

FATOR DE FORMA ARTIFICIAL DE *Pinus taeda* L. NA REGIÃO DO CENTRO-OESTE PARANAENSE

Carlos Alberto Martinelli de Souza

Engenheiro Florestal, Doutorando, Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal. UFSM. 97.119-900. Santa Maria. RS. Email: camartinelli5@hotmail.com

Débora Bortoli Sartori

Acadêmica do curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, RS. E-mail: debbiebs@hotmail.com

Anelise Severo Rocha

Acadêmica do curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, RS. E-mail: anelise@hotmail.com

Paulo Renato Schneider

Engenheiro Florestal, Dr., Prof. Titular do Departamento de Ciências Florestais. UFSM. 97.119-900. Santa Maria. RS. Email: paulors@smail.ufsm.br

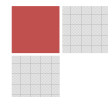
RESUMO

Este trabalho tem por objetivo estudar o fator de forma artificial de *Pinus taeda* L. em função de variáveis dendrométricas para a região de Telêmaco Borba, no Centro-Oeste Paranaense. Para isso, foram utilizados dados de 42 árvores selecionadas quanto ao diâmetro de área basal média. Na análise estatística das equações, foi selecionada a mais eficiente com base no critério de seleção do valor dos escores dos parâmetros estatísticos. Dentre as equações analisadas a que melhor se ajustou foi a expresso por:

$$f = 0,4113 - 0,0646 \frac{1}{d^2 h} + 0,1154 + \frac{1}{dh} - 1,0372 \frac{1}{d} + 0,8626 \frac{1}{h} = 0,6557 \frac{1}{d^2} ;$$

onde: d é o diâmetro a altura do peito e h é à altura total da árvore.

Palavras-chaves: modelos, fuste, volume.



ARTIFICIAL FORM FACTOR OF *Pinus taeda* L. FOR THE REGION CENTRAL-WEST OF PARANA (BRAZIL)

SUMMARY

This paper has as an objective to study the artificial form factor of the *Pinus Taeda* L. in function of the dendrometrical variables for the region of Telêmaco Borba, in the central-west of Paraná. For that, it was used information of 42 trees selected by the diameter of the average base area. In the statistic analysis of the models, it was selected the most efficient in base on the criteria of selection of Statistic Parameters Scores. Between the models analyzed the one that better adjusted was expressed by:

$$f = 0,4113 - 0,0646 \frac{1}{d^2 h} + 0,1154 + \frac{1}{dh} - 1,0372 \frac{1}{d} + 0,8626 \frac{1}{h} = 0,6557 \frac{1}{d^2} + \varepsilon t$$

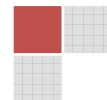
where: d is the diameter of the high of the chest and h is the total high of the tree.

Keywords: models, bole, volume.

INTRODUÇÃO

O *Pinus taeda* L. é natural das regiões leste e sudeste dos Estados Unidos em uma área de ocorrência extensa e descontínua, proporcionando o surgimento de vários ecótipos ou raças geográficas. A faixa de ocorrência está compreendida entre 28-39° Norte e 75-97° Sul. As altitudes variam entre 0 e 2.400 metros e a precipitação média anual, entre 900 e 2.200 milímetros. A temperatura anual situa-se entre 13 e 19 °C, a média das máximas do mês mais quente está entre 20 e 25 °C e a média das mínimas do mês mais frio, entre 4 e 18 °C (EMBRAPA, 1988).

Em um povoamento florestal implantado para fins comerciais, é altamente desejável que as árvores possuam certo padrão em relação a variáveis como altura, diâmetro e



volume. Silva (1977) considera o fator de forma a terceira variável indispensável na determinação volumétrica, juntamente com o diâmetro e a altura.

Segundo Campos & Leite (2002), o fator de forma é calculado pela razão entre o volume total (ou comercial) do fuste e o volume de um cilindro com diâmetro à 1,30 da árvore e altura igual à altura total desta.

Fatores genéricos como espécie, idade do povoamento, qualidade do sítio e densidade do povoamento podem ser de difícil comprovação e determinação. De mais fácil obtenção são os fatores mensuráveis como diâmetro, altura, tamanho da copa. Por isso, na prática o fator de forma é expresso em função dos fatores mensuráveis (Prodan et al., 1997).

Campos et al. (1984), com relação a esta mesma espécie, ao estudarem a variação da forma do tronco com a intensidade de desrama artificial e posição das árvores que sofreram este trato cultural, concluíram que não ocorre diferença na forma das árvores desramadas em diferentes níveis e nem entre as árvores situadas em diferentes posições sociológicas.

