



ISSN 1677-8618  
Agosto, 2007

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 47***

### **Dendrometria e avaliação da performance de clones de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) plantados na região central do Estado de Rondônia**

Abadio Hermes Vieira  
Rodrigo Barros Rocha  
Michelliny de Matos Bentes Gama  
Luiz Marcelo Brum Rossi  
Marília Locatelli

Porto Velho, RO  
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Rondônia**

BR 364 km 5,5, Caixa Postal 406, CEP 78900-970, Porto Velho, RO  
Telefones: (69) 3901-2510, 3225-9387, Fax: (69) 3222-0409  
www.cpafrro.embrapa.br

**Comitê de Publicações**

Presidente: *Cléberson de Freitas Fernandes*

Secretária: *Marly de Souza Medeiros*

Membros:

*Abadio Hermes Vieira*

*André Rostand Ramalho*

*Luciana Gatto Brito*

*Michelliny de Matos Bentes Gama*

*Vânia Beatriz Vasconcelos de Oliveira*

Normalização: *Daniela P. Maciel*

Editoração eletrônica: *Marly de Souza Medeiros*

Revisão gramatical: *Wilma Inês de França Araújo*

**1ª edição**

1ª impressão: 2007. Tiragem: 100 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.  
Embrapa Rondônia.

---

Dendrometria e avaliação da performance de clones de eucalipto (Eucalyptus grandis x E. Urophylla) plantados na região central do Estado de Rondônia / Abadio Hermes Vieira ... [et al].-- Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2007.  
18 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Rondonia, ISSN ; 47)

1. Dendrometria. 2. Eucalipto. 3. Rondônia. I. Vieira, Abadio Hermes. II. Rocha, Rodrigo Barros. III. Bentes-Gama, Michelliny de Matos. IV. Rossi, Luiz Marcelo Brum. V. Locatelli, Marília. VI. Título. VII. Série.

---

CDD 634.97

© Embrapa – 2007

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	5
<b>Abstract</b> .....	6
<b>Introdução</b> .....	7
<b>Material e métodos</b> .....	8
<b>Resultados e discussão</b> .....	10
<b>Conclusões</b> .....	12
<b>Referências</b> .....	13



# **Dendrometria e avaliação da performance de clones de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) plantados na região central do Estado de Rondônia**

---

**Abadio Hermes Vieira<sup>1</sup>**

**Rodrigo Barros Rocha<sup>2</sup>**

**Michelliny de Matos Bentes Gama<sup>3</sup>**

**Luiz Marcelo Brum Rossi<sup>4</sup>**

**Marília Locatelli<sup>5</sup>**

## **Resumo**

A prognose da produtividade é um dos principais critérios para o planejamento da atividade florestal. O objetivo deste trabalho foi o de selecionar os melhores modelos biométricos para predição da variável volume em povoamentos de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) plantados na região central do Estado de Rondônia. Para a seleção dos modelos foram amostradas 76 árvores de todas as classes de diâmetro provenientes de 5 parcelas experimentais. Os parâmetros estatísticos indicaram os modelos de melhor ajuste: o modelo de dupla entrada de Naslund e o modelo de simples entrada de Brenac. O modelo de simples entrada de Brenac foi utilizado para obtenção de estimativas de volume das parcelas visando à avaliação da performance dos clones aos sete anos. O clone 1341 apresentou produtividade superior aos demais materiais avaliados.

<sup>1</sup> Eng. Florestal, M.Sc. em Ciência Florestal, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO, abadio@cpafro.embrapa.br.

<sup>2</sup> Biólogo, D.Sc. em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Rondonia, Rodrigo@cpafro.embrapa.br.

<sup>3</sup> Eng. Florestal, D.Sc. em Ciência Florestal, pesquisadora da Embrapa Rondônia, mbgama@cpafro.embrapa.br.

<sup>4</sup> Eng. Florestal, D.Sc. em Engenharia Florestal - Manejo florestal, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM, marcelo.rossi@cpaa.embrapa.br.

<sup>5</sup> Eng. Florestal, Ph.D. em Ciência do solo, pesquisadora da Embrapa Rondônia, marília@cpafro.embrapa.br.

# **Dendrometry and evaluation of the growth performance of *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* clones planted in the central region of the Rondônia state - Brazil**

---

## **Abstract**

Accurate volume prediction is one of the most important tools for the evaluation of the forestry activity. The objective of this work was to select the most suitable models to the prediction of *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* volume planted in the central region of Rondônia state. Seventh six cubed trees from 5 experimental plots were used to the model selection. The statistical properties indicated the Naslund model as the most suitable double-entry model and the Brenac model as the most suitable simple-entry model. The selected simple entry model was used to the obtaining of volume estimates from the seven years old clone trees aiming the selection of the most productivity clone. The 1341 clone showed higher productivity compared to the others materials.

