10.30612/agrarian.v12i44.4121

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Efeito da idade na estimação do volume de pinus tropicais

Effect of age on volume estimation of tropical pine

Adriano Ribeiro Mendonça[1], Edson Lachini[1], Giovanni Correia Vieira[1], Adair José Regazzi[1], Gilson Fernandes da Silva[1]

[1]Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Avenida Governador Lindemberg, nº 316, Centro, CEP 29.550-000, Jerônimo Monteiro, ES. E:-mail: adriano.mendonca@ufes.br

Recebido em: 08/06/2015 Aceito em:14/08/2018

Resumo: Para o conhecimento do volume total das árvores de um povoamento, as técnicas de modelagem aplicadas ao estudo dessa variável são de fundamental importância para reduzir tempo e custos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da idade na estimação do volume total de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*. Os dados utilizados foram obtidos de árvores-amostra com cinco, seis e sete anos para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, e com cinco e seis anos para *Pinus oocarpa*, provenientes de uma área localizada no Município de Nova Ponte, Minas Gerais, Brasil. Foi utilizado o modelo de Spurr para estimar o volume total das árvores, posteriormente, as equações geradas e ajustadas foram submetidas ao teste de identidade de modelos. Esses modelos foram avaliados por meio do erro padrão relativo [Syx (%)]. Houve influência da idade na estimação do volume de árvores de *Pinus caribaea* var *hondurensis* e não houve diferença para *Pinus oocarpa* nas idades avaliadas.

Palavras-chave: identidade de modelos, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus oocarpa*

Abstract: For the knowledge of the total volume of the trees of a stand, the techniques of modeling applied to the study of this variable are of fundamental importance to reduce time and costs. In this context, the aim of this study was to evaluate the effect of age on the estimation of total volume of *Pinus caribaea* var *hondurensis* and *Pinus oocarpa* trees. Data was obtained from five, six and seven years-old *Pinus caribaea* var. *hondurensis* samples, and five and six years-old *Pinus oocarpa* samples, in area located in the city of Ponte Nova, Minas Gerais, Brazil. Spurr model was applied to estimate total volume of trees. Subsequently, the generated equations were subjected to the model identity test. These models were evaluated by the relative standard error [Syx (%)].There was influence of age in the estimation of the volume of *Pinus caribaea* var *hondurensis* trees and there was no difference for *Pinus oocarpa* in the evaluated ages

Keywords: Identity models, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus oocarpa*

Introdução

A obtenção do volume de madeira de um povoamento florestal é realizada por meio do inventário florestal, que consiste na medição de unidades amostrais ou parcelas para depois extrapolar os resultados para a área total. Assim, têm-se estimativas da quantidade de madeira disponível (Leite e Andrade, 2002).

Nos inventários florestais, de regra, é realizado a medição da altura total (*H*) de algumas árvores e do diâmetro a 1,30 m (*DAP*) de todas as árvores da unidade amostral. Também, é comum a cubagem rigorosa de algumas árvores para a obtenção do volume individual (*v*) das árvores das parcelas. Com os dados de *DAP*, *H* e *v*, são geradas as equações para a estimativa do volume das árvores das unidades amostrais, permitindo que seja determinada a produção de madeira (Mendonça, 2010).

A medição do volume em uma floresta é uma tarefa que requer muito tempo e gastos. Os modelos volumétricos são utilizados nos cálculos dos inventários florestais, para reduzir os custos. A exatidão da estimativa volumétrica de madeira é de fundamental importância, pois é de acordo

CC BY NC SA

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

com estas estimativas que são feitas as extrapolações para o povoamento florestal. Estes modelos devem ser ajustados de forma a representar as variações dos povoamentos florestais como a espécie, o sítio, a densidade e a idade. Nesse sentido, a idade é uma variável que merece atenção, pois ela participa diretamente no crescimento da árvore, uma vez que influencia na forma da árvore.

