

TESTE DE IDENTIDADE DE MODELOS VOLUMÉTRICOS PARA *pinus oocarpa* E *pinus caribaea* VAR. *hondurensis* EM POVOAMENTO MISTO NO SUDOESTE DA BAHIA

Mariana de Aquino ARAGÃO¹
Patrícia Anjos Bittencourt BARRETO-GARCIA²
Marcos Vinícius Santana LEITE³
Flávia Ferreira de CARVALHO³
Aline Pereira das VIRGENS³

- RESUMO: A mensuração do volume de madeira constitui uma das principais informações sobre o potencial produtivo de uma floresta. Normalmente esse volume é obtido com o emprego de equações volumétricas provenientes de modelos de regressão, ajustados a partir de dados de cubagem rigorosa. No entanto, comumente as equações são geradas para condições específicas, como para certa espécie, idade, localidade, etc. Assim, esse trabalho teve como objetivo ajustar modelos volumétricos individuais para as espécies *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* e avaliar a possibilidade de ajustar uma equação comum para estimar o volume das espécies em conjunto. O estudo foi realizado em um povoamento de 13 anos de idade. Foram cubados 80 indivíduos e ajustados modelos volumétricos de simples e dupla entrada. A escolha do melhor modelo foi baseada no coeficiente de determinação ajustado em porcentagem (R^2 %), erro padrão residual em porcentagem (Syx%) e na análise gráfica de resíduos. Foi testada a identidade destes modelos, com variáveis dummy, através de análise de covariância. O modelo de Schumacher e Hall Log foi o que apresentou melhores resultados para as duas espécies. O teste de identidade indicou que não é possível a utilização de uma equação comum para estimar com precisão o volume das espécies em conjunto.
- PALAVRAS-CHAVE: Variáveis dummy; inventário florestal; cubagem rigorosa.

1 Introdução

No Brasil, as áreas de plantios florestais vêm expandindo significativamente ao longo dos últimos anos. A implantação de florestas para suprir as necessidades de consumo e abastecimento das indústrias florestais fomentou a utilização de espécies do

1 Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Mestrado em Ciências Florestais, CEP: 49.550-000, Jerônimo Monteiro, ES, Brasil. E-mail: mariana.aragao06@gmail.com

2 Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, CEP: 45.031-900, Vitória da Conquista, BA, Brasil. E-mail: patriciabarreto@uesb.edu.br

3 Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Mestrado em Ciências Florestais, CEP: 45.031-900, Vitória da Conquista, BA, Brasil. E-mail: santanav.marcos@gmail.com; carvalho.f.flavia@gmail.com; apereira.aline@hotmail.com

gênero *Pinus* em programas de reflorestamento, inclusive em regiões mais quentes (MACHADO *et al.*, 2002). O bom estabelecimento do gênero pode ser atribuído à ampla variação de condições ambientais em sua distribuição original, que propiciou alta variabilidade genética e, como consequência, a adaptação a diversas condições ecológicas (SHIMIZU, 2006).

Em todos os setores industriais o *Pinus* permite a fabricação de inúmeros produtos para o mercado interno e para a exportação (TRIANOSKI, 2009), fazendo com que o conhecimento do volume madeireiro e potencial produtivo desses povoamentos sejam fundamentais para o manejo correto, planejamento e sustentabilidade da produção (MELO *et al.*, 2013).

A mensuração do volume de madeira constitui uma das principais informações sobre o potencial produtivo de uma floresta. Comumente, para a determinação dessa variável, utiliza-se o método de equações volumétricas, ajustadas a partir da relação funcional entre a variável dependente (volume) e uma ou mais variáveis independentes, como diâmetro à altura de 1,30 metros do nível do solo (DAP) e/ou altura total ou comercial das árvores (SOARES *et al.*, 2011).

De acordo com Regazzi (2003), a aplicação desta relação funcional costuma ser realizada em diferentes tratamentos, ou fatores, onde, em cada situação, a análise de regressão é empregada separadamente, obtendo-se tantas equações quanto o número de situações distintas. No entanto, segundo Regazzi e Silva (2010), é comum haver interesse em saber se o conjunto de equações ajustadas para grupos distintos são idênticos, o que torna imprescindível avaliar se os parâmetros estimados para essas funções são estatisticamente iguais, de forma a permitir a utilização de apenas uma equação.