## Introdução

A utilização da matéria prima madeireira proveniente de florestas plantadas é uma das estratégias mais promissoras para promover a conservação ambiental em regiões amazônicas alteradas pela agricultura e pecuária (BENTES-GAMA, 2005). Atualmente poucos produtores da Região Amazônica estão em conformidade com o código florestal que determina que a cobertura vegetal deve estar presente em pelo menos 80% da área das propriedades rurais (Medida Provisória N° 1.511 de 26 de Julho de 1996). Neste cenário, o reflorestamento é considerado uma das principais alternativas para o cumprimento da legislação ambiental e para o atendimento da demanda de geração de bens e de serviços ambientais (MIRANDA; VALENTIM, 2000).

Tendo em vista que a metade da produção de madeira em toras é proveniente da Região Amazônica, a atividade florestal na Região Norte é estratégica para o país. Segundo Ferreira e Galvão (2000) existe um déficit entre a demanda anual de madeira e a produção de florestas, de 260 milhões de metros cúbicos, que vem sendo suprido pelo corte de florestas nativas. O compromisso com a sustentabilidade do desenvolvimento agrícola na Região Amazônica é atualmente a questão mais importante para a prática desta atividade. Um dos principais benefícios provenientes do estabelecimento de florestas plantadas em regiões tropicais é a redução dos processos erosivos e de lixiviação causados pela alta precipitação associado à oferta de uma nova alternativa de serviços e bens para o produtor (TONINI et al., 2005).

O rápido crescimento volumétrico e a qualidade diferenciada da madeira caracterizam as essências florestais de maior potencial para o estabelecimento de florestas plantadas. Além de espécies nativas de potencial para o reflorestamento, tais como a Bandarra (*Schizolobium amazonicum*), a Andiroba (*Carapa guianensis*) e o Mogno (*Swietenia macrophylla*), essências florestais exóticas, tais como o eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e a teca (*Tectona grandis*) têm sido avaliadas para o estabelecimento de florestas plantadas e incorporação em sistemas agroflorestais (LOCATTELI et al., 2004).

Entre as espécies do gênero *Eucalyptus*, o híbrido entre *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* tem se destacado como uma das principais fontes de matéria-prima para produção de papel e celulose e mais recentemente como madeira para serraria e para produção de mel (ROCHA et al., 2005; PIRES et al., 1996). A produção de híbridos interespecíficos que reúnam as melhores características das espécies é o principal enfoque dos programas de melhoramento de eucalipto. O desenvolvimento de híbridos *E. grandis* x *E. urophylla* objetiva a obtenção de material de performance diferenciada que possua a qualidade da madeira do *E. grandis* e a rusticidade natural do *E. urophylla* (ELDRIDGE et al., 1993).

A avaliação da performance das florestas e a caracterização do potencial produtivo de uma região baseiam-se principalmente na obtenção de estimativas de volume individual que expressa em m<sup>3</sup> o estoque de madeira de um povoamento. Equações volumétricas têm sido amplamente utilizadas para associar com precisão a variável volume a outras variáveis independentes de fácil mensuração na floresta, como o diâmetro na altura do peito (DAP), (THOMAS et al., 2006; ROLIM et al., 2006; FIGUEIREDO et al., 2006; TONINI et al., 2005, SCHNEIDER; TONINI, 2003; CAMPOS; LEITE, 2002; PAULA NETO et al., 1983). Os ajustes de modelos para a prognose do volume individual têm se mostrado de grande importância para o manejo na Região Norte do país, devido principalmente ao longo ciclo de vida das essências florestais e a recente atividade florestal da região.

O objetivo deste trabalho foi selecionar os melhores modelos biométricos para predição da produtividade de híbridos *E. grandis* x *E. urophylla* visando caracterizar a performance

destes clones em plantios homogêneos e disponibilizar uma ferramenta para prognose do volume de eucalipto em plantio homogêneo no Estado de Rondônia.

## Material e métodos

### Experimentos de campo

As parcelas experimentais estão instaladas no campo experimental da Embrapa Rondônia em Ouro Preto do Oeste, localizado nas coordenadas geográficas 10° 43' 58" de Latitude Sul, 62° 15' 16" de Longitude Oeste e 240 metros de altitude, com precipitação média anual de 1970,9 mm, temperatura média anual de 23,6° C e umidade relativa do ar de 82% (SILVA, 2000). Segundo Santos (1999), o solo desta área é classificado como Latossolo Vermelho Escuro eutrófico, de textura argiloso e bem drenado.

