

# COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DE RELAÇÕES HIPSONÉTICA PARA ESTUDO DE UMA FLORESTA DE *Eucalyptus urophylla*

**Carlos Alberto Martinelli de Souza; André Quintão de Almeida; Vinícius Visintim  
Silva de Almeida; Gilson Fernandes da Silva**

<sup>1</sup>CCA-UFES/Eng Florestal, [camartinelli5@gmail.com](mailto:camartinelli5@gmail.com), [aqa@gmail.com](mailto:aqa@gmail.com), [viniciusflorestal@hotmail.com](mailto:viniciusflorestal@hotmail.com),  
[gilson@cca.ufes.br](mailto:gilson@cca.ufes.br)

**Resumo** - Uma prática comum em inventários florestais é medir as alturas de algumas árvores nas parcelas e, empregando modelos de relações hipsométricas, estimar a altura das demais. Um aspecto que deve ser considerado é qual o melhor modelo a ser utilizado. A comparação entre os modelos é uma praxe na pesquisa e na prática de inventário, portanto este estudo teve como objetivo principal avaliar o melhor modelo de relação hipsométrica na estimação da altura total de árvores de *Eucalyptus urophylla*. Para este estudo foram coletados dados de 113 árvores, no município de Vitória da Conquista – BA, para seleção das melhores relações hipsométricas foram feitas comparações entre os modelos propostos, os critérios de avaliação de precisão utilizados foram: o coeficiente de determinação ajustado ( $\bar{R}^2$ ), o erro padrão absoluto ( $s_{y.x}$ ), em metros, o erro padrão relativo ( $s_{y.x}$  %) e a análise gráfica dos resíduos. O modelo 5 apresentou o melhor desempenho, no entanto todos os modelos apresentaram um baixo coeficiente de determinação. Isso mostra que esses modelos não são adequados para estudo nessas condições, e que certamente para se obter resultados melhores existe a necessidade do uso de modelos mais complexos.

**Palavras-chave:** inventário florestal, altura, diâmetro, custo.

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias

## Introdução

A madeira, principal produto das florestas, é utilizada como matéria-prima em diferentes segmentos da indústria brasileira, podendo-se destacar a produção de papel e celulose, a indústria siderúrgica e o setor moveleiro. Com isso, o consumo de madeira é elevado, exigindo manejo contínuo dos povoamentos florestais para produção sustentada (LEITE 1990). Diante disso é do interesse de qualquer administrador ligado ao setor florestal conseguir quantificar e prognosticar, com confiabilidade, o estoque de suas florestas. A quantificação do crescimento e da produção consiste em uma condição essencial para definir a utilização dos bens advindos da floresta, além de fornecer informações que subsidiam a tomada de decisões para a maioria das atividades ligadas ao setor.

A estimativa de produção de madeira em florestas, normalmente é feita por procedimentos de inventário florestal, que para estimar o volume buscam relacionar variáveis como o diâmetro à 1,30 metros (*DAP*) e a altura total da árvore com o volume da mesma. Na operacionalização do inventário, o *DAP* é uma variável de fácil obtenção, o que não ocorre com altura.

De acordo com Couto e Bastos (1986), a determinação da altura das árvores em pé por meio de instrumentos é uma operação onerosa e

sujeita a erros. Em função disso, o que se tem feito na prática é medir a altura de algumas árvores nas parcelas de inventário e, empregando relações hipsométricas, estimar a altura das demais. Este tipo de procedimento é muito comum para as espécies florestais que são cultivadas, como são os casos das culturas de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil.

Um aspecto que deve ser considerado é qual o melhor modelo a ser utilizado. A comparação do desempenho de diversos modelos é uma praxe na pesquisa e na prática de inventário florestal. Um outro aspecto que é pouco considerado é como os modelos respondem às particularidades da amostra utilizada no ajuste, isto é, como a amostra de ajuste (árvores com diâmetro e altura medidos) influencia o desempenho dos modelos quando estes estimam a altura das árvores que tiveram apenas o diâmetro medido.

Este estudo teve como objetivo principal avaliar o melhor modelo de relação hipsométrica na estimação da altura total de árvores de *Eucalyptus urophylla* em um povoamento homogêneo plantado com fins de produção de celulose.

## Materiais e Métodos

Para este estudo foram coletados dados de 113 árvores, no município de Vitória da Conquista - BA

que tem as seguintes coordenadas geográficas 14° 51' 58" S 40° 50' 22" W.

Uma relação hipsométrica tem como variável dependente a altura da árvore, normalmente a altura total, podendo, contudo, se trabalhar com a altura comercial. Como variável independente, a principal variável é o *DAP* (diâmetro a 1,30 metros), empregando-se, em alguns casos, a idade, a altura dominante e combinações dessas variáveis. No caso deste trabalho, uma vez abatidas as árvores, foram medidas em cada uma delas, considerando as condições de amostragem estabelecidas no item anterior, a altura total da árvore e seu *DAP*. A medição da altura total foi realizada empregando-se uma trena que era esticada do ponto de corte até o ponto mais extremo da árvore. O *DAP* foi medido empregando-se uma suta. Os dados foram anotados em ficha própria, considerando-se a idade da árvore e o local onde a mesma foi abatida, sendo posteriormente armazenados em planilhas eletrônicas.

