II Congresso Internacional das **Ciências Agrárias** COINTER - PDVAgro 2017

ESTIMAÇÃO DE ALTURA TOTAL INDIVIDUAL DE EUCALIPTO POR MEIO DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS – PARÁ

Apresentação: Pôster

Ernandes Macedo da Cunha Neto¹; Jonas Elias Castro da Rocha²; Débora Monteiro
Gouveia³

Introdução

As florestas plantadas vêm crescendo consideravelmente no território nacional, participando consideravelmente no produto interno bruto do país, nesse sentido, as metodologias adotadas nos processos produtivos têm se aperfeiçoado cada vez mais, novas tecnologias tem sido desenvolvidas de forma que se possa obter uma maior produtividade (HOLFFMANN *et al.*, 2011).

A análise de regressão é um instrumento importante para qualquer ciência, no meio florestal, ela vem sendo frequentemente empregada na estimativa de volume de madeira em função do diâmetro e da altura das árvores (BARROS *et al.*, 2001). A relação hipsométrica (relação entre diâmetro e altura) é uma ferramenta da análise de regressão que pode ser utilizada na coleta de informações, pois a altura é uma variável difícil mensuração (SOUSA *et al.*, 2013). Diversos modelos estatísticos podem adequar-se à relação hipsométrica. Porém, o uso indiscriminado de tal relação pode levar a erros consideráveis, logo para construção eficaz de modelos hipsométricos devem ser observados múltiplos fatores que influenciam essa relação tais como: como posição sociológica, sítio, idade, densidade e práticas silviculturais em geral (RIBEIRO *et al.*, 2010).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo comparar e selecionar modelos matemáticos com melhor desempenho para estimar a variável altura total (Ht) em função da variável diâmetro à altura do peito (DAP).

Fundamentação Teórica

O inventário florestal é o meio pelo qual se estima a produção de madeira, em volume, de

¹ Graduando em engenharia florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia, netomacedo9@hotmail.com

² Mestre em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia, jonasufra@yahoo.com.br

³ Mestre em Ciências de Florestas Tropicais, Secretária de Estado Meio Ambiente e Sustentabilidade, deboramgouveia@yahoo.com.br

uma floresta, utilizando unidades amostrais como base para se fazer inferências sobre seus parâmetros, tais como diâmetro, altura. Como mensurar altura das árvores é um procedimento exaustivo e sujeito a erros, é viável empregar equações hipsométricas, de modo que para determinação de equações hipsométricas é imprescindível medir pares de valores de DAP e altura para posteriormente ajustar as equações por meio de regressões e análises estatísticas (MACHADO *et al.*, 2000).

A determinação das alturas das árvores por meio de instrumentos é uma operação onerosa, sendo comum medir-se a altura de algumas árvores em parcelas de amostragem e, empregando-se modelos de relação hipsométrica, para estimar a altura das demais (IMANÁ ENCINAS *et al.*, 2002). Dessa forma, o tempo do inventário florestal é reduzido, tornando-o menos oneroso e com uma operacionalização mais eficaz (RIBEIRO *et al.*, 2010).

Metodologia

O estudo foi realizado na fazenda Jordânia, pertencente ao grupo Transportadora Floresta do Araguaia (TFA), localizada no município de Paragominas – PA, a fazenda esta situada na estrada da Swifft, onde foi realizado o inventário florestal contínuo de 10 talhões do híbrido de *Eucalyptus brassiana* S.T. Blake *x Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. com a idade de 2,86 anos. Nesses talhões foram instaladas 18 parcelas medindo 21 X 24 metros. A região em que o município está inserido apresenta o clima do tipo Aw, segundo a classificação climática de Koppen, com a temperatura média de 26,3°C e precipitação média 1.800mm. ano⁻¹ (BASTOS *et al.*, 2005).