Os experimentos foram instalados em 1998 em parcelas quadradas de 81 plantas agrupadas em nove linhas de nove plantas em espaçamento de 3 m x 2 m. Os clones avaliados são materiais selecionados fornecidos pela COOPENER. O controle da mata competição foi feito por capinas manuais duas vezes ao ano nos primeiros anos de idade.

Visando a caracterização química do solo na época de plantio foram coletadas amostras do solo em 3 profundidades: 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm (Tabela 1).

### Avaliações

As avaliações dendrométricas utilizadas neste estudo são provenientes da mensuração de DAP de todas as árvores das parcelas quadradas aos nove anos e cubagem rigorosa de 76 árvores selecionadas. Mensurações de DAP foram tomadas anualmente desde 1998.

O volume comercial sem casca foi avaliado por meio de cubagem rigorosa após o abate das árvores. Para a obtenção das estimativas de volume utilizou-se a metodologia de Smalian a partir da mensuração dos diâmetros realizada a cada dois metros a partir de 1,30 de altura (HUSCH et al., 1972).

### Estimativas de volume

Para estudar o crescimento volumétrico em função do DAP e altura total foram ajustadas 9 equações de simples entrada e 10 de dupla entrada, apresentadas na Tabela 2.

### Seleção das equações

A seleção do melhor modelo para estimar a resposta no comportamento da variável volume foi baseada nas seguintes estatísticas: coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_a$ ), erro-padrão da estimativa ( $S_{y\cdot x}$ ), coeficiente de variação (CV), valor de F, índice BIAS e valor ponderado dos escores estatísticos (VP).

Para os modelos em que a variável dependente sofreu transformação logarítmica foi recalculado o erro padrão da estimativa pelo fator de correção de discrepância logarítmica de Meyer, com o propósito de comparar as estatísticas obtidas entre os diferentes modelos utilizados (HUSCH et al., 1972).

### Coeficiente de determinação ajustado ( $R_a^2$ )

O coeficiente de determinação simples ( $R^2$ ) expressa a proporção da variação total explicada pelo modelo e possui a limitação de acréscimo em seu valor com a inclusão de novas variáveis aos modelos. Como critério para seleção dos modelos foi utilizado o coeficiente de determinação ajustado ( $R_a^2$ ), parâmetro este ponderado pelo número de coeficientes da equação conforme a expressão:

$$R_a^2 = R^2 - \frac{K-1}{N-K}(1-R^2)$$

$R_a^2$  = coeficiente de determinação ajustado;  $K$  = número de coeficientes da equação;  $N$  = número de observações.

Por esse critério quanto mais próximo de um for o valor do coeficiente de determinação ajustado, melhor o ajuste do modelo.

### Erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ )

O erro padrão da estimativa indica a precisão do ajuste do modelo biométrico e somente deve ser utilizado como comparador quando as variáveis dependentes apresentam a mesma unidade de medida. Quanto menor o erro padrão da estimativa, melhores são as estimativas obtidas pela equação. Esse parâmetro é obtido pela fórmula:

$$S_{yx} = \sqrt{QMR}$$

Em que:  $S_{yx}$  = erro padrão da estimativa;  $QMR$  = quadrado médio do resíduo.

### Coeficiente de variação (CV)

O coeficiente de variação expressa a variação do experimento ponderado pela média e permite a comparação entre variáveis mensuradas em diferentes unidades. Quanto menor o valor do coeficiente de variação maior a precisão das estimativas. Esse coeficiente na forma percentual é obtido:

$$CV = \frac{S_{yx}}{\bar{y}} \cdot 100$$

Em que:  $CV$  = coeficiente de variação em percentagem;  $S_{yx}$  = erro padrão da estimativa;  $\bar{y}$  = média aritmética da variável dependente.

### Estatística F

O valor de F estimado na análise da variância expressa a importância dos parâmetros para o modelo. A ocorrência de valores não significativos da estatística F indica que modelos com menor número de parâmetros são mais indicados para ajuste aos dados.

### Índice BIAS

O índice BIAS expressa o desvio médio dos valores estimados em relação aos observado e indica a tendência do modelo em superestimar ou subestimar os valores estimados. Quanto

mais próximo a zero a estimativa desta estatística, menor é a magnitude do erro sistemático (LEITE; ANDRADE, 2002).