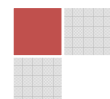
De acordo com Montagna et al. (1993), em *Pinus elliottii* var. *elliottii*, o fator de forma tem é crescente com o aumento da intensidade da desrama. Foi concluído ainda que o fator de forma sem casca foi mais afetado do que o com casca.

Segundo Fonseca (1979) citado por Montagna (1993), a desrama apresenta efeitos benéficos sobre a forma das árvores, tornando-as mais cilíndricas.

De acordo com o exposto acima, este trabalho teve como objetivo determinar o melhor modelo para determinação do fator de forma para a espécie *Pinus taeda* na região centro-leste do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

As árvores utilizadas para análise dos dados foram provenientes da empresa Klabin S.A. de talhões de *Pinus taeda* localizados na fazenda Monte Alegre, no município de Telêmaco Borba, pertencente à região Centro Sul e distante 250 km da capital do Estado do Paraná. Encontra-se entre a latitude 24°12'42'' Sul e longitude 50°33'26'', a uma altitude de 750 a 868 m.



O clima dessa região é Cfa/Cfb, subtropical úmido transicional, para temperado propriamente dito, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 16 °C, com ocorrência de geada, e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e a precipitação média anual, 1.490 mm, com excedente hídrico de 557 mm/ano, distribuído em todos os meses.

A cobertura vegetal primitiva da região era representada pelo contato estepe/floresta, sendo 51% formação florestal e 49% formação campo.

As árvores amostra abatidas foram escolhidas quanto ao diâmetro de área basal média (dg) e pela altura de Assmann, que leva em conta a altura média aritmética das 100 árvores mais grossas por hectare (Finger, 1992). No total foram abatidas 84 árvores diferenciadas entre si pelo talhão na qual se encontravam, havendo entre estas diferenças na idade e no espaçamento entre as árvores.

O seccionamento das amostras consistiu na retirada de fatias transversais ao fuste correspondentes às alturas de 0,10m, 0,30m, dap e a partir desta tomou-se a distância de 2 em 2 metros, ou em posições próximas a estas caso houvesse presença de nós.

Após cortadas, as secções foram transportadas para local adequado à sua secagem e posterior lixamento, obtendo-se com esse processo, melhor visualização dos anéis de crescimento para facilitar sua contagem e medição. A contagem dos anéis realizou-se no Laboratório de Crescimento e Produção Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, sendo utilizado o aparelho Lintab II conectado ao Software *TSAP Version 3.0* para sua medição.

Para ajuste das equações, somente as árvores médias foram utilizadas, perfazendo um total de 43 amostras. Foram testadas as equações apresentadas na Tabela 1.

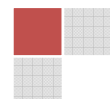


Tabela 1 – Modelos de equações testadas para obtenção do Fator de Forma com base nos dados obtidos pela análise de tronco.

Número	Equações de Fator de Forma
01	$f = b_0 + b_1 \frac{1}{d^2 h} + b_2 \frac{1}{h} + b_3 \frac{1}{d^2} + \varepsilon_i$
02	$f = b_0 + b_1 \frac{1}{d^2 h} + b_2 \frac{1}{dh} + b_3 \frac{1}{d} + b_4 \frac{1}{h} + b_5 \frac{1}{d^2} + \varepsilon_i$
03	$f = b_0 + b_1 \frac{1}{h} + b_2 \frac{h}{d} + b_3 \frac{h}{d^2} + \varepsilon_i$
04	$f = b_0 + b_1 \frac{d_{0,3}}{d^2} + b_2 \frac{h}{d^2} + \varepsilon_i$
05	$f = b_0 + b_1 \frac{d_{0,3}^2}{d^2} + b_2 \frac{h}{d^2} + \varepsilon_i$
06	$f = b_0 + b_1 \frac{d_{0,3}}{d^2} + b_2 \frac{h}{d^2} + b_3 \frac{1}{d} + \varepsilon_i$
07	$f = b_0 + b_1 \left(\frac{d_{0,5}}{d} \right)^2 + b_2 \left(\frac{d_{0,3}}{d} \right)^2 + \varepsilon_i$
08	$f = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + \varepsilon_i$

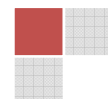
Sendo: d = diâmetro à altura do peito, em centímetros; h = altura total, em metros; $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ = coeficientes; $d_{0,i}$ = diâmetro relativo de Hohenadl, em centímetros; \log = logaritmo decimal.