Considerando as espécies florestais tradicionalmente produzidas em plantios, principalmente os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, pode-se encontrar na literatura vários modelos hipsométricos propostos para estas espécies (COUTO e BASTOS, 1986; SCOLFARO, 1993). Neste trabalho, pretendeu-se testar alguns destes modelos para o *Eucalyptus urophylla*, sendo relacionados os seguintes modelos:

Tabela 1 – Modelos de relações hipsométricas testados para a espécie *Eucalyptus urophylla* em plantio consorciado.

- 1  $H = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(D) + \varepsilon$
- 2  $H = \beta_0 + \beta_1 / D^2 + \varepsilon$
- 3  $\text{Log}(H) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(D) + \varepsilon$
- 4  $\text{Log}(H) = \beta_0 + \beta_1 / D + \varepsilon$
- 5  $\text{Log}(H) = \beta_0 + \beta_1 / D^2 + \varepsilon$
- 6  $H = \beta_0 + \beta_1 / D + \varepsilon$
- 7  $H = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + \varepsilon$

em que:

$H$  = Altura total da árvore;  $D$  = *DAP* = diâmetro à 1,30 metros;  $\text{Log}$  = logaritmo na base 10;  $\beta_0, \beta_1$  e  $\beta_2$  = parâmetros do modelo;  $\varepsilon$  = erro aleatório.

Para seleção das melhores relações hipsométricas foram feitas comparações entre os modelos propostos, de modo a definir o melhor. Para isso, os critérios de avaliação de precisão utilizados foram: o coeficiente de determinação ajustado ( $\bar{R}^2$ ), o erro padrão absoluto ( $s_{y,x}$ ), em metros, o erro padrão relativo ( $s_{y,x}$  %) e a análise

gráfica dos resíduos. Os gráficos tiveram como variável independente o *DAP* e como variável dependente os erros percentuais das estimativas das alturas, obtidos pela expressão:

$$e(\%) = \left( \frac{Hobs - Hest}{Hobs} \right) 100$$

em que:

$e(\%)$  = resíduo da regressão, em porcentagem;  
*Hobs* = altura observada; *Hest* = altura estimada.

## Resultados e discussão

As equações resultantes dos ajustes dos modelos juntamente com os parâmetros estatísticos usados para avaliação do melhor modelo, encontram-se na tabela 1. Percebe-se que a equação  $\widehat{\text{Log}(H)} = 1,17 - 11,92 * 1/D^2$ , que é proveniente do modelo 5 apresentou os melhores valores, no entanto todos os modelos apresentaram um coeficiente de determinação não satisfatório visto que em estudos deste tipo geralmente os valores encontrados são maiores que 90%. Isso mostra que esses modelos não são adequados para estudo nessas condições, e que certamente para se obter resultados melhores existe a necessidade do uso de modelos mais complexos ou talvez separar as árvores por classes de sítio ou de diâmetro.

Tabela 2 – Estatísticas das equações estimadas para os diferentes modelos hipsométricos.

EQUAÇÃO	R <sup>2</sup>	S <sub>YX</sub> (m)	S <sub>YX</sub> %
$\hat{H} = -1,27 + 9,82 * \log D$	65%	1,39	139,85
$\hat{H} = 14,18 - 243,11 * 1/D^2$	67%	1,35	135,17
$\widehat{\text{Log}(H)} = 0,48 + 0,53 * \log D$	60%	0,07	6,79
$\widehat{\text{Log}(H)} = 1,28 - 2,55 * 1/D$	68%	0,06	6,06
$\widehat{\text{Log}(H)} = 1,17 - 11,92 * 1/D^2$	70%	0,06	5,88
$\hat{H} = 16,78 - 55,93 * 1/D$	69%	1,31	130,64
$\hat{H} = 0,55 + 1,39 * D - 0,04 * D^2$	68%	1,34	134,09

Os gráficos ilustram o desempenho ruim dos modelos, sendo que ficam bem claro que nos casos dos modelos 3, 4 e 5 os erros são bem menores, mas ainda assim esse tipo de trabalho exige uma melhor acuracidade em virtude de a altura ser um dos fatores usados no cálculo do volume, portanto uma estimativa imprecisa desta variável certamente acarretará em outros erros futuros.