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n E_i - \sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=1}^n O_i}$$

$E_i$  = iésimo valor estimado,  $O_i$  = iésimo valor observado

### Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos (VP)

Para obtenção do valor ponderado os modelos foram ordenados de acordo com cada um dos critérios de eficiência, sendo atribuído peso 1 para a equação mais eficiente, 2 para a segunda e assim sucessivamente (THIERSCH, 1997). Após essa classificação individual, efetuou-se o somatório da pontuação para cada modelo biométrico, sendo que a equação de menor soma é a mais indicada para o uso.

### Distribuição dos resíduos

Ao final do processo de seleção dos modelos foi analisado a distribuição gráfica dos resíduos, com o objetivo de verificar se os modelos selecionados pelo critério do valor ponderado (VP) apresentaram alguma tendência na estimativa da variável dependente volume.

## Resultados e discussão

### Avaliação do experimento e seleção das equações

O coeficiente de variação e o percentual de sobrevivência são referências importantes para avaliação da qualidade dos plantios florestais (JAYARAMAN, 2000; HUSCH et al., 1972). O coeficiente de variação da característica DAP mensurada em todas as árvores da parcela útil (CV = 19,5) pode ser considerado baixo e indica uma boa precisão experimental (GARCIA, 1989; SCAPIM et al., 1995). Os percentuais de sobrevivência das parcelas experimentais variaram de 72% a 89% e devem-se principalmente da adaptação diferenciada das essências florestais avaliadas. O principal efeito da morte precoce de árvores no plantio é estimular o crescimento em diâmetro das árvores remanescentes afetadas pela menor densidade do povoamento, o que resulta em uma maior produtividade a partir de um número reduzido de árvores (LISITA, 1997).

Visando a comparação entre a produtividade das parcelas, as árvores foram selecionadas para cubagem rigorosa com dois objetivos principais: promover o desbaste nas parcelas e obter as medidas de volume real para o desenvolvimento de modelos de predição da produtividade (Tabela 3). A utilização de equações volumétricas é um dos métodos mais precisos para predição da produtividade e que depende da representatividade dos dados para desenvolvimento dos modelos de melhor ajuste (JAYARAMAN, 2000). Uma das propriedades de uma amostra representativa é apresentar estimativas de média e variância semelhantes aos valores populacionais (CRUZ et al., 2004, DRAPER; SMITH, 1966).

Para o desenvolvimento dos modelos árvores de todas as classes de diâmetro foram amostradas visando representar a variação da população original. Observa-se que a média de DAP das árvores amostradas se diferencia da média das parcelas, principalmente porque as árvores dominadas abatidas durante o desbaste também foram utilizadas para o desenvolvimento do modelo (Tabela 4). Para avaliação da variância amostral foi utilizado o teste de Hartley (CRUZ et al., 2004), que indicou diferença significativa a 5% de probabilidade entre a variância estimada das árvores amostradas do clone 321 e a variância populacional, o que limita a avaliação desta parcela individualmente (Tabela 4).

Previamente ao desenvolvimento do modelo que objetiva representar o crescimento de híbridos *E. grandis* x *E. urophylla* na região de estudo, foi avaliada a eficiência diferencial dos modelos entre os clones de eucalipto e observou-se não haver diferenças no seu ordenamento pelo VP. Baseado neste teste preliminar decidiu-se ajustar os modelos a partir de todas as mensurações realizadas nas parcelas de eucalipto visando o aumento da representatividade da amostra. Observa-se que os valores de máximos e mínimos individuais, de média de variância e da amostra composta (0321+0103+1232+1270+1341) aproximam-se dos valores populacionais. Os dados da Tabela 4 indicam boa representatividade da amostra composta.

A seleção da melhor equação para predição de volume não é uma decisão trivial e depende da avaliação simultânea de vários parâmetros estatísticos associados ao melhor ajuste e maior simplicidade do modelo (MONTGOMERY; PECK, 1982; DRAPER; SMITH, 1966). A consideração do valor ponderado como critério para seleção permite ponderar todos os parâmetros estatísticos simultaneamente facilitando o processo de seleção do melhor modelo biométrico (THIERSCH, 1997).

A tabela 5 apresenta os três melhores modelos de entrada simples e de dupla entrada para predição do volume, ordenados pelo VP. Os valores do coeficiente de variação e do coeficiente de determinação indicam um diferencial na precisão dos modelos de dupla entrada. A menor precisão dos modelos de simples entrada está bem caracterizada na literatura e deve-se a pressuposição destes modelos de que árvores de mesmo diâmetro apresentam a mesma altura, que na prática é atendida parcialmente (ROLIM et al., 2006; THOMAS et al., 2006).

