

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E SOLOS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

MARIANA DE AQUINO ARAGÃO

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

**VITÓRIA DA CONQUISTA – BA
2015**

MARIANA DE AQUINO ARAGÃO

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

Monografia apresentada à
Universidade Estadual do
Sudoeste da Bahia – UESB/
Campus Vitória da Conquista –
Ba, para obtenção de título de
Bacharel em Engenharia
Florestal.

Orientadora: Prof^a. D.Sc. Patrícia
Anjos Bittencourt Barreto.

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E SOLOS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

Campus Vitória da Conquista – Ba

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: Teste de identidade de modelos volumétricos para *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *horndurensis* em povoamento misto no sudoeste da Bahia

Autor: Mariana de Aquino Aragão

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de BACHAREL EM ENGENHARIA FLORESTAL, pela Banca Extraordinária:

Prof^a. Dr^a. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto – UESB
Presidente

Prof^o. Dr Alessandro de Paula – UESB

Dr. Paulo Henrique Marques Monroe

Data de realização: 07 de outubro de 2015

Colegiado de Engenharia Florestal - UESB – Campus Vitória da Conquista,
Estrada do Bem Querer. Km 04

Telefone: (77) 3425-9380

CEP: 45083-900

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por ser socorro presente nas horas de angústia, sem Ele não poderia ter chegado até onde cheguei.

Aos meus queridos pais, Pedro e Marise, agradeço por estarem ao meu lado em todos os momentos da vida, por terem se agarrado aos meus sonhos como se fossem seus, pelas palavras de acalanto quando eu mais precisava, pelas horas ao telefone quando eu me sentia só, por todo incentivo aos meus estudos, por todo o amor que nunca me deixou faltar, enfim por existirem na minha vida.

Agradeço aos meus irmãos, Felipe e Rogério, que mesmo de longe sempre me apoiaram para que eu continuasse a caminhar.

A Mateus agradeço pelo carinho, apoio, paciência e companhia, obrigada por ter feito dessa reta final muito mais feliz.

Aos mestres da Engenharia Florestal, agradeço por me transmitirem todo conhecimento e experiência, contribuindo significativamente para a minha formação, em especial a minha orientadora Prof^a. Dr^a. Patrícia Anjos Bitencourt Barreto pela orientação, atenção e paciência no decorrer de grande parte da graduação.

Aos companheiros da Turma 2011.1 (Caio, Murilo, Matheus, Rodrigo, Iann, Pedro, Kaique, Danúcia, Paloma, Aline e Flávia) que estiveram comigo durante toda essa trajetória, em especial às minhas amigas Aline e Flávia que desde o início seguraram em minhas mãos e não me deixaram cair em nenhum dos obstáculos que nos apareceu. Sem vocês as aulas não teriam

graça, as horas de estudo não seriam as mesmas, as “resenhas” não fariam sentido, almoçar no RU seria insuportável. Vocês fizeram desses anos, inesquecíveis.

A Paloma agradeço pela gentileza ao emprestar o computador, sem sua ajuda não seria possível a conclusão desse trabalho.

Agradeço também a todos os colaboradores de campo, que fizeram do “pinus” o lar durante dias (rsrsrs), sem o apoio de vocês a realização desse trabalho não seria possível.

A todos que de alguma forma contribuíram e torceram pela minha formação, meu muito obrigada!

“E para se chegar onde quer que seja, aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão. É preciso, antes de mais nada, querer.”

Amyr Klink

“A formatação do presente trabalho segue as normas textuais do periódico Revista Brasileira de Biometria.”

**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 Bittencout BARRETO²

- 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 (Sy_x %) 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 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 seja fundamental para o correto manejo, planejamento e sustentabilidade da produção (MELO et al., 2013).

¹Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Estrada do Bem Querer, km 4, Caixa Postal 95, CEP: 45.031-900 - Vitória da Conquista - Bahia, mariana.aragao06@gmail.com; ²Professora Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, UESB; Estrada do Bem Querer, km 4, Caixa Postal 95, CEP: 45.031-900 - Vitória da Conquista - Bahia, patriciabarroto@uesb.edu.br.

A mensuração do volume de madeira constitui uma das principais informações sobre o potencial produtivo de uma floresta. Frequentemente, 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 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 & 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 & 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) (GRAYBILL, 1976 citado por 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 & SILVA, 2004; CAMOLESI, 2000; KURCHAIT, 2014; MARTINS et al., 2015), para funções de afilamento (QUEIROZ, et al., 2008; KOHLER et al., 2013) e 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 do 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*, localizado no Sudoeste do estado da Bahia, município de Vitória da Conquista, além de 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* e de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, estabelecidos em um povoamento misto, com 13 anos de idade e espaçamento de 3 m x 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.

