3,333050 | 18,184038 |
| | b_2 | -0,396509 | -0,192296 | -0,118920 | -0,707725 |
| | b_3 | -0,210034 | -0,124434 | -0,077285 | -0,411752 |
| | b_4 | 0,011641 | 0,005829 | 0,003652 | 0,021133 |
| 4 | b_0 | 6,475109 | 2,679484 | 2,566341 | 11,720935 |
| | b_1 | -0,109650 | -0,032710 | -0,016419 | 0,158780 |
| | b_2 | 0,006130 | 0,002444 | 0,001213 | 0,009786 |
| | b_3 | -0,002535 | -0,001087 | -0,000305 | -0,003927 |
| | b_4 | 0,023096 | 0,005756 | -0,001657 | 0,027195 |
| 5 | b_0 | -2,032258 | -3,151556 | -3,240893 | -2,025632 |
| | b_1 | 0,769475 | 0,956114 | 0,949361 | 0,830271 |
| 6 | b_0 | -1,197394 | -1,554270 | -1,907050 | -0,819417 |
| | b_1 | 2,256258 | 3,284603 | 3,044750 | 2,696913 |
| | b_2 | -0,456975 | -1,390368 | -1,010111 | -0,941710 |
| 7 | b_0 | -1,521508 | -2,540401 | -2,623480 | -1,487333 |
| | b_1 | 1,998985 | 2,501840 | 2,476068 | 2,166739 |

QUADRO 3 - Resultados de coeficiente de determinação (r^2) e coeficientes de variação (CV) obtidos para os modelos de regressão testados.

| Equação n° | psrv | | psrm | | psf | | psc | |
|------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
| | r^2 | CV % | r^2 | CV % | r^2 | CV % | r^2 | CV % |
| 1 | 0,8283 | 33,4 | 0,8511 | 34,5 | 0,8356 | 34,6 | 0,8514 | 32,0 |
| 2 | 0,8674 | 30,3 | 0,8902 | 30,6 | 0,8648 | 32,4 | 0,8858 | 29,0 |
| 3 | 0,8804 | 28,0 | 0,9170 | 27,1 | 0,8841 | 30,6 | 0,9096 | 26,2 |
| 4 | 0,8740 | 30,0 | 0,8960 | 30,3 | 0,8674 | 32,7 | 0,8913 | 28,7 |
| 5 | 0,8659 | 10,6 | 0,8892 | 17,8 | 0,8826 | 21,7 | 0,9043 | 7,7 |
| 6 | 0,8846 | 10,0 | 0,9394 | 13,9 | 0,9147 | 18,8 | 0,9395 | 6,2 |
| 7 | 0,8821 | 10,0 | 0,9190 | 15,2 | 0,9063 | 19,4 | 0,9296 | 6,6 |

Cabe salientar que no caso do modelo de Schumacher-Hall as variáveis independentes são estimadas em função de dois parâmetros (d e h), e os ganhos em termos de r^2 e CV % são pouco superiores aos obtidos com o modelo de equação número 7. Como este último modelo envolve apenas uma variável dependente (d), sem necessitar a inclusão da altura total, poderia ser uma opção ante a facilidade relativamente maior de aplicação.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir, para o povoamento estudado de *E. saligna*, que:

- a) para estimativas da biomassa de copa, o melhor modelo de equação não logarítmica é o da equação de Meyer modificada, sendo selecionadas as seguintes equações:

$$\text{psrv} = -34,215159 + 9,501248d - 0,396509d^2 - 0,210034dh + 0,011641d^2h$$

$$\text{psrm} = -21,064790 + 5,349740d - 0,192296d^2 - 0,124434dh + 0,005829d^2h$$

$$\text{psf} = -13,078892 + 3,333050d - 0,118920d^2 - 0,077285dh + 0,003652d^2h$$

$$\text{psc} = -68,358841 + 18,184038d - 0,707725d^2 - 0,411752dh + 0,021133d^2h$$

onde os valores de d são dados em cm, os de h em m, e os valores de peso de matéria seca de ramos vivos (psrv), de ramos mortos (psrm), de folhas (psf) e de copa (psc) são dados em kg.

