

Modelos volumétricos para cultura de *Pinus taeda* na cidade de Lages

Volumetric models for culture of Pinus taeda in the city of Lages

Elifas Costa Silva¹, Marcos Felipe Nicoletti¹

¹Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Lages/SC

*Autor para correspondência: elifas.cs13@udesc.edu.br

RESUMO

No presente trabalho objetivou-se ajustar três modelos volumétricos para a espécie de *Pinus taeda* na cidade de Lages (SC), embora na literatura existam recomendações de diferentes modelos para a estimativa volumétrica em povoamentos de *Pinus* sp., há importância de testar modelos e prescrever equações, visto que cada povoamento apresenta diferentes características dendrométricas. Em uma unidade amostral foi realizado a coleta de diâmetro a 1,3m (DAP), e altura total (h) para 29 árvores com espaçamento de 2 x 2,5m, e idade de 14 anos, já sendo efetuado dois desbastes. Em seguida as árvores foram cubadas pelo método cubagem rigorosa de Smalian para a totalidade das respectivas árvores. Foram calculados os coeficientes de regressão bem como os critérios de seleção. Resultando em o SCHUMACHER-HAL ter sido o melhor modelo avaliado, com R²ajus (%) 97,53 e Syx (%) de 8,56 e melhor análise gráfica de dispersão dos resíduos.

Palavras-chave: Modelos. Volumétricos. Cubagem. Critérios de Seleção.

ABSTRACT

The present work aimed to adjust three volumetric models for the species of *Pinus taeda* in the city of Lages (SC). Although existing in the literature recommendations of different models for volumetric estimation in stands of *Pinus* sp., it is still important to test models and prescribe equations, since each stand has different dendrometric characteristics. In a sampling unit, a diameter of 1.3m (DBH) and total height (h) were collected for 29 trees with spacing of 2 x 2.5m, and aged 14 years, with two thinnings already being carried out. Then the trees were dimensioned by Smalian's rigorous cubing method for the totality of the respective trees. The regression coefficients were calculated, as well as the selection criteria. The findings indicated the SCHUMACHER-HAL as the best evaluated model,

Realização:



Apoio:



with R^2_{adjus} (%) 97.53 and S_{yx} (%) of 8.56, besides better graphic analysis of residual dispersion.

Keywords: Models. Volumetric. Cubing. Selection Criteria.

1 INTRODUÇÃO

Durante os anos de 2007 a 16, a produção de *Pinus* a nível nacional decresceu na ordem de -1,7% ao ano, o que significou ao final de 2016 redução 290mil hectares, sendo substituído por outras culturas como por exemplo o *Eucalyptus*. Fato impulsionado pelas demandas de indústrias do setor de papel e celulose, de Mato Grosso Do Sul e sul do Maranhão (ANUÁRIO ESTATÍSTICO ACR-2019). Diferente desta perspectiva, cenário de declínio nacional, para os estados da região Sul onde as condições edafoclimáticas são favoráveis e as demandas do setor para os produtos de base florestais de *Pinus* se concentram, a produção se estabilizou.

Santa Catarina destacando-se dos demais estados da região Sul registrou aumento progressivo na produção passando de 4,08 a 5,67 mil hectares de florestas plantadas de *Pinus*, no período compreendido entre 2007 a 16 (ANUÁRIO ESTATÍSTICO ACR-2019). Haja vista que as demandas para os produtos de base florestais da cadeia do *Pinus* aumentam e a produção a nível nacional diminui, para Santa Catarina torna-se um cenário otimista, propiciando avanços tecnológicos em toda cadeia produtiva.

Dada a importância deste setor produtivo faz-se necessário quantificar o estoque de madeira, e esta atividade pode ser otimizada com o emprego de equações volumétricas.

Neste trabalho objetivou-se ajustar três modelos volumétricos para a espécie de *Pinus taeda* na cidade de Lages (SC), embora na literatura existam recomendações de diferentes modelos para a estimativa volumétrica em povoamentos de *Pinus* sp., há importância em testar modelos e prescrever equações, visto que cada povoamento apresenta diferentes características dendrometrias, influenciadas por fatores como, procedência, tratamentos silviculturais e de manejo bem como variáveis edáficas e climáticas (SILVESTRE *et al.*, 2014).

2 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado na cidade de Lages, Estado de Santa Catarina (SC), Sul do Brasil, a cerca de 980 metros do nível do mar, (Latitude: 27°46'54 S, Longitude:

Realização:



Apoio:



50°16'52 W), De acordo com a Junta do Serviço Militar de Lages (2022), pela classificação de Köppen o clima da região é Cfb (clima mesotérmico subtropical úmido com verões frescos, sem estação seca e apresentando geadas severas), com temperatura média de 14,3°C. A precipitação média é de 162,7 mm. A região está inserida no domínio da Mata Atlântica apresentando como vegetação natural predominante Floresta Ombrófila Mista.