A região apresenta clima tropical de altitude (Cwb), segundo classificação de Köppen, precipitação média anual de 733,9 mm, altitude de 928 m e temperaturas médias de 25,3°C (máxima) e de 16,1°C (mínima). O solo pertence à classe Latossolo Amarelo distrófico.

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 nas diferentes classes diamétricas, conforme Tabela 1.

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

As árvores foram cubadas por meio do método de Smalian. Os diâmetros foram medidos ao longo do fuste nas posições 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_{yx}), e análise gráfica dos resíduos.

Tabela 2. Modelos volumétricos propostos para estimativa dos volumes.

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

Onde: V = volume (m³); 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 (Di), que assumiram valores 0 e 1 (para cada espécie e para as possíveis combinações do produto entre as variáveis independentes) e dummy (Xn, Di), conforme descrito a seguir e no Quadro 1:

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

$D_i = 0$, se os dados não correspondem à espécie 1.

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 3 e 4) 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.

Quadro 1. Estrutura da base de dados para realização do ajuste de modelo de regressão utilizando variáveis dummy.

Espécie	Árv.	Variável dependente	Variáveis independentes		Variável dummy		Combinações				
			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	-	-	-	-	

Onde: 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.

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 são ajustados sem o parâmetro β_0 .

Em que:

Y = volume total da árvore i;

β_n = parâmetros do modelo;

$X_n = 1$, se a árvore pertencer a espécie i e 0 caso contrário;

β_{ni} = parâmetro n do modelo para a espécie i.

Tabela 3. 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			

Onde: 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 4. 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			

Onde: 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 4.

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 utilizado uma única equação para ambas 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_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 94,0% e de erro padrão da estimativa abaixo de 12% (9,2%, para *P. oocarpa*, e 11,2%, para *P. caribaea*) (Tabela 5). 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 espécies estudadas.

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

Tabela 5. 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

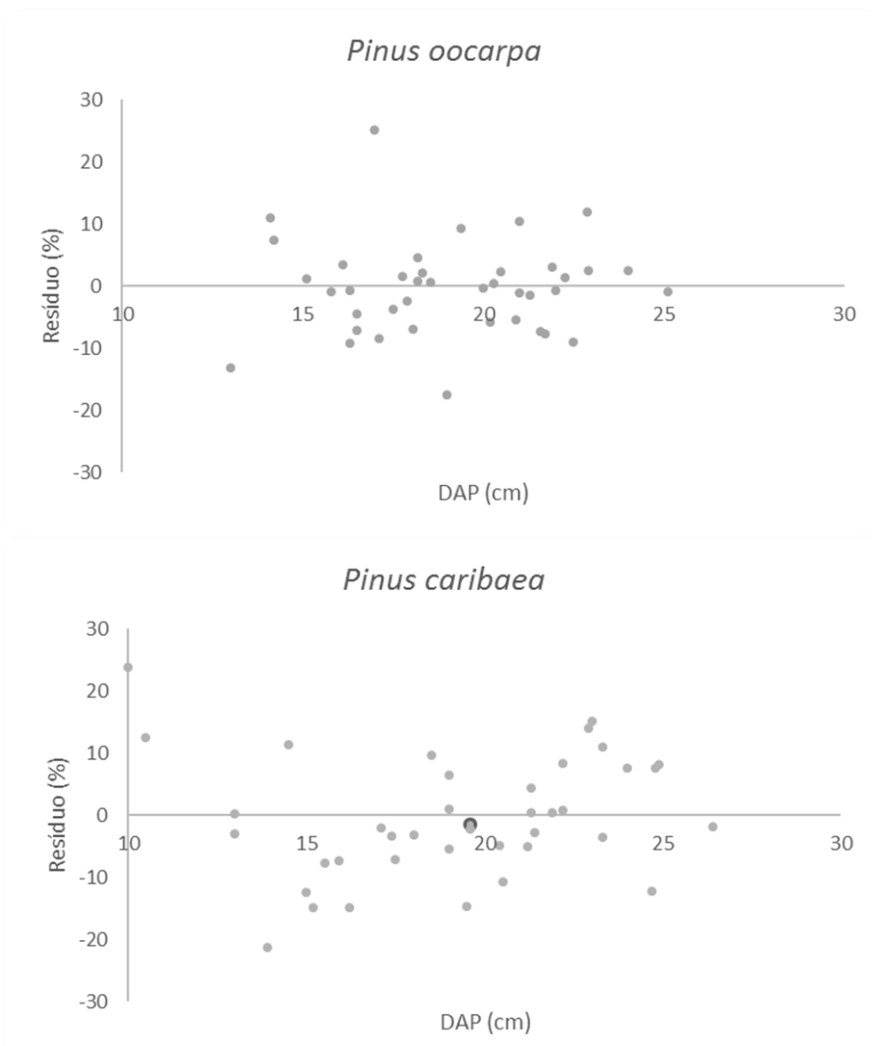


Figura 1. Dispersão dos resíduos para o modelo de Schumacher e Hall Logarítmico em função do diâmetro à altura de 1,3 m (DAP) para as espécies *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea*.