A introdução de variáveis qualitativas dummy constitui-se em um importante instrumento para ampliar o poder de análise de regressão, já que permite incorporar aos modelos variáveis importantes que se pretende analisar (como espécie, idade, sítio, espaçamento, etc.) e que não podem ser medidas quantitativamente (MISSIO e JACOBI, 2007). A possibilidade de utilizar uma equação geral, que agrupe parâmetros ajustados para grupos distintos de dados, pode ser avaliada utilizando o teste de identidade de modelos, por meio de análise de covariância empregando variáveis dummy (SCOLFORO, 1993).

O teste de identidade de modelos corresponde a uma análise estatística que utiliza o teste *F* para verificar se há semelhança significativa entre as regressões ajustadas para cada intensidade amostral de forma isolada (modelo completo) e a regressão para todas as intensidades amostrais em conjunto (modelo hipótese) (CABACINHA, 2003). Assim, a rejeição dessa hipótese implica na impossibilidade do uso de um modelo único com os parâmetros comuns (RUFINI *et al.*, 2010).

Na literatura florestal brasileira, alguns estudos foram realizados compreendendo o uso de testes de identidade de modelos para diferentes finalidades como: para equações volumétricas (REGAZZI, 1993; REGAZZI, 2003; REGAZZI e SILVA, 2004; CAMOLESI, 2010; KURCHAIT, 2014; MARTINS *et al.*, 2015); para funções de afilamento (QUEIROZ *et al.*, 2008; KOHLER *et al.*, 2013) e, também, para classificação de sítio e prognose do crescimento e produção (MARTINS, 2006). No entanto, ainda são escassos estudos realizados para testar identidade entre espécies em povoamentos mistos.

Diversos modelos volumétricos foram ajustados para o gênero *Pinus* em diferentes regiões do Brasil (ARAÚJO *et al.*, 2012; MACHADO *et al.*, 2002; THOMAS *et al.*, 2006; SILVESTRE *et al.*, 2014), inclusive para a região Sudoeste da Bahia (MELO *et al.*,

2013). Todavia, até o presente não se verifica registros na literatura de modelos que descrevem volumetria para o consórcio entre as espécies *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea*.

Dessa forma, este estudo teve por objetivo: ajustar equações volumétricas para estimar o volume de madeira em povoamento florestal misto, composto pelas espécies *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, bem como avaliar a possibilidade de agrupamento de dados a fim de ajustar um modelo comum para as espécies, adotando-se o teste de identidade de modelos utilizando variáveis dummy.

2 Material e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

Os dados utilizados foram obtidos de indivíduos arbóreos de *Pinus oocarpa* Shiede e *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. e Golf. Thumbnail, estabelecidos em um povoamento misto, com 13 anos de idade e espaçamento de 3×3 m, localizado na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, município de Vitória da Conquista (BA), cujas coordenadas geográficas são 14°53' S e 40°48' W.

Segundo Sousa *et al.* (2013), o clima da região é o clima tropical de altitude, do tipo Cwb, conforme classificação de Köppen. A precipitação pluviométrica varia de 700 a 1100 mm anuais, distribuídas nos meses de novembro a março, com um período seco de quatro a cinco meses. A temperatura média anual é de 21 °C. O relevo é plano a levemente ondulado, com altitude em torno de 880 m. A vegetação predominante na região é classificada como Floresta Estacional Decidual Montana, conhecida regionalmente como mata de cipó.

2.2 Volumetria

Com propósito de obter medidas de diâmetro à altura de 1,3 m (DAP) de todos os indivíduos da população e identificar as diferentes classes dessa variável, foi realizado um levantamento prévio, onde foram medidos os diâmetros de todos os fustes do povoamento. As medidas de DAP dos fustes foram agrupadas em classes de diâmetro com amplitude de cinco centímetros. Foram selecionadas e abatidas 80 árvores (40 árvores de *Pinus oocarpa* e 40 árvores de *Pinus caribaea*), distribuídas em diferentes classes diamétricas considerando uma amplitude de 5 cm, conforme Tabela 1.