Não foram observadas diferenças acentuadas nos coeficientes de determinação e nos resíduos nas equações de dupla entrada. Os modelos de Naslund e Meyer embora relativamente complexos ficaram bem ordenados nas três espécies. O modelo Meyer Modificado, apresentou um dos parâmetros não significativo o que o torna idêntico ao Meyer original, que nesta comparação, por maior simplicidade deve ser o preferido.

A análise de resíduos dos modelos de dupla entrada indica uma tendência de aleatoriedade na distribuição e suficiência das pressuposições do modelo. A avaliação do índice BIAS mostra uma tendência destes modelos de produzir estimativas superestimadas, com exceção do Meyer Modificado (Tabela 5).

Os modelos de simples entrada que apresentaram melhor ordenamento pelo critério do VP são relativamente mais simples do que os modelos de entrada dupla. O modelo selecionado foi o modelo de Brenac. A análise de resíduos mostra uma tendência de distribuição não aleatória indicando um aumento na magnitude dos resíduos com o aumento do volume. Um melhor ajuste a esta condição é dada por modelos que utilizam de transformação de dados, tais como os modelos de Husch e Brenac.

A avaliação do índice BIAS indica a ocorrência de erros de maior magnitude nos modelos de simples entrada. A interpretação utilizando o índice BIAS deve ser criteriosa e realizada somente para comparações com o mesmo número de observações. Os valores das estimativas dos parâmetros dos modelos selecionados estão apresentados na Tabela 5.

## Obtenção das estimativas de volume e prognose da produtividade

Visando comparar a performance entre os clones, o modelo de simples entrada selecionado pelo VP foi utilizado para a obtenção de estimativas de volume individual das árvores aos sete anos visando a prognose da produtividade das árvores na parcela útil. Por se aproximar mais da idade técnica de corte a seleção aos sete anos é mais indicada para quantificar o potencial genético para produtividade.

A análise de variância revelou a existência de diferença genética significativa para as características DAP e VOL e indica uma produtividade em m<sup>3</sup> diferenciada entre os clones. A maior magnitude do coeficiente de variação da característica VOL em relação à DAP é esperada. Segundo Pires et al., 1996 deve-se ao fator da variável volume depender da avaliação de medidas das três dimensões fundamentais. O valor do coeficiente de variação entre 12.61 e 32.61 é considerado de média magnitude para a característica volume em eucalipto, em uma escala que varia de baixo, médio, alto e muito alto (GARCIA, 1989). Esta classificação sugere boa precisão das estimativas de volume obtidas a partir das equações selecionadas.

A produtividade nas parcelas foi avaliada pelo teste de Scott Knott que produz classes de médias não sobrepostas (Tabela 6). O clone 1341 apresentou produtividade diferenciada em relação aos outros clones que não apresentaram diferenças na produtividade pelo teste de Scott Knott a 1% de probabilidade (Tabela 6).

As parcelas apresentaram taxa de sobrevivência média de 82% do plantio. A prognose da produtividade por hectare é obtida pela média do volume das árvores individuais ponderada pela sobrevivência do plantio. O percentual de sobrevivência do plantio alterou o ordenamento na produtividade de alguns clones e confirmou a superioridade produtiva do clone 1341 (Tabela 6).

A performance diferenciada dos clones a ação do ambiente é fenômeno bem caracterizado nas espécies perenes (ROCHA et al., 2006; NUNES et al., 2002; FILHO et al., 2001). Os clones avaliados neste trabalho também foram plantados em mesmas condições de espaçamento no Estado de Roraima e avaliados aos 5 anos de idade por Arco-Verde e Schwengber, 2003. Estes autores observaram ordenamento na produtividade entre os materiais diferente do observado neste trabalho (1270 – 1232 – 321 – 103 – 1341), o que confirma a ocorrência de interação genótipo x ambiente de natureza complexa e corrobora a importância de ensaios para prognose de produtividade na Região Norte.

## Conclusões

Os valores de máximos e mínimos das observações individuais, de média e da variância da amostra composta indicam boa representatividade para o desenvolvimento de modelos para prognose do volume de populações de eucalipto na região de estudo.

A avaliação dos parâmetros indicou que o modelo de dupla entrada de Naslund e o modelo de simples entrada de Brenac são os mais precisos para estimar o volume total sem casca para *Eucalyptus* spp. na região de estudo.