O ajuste das equações foi realizado pelo programa de análise estatística SAS - Statistical Analysis System (1993), e a seleção da equação que apresentou melhor desempenho foi baseada na análise gráfica dos resíduos e nas estatísticas descritas abaixo:

Coefficiente de Determinação Ajustado (R^2_{Aj})

Utilizado na comparação de equações ajustadas com número de parâmetros diferentes. É desejável que possua um alto valor. É dado pela equação:

Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal é uma publicação semestral da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça - FAEF e Editora FAEF, mantidas pela Associação Cultural e Educacional de Garça - ACEG. Rua das Flores, 740 - Vila Labienópolis - CEP: 17400-000 - Garça/SP - Tel: (0**14) 3407-8000 - www.revista.inf.br - www.editorafaef.com.br - www.faeef.br.



$$R^2_{aj} = R^2 - \left[\frac{K-1}{N-K} \right] (1 - R^2);$$

em que: R^2_{aj} = Coeficiente de Determinação Ajustado; K = número de coeficientes da equação; N = número de observações.

Erro-Padrão da Estimativa (S_{yx})

Mede a dispersão dos dados estimados em relação aos dados observados. É selecionada então a equação que obteve o menor valor para S_{yx} . Esse parâmetro é obtido pela fórmula:

$$S_{yx} = \sqrt{QM_{res}};$$

em que: S_{yx} = erro padrão da estimativa; QM_{res} = Quadrado Médio do resíduo, obtido na análise da variância.

Coefficiente de Variação (CV%)

Avalia o tamanho do erro experimental. Quanto maior o coeficiente de variação, menor a precisão do experimento e menor sua qualidade. Esse coeficiente na forma percentual é obtido pela fórmula:

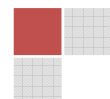
$$CV = \frac{S_{yx}}{y} \cdot 100;$$

em que: CV = Coeficiente de Variação em percentagem; S_{yx} = erro padrão da estimativa; y = média aritmética da variável dependente.

Valor de F

O valor de F calculado na análise da variância também foi utilizado como um dos parâmetros estatísticos na determinação do melhor modelo matemático. Por esse critério, quanto maior o valor de F, melhor o ajuste da equação.

A partir da análise das estatísticas procedeu-se a ordenação das equações segundo o maior ou menor grau de precisão, sendo atribuídos pesos de 1 a 8 de acordo com os resultados encontrados para cada equação. Foi considerada mais acurada aquela equação que resultou em menor somatório nas notas.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da análise dos valores das estatísticas das equações obtidas através dos modelos, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 2.

Todas equações tiveram valores para o coeficiente de variação (CV) abaixo de 10%, o que é satisfatório por esse valor ser considerado baixo. O mesmo ocorreu para o erro padrão das estimativas (S_{yx}). Em contrapartida, quando analisado o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), observou-se uma maior diferença entre as equações, com os valores se apresentando baixos, o que não é desejável

Tabela 2 - Estatística dos modelos de equações de fator de forma artificial de *Pinus taeda* L.

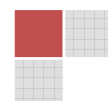
Eq.	Estatísticas dos Parâmetros									
	Coeficientes						$R^2_{aj.}$	S_{yx}	CV	F
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$				
1	0,5155	-0,00001	-0,0710	0,0005	-	-	0,001	0,0354	6,92	0,8 ^{NS}
2	0,4113	-0,0646	0,1154	-1,0372	0,8626	0,6557	0,088	0,0338	6,61	14,8 ^{**}
3	0,4977	-0,0083	0,0166	-0,0083	-	-	0,016	0,0351	6,87	5,0 ^{**}
4	0,5108	0,0129	-0,0004	-	-	-	0,003	0,0354	6,93	0,05 ^{NS}
5	0,4738	0,1199	-0,0021	-	-	-	0,040	0,0340	6,78	15,8 ^{**}
6	0,5130	0,2840	-0,0045	-0,1866	-	-	0,002	0,0354	6,93	0,5 ^{NS}
7	0,1509	0,6525	0,0235	-	-	-	0,006	0,0353	6,90	3,3 ^{NS}
8	0,4872	-0,0117	0,0312	-	-	-	0,018	0,0351	6,87	6,7 ^{**}

Onde: $R^2_{Aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; S_{xy} = erro-padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F da análise da variância; $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ = coeficientes.