As árvores foram cubadas por meio do método de Smalian. Obteve-se os diâmetros ao longo do fuste nas posições 0,1 m, 0,3 m, 0,7 m, 1,3 m e a partir desse ponto as seções foram medidas de 2 m em 2 m até a posição onde ocorria o diâmetro de 4 cm, sendo então medido o comprimento da ponta.

Os diâmetros e as alturas das árvores foram medidos com auxílio de suta e trena, respectivamente. Para os indivíduos bifurcados, os DAP's dos fustes foram utilizados para obtenção do diâmetro equivalente à altura de 1,30 m da árvore, empregando-se a altura do maior fuste como altura total. De posse dos dados da cubagem, foi calculado o volume das seções e, pelo somatório das seções, o volume total com casca de cada árvore cubada.

Para estimativa da variável volume, foram testados 10 modelos matemáticos, selecionados na literatura (Tabela 2), que foram ajustados em função das variáveis independentes DAP e altura total (H). Os melhores modelos foram selecionados com base

nas seguintes estatísticas: coeficiente de determinação ajustado em porcentagem (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa em sua forma percentual ($S_{y,x}$) e análise gráfica dos resíduos.

Tabela 1 - Distribuição diamétrica dos fustes de *Pinus*

Classes de diâmetro (cm)	Centro de Classe (cm)	Frequência	Número de fustes cubados
<i>P. oocarpa</i>			
7-11,99	9,5	5	4
12-16,99	14,5	38	20
17-21,99	19,5	40	16
22-26,99	24,5	10	6
<i>P. caribaea</i>			
8-12,99	10,5	3	3
13-17,99	15,5	19	13
18-22,99	20,5	58	19
23-27,99	25,5	11	7

Tabela 2 - Modelos volumétricos propostos para estimativa dos volumes

Nº	Autor	Modelo
1	Husch	$\text{Ln}(V) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(DAP)$
2	Spurr	$V = \beta_0 + \beta_1 DAP^2 H$
3	Schumacher & Hall log	$\text{Ln}(V) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(DAP) + \beta_2 \text{Ln}(H)$
4	Stoate	$V = \beta_0 + \beta_1 H + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 DAP^2 H$
5	Naslund	$V = \beta_1 DAP^2 + \beta_2 DAP^2 H + \beta_3 DAP H^2 + \beta_4 H^2$
6	Koperzky & Gehrhardt	$V = \beta_0 + \beta_1 DAP^2$
7	Hohenadl-Kren	$V = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2$
8	Schumacher & Hall	$V = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 H$
9	Meyer	$V = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 H + \beta_3 DAP^2 + \beta_4 (DAP^2 H) + \beta_5 (DAPH)$
10	Spurr log	$\text{Ln}(V) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(DAP^2 H)$

em que: V = volume (m^3); DAP = diâmetro a 1,30 m do solo (cm); H = altura total (m); Ln = logaritmo neperiano; β_n = coeficientes de regressão.

2.3 Teste de identidade de modelos com variáveis *dummy*

Após o ajuste e escolha das equações de maior desempenho entre as espécies, as informações foram tabuladas em um único banco de dados e, com isso, foram introduzidas variáveis *dummy* (D_i), que assumiram valores 0 e 1 (para cada espécie e para as possíveis combinações do produto entre as variáveis independentes) e *dummy* (X_n, D_i), conforme descrito a seguir e no Tabela 3:

$D_i = 1$, se os dados correspondem à espécie i ;

$D_i = 0$, se os dados não correspondem à espécie i .