Com a estratificação dos povoamentos em classes de idade, um grande número de equações é gerado para atender as especificidades de cada circunstância, o que aumenta o trabalho do profissional responsável pelas estimativas de produção de uma determinada empresa. Como alternativa para a redução desse trabalho pode-se usar a técnica de identidade de modelos, que verifica se o conjunto de equações pode ser substituído por uma única equação (REGAZZI, 1996). Como exemplo da utilização da identidade de modelos na área florestal podem ser citados o estudo da curva espécie x área em fragmentos florestais (Kurchaidt et al, 2014), estimação do volume de árvores (Martins et al., 2015), estimação de altura total (Moraes Neto et al., 2012; Vendruscolo et al., 2015), forma da árvore (Ferreira, et al., 2014) e o efeito inibidor da madeira na cura do cimento em testes de compatibilidade (Santos et al., 2012).

Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da idade na estimação do volume de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa.*

Material e Métodos

Os dados utilizados foram obtidos em uma área localizada no município de Nova Ponte, Minas Gerais, Brasil. Essa área situa-se a 900 metros de altitude e tem sua posição determinada pelas coordenadas 19º 14' 44" latitude sul e 47º 46' 29" latitude oeste, apresentando relevo praticamente plano a suave ondulado (0 a 5%), solos, predominantemente, classificados como Latossolo Vermelho Distróficos, temperatura média anual de 22ºC e precipitação média anual de 1.700 mm.

As árvores-amostra utilizadas foram oriundas de povoamentos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, com cinco, seis e sete anos de idade e de *Pinus oocarpa*, com cinco e seis anos. Foi feita a cubagem rigorosa, e medidos os diâmetros nas alturas de 0,1 m; 0,7 m; 1,30 m; 2,00 m; 3,0 m; 4,0 m; 5,0 m; e depois de 2,0 em 2,0 m, além da altura total (H) da árvore. O volume das seções foi obtido pelo método de Smalian. Foi utilizado o programa R (R CORE TEAM, 2013) para ajuste dos modelos e aplicação do teste de identidade de modelos.

Na Tabela 1 estão as distribuições de frequência por classe de diâmetro a 1,3 m do solo (*DAP*) e de altura total das árvores-amostra de *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa*, respectivamente.

Tabela 1. Distribuição em classes de diâmetro a 1,3 m do solo (*DAP*) e de altura total (*H*) das árvores-amostra utilizadas para estimar o volume de árvores de espécies de Pinus tropicais

Classe de DAP	Classe de altura total (H)				Total de árvores
	7,5	12,5	17,5	> 17,5	
Pinus caribaea var. *hondurensis*					
7,5	9	6	-	-	15
12,5	18	34	-	-	52
17,5	1	49	26	8	84
22,5	-	13	28	24	65
27,5	-	-	8	33	41
32,5	-	-	2	18	20
>32,5	-	-	1	37	38
Pinus oocarpa					
7,5	17	4	-	-	21
12,5	11	22	-	-	33

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

17,5	1	17	-	-	18
22,5	-	3	1	-	4

Modelos analisados

Os modelos reduzidos e completos, para estimação volumétrica de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa* estão na Tabela 2.

Tabela 2. Modelo de Spurr reduzido e completo utilizados para estimar o volume de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*

Modelo reduzido	Modelo completo
Pinus caribaea var. *hondurensis*.	
$V_{ij} = \beta_0 + \beta_1 DAP_{ij}^{\ 2} H_{ij} + \varepsilon_{ij}$	$V_{ij} = \beta_{05} D_5 + \beta_{06} D_6 + \beta_{07} D_7 + \beta_{15} D_5 DAP_{ij}^{\ 2} H_{ij} + \beta_{16} D_6 DAP_{ij}^{\ 2} H_{ij} + \beta_{17} D_7 DAP_{ij}^{\ 2} H_{ij} + \varepsilon_{ij}$
Pinus oocarpa	
$V_{ij} = \beta_0 + \beta_1 DAP_{ij}^{\ 2} H_{ij} + \varepsilon_{ij}$	$V_{ij} = \beta_{05} D_5 + \beta_{06} D_6 + \beta_{15} D_5 DAP_{ij}^{\ 2} H_{ij} + \beta_{16} D_6 DAP_{ij}^{\ 2} H_{ij} + \varepsilon_{ij}$