Os clones exibiram performance diferencial de produtividade, sendo que o clone 1341 apresentou a melhor produtividade por hectare.

## Referências

- ARCO-VERDE M.F.; SCHWENGBER D.R. Avaliação silvicultural de espécies florestais no estado de Roraima. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v.1, n.3, p.59-63, 2003.
- BENTES-GAMA, M. **Orientações para pesquisa florestal em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2005. 4p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 273).
- CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 407p.
- CRUZ C.D.; REGAZZI A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. v.1. 480p.
- DRAPER, N.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1966. 709p.
- ELDRIDGE, K; DAVIDSON, J.; HARDWOOD, C.; VAN, W.Y.K.G. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon Press, 1993. 308p.
- FERREIRA, C.A.; GALVÃO, A.P.M. Importância da atividade florestal no Brasil. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000. p.15-18.
- FIGUEIREDO E.O.; SCOLFORO J.R.S.; OLIVEIRA A.D. Seleção de modelos polinomiais para representar o perfil e o volume do fuste de *Tectona grandis* L.F. **Acta Amazônica**, v.36, n.4, p.465-482, 2006.
- GARCIA, C.H. **Tabelas para coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. p.1-11. (Circular técnica, 171).
- HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. 3<sup>th</sup> ed. New York: The Ronald Press, 1972. 402p.
- JAYARAMAN, K. **Forestry statistics and data collection**. [s.l.]: FORSA/FAO, 2000. 213p. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/003/X6831E/X6831E00.HTM/>> Acesso em: 26 Jun. 2007).
- LEITE, H.G.; ANDRADE, V.C.L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, v.26, n.3, p.321-328, 2002.
- LISITA, A. **Efeitos de reespaçamentos no crescimento e na produção de povoamentos de Eucalyptus camaldulensis Procedência Petford**. Viçosa, MG: UFV, 1997 70p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- LOCATELLI, M.; SILVA FILHO, E.P.; VIEIRA, A.H.; SOUZA, V.F.; MACEDO, R.S. Cultivo de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.)K. Schum.) consorciado com espécies florestais em Machadinho d'Oeste - Rondônia - características de solo. **Agrorsilvicultura**, Viçosa, MG, v.1, n.1, p.101-105, 2004.
- MIRANDA, E.M.; VALENTIM, J.F. Desempenho de doze espécies arbóreas nativas e introduzidas com potencial de uso múltiplo no estado do Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, v.30, n.3, p.471-480, 2000.

MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1982. 504p.

NUNES, G.H.S.; REZENDE, G.D.S.P.M; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.S. Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, v.8, n.1, p.49-58, 2002.

PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L.; QUINATES, P.C.G., SOARES, V.P. Análise de equação volumétrica para *Eucalyptus* spp., segundo o método de regeneração na região de José de Melo – MG. **Revista Árvore**, v.7, n.1, p.56-70, 1983.

PALUDZYSZYN FILHO, E.P.; MORA, A.L.; MAESTRI, R. Interação de genótipos de *Pinus taeda* L. com locais no sul-sudeste do país. **Cerne**, v.7, n.1, p.90-100, 2001.

PIRES, E.I.; CRUZ, C.D.; BORGES, R.C.G.; REGAZZI, A J. Índice de seleção combinada aplicado ao melhoramento genético de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.20, n.2, p.191-197, 1996.

ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAÚJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v.15, n.3, p.255-266, 2005.

ROCHA, M.G.B. ; PIRES, I.E. ; XAVIER, A. ; CRUZ, C.D. ; ROCHA, R. B. Avaliação genética de progênies de meios irmãos de *Eucalyptus urophylla* utilizando procedimentos REML/BLUP e E(QM). **Ciência Florestal**, v.16, n.4, p. 369-379, 2006.

ROLIM, S.G.; COUTO, H.T.Z.; JESUS, R.M.; FRANÇA, J.T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazônica**, v.36, n.1, p.107-114, 2006.

SANTOS, P.L. **Levantamento semidetalhado dos solos do campo experimental de Ouro Preto D´Oeste**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 38p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documento 8).

SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P.; CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.5, p.683-686, 1995.

SCHNEIDER, P.R.; TONINI, H. Utilização de variáveis dummy em equações de volume para *Acacia mearnsii* De Wild. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, n.2, p.212-129, 2003.

SILVA, M.J.G. **Boletim climatológico de Rondônia – 1999**. Porto Velho: SEDAM/RO, 2000. v.2, 24p.

