

Ajuste da relação hipsométrica e avaliação da produtividade de povoamentos de eucalipto com diferentes idades

Flávio Cipriano de Assis do Carmo¹, Nilton César Fiedler², Rômulo Môra³, Rafaella De Angeli Curto³, Pompeu Paes Guimarães³, Carla Kru likowski Rodrigues⁴ Luciano José Minette⁵

¹Graduando do Curso de Engenharia Florestal, CCA-UFES, CEP 29500-000, Alegre-ES, flaviocipriano@hotmail.com;

²Prof. Associado, DEF-CCA-UFES, CEP 29500-000, Alegre-ES, fiedler@pq.cnpq.br.

³Eng^o Florestal, Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. DEF – CCA –UFES, CEP 29500-000, Alegre-ES, pompeupaes@yahoo.com.br; romulomef@yahoo.com.br; rafaellacurto@yahoo.com.br

⁴Graduanda do Curso de Engenharia Florestal, UNICENTRO, CEP 84500-000, Irati-PR, carlakr@gmail.com;

⁵Prof. Adjunto, Depto. Eng. Elétrica e de Produção - UFV, CEP 36571-000, Viçosa-MG, minette@ufv.br.

Resumo- Objetivou-se com esta pesquisa ajustar um modelo de relação hipsométrica e avaliar a estimativa do volume usando fator de forma para povoamento de eucalipto (híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) produzidas por sementes, com idades diferentes (2,5 e 3,5 anos) em uma propriedade rural localizada no município de São José do Calçado, extremo sul do estado do Espírito Santo. Para a determinação do volume avaliou-se 507 árvores no plantio de 2,5 anos e 436 árvores no de 3,5 anos. Através da análise gráfica de resíduos para o modelo de relação hipsométrica ajustado, a área do povoamento com idade de 2,5 anos mostrou melhor distribuição quando comparado a área com idade de 3,5 anos, o que pode ser confirmado com o fato do coeficiente de determinação ajustado apresentar resultado superior para a idade de 2,5 anos, indicando um melhor ajuste da equação. O povoamento de 2,5 anos apresentou uma produtividade média de 109,57 m³/ha, enquanto no povoamento de 3,5 anos obteve uma produtividade de 98,09 m³/ha.

Palavras-chave: Produção de madeira, hipsometria, inventário, produtividade

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias

Introdução

O consumo, cada vez maior de produtos derivados da madeira faz com que haja uma crescente pressão sobre as florestas nativas. A exploração florestal de forma desordenada tem exposto várias espécies vegetais de grande valor, ao risco de extinção. Por isso, a implantação de florestas constitui alternativa viável para a redução da pressão exercida sobre as florestas nativas.

Nos últimos anos, o setor florestal brasileiro tem obtido crescente reconhecimento perante a sociedade pela sua contribuição ao desenvolvimento econômico, social e ambiental do país. As plantações florestais são fontes de matéria-prima importantes para diversos segmentos industriais da cadeia produtiva da madeira, industrialização e comercialização, tendo participação expressiva e estratégica na economia nacional e na geração de empregos (SCHUCHOVSKI, 2003).

Para a determinação da quantidade de matéria prima florestal oriunda dos plantios florestais, têm se usado equações de volume e relações hipsométricas no inventário florestal para cálculo

de volume de madeira em pé e estimativa da altura das árvores através da relação DAP e altura (COUTO, 1987). A determinação da altura das árvores em pé através de instrumentos é uma operação onerosa e sujeita a erros. Desse modo, procura-se medir algumas alturas nas parcelas de inventário e, através de relações hipsométricas, estimar as demais. Em seguida, conhecendo-se a altura total e o DAP de cada árvore da parcela pode-se estimar o volume de cada uma, através das equações de volume. O método da equação de volume é o mais preciso dos métodos de determinação de volume de árvores em pé, contrapondo-se aos métodos de volume cilíndrico e da área basal. No método de volume cilíndrico, o volume real da madeira é obtido através da multiplicação do volume cilíndrico por um fator de forma médio da floresta. O volume real é calculado através do método da área basal, pela multiplicação da área basal do povoamento, pela altura média e pelo fator de forma médio.