^{NS} Não significativo em nível de 5% de significância pelo teste F

^{**} Significativo em nível de 5% de significância pelo teste F

As equações oriundas dos modelos 2, 3, 5 e 8 alcançaram os maiores valores de coeficiente de determinação ajustado, e também, os erros padrão das estimativa foram os menores. Em relação à precisão e qualidade dos modelos, avaliada pelo coeficiente de variação, novamente as equações 2, 3, 5 e 8 destacam-se apresentando os menores valores. Com isso,



a partir dos resultados destas estatísticas procedeu-se ao ranking entre as equações, sendo que aquela obtida a partir do modelo 2 foi a que recebeu as menores notas para as estatísticas, a exceção do valor de F, e por isso foi considerado a de melhor desempenho. Isto pode ser melhor observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos para equações de fator de forma

Escores dos parâmetros estatísticos					
Modelos	$R^2_{aj.}$	S_{yx}	CV	F	Valor Ponderado(VP)
1	8	8	6	6	28
2	1	1	1	2	5
3	4	4	4	4	15
4	6	7	8	8	29
5	2	2	2	1	7
6	7	6	7	7	27
7	5	5	5	5	20
8	3	3	3	3	13

Onde: $R^2_{aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro-padrão da estimativa; CV = coeficiente de variação; F = valor de F da análise da variância.

O fato de os coeficientes de determinação ajustados terem apresentado valores baixos pode ser explicado pelo fato de o fator de forma não ser uma variável que apresente boa correlação com o diâmetro e altura, isso pode ser comprovado pela Figura 1.

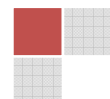
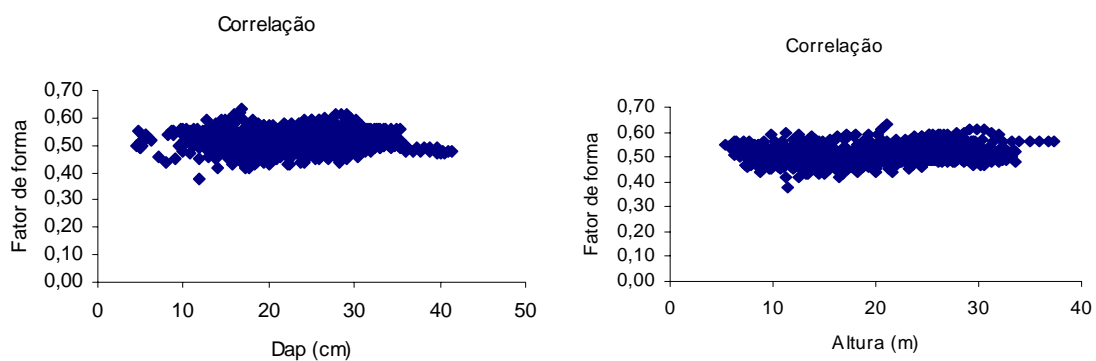
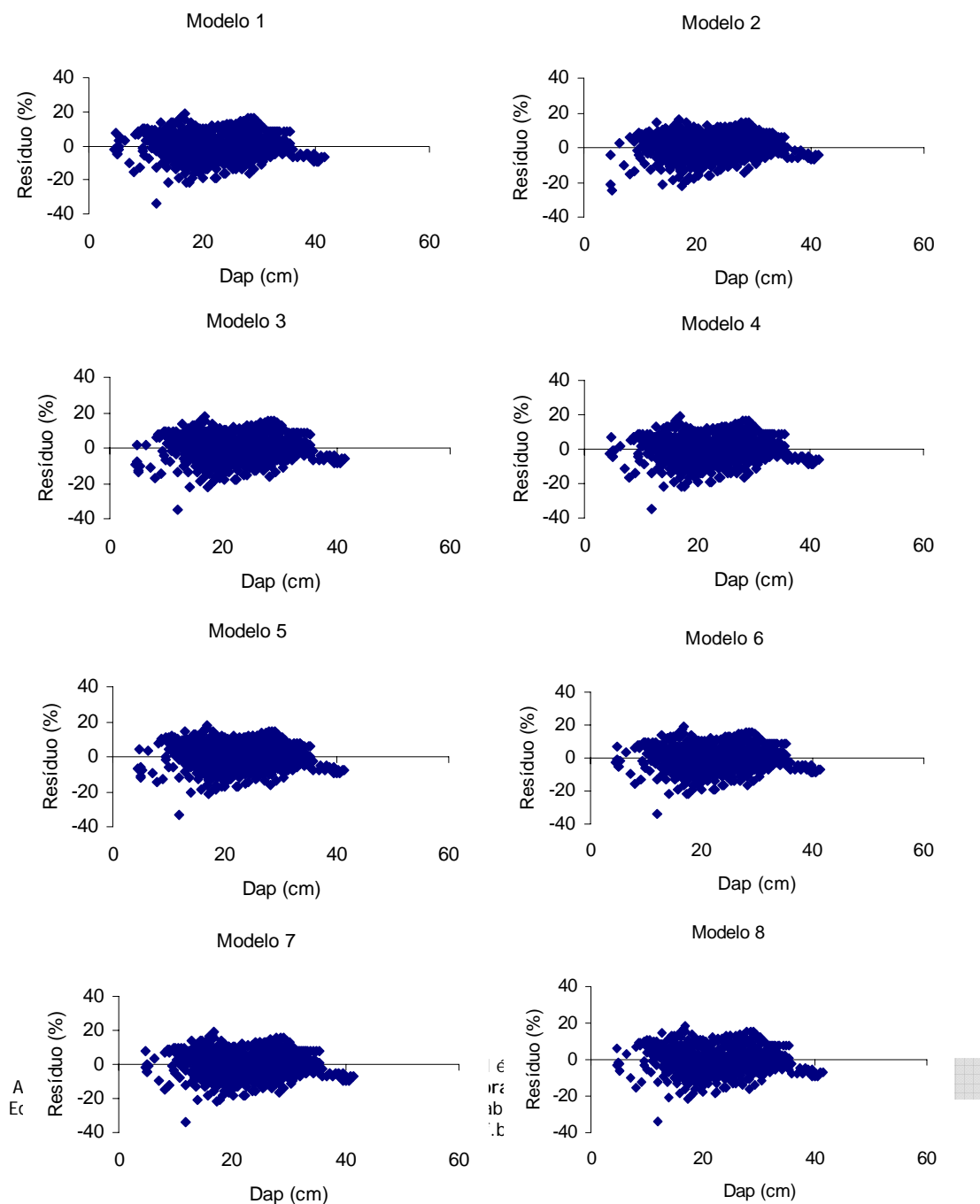