Tabela 3 - Estrutura da base de dados para realização do ajuste de modelo de regressão utilizando variáveis *dummy*

Espécie	Árv.	Variáveis					Combinações					
		Dependente	Independentes		Dummy							
			Y	X ₁	X ₂	D ₁	D ₂	X ₁ .X ₃	X ₁ .X ₄	X ₂ .X ₃	X ₂ .X ₄	
						X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	
1	-	-	-	-	1	0			-	-	-	-
1	-	-	-	-	1	0			-	-	-	-
...			-	-	-	-
2	-	-	-	-	0	1			-	-	-	-
2	-	-	-	-	0	1			-	-	-	-

em que: Árv = árvore; Y = volume logaritimizado; X₁ = DAP logaritimizado; X₂ = altura total logaritimizada; D₁ = variável *dummy* espécie 1; D₂ = variável *dummy* espécie 2; X_n = interação entre variáveis independentes e *dummy*.

Após a inclusão das variáveis *dummy*, foram ajustados os novos modelos e calculados: soma dos quadrados (SQ) da regressão, quadrados médios (QM) da diferença e dos resíduos para os dados de cada espécie separados pelas variáveis *dummy* (modelo completo); para os dados ajustados com as variáveis *dummy* juntamente com as combinações entre estas e as variáveis independentes (modelo conjugado) e para os dados agrupados (modelo hipótese). De posse destas informações, procedeu-se a análise de covariância para verificar se as equações ajustadas apresentavam a mesma forma e nível simultaneamente (Tabela 4 e 5) e, portanto, para avaliar a possibilidade de ajustar uma única regressão para as duas espécies estudadas. Assim, primeiro testou-se a igualdade entre as formas e, em seguida, a igualdade entre os níveis.

Diante disso, sendo a probabilidade (p) maior que o nível de significância ($\alpha = 0,05$) para forma e nível, o teste é tido como não significativo, então a equação ajustada para as espécies em conjunto poderá ser utilizada. Dessa forma, os modelos assumiram as seguintes configurações ao testar o agrupamento dos dados das duas espécies:

Modelo hipótese (ajustado para todas as espécies em conjunto):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$$

Modelo completo (dados separados, com variáveis *dummy* para cada espécie):

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4$$

Modelo conjugado (ajustado com as variáveis *dummy* e combinações entre estas e as variáveis independentes):

$$Y = \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8$$

Os modelos, completo e conjugado, foram ajustados sem o parâmetro β_0 . Em todos os modelos tem-se que: Y = volume total da árvore *i*; β_n = parâmetros do modelo; $X_n = 1$, se a árvore pertencer à espécie *i* e 0, caso contrário e β_{ni} = parâmetro *n* do modelo para a espécie *i*.

Tabela 4 - Estrutura da análise de covariância para o teste de forma

FV	GL	SQ	QM	F
Modelo conjugado	p_{conj}			
Modelo completo	p_{cpt}			
Diferença para testar hipótese	$p_{conj}-p_{cpt}$	$SQ_{conj}-SQ_{cpt}$	$\frac{SQ_{diferença}}{GL_{diferença}}$	$\frac{QM_{diferença}}{QM_{resíduo}}$
Resíduo (modelo conjugado)	$N-p_{conj}$	$SQ_{Total}-SQ_{cpt}$	$\frac{SQ_{resíduo}}{GL_{resíduo}}$	
Total (modelo conjugado)	N			

em que: FV = fontes de variação; p = número de parâmetros do modelo; conj = modelo conjugado; cpt = modelo completo; N = número de indivíduos; SQ = Soma de Quadrado; GL = Grau de Liberdade; QM = Quadrado Médio; F = estatística F calculada.

Tabela 5 - Estrutura da análise de covariância para o teste de nível

FV	GL	SQ	QM	F
Modelo completo	p_{cpt}			
Modelo hipótese	p_{hip}	$(\beta_0 \cdot \sum Y) + (\beta_1 \cdot \sum X_1 Y) + (\beta_2 \cdot \sum X_2 Y)$		
Diferença para testar hipótese	$p_{cpt}-p_{hip}$	$SQ_{conj}-SQ_{cpt}$	$\frac{SQ_{diferença}}{GL_{diferença}}$	$\frac{QM_{diferença}}{QM_{resíduo}}$
Resíduo (modelo conjugado)	$N-p_{cpt}$	$SQ_{Total}-SQ_{hip}$	$\frac{SQ_{resíduo}}{GL_{resíduo}}$	
Total (modelo conjugado)	N			

em que: FV = fontes de variação; p = número de parâmetros do modelo; N = número de indivíduos; β_n = parâmetros estimados; Y = volume; conj = modelo conjugado; cpt = modelo completo; hip = modelo hipótese; SQ = Soma de Quadrado; GL = Grau de Liberdade; QM = Quadrado Médio; F = estatística F calculada.