Em que: V_{ij} = volume total da árvore j na idade i (m3); DAP_{ij} = diâmetro a 1,30m do solo da árvore j na idade i (cm), da árvore j; H_{ij} = altura total da árvore j na idade i (m); βk = parâmetros do modelo reduzido; ε_i = erro aleatório, Di = 1, se a árvore pertencer a idade i e 0, caso contrário; β_{kj} = parâmetro k do modelo completo para a idade i

Testes de identidade de modelos

Foi realizando o teste de identidade de modelos lineares baseado nos modelos completos e modelos reduzidos. Nesse sentido, utilizou-se a notação matricial (Equação 1) para o modelo completo, conforme Graybill (1976):

$$Y = X\beta + \varepsilon \qquad (1)$$

Em que: ε = vetor de erros aleatórios; β = vetor de parâmetros a serem estimados; X = matriz da variável independente; Y = vetor da variável dependente.

Para o ajuste do modelo de Spurr, na sua forma completa, como exemplo para o caso de três idades diferentes, tem-se:

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{11} \\ Y_{12} \\ \vdots \\ Y_{1n_1} \\ Y_{21} \\ Y_{22} \\ \vdots \\ Y_{2n_2} \\ \vdots \\ Y_{3n_3} \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & X_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & X_{1n_1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & X_{21} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & X_{22} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 1 & X_{2n_2} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & X_{3n_3} \end{bmatrix} \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_{01} \\ \beta_{11} \\ \beta_{02} \\ \beta_{12} \\ \beta_{03} \\ \beta_{13} \end{bmatrix}$$

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{12} \\ \vdots \\ \varepsilon_{1n_1} \\ \varepsilon_{21} \\ \varepsilon_{22} \\ \vdots \\ \varepsilon_{2n_2} \\ \vdots \\ \varepsilon_{3n_3} \end{bmatrix}$$

Em que: n_i = número de observações na idade i, sendo 1 = cinco anos, 2 = seis anos e 3 = sete anos; Y_{ij}= volume (V_{ij}) da árvore j na idade i.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

O vetor de estimativas dos parâmetros para o modelo completo é obtido a partir da equação (2).

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}(X'Y) \quad (2)$$

Em que: $\hat{\beta}$ = vetor de parâmetros a serem estimados; X = matriz da variável independente; Y = vetor da variável dependente.

Utilizando-se a notação matricial, o modelo reduzido é obtido pela equação (3).

$$Y = Z\theta + \varepsilon$$

Em que:

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{11} \\ Y_{12} \\ \vdots \\ Y_{1n_1} \\ Y_{21} \\ Y_{22} \\ \vdots \\ Y_{2n_2} \\ \vdots \\ Y_{3n_3} \end{bmatrix} \quad Z = \begin{bmatrix} 1 & Z_{11} \\ 1 & Z_{12} \\ \vdots & \vdots \\ 1 & Z_{1n_1} \\ 1 & Z_{21} \\ 1 & Z_{22} \\ \vdots & \vdots \\ 1 & Z_{2n_2} \\ \vdots & \vdots \\ 1 & Z_{3n_3} \end{bmatrix} \quad \theta = \begin{bmatrix} \theta_0 \\ \theta_1 \end{bmatrix} \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{12} \\ \vdots \\ \varepsilon_{1n_1} \\ \varepsilon_{21} \\ \varepsilon_{22} \\ \vdots \\ \varepsilon_{2n_2} \\ \vdots \\ \varepsilon_{3n_3} \end{bmatrix}$$

(3)

O vetor de estimativas dos parâmetros, para o modelo reduzido, é obtido a partir da equação (4).

$$\theta = (Z'Z)^{-1}(Z'Y) \quad (4)$$

Em que: θ = vetor de parâmetros estimados; Z = matriz da variável independente.