- b) o melhor modelo de equação logarítmica é o de Shumacher-Hall, sendo selecionadas as seguintes equações para estimativa da biomassa:

$$\log \text{psrv} = -1,197394 + 2,256258 \log d - 0,456975 \log h$$

$$\log \text{psrm} = -1,554270 + 3,284603 \log d - 1,390368 \log h$$

$$\log \text{psf} = -1,907050 + 3,044750 \log d - 1,010111 \log h$$

$$\log \text{psc} = -0,819417 + 2,696913 \log d - 0,941710 \log h$$

- c) o modelo logarítmico em função apenas da variável dependente d levou a bons resultados e pode ser utilizado ante a relativamente maior facilidade de aplicação, sendo no caso selecionadas as seguintes equações para estimativa da biomassa:

$$\log \text{psrv} = -1,521508 + 1,998985 \log d$$

$$\log \text{psrm} = -2,540401 + 2,501840 \log d$$

$$\log \text{psf} = -2,623480 + 2,476068 \log d$$

$$\log \text{psc} = -1,487333 + 2,166739 \log d$$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARPANEZZI, A. P. et al. 1985. *Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado do Paraná*. Curitiba, Ministério da Agricultura, EMBRAPA. 160p. (Série Documentos, 17)
- PINHEIRO, G. de S. 1980. *Estimativa do peso de copas de Pinus caribaea Morelet variedade hondurensis Barr. et Golf e Pinus oocarpa Schiede, através de parâmetros dendrométricos*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. 105p. (Dissertação de Mestrado)
- TIMONI, J. L. 1986. *Caracterização e quantificação de elementos minerais de um povoamento de Pinus kesiya ex Gordon no município de Itirapina (SP)*. Rio Claro, UNESP. 96p. (Dissertação de Mestrado)
- VEIGA, A. A. 1976. *Coletânea de assuntos técnicos; área da Dasonomia*. São Paulo, Instituto Florestal. 129p. (Treinamento da C.P.R.N)
- VEIGA, R. A. A. 1972. *Equações volumétricas para Eucalyptus saligna Smith em ocasião de primeiro corte*. Botucatu, Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu. 174p. (Tese de Livre Docência)
- _____. 1984a. *Dendrometria e Inventário Florestal*. Botucatu, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais. 108p.
- _____. 1984b. *Uso de equações de volume em inventários florestais*. In: SIMPÓSIO SOBRE INVENTÁRIO FLORESTAL, 2, Piracicaba-SP, ago. 15-16, 1984. *Anais...* Piracicaba, IPEF/ESALQ-USP. p. 93-102.
- VEIGA, R. A. A. et al. 1985. *Biomass weight inventory of eucalyptus plantations for the production of ethanol in the State of Minas Gerais, Brasil*. In: WORLD FORESTRY CONGRESS, 5, Mexico. 6p.
- VEIGA, R. A. A. 1992. *Tree models for biomass estimation in Eucalyptus and Pinus inventories in Brazil*. *Rev. Pap. Finn. For. Res. Inst.*, Helsinque, (444):195-200.
- VEIGA, R. A. A. & BRASIL, M. A. M. 1980. *Equações para estimativas de peso de matéria seca e de volume para Eucalyptus propinqua Deane ex Maiden*. *Silvicultura*, São Paulo, 2(16):136.

TIMONI, J. L.; VEIGA, R. A. de A. & PINHEIRO, G. de S. Determinação de equações para quantificação da biomassa da copa de árvores de *Eucalyptus saligna* aos 22 anos.

VEIGA, R. A. A. & BRASIL, M. A. M. 1981.

Peso de matéria seca e volume de *Eucalyptus propinqua* Deane ex Maiden - equações. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, 35(2):73-84.

VEIGA, R. A. A.; BRASIL, M. A. M. & FERREIRA, M. 1980. Peso seco do tronco comercial para *Eucalyptus saligna* e *E. urophylla*. *Silvicultura*, São Paulo, 2(16):138.

_____. 1981. Peso da parte comercial do fuste de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* - estimativa do primeiro corte. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, 35(2):85-92.

VEIGA, R. A. A.; CATANEO, A. & BRASIL, M. A. M. 1989. Elaboração de um sistema integrado de computação para quantificação da biomassa florestal. *Científica*, São Paulo, 17(2):231-6.