Para o modelo hipótese, uma nova soma de quadrados foi calculada, conforme descrito na Tabela 5.

As hipóteses consideradas no teste de identidade foram:

H_0 - $\beta_i(E_1) = \beta_i(E_2)$, ou seja, os “h” parâmetros são idênticos e pode ser utilizada uma única equação para ambas as espécies;

H_1 - $\beta_i(E_1) \neq \beta_i(E_2)$, ou seja, os modelos apresentam parâmetros estatisticamente distintos e as equações devem ser usadas de forma independente.

em que: β_i = Parâmetros de ajuste do modelo e E_n = Espécies.

3 Resultados e discussão

3.1 Ajustes dos modelos volumétricos

Dentre os dez modelos volumétricos ajustados, verificou-se maior eficiência do modelo Schumacher & Hall log, que apresentou valores de coeficiente de determinação acima de 94% e de erro padrão da estimativa abaixo de 12% (9%, para *P. oocarpa*, e 11%, para *P. caribaea*) (Tabela 6). A dispersão gráfica dos resíduos desse modelo em relação à média (Figura 1) demonstrou distribuição uniforme e sem tendências nítidas, o que também indica desempenho satisfatório para estimar o volume total de ambas as espécies estudadas.

Tabela 6 - Medidas de precisão e coeficientes dos ajustes do modelo de Schumacher e Hall Logarítmico para as espécies estudadas

Espécies	β_1	β_2	β_3	R ² (%)	Syx (%)
<i>P. oocarpa</i>	-8,7425	1,7320	0,7535	94,84	9,24
<i>P. caribaea</i>	-9,2134	1,4768	1,2716	95,83	11,24

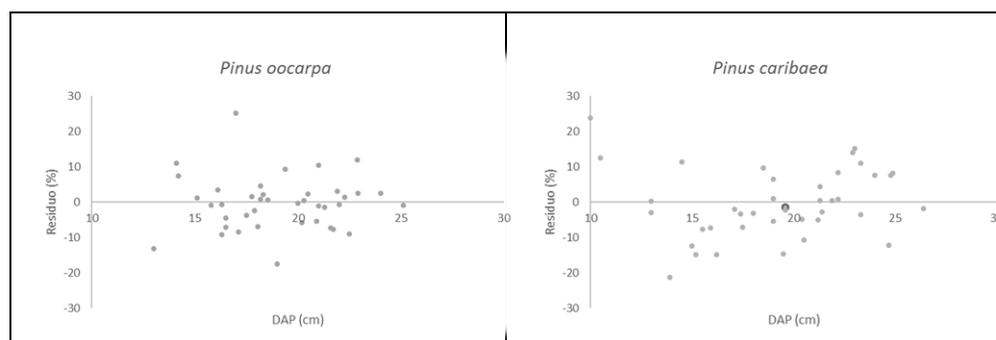


Figura 1 - Dispersão dos resíduos para o modelo de Schumacher e Hall Logarítmico em função do diâmetro à altura de 1,3 m (DAP) para as espécies *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea*.

Segundo Campos e Leite (2009), o modelo de Schumacher & Hall tem sido o mais difundido por apresentar, normalmente, melhores ajustes com estimativas não tendenciosas.