Nesse povoamento foi mensurada a circunferência a altura do peito (CAP) utilizando fita centimétrica e a altura total da árvore usando o clinômetro da marca Haglöh a uma distância de 17 metros da árvore. Os dados foram processados utilizando o software Microsoft *Office Excel* versão 2013, no qual foram organizados todos os dados do inventário florestal. Os indivíduos foram separados em cinco classes, de modo a retirar 20% dos indivíduos para a validação e 80% para o treinamento dos dez modelos hipsométricos. O ajuste dos modelos foi determinado através do método dos mínimos quadrados ordinários, dos quais foram avaliadas as seguintes medidas de precisão do ajustamento: o Coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajst.); erro Padrão da Estimativa (Syx) para modelos não logaritimizados e o índice de Fournival (IF), para os logaritimizados; desvio médio percentual (DMP); coeficiente de variação (CV) e o teste de Fisher (Fcal).

A determinação do melhor modelo foi realizada por meio a metodologia de valor ponderado

(THAINES *et al.*, 2010), a qual atribui pesos às medidas de precisão do modelo ajustado, de modo que recebe o valor 1 a equação mais eficiente para cada parâmetro, 2 para a segunda melhor e assim sucessivamente, gerando um ranking. No termino desse processo soma-se todos os pesos e aquela equação com menor soma dos pesos é escolhida como a que melhor representa a relação hipsométrica do povoamento, entretanto, a análise gráfica dos dados é que comprovará se o modelo ajustado foi tendencioso ou não. A validação dos dados foi realizada pelo do teste não paramétrico Qui-quadrado (χ^2), representado pela fórmula $\chi^2 = \sum \frac{(Y - \hat{Y})^2}{\hat{Y}}$, ao nível de 5% de probabilidade para avaliar a precisão das estimativas das alturas pelos modelos ajustados com as respectivas alturas reais.

Resultados e Discussões

Foram mensuradas 1143 árvores, destas 914 foram selecionadas para o ajuste e 229 para a validação dos modelos hipsométricos. A maioria dos modelos ajustados, com exceção dos modelos Hiperbólico; DAP 1 e 2; e Naslund, apresentaram valores R^2_{aj} inferiores a 70% (tabela 1). De acordo com Campos & Leite (2006) esse fato ocorre devido à correlação altura/diâmetro não ser tão forte quanto à relação altura/volume, de modo que é normal que o valor de R^2_{aj} não ultrapasse 80%.

Tabela 1: Medidas de precisão do ajustamento dos dez modelos hipsométricos. Fonte: própria

MEDIDAS DE PRECISÃO DE AJUSTAMENTO											
nº	Modelo	R^2_{aj}	Syx ou IF	DMP	CV%	Fcal	VP	β_0	β_1	β_2	β_3
1	Linear simples	0,5652	1,3425	0,94%	9,33%	1187,79	33	7,0266	0,7589	-	-
2	Azevedo	0,5534	1,3606	1,00%	9,46%	1132,49	41	10,6114	0,0385	-	-
3	Henricksem	0,5529	1,3614	0,92%	9,46%	1130,07	42	-0,9320	6,8125	-	-
4	Trorey	0,5647	1,3433	0,94%	9,34%	593,25	39	6,9532	0,7747	-0,0008	-
5	Hiperbólico	0,9148	0,1220	0,2%	0,85%	9808,64	9	0,6259	0,1981	-	-
6	DAP 1	0,9328	0,5278	0,0%	3,67%	4224,51	19	24,3868	4,0908	-16,2413	23,5664
7	DAP 2	0,9765	0,3124	0,0%	2,17%	12619,84	13	24,4826	-8,6673	-7,9361	0,0327
8	Curtis	0,5426	0,2633	0,49%	1,83%	1083,90	31	3,0890	-3,9979	-	-
9	Stoffles e soest	0,5662	0,2564	0,47%	1,78%	1192,51	19	1,5398	0,4963	-	-
10	Naslund	0,8920	0,1409	15,12%	0,98%	7541,02	20	0,7257	0,2007	-	-

O erro padrão da estimativa apresentou valores baixos, inferiores a 1, com exceção dos modelos Linear simples; Azevedo; Henricksem e Trorey. Os valores de desvio médio percentual (DMP%) manifestaram-se pouco dispersos entre os 10 modelos ajustados, variando entre 0% a 15,12%. O coeficiente de variação apresentou menores valores para o modelo Hiperbólico, indicando que há uma baixa dispersão entre as amostras e que esse modelo é altamente preciso. Já o

teste de fisher, foi significativo para todos os modelos, com destaque o modelo DAP 2 por apresentar maiores valores. O modelo que apresentou menor valor ponderado foi o Hiperbólico, seguido do DAP 2 e DAP 1.