Figura 1 – Correlação entre o fator de forma e as variáveis independentes usadas nas equações.

No entanto, mesmo assim o fator de forma estimado pelas equações foram bons, isso pode ser comprovado pelos resíduos na Figura 2. Através desta figura, nota-se também a semelhança citada anteriormente entre as equações, sendo que, por apresentarem resíduos tão parecidos a análise dos resultados das estatísticas foi preponderante para a escolha da que teve melhor desempenho.



A
Ec

ε
r²
ab
.t



Figura 2 – Distribuição dos resíduos da estimativa do fator de forma em percentagem, em função do dap e altura.

CONCLUSÕES

A análise dos dados estatísticos permitiu concluir que para a área do presente estudo, a seguinte equação melhor descreve o fator de forma:

$$f = 0,4113 - 0,0646 \frac{1}{d^2 h} + 0,1154 + \frac{1}{dh} - 1,0372 \frac{1}{d} + 0,8626 \frac{1}{h} + 0,6557 \frac{1}{d^2}$$

onde, d é o diâmetro à altura do peito e h a altura total.

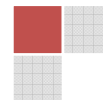
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H.G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas**. Viçosa: Editora UFV, 2002. v. 1. 407 p.

CAMPOS, W. de O. et alii. O efeito de três níveis de desrama sobre o crescimento volumétrico e forma do fuste em *Pinus taeda* Linn. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 5, NOVA PRATA, 1984. **ANAIS**, p. 397 – 408.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM, 1992. 269p.

MONTAGNA, R. G. et alii. Influência da desrama artificial sobre o crescimento e a densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Serie técnica IPEF**, Piracicaba, v.9, n.27, p.35-46, Ago. 1993.



PRODAN, M., PETERS, R., COX, F. **Mensuração florestal**. San José, Costa Rica : IICA, 1997. 586p.

SAS. **Statistical analysis system**: programa de computador, ambiente VM. Cary, 1993
Versão 6.08.

SILVA, J.A. **Biometria e estatística florestal**. Santa Maria : UFSM, 1977. 235p.

EMBRAPA. **Documentos: Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina, por Antonio Aparecido Carpanezzi e outros**. Curitiba: EMBRAPA – CNPF, n. 21, 1988. 113 p.