O solo do município de Lages é formado predominantemente por rochas sedimentares, com pequenas porções cobertas por rochas ígneas. Devido a origem dos materiais e do clima, os solos da região são ácidos, com teor de alumínio trocável de médio a alto, baixa saturação de bases e baixo teor de matéria orgânica. Quanto as classes de solo predominam os cambissolos e as terras brunas estruturadas (JUNTA DO SERVIÇO MILITAR DE LAGES, 2022).

Em uma unidade amostral foi realizado a coleta de diâmetro a 1,3m (DAP), e altura total (h) para 29 árvores de um povoamento com espaçamento de 2 x 2,5m, e idade de 14anos já sendo efetuado dois desbastes. Em seguida efetuou-se a cubagem rigorosa pelo método de Smalian para a totalidade das respectivas árvores.

A análise de dados foi efetuada por meio do software de análise de dados da *Microsoft*, Excel. Os dados de volume individual obtidos com a técnica de cubagem rigorosa de Smalian, serviram para o ajuste dos seguintes modelos: HUCH, SPURR e SCHUMACHER-HALL, como indicado na Tabela 1.

Tabela 1- Modelos de Volume.

Autores	Modelo matemático
HUSCH	$Ln v = b_0 + b_1 ln d$
SPURR	$v = b_0 + b_1 d^2 h$
SCHUMACHER-HALL	$Ln v = b_0 + b_1 ln d + b_2 ln h$

V = volume individual (m³); d = diâmetro medido na altura de 1,3 m (cm); h = altura total (m); Ln = logaritmo natural e b0, b1 e b2= coeficientes de regressão.

Nos modelos onde houve transformação logarítmica na varável dependente foi necessário recalcular o Fator de Meyer FM e bem como os critérios de seleção Coeficiente

Realização:



Apoio:



de determinação ajustado percentual R^2_{aj} . (%), Erro padrão da estimativa Sy_x , e erro padrão da estimativa percentual Sy_x (%) conforme proposto por SILVESTRE *et al.*, (2014). Nos modelos onde houve a transformação logarítmica na variável dependente também foi necessário recalculá-lo F calculado da Análise de Variância (ANOVA), onde será utilizado como critério de seleção para a validação do melhor modelo.

3 RESULTADOS

Após as análises de regressão e cálculo dos critérios de seleção Tabela 2, foi observado $R^2_{ajus\%}$ variando de 92,64 a 97,53 o que indica um alto grau na descrição da variável dependente Volume em relação a variável DAP e altura. Os valores de Erro padrão da estimativa Sy_x (%) também se mostraram aceitáveis variando de 8,56 a 23,73% para os modelos, sendo que estes indicam o quanto os valores estimados diferem dos valores observados.

Tabela 2- Coeficientes e estatísticas para os modelos de volume.

Autores	Modelo Matemático	Coeficientes de Regressão			Critérios de Seleção			F
		b_0	b_1	b_2	$R^2_{ajus\%}$	$Sy_x(m^3)$	$Sy_x\%$	
HUSCH	$Ln v = b_0 + b_1 Ln d$	-8,186656	2,342315817		92,64	0,099	23,73	187,0
SPURR	$v = b_0 + b_1 d 2h$	0,0092274	3,58356E-05		96,99	0,037	8,85	903,9
Sch.-HALL	$Ln v = b_0 + b_1 Ln d + b_2 Ln h$	-10,96582	1,9104241	1,3316652	97,53	0,036	8,56	1919,1

V = volume individual (m^3); d = diâmetro medido na altura de 1,3 m (cm); e h = altura total (m); Ln = logaritmo natural; b_0 , b_1 e b_2 = coeficientes de regressão; $R^2_{ajus\%}$ = R^2 ajustado %; Sy_x (m^3) = erro padrão da estimativa, $Sy_x\%$ = erro padrão da estimativa em %; F = F calculado da ANOVA.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Seguindo com a análise dos gráficos de dispersão dos resíduos percentuais figura 1, o gráfico que apresentou melhor distribuição com menos tendenciosidade foi o SCHUMACHER -HAL, análise gráfica compõe um dos quesitos de validação dos modelos, conforme descrito na Tabela 3.