Melo *et al.* (2013), avaliando equações volumétricas para um povoamento de *Pinus caribaea* var *hondurensis*, na mesma região onde foi realizado o presente estudo, verificaram melhor ajuste do modelo Schumacher & Hall log, apresentando R²_{aj} de 97,9% e Syx de 16,9% para volume total sem casca. Da mesma forma, Kohler *et al.* (2012), ao avaliar o ajuste do modelo volumétrico de Schumacher e Hall na sua forma linear e não-linear para *Pinus taeda* em três diferentes sítios, obtiveram valores de R² variando de 98 a 99% e Syx variando de 9,0% a 14,4%. Esses resultados demonstram a superioridade do modelo em realizar estimativas de volume para o gênero.

Martins *et al.* (2015), estudando povoamentos de *Eucalyptus* sp. em sete municípios de Minas Gerais também observaram melhor performance para o modelo de Schumacher & Hall log e atribuíram o resultado ao fato deste modelo possuir dupla entrada (DAP e altura total como variáveis independentes), permitindo uma melhor representação das características da população amostrada e, conseqüentemente, melhores resultados estatísticos que os modelos de simples entrada.

3.2 Teste de identidade de modelos

A análise de covariância, representada na Tabela 7, demonstra que não houve semelhança no teste de forma entre as espécies estudadas, onde o valor da probabilidade *p* é inferior ao nível de significância. Ou seja, há diferença significativa em relação à inclinação das curvas das equações geradas pelas duas espécies.

Tabela 7 - Análise de covariância para o teste de forma entre as duas espécies

FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo conjugado	6	270,05			
Modelo completo	4	269,98			
Diferença para o teste de hipótese	2	0,0700	0,0350	4,21	0,0185
Resíduo (modelo conjugado)	74	0,6149	0,0083		
Total (modelo conjugado)	80	270,67			

em que: FV = Fontes de variação; GL = Grau de liberdade; SQ = Soma de Quadrado; QM = Quadrado Médio; GL = Grau de Liberdade; F = estatística F calculada; p = Probabilidade estatística F tabelada.

O teste de nível (Tabela 8), realizado apesar da existência de significância no teste de forma, demonstra que não há semelhança entre os níveis das espécies em questão. Sendo assim, as equações ajustadas para as duas espécies apresentam ponto de intercessão que diferem entre si, no entanto se distinguem no que diz respeito à inclinação.

Tabela 8 - Análise de covariância para o teste de nível entre as duas espécies

TESTE DE NÍVEL					
FV	GL	SQ	QM	F	P
Modelo completo	4	269,98			
Modelo hipótese	3	269,92			
Diferença para teste de hipótese	1	0,0559	0,0559	5,96	0,0169
Resíduo (modelo conjugado)	79	0,7409	0,0094		
Total (modelo conjugado)	80	270,67			

em que: FV = Fontes de variação; GL = Grau de liberdade; SQ = Soma de Quadrado; GL = Grau de Liberdade; QM = Quadrado Médio; F = estatística F calculada; p = Probabilidade estatística F tabelada.

Considerando que para a utilização de uma equação comum seria necessário encontrar semelhança em ambos os testes, pode-se inferir que, no caso do povoamento estudado, são necessárias equações individuais para a estimativa do volume das espécies *P. oocarpa* e *P. caribaea*. Tais equações estão descritas a seguir:

$$\text{Ln}(V) = -8,7425 + 1,7320\text{Ln}(\text{DAP}) + 0,7535\text{Ln}(\text{HT}) \text{ (Pinus oocarpa)}$$

$$\text{Ln}(V) = -9,2134 + 1,4768\text{Ln}(\text{DAP}) + 1,2716\text{Ln}(\text{HT}) \text{ (Pinus caribaea)}$$

em que temos: Ln= logarítmo neperiano, V= volume, DAP= diâmetro altura do peito e HT= altura total.

Lachini (2012), empregando teste de identidade em povoamentos puros de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*, verificou que, em ambos os povoamentos, é viável a utilização de uma equação comum para estimar o volume em diferentes idades, o que dispensa o esforço de ter que ajustar uma equação para cada idade.