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 R^2_{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 R^2 variando de 98 até 99% e Syx variando de 8,99% até 14,37%. 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,

consequentemente, melhores resultados estatísticos que os modelos de simples entrada.

3.2 Teste de identidade de modelos

A análise de covariância, representada na Tabela 6, 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 $\alpha=0,05$. Ou seja, há diferença significativa em relação a inclinação das curvas das equações geradas pelas duas espécies.

Tabela 6. Análise de covariância para o teste de forma entre as duas espécies.

TESTE DE FORMA					
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			

Onde: 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 7), realizado apesar da existência de significância no teste de forma, demonstra que há semelhança entre os níveis das espécies em questão. Sendo assim, as equações ajustadas para as duas espécies apresentam ponto de intercessão que não diferem entre si, no entanto se distinguem no que diz respeito a inclinação.

Considerando que para a utilização de uma equação comum seria necessário encontrar semelhança em ambos os testes, conclui-se 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:

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

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

Em que: Ln= logaritmo neperiano,

V= volume,

DAP= diâmetro altura do peito,

HT= altura total.

Martins et al. (2015), estudando teste de identidade de *Eucalyptus* sp. para municípios agrupados no norte do estado de Minas Gerais, observaram que não é possível a utilização de uma única equação para estimar os volumes de todos os locais estudados. Esse resultado foi atribuído ao fato de que os municípios apresentam

diferenças climáticas significativas e os povoamentos se encontravam em idades distintas.

Tabela 7. 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	1	269,92			
Diferença para teste de hipótese	3	0,0559	0,0186	1,94	0,1306
Resíduo (modelo conjugado)	77	0,7409	0,0096		
Total (modelo conjugado)	80	270,67			

Onde: 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.

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 & Caser (1982), em estudos com adaptação de espécies do gênero *Pinus* na região do 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 & 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 latitudes 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 tenha influenciado no maior crescimento da espécie *P. caribaea* em relação ao *P. oocarpa*, fazendo com que os 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 floresta plantada e, com isso, em determinada época uma espécie pode ter tido seu crescimento interrompido e favorecido o desenvolvimento da outra.

4 Conclusão

O modelo Shumacher & Hall log é o modelo que estima o volume das espécies estudadas com maior precisão, apresentando melhores resultados estatísticos.

O teste de identidade realizado entre as espécies *P. oocarpa* e *P. caribaea* var. *hondurensis*, indica que, apesar das espécies estarem em consórcio em uma

mesma área e do plantio ter ocorrido em uma mesma época, a estimativa do volume do povoamento deve ser realizado a partir de equações individuais para cada espécie.

ARAGÃO, M. A.; BARRETO, P. A. B. Identity test of volumetric models for *Pinus oocarpa* and *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in mixed stand in southwest Bahia. *Rev. Bras. Biom.*, São Paulo, v. x, n. x, p. x-x, 2015.

- ABSTRACT: The measurement of the volume of wood is one of the main information about the productive potential of a forest. Normally this volume is obtained with the use of volumetric equations from regression models, adjusted data from cubed. However, commonly the equations are generated for specific conditions, such as for certain species, age, location, etc. So, this study aimed to adjust volumetric models for individual species *Pinus oocarpa* and *Pinus caribaea* and assess the possibility of adjusting a common equation to estimate the volume of species together. The study was conducted in a population of 13 years old. Volumetric models of simple and double entry were fitted. The selected according to coefficient of determination (R^2), standard estimate error (S_{xy}) and percentage volume residual distribution. Were tested through models identity with dummy variable, through covariance analysis. Schumacher and Hall log model provided the best results. The identity test indicated that it is not possible to use a common equation to accurately estimate the volume of the species.
- KEYWORDS: dummy variables, forest inventory, tree cubillage

Referências Bibliográficas

ABAF. Associação Baiana das Empresas de Base Florestal. *Anuário*: ano base 2012. BA; ABAF, 2013. 44 p.

ARAÚJO, E. J. G.; PELISSARI, A. L.; DAVID, H. C.; MIRANDA, R. O. V.; NETTO, S. P.; MORAIS, V. A.; SCOLFORO, J. R. S. Relações dendrométricas em fragmentos de povoamentos de pinus em Minas Gerais. *Pesquisa Florestal Brasileira*. Colombo, v. 32, n. 72, p. 355-366, 2012.

CABACINHA, C. D. *Um método para a realização do inventário florestal suprimindo a cubagem rigorosa*. 2003. 166 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras.