Um esquema de análise de variância para testar a identidade dos modelos de regressão é apresentado na Tabela 3.

Assim, se Fc < Fα [(*h*-1)*p*, *n-hp*], a um nível de significância α, as equações das h idades são idênticas. Deste modo, a equação ajustada com as estimativas dos parâmetros comuns, pode ser usada como uma estimativa das *h* equações envolvidas.

Tabela 3. Esquema de análise de variância para o teste de identidade de modelos lineares

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc
Modelo Completo	(*hp*)	*β'X'Y*		
Modelo Reduzido	*p*	*θ'Z'Y*		
Diferença para testar hipótese	(*h*-1)*p*	SQ(completo)-SQ(reduzido)	$\frac{SQ_{(diferença)}}{(h-1)p}$	$\frac{QM_{(diferença)}}{QM_{(resíduo)}}$
Resíduo	*n-hp*	SQ(total)-SQ(completo)	$\frac{SQ_{(resíduo)}}{n-hp}$	
Total	*n*	*Y'Y*		

h = número de idades amostradas; *p* = número total de parâmetros do modelo; *n* = número de observações; GL= grau de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; Fc = estatística F calculada

Análise dos modelos

Os modelos foram comparados por meio do erro padrão relativo *Syx* (%), conforme equação 5.

$$S_{yx}(\%) = 100.\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n-p}}}{\overline{Y}} \quad (5)$$

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Em que: $d_i = Y - \hat{Y}$; Y = volume observado (m³); $\hat{Y}$ = volume estimado pelo modelo (m³); n = número de observações; p = número de parâmetros do modelo; $\overline{Y}$ = média dos volumes.

Resultados e Discussão

Efeito da idade na estimação do volume de Pinus caribaea var. hondurensis

Por meio do quadro de análise de variância (Tabela 4), pode-se visualizar que o valor de Fc na junção das idades cinco, seis e sete anos é maior que o valor de Fα, o que nos leva a concluir que os modelos possuem diferença ao nível de 5% de significância. Como os modelos diferem, o modelo reduzido não pode ser utilizado para estimar o volume de árvores de *P. caribaea* var. *hondurensis* nas diferentes idades.

Como foi significativo o teste de identidade de modelos, houve a necessidade de testar a junção das idades em pares, ou seja, 5-6 anos, 5-7 anos e 6-7anos. Por meio do quadro de análise de variância (Tabelas 5 e 7), pode-se visualizar que o valor de Fc na junção das idades cinco e seis anos e seis e sete anos é menor que o valor de Fα, o que nos leva a concluir que os modelos não possuem diferença ao nível de 5% de significância. Como os modelos não diferem entre si, o modelo reduzido pode ser utilizado para estimação do volume de árvores individuais de *P. caribaea* var. *hondurensis* nas diferentes idades. Contudo, na Tabela 6, pode-se visualizar que o valor de Fc na junção das idades cinco e seis anos é maior que o valor de Fα, assim como apresentado nas idades cinco, seis e sete anos conjuntamente, o que nos leva a concluir que os modelos possuem diferença ao nível de 5% de significância. Como os modelos diferem, o modelo reduzido não pode ser utilizado para estimar o volume de árvores individuais de *P. caribaea* var. *hondurensis* nas diferentes idades.