No caso do presente estudo, apesar do povoamento ter sido implantado na mesma época e, portanto, ter todos os indivíduos com a mesma idade, o crescimento e desenvolvimento entre as espécies provavelmente ocorreu de forma distinta. Kageyama e Caser (1982), em estudos com adaptação de espécies do gênero *Pinus* no Nordeste brasileiro, afirmam que, em geral, indivíduos da espécie *P. oocarpa* apresentam menor crescimento que indivíduos de *P. caribaea*, embora ambos apresentem boa adaptabilidade em regiões secas e com elevadas altitudes.

Guimarães e Luduvica (1983), estudando o crescimento das duas espécies na região do Cerrado, observaram que em áreas de altitude superior a 1000 metros e temperatura média anual inferior a 20°C, o *P. caribaea* var. *hondurensis* apresentou melhor desempenho em crescimento que o *P. oocarpa*, concluindo que em regiões com maiores altitudes e temperaturas mais baixas, a espécie *P. caribaea* apresenta maior crescimento que *P. oocarpa*.

Dessa maneira, é possível que a altitude e temperatura da região de estudo tenham influenciado no maior crescimento da espécie *P. caribaea* em relação ao *P. oocarpa*, fazendo com que a variação dos valores de DAP e altura dos indivíduos propiciassem ajustes de equações diferenciadas estatisticamente, o que inviabilizou a estimativa do volume do povoamento a partir de apenas uma equação.

Outro aspecto que pode explicar a ausência de identidade entre os modelos ajustados para as espécies é o fato do povoamento estudado se encontrar em idade acima do padrão normalmente utilizado como idade de corte de florestas plantadas e, com isso, uma espécie pode ter tido seu crescimento interrompido em determinada época, favorecendo o desenvolvimento da outra.

Conclusão

O modelo Shumacher & Hall log estima o volume das espécies estudadas com maior precisão, apresentando melhor resultado estatístico.

O teste de identidade realizado entre as espécies *P. oocarpa* e *P. caribaea* var. *hondurensis*, mostra que, apesar das espécies estarem em consórcio em uma mesma área e de ter a mesma idade, a estimativa do volume do povoamento deve ser realizado a partir de equações individuais para cada espécie.

ARAGÃO, M. A.; BARRETO-GARCIA, P. A. B. LEITE, M. V. S.; CARVALHO, F. F.; VIRGENS, A. P. Identity test of volumetric models for *Pinus oocarpa* and *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in mixed stand in southwest Bahia. *Rev. Bras. Biom.*, Lavras, v.34, n.4, p.621-632, 2016.

- **ABSTRACT:** Wood volume measuring brings vital information about the productive potential of a forest. Normally, volume information is obtained with the use of volumetric equations from regression models, adjusted from data obtained by precise timber measurements. However, the equations are commonly generated for specific conditions, such as for certain species, age, location, etc. Therefore, this study aimed to adjust individual volumetric models for the species of *Pinus oocarpa* and *Pinus caribaea* and assess the possibility of adjusting a common equation to estimate the volume of both species. The study was conducted on a 13 year old population. Field measurements for precise tree volume were taken for 80 individuals, adjusting volumetric models of simple and double entry. The best model was selected according to the coefficient of determination ($R^2\%$), standard error of the estimate ($S_{xy}\%$) and a visual analysis of the residual distribution. The identity of these models was tested with dummy variables, through covariance analysis. The Schumacher and Hall Log model provided the best results. The identity test indicated that it is not possible to use one equation to, accurately, estimate the volume of both species.
- **KEYWORDS:** Dummy variables; forest inventory; volume measuring.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, E. J. G. *et al.* Relações dendrométricas em fragmentos de povoamentos de pinus em Minas Gerais. *Pesquisa Florestal Brasileira*. v.32, n.72, p.355-366, 2012.
- CABACINHA, C. D. *Um método para a realização do inventário florestal suprimindo a cubagem rigorosa*. 2003. 166f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- CAMOLESI, J. F. *et al.* Ajuste, seleção e teste de identidade de modelo para volume e número de moirões da candeia (*Eremanthus erythropappus*). *CERNE*, v.16, n.4, p.431-441, 2010.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal: perguntas e respostas*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2009. 548 p.
- GUIMARÃES, D. P.; LUDUVICA, M. L. *Estudo comparativo entre o crescimento de Pinus oocarpa Schiede e Pinus ceribaea var. hondurensis Barr. et Golf. Em cinco localidades da região dos cerrados*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1983.
- KAGEYAMA, P. Y.; CASER, R. L. Adaptação de espécies de pinus na região nordeste do Brasil. *Série Técnica IPEF*, v.3, n.10, p.33 – 56,1982.
- KOHLER, S. V.; KOEHLER, H. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. Modelos de Afilamento para *Pinus taeda* por Classes de Idade. *Floresta e Ambiente*, v.20, n.4, p.470-479, 2013.
- KOHLER, S. V.; RETSLAFF, F. A. S.; MÔRA, R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; WOLFF II, N. I. Diferentes métodos de ajuste do modelo volumétrico de Schumacher e Hall. In: Congresso florestal paranaense, 4., 2012. Curitiba, Paraná. *Anais...* Curitiba: UNICENTRO, 2012.
- KURCHAIDT, S.M.; ZANETTE, V. H.; ZANETTE, J. V.; KOEHLER. Identidade de modelos em fragmento de floresta ombrófila mista. *Enciclopédia Biosfera – Centro Científico Conhecer*, v.10, n.19, p.2302-2311, 2014.