A vantagem das equações de volume é o cálculo de volume sólido, árvore a árvore, através de modelos matemáticos, especialmente testados para apresentar os menores erros possíveis. As

equações de volume, cujos modelos incluem como variável independente a altura e o DAP da árvore são mais gerais podendo abranger sítios diferentes. O uso do fator de forma médio deve ser restrito às condições locais de sítio. Qualquer extrapolação além desses limites pode ser perigosa sob o ponto de vista de previsão dos resultados finais (COUTO 1987).

As equações para determinação de volumes individuais, requerem a determinação do número de indivíduos por unidade de área, e a medição de todas as alturas de todas as árvores pertinentes às parcelas. Se o objetivo for a determinação do volume do povoamento florestal, ou do volume por unidade de área, é necessário a determinação de relações hipsométricas, para que não seja efetuadas medições de todas as alturas das árvores, mas isto gera uma insegurança oriunda da extrapolação de uma relação hipsométrica para parcelas e locais diferentes, onde sempre se deverá testar a relação hipsométrica em uso (FERREIRA et. al. 1977).

Esta pesquisa teve o objetivo ajustar um modelo de relação hipsométrica para um povoamento com idades diferentes e realizar a estimativa do volume usando fator de forma.

Metodologia

Esta pesquisa foi executada em uma propriedade rural localizada no município de São José do Calçado, extremo sul do estado do Espírito Santo. Na propriedade foram analisados dois povoamento florestal com diferentes idades. Para a idade de 2,5 anos (área de 8,12 ha), espaçamento de 2,5x2m, foram avaliados aproximadamente 2000 indivíduos por hectare e para a idade de 3,5 anos (área de 6,21ha), espaçamento 3x2 m foram avaliados aproximadamente 1667 indivíduos por hectare. Trata-se de um povoamento de eucalipto (híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) produzidas por sementes, onde a declividade varia entre 30 e 50%.

Para determinação do posicionamento geográfico foram instalados na área 20 parcelas de 10x30 m, sendo 10 em cada idade. Um programa de sistemas de informações geográficas (SIG) foi utilizado e posteriormente com o auxílio de um GPS de navegação de marca GARMIN modelo GPSMAP 60 CSx, realizou-se a alocação e instalação das parcelas nas áreas de diferentes idades. A primeira parcela foi sorteada e as demais foram alocadas de forma sistemática.

Para a instalação das parcelas, primeiramente foi determinado a declividade do terreno no ponto georeferenciado através do auxílio de um clinômetro (Suunto), para posterior cálculo da

distância inclinada (equivalente a 30 metros em distância reduzida).

Para realização do inventário florestal mediu-se o diâmetro a altura do peito (DAP), de todas as árvores presentes nas parcelas, com auxílio de uma fita diamétrica. A altura das 10 primeiras árvores foi obtida com o uso de uma régua telescópica de 15 metros.

Após a medição dos DAP's e das alturas, foi utilizada uma relação hipsométrica para determinação das demais alturas, através do modelo de Stoffels (SANTOS, 2006):

$$\ln(HT) = \beta_0 + \beta_1 \ln(Dap) + \varepsilon \quad (1)$$

em que: HT= altura da árvore em pé; β_0 é o coeficiente de regressão; Dap= Diâmetro a altura do peito (1,30m do solo).

Para verificar a tendência no ajuste do modelo para superestimação ou subestimação das alturas, foi realizada a análise gráfica de resíduos em cada uma das idades do povoamento através da seguinte expressão de erro:

$$Erro(\%) = \frac{Y - \hat{Y}}{Y} 100 \quad (2)$$

em que: Y= valor real; \hat{Y} = valor estimado

Após a obtenção de todas as alturas, e juntamente com os dados de DAP de cada árvore foi estimado o volume de madeira por hectare, através do cálculo do volume do cilindro e posterior adequação da conicidade do fuste. De acordo com EMBRAPA (1977) o fator de conicidade de fuste para *eucalytus sp* foi de 0,5.

Tonini et al. (2006) calcularam o fator de forma para o híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* de 0,49; assim, optou-se adotar o fator de forma de 0,49, por ser um trabalho mais recente e por usar material genético similar ao avaliado.

Resultados

Para realização da análise estatística das amostras dos DAP's das árvores, foi desenvolvido um estudo da classe diamétrica para as diferentes idades, conforme ilustrado nas Figura 1 e 2.