CAMOLESI, J. F.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; ARCEBI JÚNIOR, F. W.; RUFINI, A. L.; MELLO, J. M. Ajuste, seleção e teste de identidade de modelo para volume e número de moirões da candeia (*Eremanthus erythropappus*). *CERNE*, vol. 16, n. 4, p. 431-441, 2010.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal: perguntas e respostas*. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 548 p.

GUIMARÃES, D. P. & LUDUVICA, M. L. Estudo comparativo entre o crescimento de *Pinus oocarpa* Schiede e *Pinus caribaea* 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*, Piracicaba, vol. 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*, Rio de Janeiro, 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, Goiânia*, vol.10, n.19, p. 2302-2311, 2014.

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*, Curitiba, vol. 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. 97 p. 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*, Goiânia, vol. 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*, Colombo, v. 33, n. 76, p. 379-386, 2013.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. *A Cultura do Eucalipto no Brasil*. São Paulo, 2000. 112 p.

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

POGGIANI, F. Monitoramento ambiental de plantações florestais e áreas naturais adjacentes. *Série Técnica IPEF*, Piracicaba, v.10, n.29, p.22 – 35,1996.

QUEIROZ, D.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E.; KOEHLER, H. S. Identidade de modelos em funções de afilamento para *Mimosa scabrella* Benth em povoamentos nativos da região metropolitana de Curitiba/PR. *Floresta*, Curitiba, 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*, Viçosa, 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*. Viçosa, 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. *Rev. Mat. Estat.*, São Paulo, 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*, Viçosa, 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*. Lavras, 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*, Curitiba, v. 16, n. 99, p. 4-14, 2006.

SILVESTRE, R.; BONAZZA, M.; STANG, M.; LIMA, G. C. P.; KOEPEL, D. A.; MARCO, F. T.; CIARNOSCHI, L. D.; SCARIOT, R.; MORAES, D. F. Equações volumétricas em povoamentos de *Pinus taeda* L. no município de Lages - SC. *Pesquisas Agrárias e Ambientais*, Sinop, v. 02, n. 01, p. 01-05, 2014.

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

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*, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 319-327, 2006.

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

Instruções para Autores – Revista Brasileira de Biometria

Modelo e normas

Fonte: “Times New Roman”, tamanho 10.

Espaçamento entre linhas: simples

Tamanho do papel: Carta (21,59 x 27,94)

Margens: esquerda, direita, inferior e superior: 4,4 cm

TÍTULO

Primeiro AUTOR¹
Segundo AUTOR²
Último AUTOR³

- RESUMO: Digitar o resumo do trabalho.
- PALAVRAS-CHAVE: Digitar as palavras chave

1 Introdução

Digite a introdução

2 Próxima Seção

Digite o conteúdo

Subseção

Digite o conteúdo

[Equações (se houverem)]

Equação

Número da
equação (se
necessário)

¹ Universidade, Unidade, Departamento, Caixa Postal, CEP: cep, Cidade, Estado, País, E-mail: email

² Universidade, Unidade, Departamento, Caixa Postal, CEP: cep, Cidade, Estado, País, E-mail: email

³ Universidade, Unidade, Departamento, Caixa Postal, CEP: cep, Cidade, Estado, País, E-mail: email

[Tabelas (se houverem)]

Table 1 - Digite o título da tabela

Edite a tabela

[Figuras (se houverem)]

Edite a figura

Figura 1 - Digite o título da figura.

Etc....

Conclusões

Digite as conclusões.

Agradecimentos

Digite os agradecimentos (se houverem)

Citação em inglês

- *ABSTRACT: Digite o abstract*
- *KEYWORDS: digite as palavras-chave*

Referências

Siga os exemplos a seguir:

Livros e outras monografias

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. *Metodologia científica para uso dos estudantes universitários*. 2.ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978. 144p.

Capítulos de livros

ARNOLD, B. C. Multivariate logistic distributions. In: BALAKRISHNAN, N. (Ed.). *Handbook of the logistic distribution*. New York: Marcel Dekker, 1992. p.237-261. (Statistics, textbook and monograph, 123).

Dissertações ou teses

WERNICK, E. *A geologia da região de Amparo, leste do estado de São Paulo*. 1967. 235f. Tese (Doutorado em Geologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1967.

Artigos em periódicos

ALOISI, R. R.; DEMATTÊ, J. Levantamento de solos da área onde se localiza a F.C.A.V.J. *Científica*, São Paulo, v.2, n.2, p.123-136, 1974.

Trabalho de congresso

TRAINA JÚNIOR, C. GEO - um sistema de gerenciamento de base de dados orientado a objeto: estado atual de desenvolvimento e implementação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCOS DE DADOS, 6., 1991, Manaus. *Anais...* Manaus: Imprensa Universitária da FUA, 1991. p.193-207.

Recebido em xx.xx.20xx

Aprovado após revisão em xx.xx.20xx