LACHINI, E. *Efeito da idade na estimativa do volume de árvores de Pinus caribaea var. hondurensis e Pinus oocarpa*. 2012. 47f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

MACHADO, S. A.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO, D. J. Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, v.4, n.2, p.185-197, 2002.

MARTINS, E. F. P. *Curvas de índice de sítio para leucena [Leucaena leucocephala (lam.) de Wit] no agreste de Pernambuco*. 2006. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

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

MELO, L. C.; BARRETO, P. A. B.; OLIVEIRA, F. G. R. B.; NOVAES, A. B. Estimativas volumétricas em povoamento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no sudoeste da Bahia. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.33, n.76, p.379-386, 2013.

MISSIO, F. JACOBI, L. F. Variáveis dummy: especificações de modelos com parâmetros variáveis. *Ciência e Natura*, v.29, n.1, p.111-135, 2007.

QUEIROZ, D.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E; KOEHLER, H. S. Identidade de modelos em funções de afilamento para *Mimosa scabrella* Bentham em povoamentos nativos da região metropolitana de Curitiba/PR. *Floresta*, v.38, n.2, p.339-349, 2008.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de alguns parâmetros num modelo polinomial ortogonal. *Revista Ceres*, v.40, n.228, p.196-175, 1993.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. *Revista Ceres*, v.50, n.287, p.9-26, 2003.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. dados no delineamento inteiramente casualizado. *Revista de Matemática e Estatística*, v.22, n.3, p.33-45, 2004.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear em dados de experimento com delineamento em blocos casualizados. *Revista Ceres*, v.57, n.3, p.315-320, 2010.

RUFINI, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M. Equações volumétricas para o cerrado *sensu strictu*, em Minas Gerais. *Cerne*, v.16, n.1, p.1-11, 2010.

SCOLFORO, J. R. *Mensuração Florestal 3: Relações quantitativas em volume, peso e a relação hipsométrica*. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 292 p.

SHIMIZU, J. Y. *Pinus na silvicultura brasileira*. *Revista da Madeira*, v.16, n.99, p.4-14, 2006.

SILVESTRE, R. *et al.* Equações volumétricas em povoamentos de *Pinus taeda* L. no município de Lages - SC. *Pesquisas Agrárias e Ambientais*, v.2, n.1, p.1-5, 2014.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. *Dendrometria e Inventário Florestal*. 2 ed. Viçosa. 2011, 272 p.

SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P. A. B.; JÚNIOR, V. C. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. *Scientia Plena*, v.9, n.4, 2013.

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.

TRIANOSKI, R. *Caracterização tecnológica de espécies de pinus tropicais provenientes de plantios experimentais no Brasil*, 2009. 128f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

Recebido em 26.11.2015

Aprovado após revisão em 23.05.2016