Nas Tabelas 8, 9 e 10 estão as estimativas dos parâmetros das combinações de idades avaliadas na estimação do volume total de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. As estimativas dos parâmetros são significativas (p<0,001). O valor de Syx (%) dos modelos completo e reduzido foram semelhantes, com vantagem para o modelo Reduzido para os pares de idades de 5-6 e 6-7 anos e para o modelo completo no par de idades de 5-7 anos, corroborando com os resultados das Tabelas 6, 7 e 8. Considerando somente esta estatística, ambos os modelos podem ser utilizados para estimar o volume de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Tabela 4. Análise de variância para o teste de identidade do modelo de Spurr em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas idades 5, 6 e 7 anos conjuntamente

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	F5%
Modelo Completo	6	69,8799			
Modelo Reduzido	2	69,8520			
Diferença para testar	4	0,0280	0,0070	2,70*	2,401
Resíduo	311	0,7996	0,0026		
Total	315	70,67955			

GL= graus de liberdade; SQ= soma de quadrados; QM: quadrado médio; F5% = valor calculado; * = significativo (p<0,05).

Tabela 5. Análise de variância para o teste de identidade do modelo linear em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas idades 5 e 6 anos, conjuntamente

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	F5%
Modelo Completo	4	64,9513			
Modelo Reduzido	2	64,9470			
Diferença para testar hipótese	2	0,0043	0,0022	0,685n.s.	3,032
Resíduo	247	0,7806	0,0032		
Total	251	65,73191			

GL= graus de liberdade; SQ= soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc = valor calculado; n.s. = não significativo (p>0,05)

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 6. Análise de variância para o teste de identidade do modelo linear em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas idades 5 e 7 anos, conjuntamente

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	F5%
Modelo Completo	4	64,9628			
Modelo Reduzido	2	64,9380			
Diferença para testar hipótese	2	0,0248	0,0124	4,075*	3,030
Resíduo	261	0,7942	0,0030		
Total	265	65,75706			

GL= graus de liberdade; SQ= soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc = valor calculado; * = significativo (p<0,05)

Tabela 7. Análise de variância para o teste de identidade do modelo linear em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas idades 6 e 7 anos, conjuntamente

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	F5%
Modelo Completo	4	1,3164			
Modelo Reduzido	2	1,3163			
Diferença para testar hipótese	2	0,0001	0,000059	0,273n.s.	3,079
Resíduo	110	0,0239	0,000217		
Total	114	1,340337			

GL= graus de liberdade; SQ= soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc = valor calculado; n.s. = não significativo (p>0,05)

Tabela 8. Ajuste para os modelos volumétricos de Spurr completo e reduzido na estimativa do volume total de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para as idades cinco e seis anos, conjuntamente

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	tc	p>|t|
Completo (Syx =13,15 %)				
β05	6,2062x10-3	5,4492x10-3	1,13	<0,001
β15	3,6613 x10-5	2,7112x10-7	135,04	<0,001
β06	9,7467x10-3	1,2088x10-2	0,80	<0,001
β16	3,2921x10-5	3,7184x10-6	8,85	<0,001
Reduzido (Syx = 13,13%)				
β0	4,7221x10-3	4,6060x10-3	1,02	<0,001
β1	3,6650x10-5	2,5532x10-7	143,55	<0,001

tc = valor calculado; p = valor – p; Syx(%) = erro padrão residual

Tabela 9. Ajuste dos modelos volumétricos de Spurr completo e reduzido na estimativa do volume total de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para as idades cinco e sete anos, conjuntamente

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	tc	p>|t|
Completo (Syx =13,01 %)				
β05	6,206x10-3	5,346x10-3	1,16	<0,001
β15	3,661x10-5	2,66x10-7	137,64	<0,001
β07	1,071x10-2	1,034x10-2	1,03	<0,001
β17	3,238x10-5	1,810x10-6	17,88	<0,001
Reduzido (Syx =13,07 %)				
β0	2,393x10-3	4,502x10-3	0,52	<0,001
β1	3,666x10-5	2,539x10-7	144,38	<0,001

tc = valor calculado; p = valor – p; Syx(%) = erro padrão residual

Tabela 10. Ajuste para os modelos volumétricos de Spurr completo e reduzido na estimativa do volume total de árvores *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para as idades seis e sete anos, conjuntamente