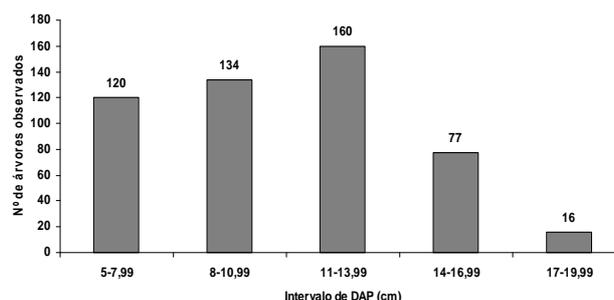


Figura 1. Distribuição das classes diamétricas das árvores com 2,5 anos.

A Figura 1 mostra a quantidade de árvores encontradas para cada classe de DAP. A maior concentração de indivíduos (180) apresentaram DAP entre 11 e 13,99 cm. Das 507 árvores analisadas com a idade de 2,5 anos, a média de DAP foi de 9,54 cm.

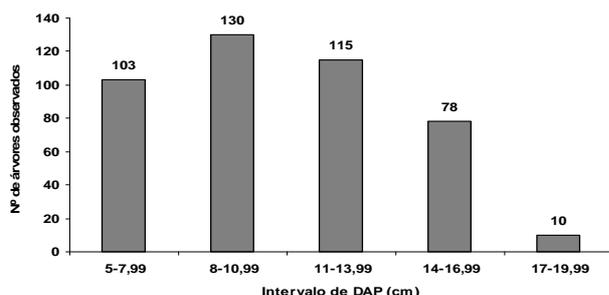


Figura 2. Distribuição das classes diamétricas das árvores com 3,5 anos.

Analisando a Figura 2, a maior concentração de indivíduos (130) apresentou DAP entre 8,00 e 10,99 cm. Das 436 árvores analisadas com idade de 3,5 anos, a média de DAP foi de 9,65 cm, dentro do intervalo com maior número de árvores observadas.

Após tabulação dos dados de altura das árvores no campo, obteve-se a altura das demais árvores através do ajuste de uma equação

Tabela 1. Estimadores dos parâmetros e medidas de precisão da equação ajustada para estimar o volume comercial de árvores em função do DAP.

Equações	Variável		Medidas de Precisão	
	β_0	β_1	$R^2_{ajust} (%)$	Syx(%)
$\ln(HT) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(Dap)$ 2,5 anos	1,033*	0,677*	79,14	55
$\ln(HT) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(Dap)$ 3,5 anos	0,950*	0,719*	73,25	02

Em que: HT é a altura da árvore em metros; b_1 é o coeficiente de regressão; $R^2_{ajust} (%)$ é o coeficiente de determinação ajustado em porcentagem; Syx (%) é o erro padrão da estimativa; * significativo a 5% de probabilidade

hipsométrica.

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ajustes da equação que estimam o volume comercial das árvores em função das variáveis DAP e altura, para determinação das alturas pela relação hipsométrica de Schumacher para as idades de 2,5 anos e de 3,5 anos avaliadas no povoamento.

Após obtenção das estimativas das alturas através de relação hipsométrica foram realizadas as análises gráficas de resíduos para as idades de 2,5 e 3,5 anos respectivamente em função do DAP como apresentado nas Figura 3 e 4.

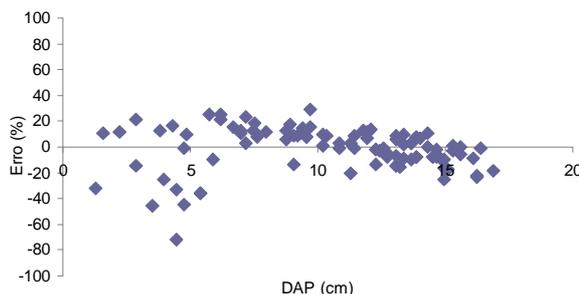


Figura 3. Distribuição dos resíduos em porcentagem em função do DAP (cm) para a equação ajustada para a idade de 2,5 anos.

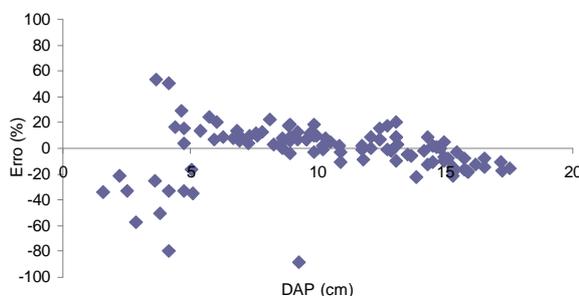


Figura 4. Distribuição dos resíduos em porcentagem em função do DAP (cm) para a equação ajustada para a idade de 3,5 anos.