Segundo Resende (2007); Charnet *et al.* (2008) e Rufino *et al.* (2010) há uma forte ligação entre a precisão do ajuste e os resíduos de um modelo de regressão linear, de modo que a análise gráfica dos resíduos é imprescindível para verificação da qualidade dos modelos ajustados, pois julga a heterogeneidade de variâncias, a independência de erros e a presença de outliers, além da detecção de tendenciosidade na estimativa da variável dependente ao longo da linha de regressão, ou seja, se os pontos estão dispersos, portanto é um parâmetro decisivo na avaliação da qualidade das estimações, para tomar a decisão em relação ao uso ou não do modelo. O modelo escolhido pelo valor ponderado (Hiperbólico) apresentou homocedasticidade entre os dados (figura 1), logo possui confiabilidade de aplicação.

Figura 1: Gráfico da dispersão dos resíduos do modelo escolhido para o povoamento. Fonte: própria

O teste Qui-quadrado foi não significativo, pois o valor X^2 encontrado é menor do que o X^2 tabelado, rejeitando a hipótese alternativa e aceitando a Hipótese de nulidade, afirmando que as alturas estimadas pelos modelos hipsométricos são estatisticamente iguais as alturas reais obtidas em campo, conforme ilustra a tabela 2.

Tabela 2: Medidas de precisão do ajustamento dos dez modelos hipsométricos. Fonte: própria

$\bar{X}$ H real (cm)	$\bar{X}$ H estimada (cm)	X^2 Calculado	X^2 Tabelado	X^2 de Significação	Significância
14,28	14,24	37,72	265,30	1,00	NS

Conclusões

O modelo o Hiperbólico apresentou um excelente desempenho para estimar a altura total em

função da variável DAP (diâmetro a 1,30 metros do solo) da população de *Eucalyptus brassiana* S.T. Blake $\times$ *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden com idade de 2,86 anos, de modo que este modelo poderá ser utilizado como ferramenta de otimização nos próximos inventários.

Referências

BARROS, Dalmo Arantes de et al. Comportamento de Modelos Hipsométricos Tradicionais e Genéricos para Plantações de *Pinus oocarpa* em Diferentes Tratamentos. **Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 45, p.3-28, jul. 2002.

BASTOS, T. et al. **Características agroclimáticas do município de Paragominas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2005. 21 p. (Documentos, 228).

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.; G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas**. 2.ed. ver. E ampl. – Viçosa: ed. UFV, 2006.

CHARNET, R.; FREIRE, C. A. L.; CHARNET, E. M. R.; BONVINO, H. **Análise de modelos de regressão linear: com aplicações**. 2ª ed. – Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.

HOFFMANN, R. G.; DA SILVA, G. F.; FRANKLIM, C. J.; FERREIRA, R. L. C.; VESCOVI, L. B.; ZANETI, L. Z. Caracterização dendrométrica de plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) na região de Paragominas, PA. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, vol. 6, n. 4, p.675-684, 2011.

IMAÑA ENCINAS, J. et al. **Variáveis dendrométricas**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2002. 102p.

MACHADO, S.A.; MELLO, J.M.; BARROS, D.A. Comparação entre métodos para avaliação de volume total de madeira por unidade de área, para o pinheiro do Paraná, na região sul do Brasil. **Cerne**, v.6, n.2, p.55-66, 2000.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; MELLO, J. M. de; FERREIRA, M. Z.; LISBOA, P. M. M; SCOLFORO, J.. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, vol. 16, núm. 1, enero-marzo, 2010, pp. 22-31

RUFINO, R.F. et al. Ajuste de modelos hipsométricos para um povoamento de Eucaliptos conduzido sobre o sistema de rebrota. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, vol. 6,n.10, P. 1-10, 2010.

SOUSA, G. T. O. et al. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. **Scientia Plena**, v. 9, n. 4, p.1-7, 11 abr. 2013.

THAINES, F. et al. Equações para estimativa de volume de madeira para a região do Rio Ituxi, Lábrea, AM. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p.283-289, dez. 2010.