THIERSCH, A. A eficiência das distribuições diamétricas para a prognose da produção de *E. camaldulensis*. 1997. 155f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

THOMAS, C.; ANDRADE, C.M.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p.319-327, 2006.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M.F.; SÁ, S.P.P. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no estado de Roraima – Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), Ipê-Roxo (*Tabebuia avellanadae* Lorentz ex Griseb) e Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Acta Amazônica**, v.35, n.3, p.353-362, 2005.

**Tabela 1.** Análise química do solo do campo experimental de Ouro Preto do Oeste, RO.

Prof. cm	pH em H <sub>2</sub> O	P mg/dm <sup>3</sup>	K mmolc/dm <sup>3</sup>	Ca mmolc/dm <sup>3</sup>	Mg mmolc/dm <sup>3</sup>	Al+H mmolc/dm <sup>3</sup>	Al mmolc/dm <sup>3</sup>	M.O. g/Kg	V %
0-20	7,3	24,0	10,3	62	14	15	traços	15,8	85
20-40	7,1	7,0	2,8	57	13	15	traços	11,2	83
40-60	7,1	5,0	2,1	51	10	16	traços	7,2	80

**Tabela 2.** Principais equações de volume de dupla e de simples entrada ajustadas para predição do volume em eucalipto.

Numeração	Modelos de dupla entrada	Autor
1	$v = b_0 + b_1 d^2 h$	Spurr
2	$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 h$	Stoate
3	$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 dh^2 + b_4 h^2$	Naslund
4	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 dh + b_4 d^2 h + b_5 h$	Meyer
5	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 dh + b_4 d^2 h$	Meyer modificada
6	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d^2 h$	Spurr
7	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d + b_2 \ln h$	Schumacher-Hall
8	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d + b_2 \ln^2 d + b_3 \ln h + b_4 \ln^2 h$	Baden-Wurt
9	$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 h + b_3 d^2 h$	-
10	$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^3 + b_3 h + b_4 \frac{1}{h}$	Stoate
11	$v = d^2 (b_0 + b_1 h)$	Ogaya
12	$v = h(b_0 + b_1 d + b_2 d^2)$	Pélico
Modelos de simples entrada		
13	$v = b_0 + b_1 d$	-
14	$v = b_0 + b_1 d^2$	Dissescu-Stanescu
15	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	Hohenald
16	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d$	Husch
17	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d + b_2 \frac{1}{d}$	Brenac
18	$v = b_0 + b_1 \frac{1}{d}$	-
19	$v = b_0 + b_1 \frac{1}{d} + b_2 d$	-
20	$\ln v = b_0 + b_1 \ln d + b_2 d$	-
21	$\ln v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	-

Sendo: v = volume comercial sem casca (m<sup>3</sup>); d = diâmetro a altura do peito (cm), h = altura total (m), b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub>, e b<sub>5</sub> coeficientes.

**Tabela 3.** Valores médios das características dendrométricas avaliados nas árvores amostradas para cubagem rigorosa.

Parcelas experimentais	n	ALT (m)	DAP (cm)	VCC (m <sup>3</sup> )	VSC (m <sup>3</sup> )	% casca
Eucalipto (0321)	7	12,21	11,00	0,0305	0,0262	14
Eucalipto (0103)	13	22,41	14,94	0,0936	0,0849	9
Eucalipto (1232)	16	21,87	17,63	0,1334	0,1177	12
Eucalipto (1270)	21	20,61	12,86	0,0719	0,0632	12
Eucalipto (1341)	19	19,13	14,17	0,0776	0,0657	15

Sendo: n = número de plantas, ALT (m) = altura total, DAP (cm) = diâmetro a 1,30 do solo, % Casca = proporção de casca no volume, VCC (m<sup>3</sup>) = volume com casca, VSC (m<sup>3</sup>) = volume sem casca.

**Tabela 4.** Estatísticas descritivas das amostras individuais tomadas por parcela e da amostra composta por observações de todas as parcelas DAP (cm).