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	tc	p>|t|

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Completo (Syx = 11,97%)				
β06	9,7467x10-3	3,1706x10-3	3,07	<0,001
β16	3,2921x10-5	9,7527x10-7	33,75	<0,001
β07	1,0710x10-2	2,7661x10-3	3,87	<0,001
β17	3,2381x10-5	4,8392x10-7	66,91	<0,001
Reduzido (Syx =11,88 %)				
β0	1,058x10-2	1,986x10-3	5,23	<0,001
β1	3,247x10-5	4,142x10-7	78,39	<0,001

tc = valor calculado; p = valor – p; Syx(%) = erro padrão residual

Efeito da idade na estimação do volume de Pinus oocarpa

Por meio do quadro de análise de variância do teste de identidade de modelo para *P. oocarpa* (Tabela 11) pode-se visualizar que o valor de Fc na junção das idades 5 e 6 anos é menor que o valor de $F_{5\%}$, o que nos leva a concluir que os modelos não possuem diferença ao nível de 5% de significância. Como os modelos não diferem, o modelo reduzido pode ser utilizado para estimativa do volume de árvores individuais de *P. oocarpa* nas diferentes idades.

Analisando os resultados da Tabela 12, verifica-se que as estimativas dos parâmetros, do modelo de Spurr foram significativas ao nível de 5% de probabilidade em *Pinus oocarpa*. Considerando o *Syx* (%), o modelo completo apresentou valor superior ao modelo reduzido. Considerando esta estatística, verifica-se que o modelo reduzido é mais vantajoso na utilização da estimativa do volume das espécies estudadas.

Tabela 11. Análise de variância para o teste de identidade do modelo de Spurr para estimação do volume de *Pinus oocarpa*

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	F5%
Modelo Completo	4	47,7485922			
Modelo Reduzido	2	47,7480			
Diferença para testar hipótese	2	0,0006	0,0003	0,068n.s.	3,069
Resíduo	124	0,54	0,0043		
Total	127	48,28485298			

GL= graus de liberdade; SQ= soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc = valor calculado; n.s. = não significativo (p>0,05)

Tabela 12. Estimativa dos parâmetros para os modelos volumétricos de Spurr completo e reduzido na estimativa do volume total de árvores *Pinus oocarpa* para as idades 5 e 6 anos

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	tc	p>|t|
Completo (Syx =10,86 %)				
β05	-0,0030	0,01224	-0,24	<0,001
β15	3,7363x10-5	4,38824x10-7	85,14	<0,001
β 06	0,0068	0,01721	0,39	<0,001
β 16	3,4213x10-5	6,16378x10-6	5,55	<0,001
Reduzido (Syx = 10,78%)				
β0	3,73x10-5	3,8532x10-7	96,71	<0,001
β1	3,61x10-5	4,6788x10-6	7,71	<0,001

tc = valor calculado; p =valor – p; Syx(%) = erro padrão residual

Por meio dos resultados obtidos, nota-se que, para as espécies analisadas, nas idades de 5 e 6 anos não houve influência da idade. Somente não se pode utilizar um modelo para estimar o volume de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* nas idades de 5 e 7 anos e, consequentemente, de 5, 6

e 7 anos. A idade influencia nos modelos volumétricos por atuar diretamente na forma da árvore. As árvores em povoamentos fechados tendem a ficar mais cilíndricas com a idade devido a competição, em que ocorre um incremento maior em altura do que em diâmetro (Larson, 1963). Nesse sentido Andrade et al. (2007), estudando o incremento ao longo do fuste de *Pinus taeda*, observou que as árvores que crescem espaçadas apresentam maior incremento anual nas partes inferiores do fuste e com o aumento da idade ocorre o deslocamento para as porções mais altas, a aproximadamente 50% da altura da árvore, reduzindo esse crescimento nas porções superiores.