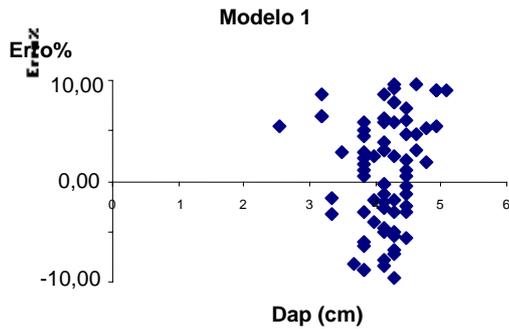


Figura 1 – Gráfico do resíduo para o modelo 1.

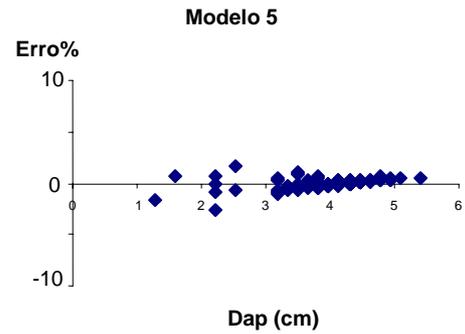


Figura 5 – Gráfico do resíduo para o modelo 5.

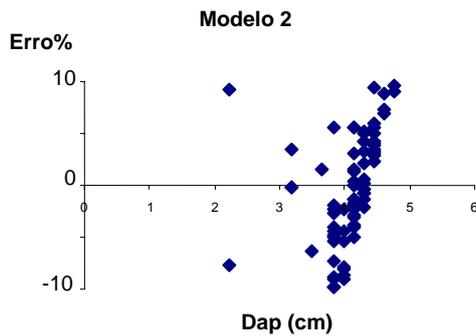


Figura 2 – Gráfico do resíduo para o modelo 2.

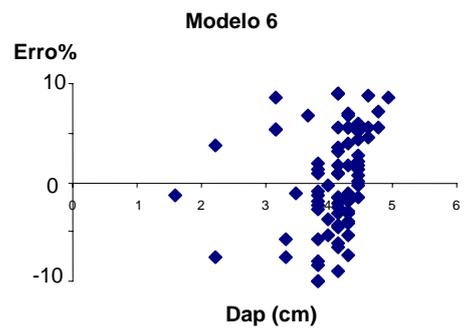


Figura 6 – Gráfico do resíduo para o modelo 6.

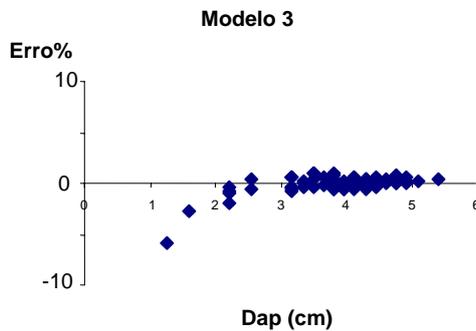


Figura 3 – Gráfico do resíduo para o modelo 3.

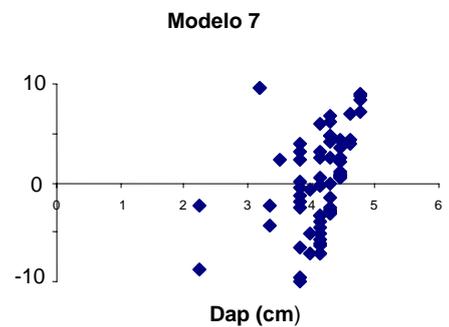


Figura 7 – Gráfico do resíduo para o modelo 7.

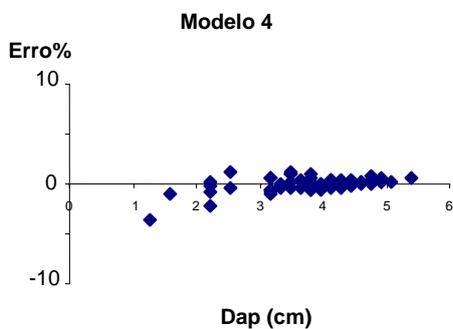


Figura 4 – Gráfico do resíduo para o modelo 4.

### Conclusão

Pode-se concluir para esse estudo, que os modelos estudados não apresentaram boa precisão pra estimação das alturas, apesar de o modelo 5 ter apresentado um melhor resultado. Existindo assim, a necessidade de testes de outros modelos que possuem mais variáveis independentes como o diâmetro quadrático, por exemplo.

### Referências

COUTO, H.T.Z.; BASTOS, N.L.M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no Estado de São

Paulo. **Revista do IPEF**, Piracicaba, v.1, p.33-44, 1986.

LEITE, H, G. **Ajuste de um modelo de estimação de frequência e produção por classe de diâmetro, para povoamentos de *Eucalyptus saligna* Smith**. Viçosa: UFV, 1990, 81p (Dissertação de Mestrado – Mestrado em Ciência Florestal).

SCOLFORO, **J.R.S. Mensuração Florestal 3: Relações quantitativas: Em volume, peso e a relação hipsométrica**. Lavras: DCF-ESAL, 291p. 1993.