Para a área com idade de 2,5 anos observou-se uma produtividade média, ajustada pelo fator de conicidade da espécie, de 109,57 m³/ha, e para o povoamento de 3,5 anos observou-se uma produtividade média de 98,09m³/ha.

Discussão

As Figuras 3 e 4 apresentam os gráficos de resíduos gerados a partir das equações ajustadas. Verifica-se que o comportamento da distribuição de resíduos é semelhante nos povoamentos para as duas idades (2,5 e 3,5 anos). Os resíduos apresentaram uma distribuição mais homogênea nas maiores classes de diâmetro. Evidencia-se, portanto, que houve tendência de subestimação do volume para as menores classes de DAP (cm).

O resíduo linear para a área de 2,5 anos apresentou uma distribuição melhor do que o de 3,5 anos. Isso pode ser comprovado pelo fato do coeficiente de determinação ajustado em porcentagem ser maior para a área de 2,5 anos (79,14%). Analisando a equação selecionada na Tabela 1 com as equações utilizadas por Caldeira

et. al. (2002) que encontrou um coeficiente de determinação de 82% e um erro padrão da estimativa 15,8% pode verificar que houve similaridade entre os trabalhos. E ao comparar com (TONINI 2006) para mesma equação utilizada encontrou um coeficiente de determinação de 98% e um erro padrão da estimativa 7,1% verificou-se que não houve similaridade nos resultados. Essa diferença pode ser atribuída a diferença entre idades do povoamentos e as condições inerentes ao sítio.

A área de plantio com menor espaçamento (2,5 anos) apresentou maior volume, como esperado. Isso evidencia o fato de que se o produtor tem como finalidade madeira para uso múltiplo, quanto menor o espaçamento adotado na implantação do povoamento melhor será a utilização da área. Porém o produtor deverá utilizar técnicas silviculturais, como desbaste e desrama, para otimizar a produção de madeira.

Conclusão

O resíduo para a área com idade de 2,5 anos obteve uma distribuição melhor do que para a idade de 3,5 anos, isso pode ser comprovado pelo fato do coeficiente de determinação ajustado apresentar resultado superior, indicando um melhor ajuste da equação.

Das 507 árvores avaliadas na menor idade, a maior concentração de indivíduos (180) apresentava DAP entre 11 e 13,99 cm. E para a maior idade a maioria, (130 indivíduos) um total de 436 árvores, apresentava DAP num intervalo de 8 a 10,99 cm.

O povoamento de 2,5 anos apresentou uma produtividade de 109,57m³/ha enquanto o de 3,5 anos apresentou 98,09 m³/ha.

Referências

- CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M. V.; SCHEEREN, L. R.; BARICHELLO, L. R.; WATZLAWICK, L.F. Relação hipsométrica para *Acacia mearnsii* com diferentes idades. Boletim Pesquisa. Florestal, Colombo, n.45, jul./dez. 2002 p. 57-68.
- 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. IPEF, n.37, p.33-44, dez.1987
- FERREIRA, C. A.; MELLO, H. A.; KAJIYA, S. Estimativa do volume de madeira proveitável para celulose em povoamentos de Eucalyptus spp: Determinação de equações para o cálculo do

volume de povoamentos de Eucalyptus spp. IPEF, n.14, p.29-50, 1977

- SANTOS, W.C. **Análise de características dendrométricas e fatores edáficos no crescimento e produção de um povoamento de araucária angustifolia (Bert.) O. Ktze.** 2006. 136p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

- TONINI, H.; VERDE, M. F. A.; SCHWENGBER, D.; MOURÃO, M. Avaliação de espécies florestais em área de mata no estado de Roraima. Revista **Cerne**, Lavras, vol.12, nº 001, Jan/mar 2006.

- SCHUCHOVSKI, M. S. **Diagnóstico e planejamento do consumo de madeira e da produção em plantações florestais no Estado do Paraná.** Dissertação, Mestrado em Engenharia Florestal, UFPR, 2003. 78 p.