Segundo o autor esse comportamento retorna a condição inicial com a realização do desbaste, ou seja, as árvores tornam-se mais cônicas. Portanto, percebe-se que a forma da árvore e, consequentemente, o seu volume muda com a idade devido à competição, fato esse já citado por Assmann (1970). Este autor observou que a forma do fuste varia com a idade em virtude da competição, em que ocorrem mudanças nos pontos de maior incremento do fuste, sendo observadas variações ao longo deste em função da posição sociológica das árvores e do estágio de competição. Logo, o que determina se um modelo de regressão poderá ser utilizado para árvores de diferentes idades é se as mesmas pertencem ao mesmo estágio de concorrência.

Conclusões

Foi possível utilizar o modelo de Spurr para estimar o volume das espécies *Pinus caribaea* var *hondurensis* e *Pinus oocarpa*. Houve influência da idade na estimação do volume de árvores de *Pinus caribaea* var *hondurensis* e não houve diferença para *Pinus oocarpa* nas idades avaliadas. Com o teste de identidade de modelos foi possível, para cada espécie, agrupar árvores de diferentes idades para as duas espécies em uma equação, o que economiza o esforço de utilizar várias equações para diferentes idades.

Referências

ANDRADE, C. M; FINGER, C. A. G; THOMAS, C; SCHNEIDER, P. R. Variação do incremento anual ao longo do fuste de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e densidades populacionais. **Ciência Florestal**. v.7, n.3, p.239-246. 2007.

ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**. New York: Pergamon Press, 1970. 506p.

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of the linear model**. Belmont: Duxbury Press, 1976. 704p.

FERREIRA, G. W. D.; FERRAZ FILHO, A. C.; PINTO, A. L. R.; SCOLFORO, J. R. S. Influência do desbaste na forma do fuste de povoamentos naturais de *Eremanthus incanus* (Less.) Less. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1707-1720. 2014.

KURCHAIDT, S. M.; ZANETTE, V. H.; ZANETTE, J. V.; KOEHLER, H. S. identidade de modelos em fragmento de floresta ombrófila mista. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.19, p.2302-2311. 2014.

LARSON, P. R. **Stem form development of forest trees**. Washington: [s.n.], 1963. 42 p. (Forest Science Monography, 5).

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.

MARTINS, R. M.; LEITE, M. V. S.; CABACINHA, C. D.; ASSIS, A. L. de. Teste de identidade de modelos volumétricos para povoamentos de *Eucalyptus* sp. em sete municípios de Minas Gerais. **Enciclopédia Biosfera**, v.11 n.21; p. 1818-1833. 2015.

MENDONÇA, A. R. de. **Modelagem não linear do crescimento e da produção de plantações florestais**. 2010. 84p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2010.

MORAES NETO, S. P. de; PULROLINK, K.; VILELA, L.; OLIVEIRA, P.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; MACIEL, G. A.

Verificação da identidade de modelos hipsométricos em diversos arranjos de sistema silvipastoril. Embrapa Cerrados: Planaltina. 2012. 23p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 310).

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 05 de nov. 2014.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.1, p.1-17, 1996.

SANTOS, R. C. dos; CARNEIRO, A. de C. O.; CASTRO, A. F. N. M.; CASTRO, R. V. O; PIMENTA, A. S.; ARAÚJO, S. de O.; ATAÍDE, G. da M. Efeito inibidor da madeira de candeia em misturas com aglutinantes minerais. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 93, p.113-119. 2012.

VENDRUSCOLO, D. G. S.; CHAVES, A. G. S.; SILVA, R. S. da; SOUZA, H. S. MEDEIROS, R. A.; MOTTA. A. S. da; SILVA, F. T. da. Identidade em modelos hipsométricos para *Tectona grandis* com diferentes espaçamentos em Cáceres-MT. **Nativa**, v.3, n.1, p.44-49. 2015.