	Eucalipto (0321)	Eucalipto (0103)	Eucalipto (1232)	Eucalipto (1270)	Eucalipto (1341)	Eucalipto (0321 + 0103 + 1232 + 1270 + 1341)
$\bar{x}$	11,00	14,94	17,63	12,86	14,17	14,12
$u$	17,49	18,46	21,89	17,90	18,21	18,79
$\hat{\sigma}^2$	5,76*	5,24 <sup>ns</sup>	24,90 <sup>ns</sup>	6,71 <sup>ns</sup>	15,28 <sup>ns</sup>	14,13 <sup>ns</sup>
$\sigma^2$	27,76	15,28	17,89	19,53	26,11	28,62
Máximo amostral	14,00	19,00	27,00	20,50	22,00	27,00
Máximo populacional	22,92	22,60	27,37	24,19	26,42	27,37
Mínimo amostral	8,00	12,00	7,50	8,28	9,00	7,32
Mínimo populacional	7,64	11,46	7,00	7,28	7,32	7,00

Sendo:  $\bar{x}$  = média estimada pela amostra de árvores selecionadas,  $u$  = média populacional de todas as árvores das parcelas,  $\hat{\sigma}^2$  = variância amostral,  $\sigma^2$  = variância populacional de todas as árvores das parcelas. \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Hartley de avaliação de homogeneidade de variâncias. <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Hartley de avaliação de homogeneidade de variâncias.

**Tabela 5.** Estimativas dos parâmetros dos modelos de dupla e de simples entrada selecionados para ajustar os dados de volume sem casa a partir dos dados de cubagem eucalipto.

Modelos de dupla entrada							
Ordem	Modelo	S.Q.R.	$R_a^2$	CV	F	BIAS	VP
1	Naslund	0,0064	0,9672	8,4887	554,2146	1,7682	10
2	Meyer	0,0088	0,9542	11,7009	313,281	1,9217	11
3	Meyer Mod.	0,0100	0,9488	13,2647	348,2773	-0,4118	15
Modelos de simples entrada							
1	Brenac	0,0208	0,8851	27,546	289,9757	3,8286	9
2	19	0,0334	0,8341	44,1788	189,4909	3,5302	10
3	21	0,0284	0,8935	37,571	315,4984	3,9127	15

Sendo: SQR = soma de quadrado de resíduo,  $R_a^2$  = coeficiente de determinação ajustado; CV = coeficiente de variação; F = estatística F; BIAS = índice BIAS; VP = valor ponderado.

**Tabela 6.** Estimativas dos parâmetros dos modelos de simples e dupla entrada selecionados para ajustar os dados de volume sem casca a partir dos dados de cubagem de eucalipto.

Modelos de dupla entrada							
Ordem	Modelo	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$
1	Naslund	-0,001236	0,000396	-0,000023	0,000026	-0,000178	
2	Meyer	0,070975	-0,006592	0,000089	0,000932	-0,000009	-0,007784
3	Meyer Mod.	-0,042512	0,007265	-0,000319	0,000018	0,000016	
Modelos de simples entrada							
1	19	-0,220687	0,784445	0,016555			
2	Brenac	-6,283486	1,666848	-12,323773			
3	21	-7,417032	0,457288	-0,008922			

Sendo:  $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3, \hat{\beta}_4, \hat{\beta}_5$  = estimativas dos parâmetros dos modelos selecionados.

**Tabela 7.** Análise de variância da característica DAP mensurada e da característica volume (VOL) estimada utilizando a equação de simples entrada de Brenac selecionado pelo critério do VP.

DAP					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p
Tratamentos	4	662,37646	165,5941	13,6015	0
Resíduo	240	2921,9214	12,17467		
Total	244	3584,2979			
Média	17,89				
CV(%)	19,5				
VOL (estimado)					
F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p
Tratamentos	4	0,126386	0,031596	14,1047	0
Resíduo	240	0,48737633	0,00224		
Total	244	0,664019			
Média	0,122				
CV(%)	31,86				

Sendo: FV = fontes de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados, QM = quadrado médio, F = estimativa da estatística F; p = probabilidade associada ao valor da estatística F ser obra do acaso.

**Tabela 8.** Produtividades médias dos clones avaliados aos 7 anos de idade.

Essência Florestal	DAP (cm)	VSC (m <sup>3</sup> )	Sobrevivência (%)	VSC/há (m <sup>3</sup> )
Eucalipto (1341)	20,70 a	0,1611 a	0,77	206,78
Eucalipto (1232)	18,20 b	0,1224 b	0,72	146,82
Eucalipto (0321)	17,34 b	0,1186 b	0,88	173,90
Eucalipto (1270)	17,72 b	0,1156 b	0,85	163,79
Eucalipto (0103)	15,10 c	0,0968 c	0,89	143,61

Sendo: n = número de plantas, DAP (cm) = diâmetro a 1,30 do solo, VSC (m<sup>3</sup>) = volume sem casca, Sobrevivência (%) = taxa de sobrevivência percentual, VSC/há (m<sup>3</sup>) = volume sem casca por hectare. Médias seguidas pela mesma letra não se diferenciam de acordo com o teste de Scott Knott a 1% de probabilidade.