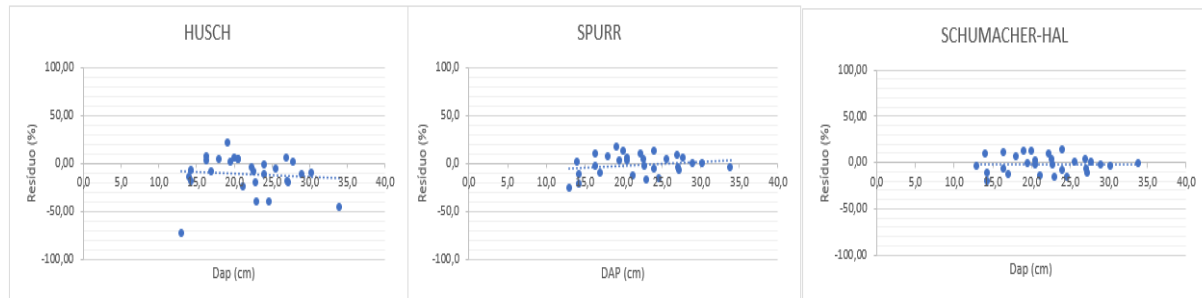
Realização:



Apoio:



Figura 1- Graficos de residuos percentual.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tomando como base os dados obtidos temos a descrição da metodologia desenvolvida, Método Dos Valores Ponderados para avaliar qual o melhor modelo. Em cada critério de seleção deve ser atribuído uma nota de 1 a 3, sendo 1 indicado como o melhor para o seguinte critério e 3 o pior. Valores de $R^2_{ajus.}$ (%) mais próximo de 100 tem nota 1, Syx e Syx (%) o menor valor tem nota 1, gráfico com melhor distribuição nota 1 e finalizando com F o maior valor nota 1.

Ao atribuir todas as notas soma-se os valores das linhas e ao final o menor valor ponderado (V_p) está atribuído ao melhor modelo.

Tabela 3- Validação do melhor modelo pelo método dos valores ponderados.

Autores	Modelo Matemático	$R^2_{ajus\%}$	$Syx(m^3)$	$Ssx\%$	Gráfico	F	V_p
HUSCH	$Ln v = b_0 + b_1 ln d$	3	3	3	3	3	15
SPURR	$v = b_0 + b_1 d 2h$	2	2	2	2	2	10
SCH. HALL	$Ln v = b_0 + b_1 ln d + b_2 ln h$	1	1	1	1	1	5

V = volume individual (m^3); d = diâmetro medido na altura de 1,3 m (cm); e h = altura total (m); Ln = logaritmo natural; b_0 , b_1 e b_2 = coeficientes de regressão; $R^2_{ajus\%}$ = R^2 ajustado %; Syx (m^3) = erro padrão da estimativa, $Syx\%$ = erro padrão da estimativa em %; F = F calculado da ANOVA; V_p = Soma dos valores ponderados.

Fonte: Elaborado pelos próprios autores.

4 DISCUSSÃO

De acordo com SILVESTRE *et al.* (2014) ao avaliar trinta modelos volumétricos para *Pinus taeda* no município de Lages observou $R^2_{ajus\%}$ variando de 98 a 99% e Syx (%) variando de 9,9 a 11,3%, parâmetros ideais para estimar a variável dependente volume.

Realização:



Apoio:



NICOLETTI *et al.* (2020) ao avaliar equações hipsométricas volumétricas e funções de afilamento para *Pinus spp*, no município de Correia Pinto (SC) encontra valores semelhantes de R^2_{ajus} (%) variando de 91,7 a 97,8%, e Syx (%) variando de 5,6 a 9,6%, sendo avaliado como melhor modelo o SPURR para as equações de volume.

DOS SANTOS *et al.* (2019) ao avaliar modelos de volume e afilamento para florestas de *Pinus taeda* na região Oeste de Santa Catarina definiu como melhor modelo SCHUMACHER- HAL, sendo observado R^2_{ajus} (%) de 98,6% e Syx (%) de 11,8%.

A prescrição de equações para estimar o volume de árvores com base no diâmetro e altura de maneira indireta constituem atribuições importantes para os profissionais técnicos em exercício na área florestal. Esta prática pode auxiliar na otimização dos processos relacionados a gestão dos povoamentos florestais, o emprego correto destas equações está condicionado a análise prévia, devido as características intrínsecas dos sítios.

5 CONCLUSÃO

Com base nos critérios de seleção houve um modelo que demonstrou superioridade em todos os quesitos, resultando em CHUMACHER-HAL, tendo maior capacidade de estimar o volume individual do fuste de uma árvore de *Pinus taeda* para o sítio em questão, com base no DAP e altura, a exemplo de R^2_{ajus} (%) 97,53 e Syx (%) de 8,56 e melhor análise gráfica de dispersão dos resíduos.

REFERÊNCIAS

DOS SANTOS, R. M. M. *et al.* Modelos de volume e afilamento para florestas de *Pinus taeda* L. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 4, n. 1, p. 35-42, 2019.

ACR-ASSOCIACAO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS. Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2019. 2019.

JUNTA DO SERVIÇO MILITAR DE LAGES. Condições climáticas e solos. Disponível em: <<http://juntadoservicomilitardelages.webnode.com.br/lages-sc/>>. Acesso em: 06/ Nov. 2022.

NICOLETTI, M. F. *et al.* Equações hipsométricas, volumétricas e funções de afilamento para *Pinus spp*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 4, p. 474-482, 2020.

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

Realização:



Apoio:

