

## CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO PARA LEUCENA [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit] NO AGRESTE DE PERNAMBUCO

SITE INDEX CURVES FOR LEUCAENA [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit] IN AGRESTE OF PERNAMBUCO

Emanuell Florencio Passos Martins<sup>1</sup> José Antonio Aleixo da Silva<sup>2</sup> Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira<sup>3</sup>  
Tadeu Jankovski<sup>4</sup> Cícero Carlos Ramos de Brito<sup>5</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi ajustar e comparar modelos de curvas de índice de sítio para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., variedade Hawaii (cv. K8), no Agreste de Pernambuco. Os dados foram obtidos na Estação Experimental da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), no município de Caruaru – PE, considerando-se 544 árvores, cultivadas com e sem composto orgânico, com 19 mensurações ao longo do tempo (1990-2003). Foram ajustados e comparados os modelos de Schumacher, Chapman-Richards, Silva-Bailey, Mitscherlich, Weibull e Clutter-Jones. Para a seleção das equações, utilizaram-se os índices de ajuste (IA), o erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$  %), a distribuição gráfica dos resíduos e o teste de identidade dos modelos. O modelo de Clutter-Jones apresentou o maior valor de IA nos dois tratamentos. Nos gráficos das distribuições residuais, os modelos não apresentaram tendências. No teste de identidade dos modelos de regressão, verificou-se não haver diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade. Por ser um modelo com o menor número de parâmetros entre os testados e por ser freqüentemente utilizado na Ciência Florestal, o modelo de Schumacher merece especial destaque em trabalhos de índice de sítio.

**Palavras-chave:** índice de sítio; leucena; modelos matemáticos.

### ABSTRACT

The main goal of this work was to set and compare site index curves for leucena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit] variety Hawaii (cv K8) in Agreste of Pernambuco. The data set came from Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), Experimental Station of Caruaru, in which 544 trees cultivated with and without organic compound were measured 19 times during the period of 1990 – 2003. The models of Schumacher, Chapman-Richards, Silva-Bailey, Mitscherlich, Weibull and Clutter-Jones were tested and compared. To select the best equations, the Index of Fit (IF), standard error of estimate ( $S_{yx}$  %), identity model test and the graphic of residuals distribution were used and results show that the model of Clutter-Jones provided a better IF for both treatments. The graphic of residual distribution did not show tendency among the models. The model identity test showed no differences among the models tested. As Schumacher's model has been used frequently in forestry and presented the smallest number of parameters, it deserves special focus in studies of site index.

**Keywords:** site index; leucena; mathematical models.

### INTRODUÇÃO

Um importante fator no crescimento de essências florestais, como a leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.), é a capacidade produtiva dos sítios em que essas essências se desenvolvem. Sítio é definido pelos ecologistas como uma unidade geográfica uniforme que se caracteriza por certa combinação estável

1. Engenheiro Agrônomo, MSc. em Ciência Florestal pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Irmã Maria David, nº 200, ap. 2301, Casa Forte, CEP 52.061-070, Recife (PE). emanuellpassos@ig.com.br
2. Engenheiro Agrônomo, Professor do Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos CEP 52.171-900, Recife (PE). jaaleixo@uol.com.br
3. Engenheiro Florestal, Professor do Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos CEP 52.171-900, Recife (PE). rinaldof@ufrpe.br
4. Engenheiro Florestal, Professor do Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos CEP 52.171-900, Recife (PE). tadeujan@yahoo.com.br
5. Matemático, Professor do CEFET, Av. Professor Cláudio Selva, 178, Dois Irmãos, CEP 52.171-260, Recife (PE). ciceroCarlosbrito@yahoo.com.br

Recebido para publicação em 11/05/2006 e aceito em 24/04/2007.

dos fatores presentes no meio e, em manejo florestal, como um fator de produção primário que tem por capacidade a produção de madeira ou produtos florestais (SCOLFORO, 1993). O índice de sítio é a medida do potencial da produtividade do sítio – a capacidade de uma área em desenvolver determinadas espécies (BRITISH COLUMBIA, 1999).

O índice de sítio, na área florestal, tem sido o método mais prático e difundido para classificação da produtividade, uma vez que utiliza a variável altura dominante, que é uma resposta aos fatores ambientais interrelacionados, podendo ser correlacionada com a produção volumétrica, sem sofrer influência significativa, quando comparado com outras variáveis da árvore, dos tratamentos silviculturais e da competição entre espécies (TONINI *et al.*, 2001). O presente trabalho tem por objetivo ajustar e comparar curvas de índice de sítio para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., no Agreste de Pernambuco.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Qualidade de sítio

Numa floresta, uma árvore é influenciada pelos fatores genéticos que estão em interação com o meio ambiente, o qual compreende os fatores climáticos, edáficos, topográfico e a competição com outros vegetais e animais. Todos esses fatores integrados expressam a qualidade do sítio. Assim, se as condições de crescimento são boas, o sítio é considerado bom e vice-versa (SELLE *et al.*, 1994).

A qualidade de sítio é um dos fatores mais importantes na determinação do crescimento das árvores e dos povoamentos florestais, assim como na determinação da produção local (MORA e MEZA, 2005). Em termos de manejo florestal, é definida como sendo o potencial de produção de madeira de local para uma particular espécie ou tipologia florestal (CLUTTER *et al.*, 1983). Segundo Tonini *et al.* (2001), a determinação da qualidade de sítio pode ser feita por métodos indiretos (vegetação baixa, fatores edáficos, climáticos, topográficos, relações interespecies e multifatorial), em que a capacidade produtiva é estimada a partir de atributos do sítio, e por métodos diretos (registros históricos, volume e altura), que medem a capacidade produtiva pelo crescimento da espécie ou floresta.

O indicador de sítio, geralmente aceito em todo o mundo, é a altura das árvores mais altas (dominantes) relacionada à idade. Há, conseqüentemente, uma relação próxima entre a altura e o incremento do volume (HEIBERG e WHITE, 1956). A altura média das árvores dominantes e/ou codominantes é, geralmente, aceita como o fator mais exato e facilmente mensurável da produtividade de madeira de uma área, pois possui uma relação muito próxima com a produção volumétrica (MACHADO, 1978). A maior parte dos métodos de avaliação da qualidade de sítio são baseados em medidas de alturas e envolvem o uso de curvas de índice de sítio.

### Funções de Índice de Sítio

Devido às árvores apresentarem taxas de crescimento diferenciadas ao longo do tempo, variando de acordo com o ambiente ou através de intervenções humanas, é possível construir os fundamentos matemáticos para estimar o crescimento das árvores em um determinado sítio. Essa descrição do crescimento pode ser feita, em geral, com uma função apropriada, empregando técnicas de regressão. Uma série de autores, entre eles, Spurr (1952), Burkhart e Tennent (1977), Clutter *et al.* (1983), Selle *et al.* (1994), Parresol e Vissage (1998) e Andenmatten e Letourneau (2000), afirmam que a altura das árvores dominantes é a melhor variável para caracterizar o sítio, o qual é representado pela altura alcançada pelo povoamento nas diferentes idades de seu desenvolvimento.

Para o estabelecimento da idade de referência, os pesquisadores Moser e Hall (1969), Burguer (1974), entre outros, recomendam o uso da idade de rotação ou uma idade próxima a esta. O ajuste dos dados de altura como função da idade tem sido obtido por uma grande variedade de modelos matemáticos, lineares e não-lineares, sendo que o desenvolvimento das funções tem sido freqüente na Ciência Florestal, como o que ocorreu na generalização de Chapman-Richards para o modelo de Von Bertalanffy e em trabalhos de Prodan (1968), dando um tratamento compreensivo de várias funções e leis de crescimento que já têm sido estudadas com referência à construção de curvas de índice de sítio.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área

O experimento foi instalado na Estação Experimental da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), no município de Caruaru, no Estado de Pernambuco, tendo as seguintes coordenadas geográficas: 08° 14' 18" de Latitude Sul; 38° 00' 00" de Longitude Oeste, encontrando-se em uma altitude de 537 m, sendo enquadrada pela classificação climática de Thornthwaite no tipo Dd'a' (semi-árido megatérmico), e o solo é classificado como associação Neossolo (EMBRAPA, 1999).

### Experimento e avaliação de modelos

Os tratamentos foram divididos em dois grupos: os que receberam adubação orgânica e os que não receberam, sendo utilizados para este trabalho 544 indivíduos remanescentes. Pesquisas anteriores de Meunier (1991), Souza (2003) e Santos Júnior (2005) constataram que o efeito do composto orgânico foi o que realmente influenciou o crescimento das mudas e das plantas até o quarto ano. Como no ajuste das equações de índice de sítio se usa a altura média das árvores dominantes por classe de idade, neste trabalho, optou-se por considerar as alturas médias das 144 árvores mais altas.

Os modelos analisados no presente estudo constam na Tabela 1, designados de acordo com diferentes autores (SCHUMACHER, 1939; SILVA, 1986; FEKEDULEGN *et al.*, 1999).

TABELA 1: Modelos matemáticos para construção das curvas de Índice de Sítio.

TABLE 1: Mathematical models for construct site index curves.

Modelo	Modelo original	Modelo guia
Schumacher	$HDOM = \beta_0 \cdot e^{\left(\frac{\beta_1}{I}\right)} \cdot \varepsilon_i$	$HDOM = S \cdot e^{\left(\frac{1}{I} - \frac{1}{I_b}\right)} \cdot \varepsilon_i$
Chapman-Richards	$HDOM = \beta_0 \cdot \left[1 - e^{-kI}\right]^{\beta_1} \cdot \varepsilon_i$	$HDOM = S \cdot \left(\frac{1 - e^{-k \cdot I}}{1 - e^{-k \cdot I_b}}\right)^{\left(\frac{1}{1-m}\right)} \cdot \varepsilon_i$
Silva-Bailey	$HDOM = \beta_0 \cdot e^{\beta_1 \cdot \beta_2^I} \cdot \varepsilon_i$	$HDOM = S \cdot e^{k(\theta^I - \theta^b)} \cdot \varepsilon_i$
Mitscherlich	$HDOM = \beta_0 - \beta_1 \cdot \beta_2^I \cdot \varepsilon_i$	$HDOM = S - \beta \left(k^I - k^{I_b}\right) \cdot \varepsilon_i$
Weibull	$HDOM = \beta_0 - \beta_1 \cdot e^{\beta_2 \cdot I^{\beta_3}} \cdot \varepsilon_i$	$HDOM = S - \left[\beta \cdot e^{-k \cdot I^m} - \beta \cdot e^{-k \cdot I_b^m}\right] \cdot \varepsilon_i$
Clutter-Jones	$HDOM = \beta_0 \cdot \left[1 + \beta_1 \cdot I^{\beta_2}\right]^{\beta_3} \cdot \varepsilon_i$	$HDOM = S \cdot \left(\frac{1 + \beta \cdot I^k}{1 + \beta \cdot I_b^k}\right)^{\frac{1}{\theta}} \cdot \varepsilon_i$

Em que: HDOM = altura dominante; S = índice de sítio na idade base;  $\beta_1$ , k,  $\theta$  e m = parâmetros dos modelos; I = idade do indivíduo no momento da medição da altura;  $I_b$  = idade de referência (48 meses);  $\varepsilon_i$  = erro aleatório.

Após a definição dos coeficientes dos modelos de índice de sítio, foram geradas as curvas de índice de sítio anamórficas. Para tanto, foram estimados os valores da assíntota  $\beta_0$ , cobrindo os índices de sítio de 3 a 7 metros, com intervalo de 1 metro, na idade de referência de 48 meses.

Para a seleção dos melhores modelos matemáticos na construção das curvas de índice de sítio, foram considerados: o índice de ajuste, a distribuição gráfica dos resíduos e o teste de identidade dos modelos. O Índice de ajuste (IA%), usado para a escolha da melhor equação, foi obtido da seguinte forma (SCHALAEGL, 1981):

$$IA\% = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \right] \cdot 100$$

Em que: IA% = Índice de ajuste em percentagem;  $Y_i$  = Valor observado (real);  $\hat{Y}_i$  = Valor estimado pela equação de regressão;  $\bar{Y}$  = Média dos valores observados.

Para o cálculo da análise da distribuição gráfica residual, os resíduos foram obtidos pela expressão:

$$E_i = \left( \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right) \cdot 100$$

Em que:  $E_i$  = resíduo da  $i$ -ésima observação;  $Y_i$  = altura dominante observada;  $\hat{Y}_i$  = altura dominante estimada.

O erro padrão da estimativa percentual ( $S_{yx}$  %) foi obtido através da fórmula (SCHNEIDER, 1998):

$$S_{yx} \% = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-1}} \cdot \frac{100}{\bar{Y}}$$

Em que:  $S_{yx}$  % = erro padrão da estimativa em percentagem;  $\bar{Y}$  = média aritmética da variável dependente;  $\hat{Y}_i$  = estimativa de  $Y$  obtido pelo modelo;  $Y_i$  = valor observado.

Após os ajustes dos modelos, foi aplicado o teste de identidade de modelos de regressão, conforme Regazi (1996), a fim de avaliar a existência ou não de diferenças significativas entre os modelos ao longo do tempo. Após a análise dos gráficos das curvas de índice de sítio, verificou-se que algumas equações apresentaram curvas semelhantes. Em tal procedimento, fez-se a comparação dos modelos entre si, dois a dois, dentro de cada grupo, nos diferentes tratamentos, através da comparação do F calculado com o F tabelado ao nível de 5% de significância. O F calculado foi obtido através da seguinte equação:

$$F_{\text{calc}} = \frac{SQR_{1,2} - (SQR_1 + SQR_2)}{\text{Max}\{p_1, p_2\} \cdot (SQR_1 + SQR_2) \cdot (n_1 + n_2 - p_1 - p_2)}$$

Em que:  $SQR_1$  = soma dos quadrados dos resíduos do modelo 1;  $SQR_2$  = soma dos quadrados dos resíduos do modelo 2;  $SQR_{1,2}$  = soma dos quadrados dos resíduos dos modelos 1 e 2 em conjunto;  $p_1$  = número de parâmetros do modelo 1;  $p_2$  = número de parâmetros do modelo 2;  $n_1$  = número de observações do modelo 1;  $n_2$  = número de observações do modelo 2;  $\text{Max}\{p_1, p_2\}$  = máximo entre  $p_1$  e  $p_2$ , ou seja, o maior valor dos dois modelos testados.

O método de análise numérica usado para se obter as estimativas dos parâmetros dos modelos foi o Simplex (Silva *et al.*, 2005). Foi utilizada a análise de regressão não-linear através do programa computacional SYSTAT 10 (Versão DEMO).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os valores das estimativas dos parâmetros de todas as equações para os dois tratamentos, observa-se que a equação de Clutter-Jones obteve os melhores resultados de índice de ajuste, sendo seguida pelos modelos de Schumacher e Weibull. Já em relação ao erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$  %), notam-se melhores resultados para os modelos de Schumacher e Weibull (Tabela 2).

TABELA 2: Estimativas dos parâmetros dos modelos testados com respectivos índices de ajuste (IA) e erro padrão da estimativa (EPE) para cada tratamento aplicado a *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no Agreste de Pernambuco.TABLE 2: Parameters estimates of models with respective index of fit and standard error of estimative for each treatment applied to *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. in Agreste of Pernambuco.

Tratamento		Equações	IA (%)	EPE (%)
Sem composto orgânico	Schumacher	$HDOM = 6,403 \cdot e^{(-10,236/T)}$	91,7	9,95
	Chapman-Richards	$HDOM = 5,8332 \cdot [1 - e^{-0,0510 \cdot I}]^{1,0445}$	90,4	12,10
	Silva-Bailey	$HDOM = 5,4358 \cdot e^{-2,4583 \cdot (0,9058^I)}$	88,8	14,01
	Mitscherlich	$HDOM = 5,7350 - 6,1340 \cdot 0,9055^I$	90,6	11,83
	Weibull	$HDOM = -0,0640 + 7,2339 \cdot e^{-6,8661 \cdot I^{-0,7883}}$	92,0	10,11
	Clutter-Jones	$HDOM = 7,8015 \cdot [1 - 1,2976 \cdot I^{-0,6030}]^{3,1027}$	92,0	14,12
Com composto orgânico	Schumacher	$HDOM = 6,514 \cdot e^{(-9,437/T)}$	93,0	9,99
	Chapman-Richards	$HDOM = 5,6580 \cdot [1 - e^{-0,0767 \cdot I}]^{1,3377}$	90,8	12,92
	Silva-Bailey	$HDOM = 5,4224 \cdot e^{-2,8633 \cdot (0,8812^I)}$	89,7	14,04
	Mitscherlich	$HDOM = 5,6792 - 6,5135 \cdot 0,9315^I$	91,2	12,43
	Weibull	$HDOM = -0,0068 + 6,646 \cdot e^{-8,5702 \cdot I^{-0,9484}}$	93,0	10,61
	Clutter-Jones	$HDOM = 7,1779 \cdot [1 - 1,5898 \cdot I^{-0,7134}]^{2,8110}$	93,1	10,49

Verifica-se que, para todos os modelos utilizados, nos tratamentos sem composto orgânico, os coeficientes de  $\beta_0$  apresentaram resultados que traduzem o valor assintótico que teoricamente a leucena atingirá, variando de 5,44 m no modelo de Silva-Bailey até 7,80 m para o modelo de Clutter-Jones. Entretanto, para o modelo de Weibull, encontrou-se  $\beta_0 = -0,06402$ , resposta esta incoerente, pois não existe altura negativa. Mas, por outro lado, tal coeficiente não se mostrou significativo, podendo ser retirado do modelo sem perda significativa de precisão, conforme foi realizado neste trabalho, ficando o modelo na forma a seguir:

$$HDOM = \beta_1 \cdot e^{-\beta_2 \cdot I^{\beta_3}}$$

Realizando-se um novo ajuste, o resultado foi o seguinte:

$$HDOM = 7,11307 \cdot e^{-7,21214 \cdot I^{-0,80508}} \quad \text{com IA} = 92,04\% \text{ e } S_{yx} \% = 10,11$$

Neste caso, a perda de precisão ocorreu em termos de milésimos, sendo reduzida de 92,044 para 92,043.

Para os tratamentos com composto orgânico, tal resposta foi parecida para o modelo de Weibull apresentando  $\beta_0 = -0,0068$ , sendo o coeficiente retirado do modelo por ser não-significativo e pelo fato de a perda de precisão também ter sido muito pequena. Realizando-se um novo ajuste, o resultado foi o seguinte:

$$HDOM = 6,6535 \cdot e^{-8,6203 \cdot I^{-0,9504}} \quad \text{com IA} = 93,0\% \text{ e } S_{yx} \% = 10,61$$

A análise gráfica dos resíduos (Figuras 1 e 2) mostrou que o ajuste dos modelos, ao longo de toda a

amplitude dos dados observados para os tratamentos, não apresentou tendenciosidade.

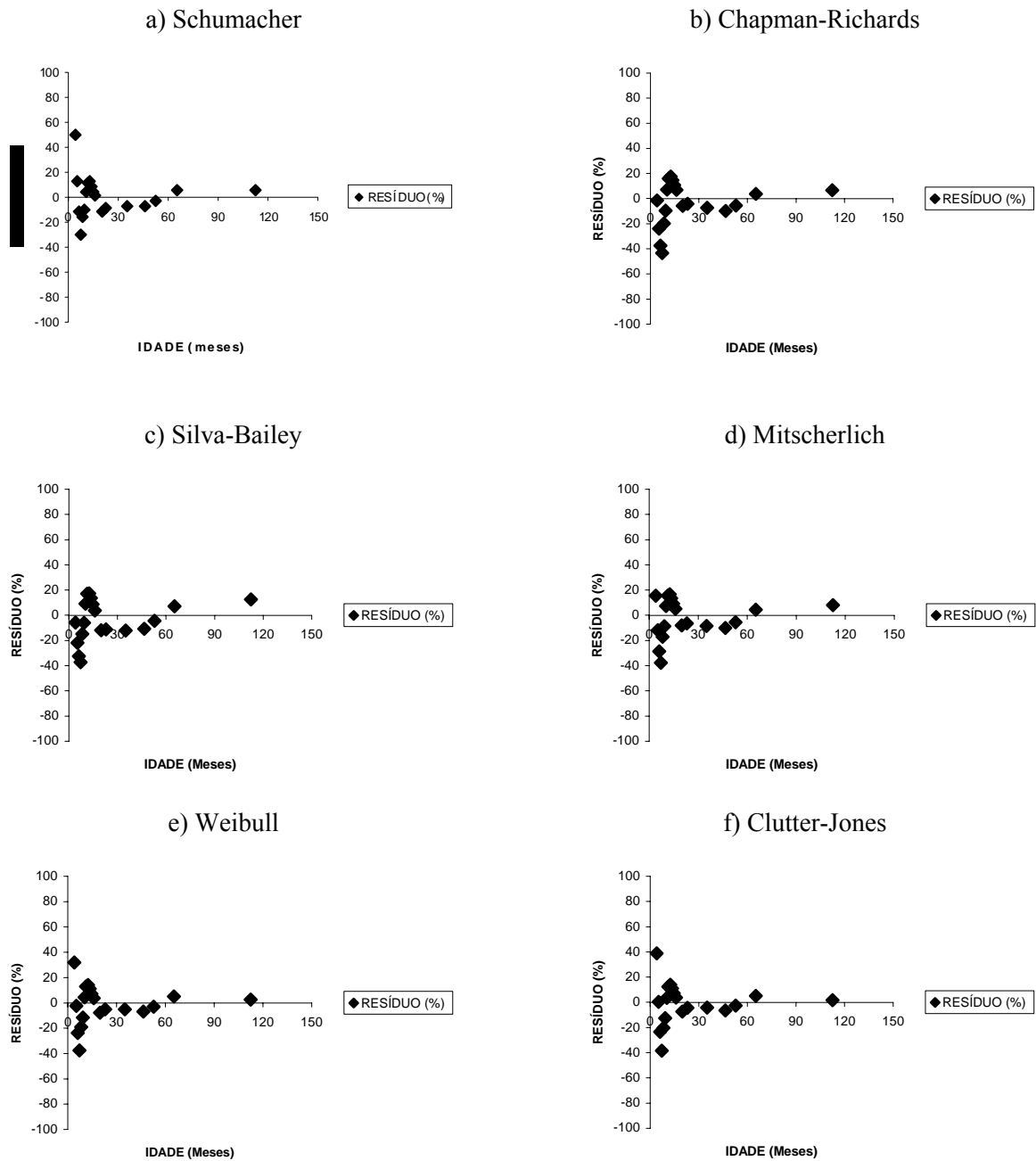


FIGURA 1: Distribuição gráfica dos resíduos para os modelos testados para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, nos tratamentos sem composto orgânico, no Agreste de Pernambuco.

FIGURE 1: Graphic of the residuals distribution for tested models for *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit for treatment without organic compound.

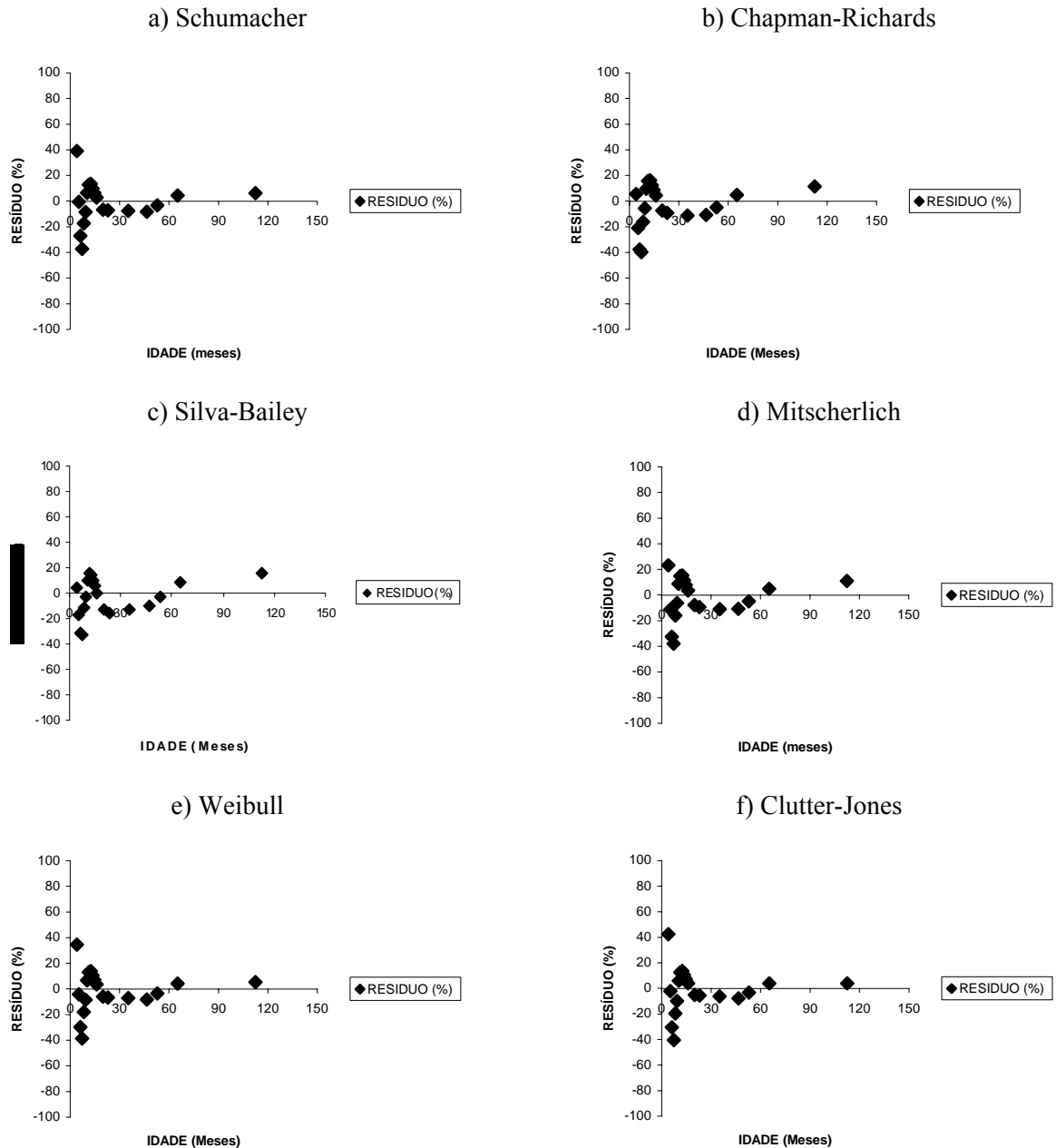


FIGURA 2: Distribuição gráfica dos resíduos para os modelos testados para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, nos tratamentos com composto orgânico, no Agreste de Pernambuco.

FIGURE 2: Graphic of the residuals distribution for tested models for *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit for treatment with organic compound.

### Construção das curvas

Para a construção de curvas de índice de sítio, utilizaram-se as seguintes equações (Tabela 3).

Após a obtenção das equações, construíram-se as curvas de índice de sítio que apresentaram um conjunto de 5 curvas de índice de sítio de 3 a 7 metros, tomados na idade de referência de 48 meses.

TABELA 3: Modelos ajustados para a construção das curvas de índice de sítio para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no Agreste de Pernambuco.

TABLE 3: Ajusted models for construction site index curves for *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. in Agreste of Pernambuco.

Modelos	Modelos ajustados	
	Tratamentos sem composto	Tratamentos com composto
Schumacher	$HDOM = S \cdot EXP (-10,236 \cdot (1/IDADE) - 1/48)$	$HDOM = S \cdot EXP (-9,437 \cdot (1/IDADE-1/48))$
Chapman-Richards	$HDOM = S \cdot \left[ \frac{1-e^{-0,0510 \cdot IDADE}}{1-e^{-0,0510 \cdot 48}} \right]^{1,0445}$	$HDOM = S \cdot \left[ \frac{1-e^{-0,0767 \cdot IDADE}}{1-e^{-0,0767 \cdot 48}} \right]^{1,3377}$
Silva-Bailey	$HDOM = S \cdot e^{-2,4583 (0,905^{IDADE} - 0,905^{48})}$	$HDOM = S \cdot e^{-2,8633 (0,8812^{IDADE} - 0,8812^{48})}$
Mitscherlich	$HDOM = S - 6,1340 \cdot (0,9455^{IDADE} - 0,9455^{48})$	$HDOM = S - 6,5135 \cdot (0,9315^{IDADE} - 0,9315^{48})$
Weibull	$HDOM = S \cdot e^{-7,2121(IDADE^{-0,8050} - 48^{-0,8050})}$	$HDOM = S \cdot e^{-8,6203(IDADE^{-0,9504} - 48^{-0,9504})}$
Clutter-Jones	$HDOM = S \cdot \left[ \frac{1-1,2976 \cdot IDADE^{-0,6030}}{1-1,2976 \cdot 48^{-0,6030}} \right]^{3,1027}$	$HDOM = S \cdot \left[ \frac{1-1,5898 \cdot IDADE^{-0,7134}}{1-1,5898 \cdot 48^{-0,7134}} \right]^{2,8110}$

As curvas construídas para os tratamentos sem composto orgânico e com composto orgânico podem ser observadas nas Figuras 3 e 4.

Comparando-se os resultados dos modelos utilizados, as curvas geradas apresentam padrões semelhantes, existindo uma pequena diferença quanto ao nível de desenvolvimento observado nas curvas de índice de sítio com a ausência ou a presença de composto orgânico com a utilização do modelo de Mitscherlich (Figuras 3 (d) e 4 (d)). Essas curvas apresentam o crescimento inicial um pouco abaixo das demais curvas, significando que as alturas dominantes estão aquém dos valores reais estimados pelas outras equações.

Em relação à diferença dos tratamentos, as curvas mostram o mesmo padrão de desenvolvimento da leucena na estação experimental, não havendo, portanto, diferenças significativas entre eles.

Após a análise gráfica das curvas de índice de sítio, verificou-se que alguns modelos apresentaram curvas semelhantes. Desse modo, os gráficos foram divididos em dois grupos, de acordo com tais semelhanças, a fim de se verificar a existência ou não de diferença significativa através do teste de identidade dos modelos de regressão. O primeiro grupo apresenta os modelos de Schumacher, Chapman-Richards, Silva-Bailey e Clutter-Jones, e o segundo grupo, os modelos de Mitscherlich e Weibull para os dois tratamentos. Em todas as curvas dos modelos ajustados nos tratamentos com composto e sem composto orgânico, para os dois grupos, não houve diferença significativa através do teste F ao nível de 5% de probabilidade. Portanto, através deste procedimento, qualquer modelo pode ser usado para a construção de curvas de índice de sítio de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., no Agreste de Pernambuco.



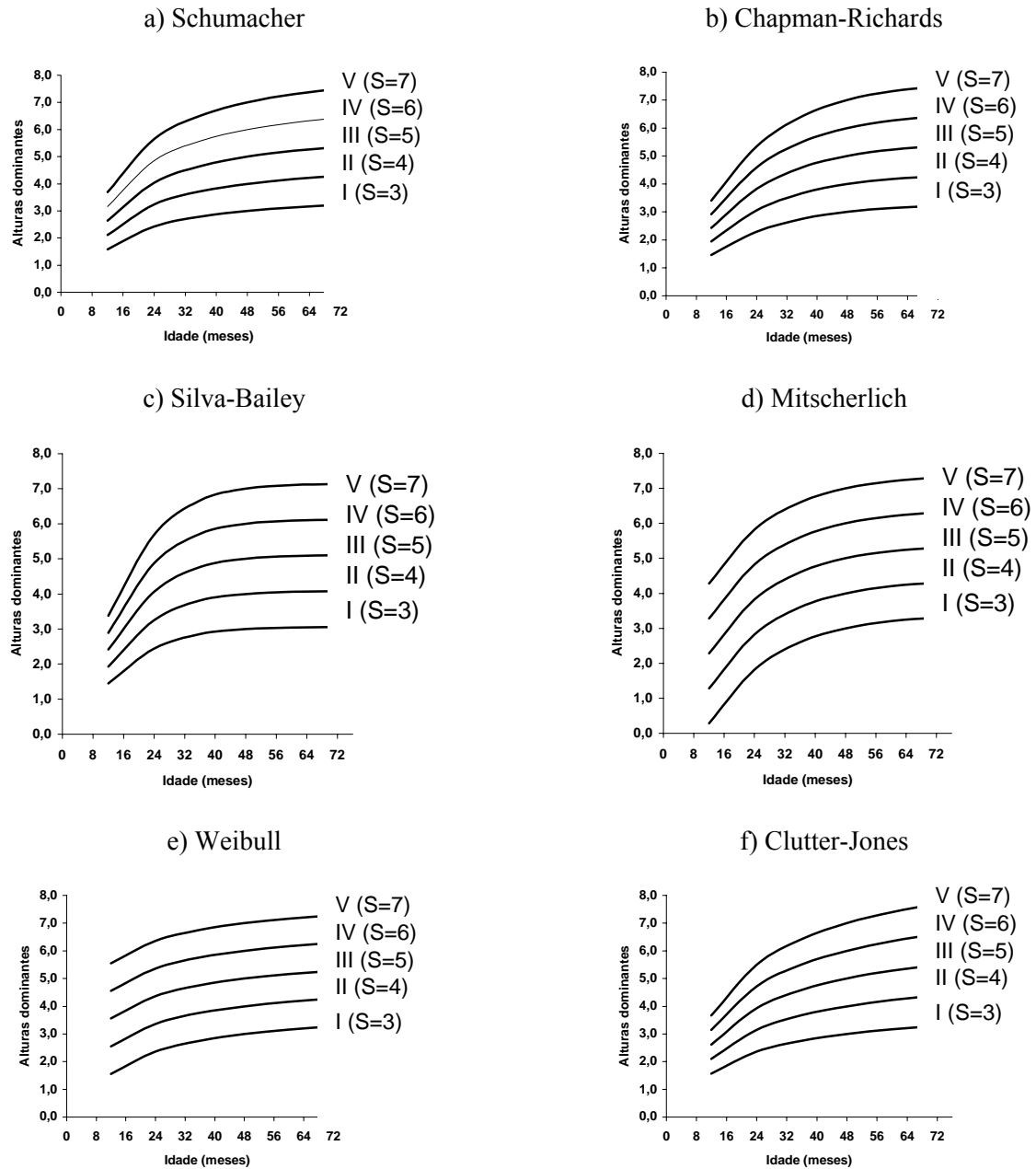


FIGURA 3: Curvas de índice de sítio para os modelos testados para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. nos tratamentos sem composto orgânico, no Agreste de Pernambuco.

FIGURE 3: Site index curves for tested models for *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. in treatments without organic compound in Agreste of Pernambuco.

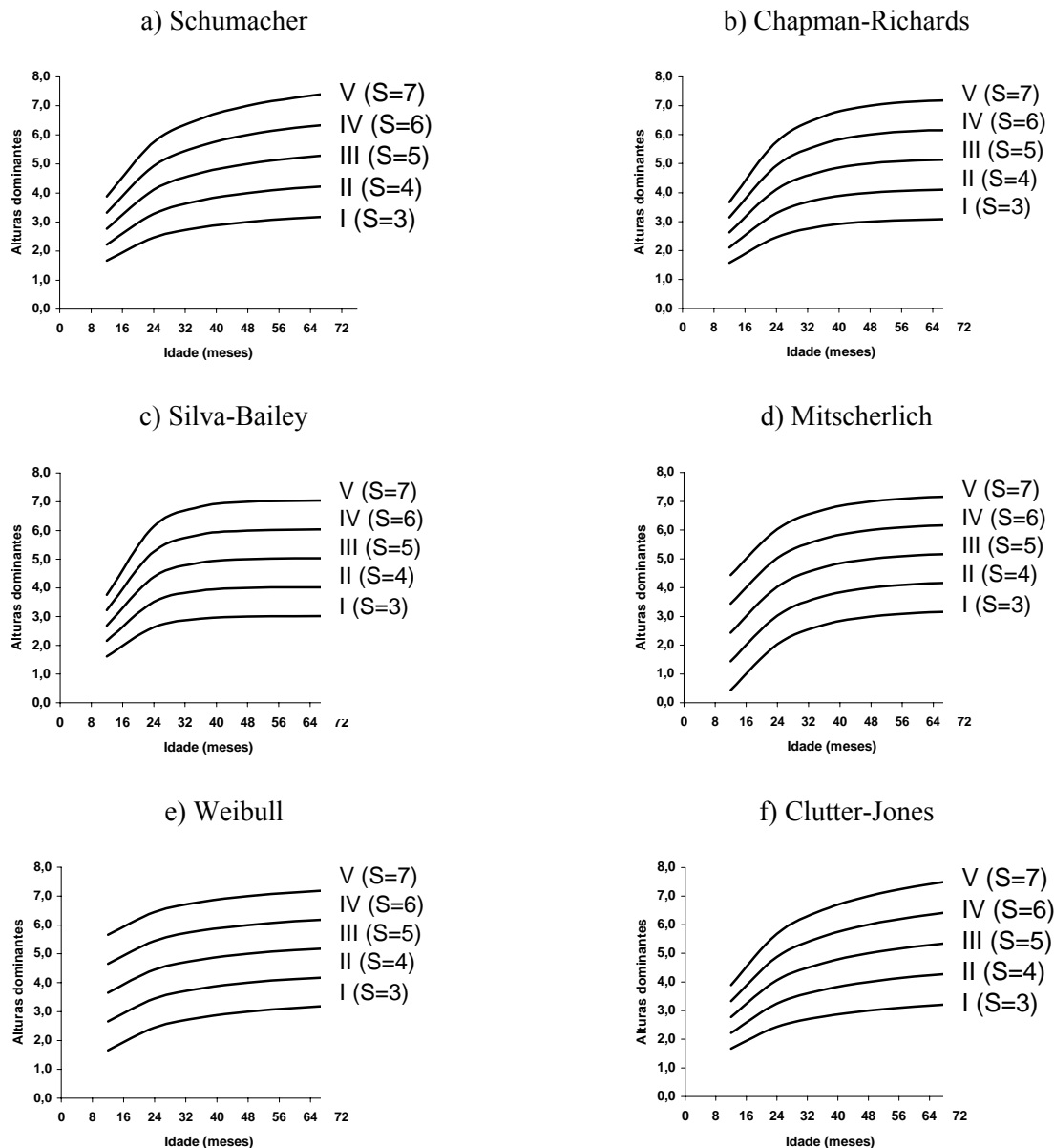


FIGURA 4: Curvas de índice de sítio para os modelos testados para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. nos tratamentos com composto orgânico, no Agreste de Pernambuco.

FIGURE 4: Site index curves for tested models for *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. in treatments with organic compound in Agreste of Pernambuco.

## CONCLUSÕES

Em termos de valores absolutos para o Índice de Ajuste, a equação de Clutter-Jones foi a que apresentou valores mais altos para os dois tratamentos considerados, indicando a ausência ou a presença de composto orgânico. O modelo de Schumacher apresentou os melhores resultados em relação ao erro padrão da estimativa nos dois tratamentos. Através do teste de identidade de modelos de regressão, constatou-se não haver diferença ao nível de 5% de significância entre os modelos nos tratamentos sem composto orgânico e com composto orgânico para os dois grupos. A partir disso, pode-se concluir que qualquer uma das duas equações resultantes pode ser usada para construir curvas de Índice de Sítio, para *leucena*, no Agreste de Pernambuco.

As análises gráficas residuais também não mostram tendências. Contudo, devido a seu emprego, ao longo do tempo, ter sido satisfatório, por possuir o menor número de parâmetros entre os modelos testados e

por ser um modelo não-linear intrinsecamente linear, o modelo proposto por Schumacher (1939) destacou-se entre os testados. Isto vem confirmar a vasta aplicabilidade que tal modelo tem tido ao longo dos anos no setor florestal.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDENMATTEN, E.; LETOURNEAU, F. **Curvas de índice de sitio y crecimiento en altura, para Pino Oregon (*Pseudotsuga menziesii* (Mill) Franco), de aplicación en la región Andino Patagónica de Chubut y Río Negro, Argentina.** Bariloche : Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2000. 10p. (Comunicación Técnica ; n. 9)
- HOW to determine site index in silviculture:** participant's workbook. Victoria, British Columbia : B. C. Ministry of Forests, 1999. 75p.
- BURGER, D. **Ordenamento florestal I.** Curitiba: UFPR, 1974. 224p.
- BURKHART, H. E.; TENNENT, R. B. Site index equations for Radiata pine in New Zealand. **Forestry Science**, Bethesda, n. 7, p. 408-416, 1977.
- CLUTTER, J. L.; FORTSON, J.C; PIENAAR, L.V. *et al.* **Timber management: a quantitative approach.** New York: John Wiley & Sons, 1983. 333p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 1. ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 421p.
- FEKEDULEGN, D.; SIURTAİN, M.; COLBERT, J.J. Parameter estimation of nonlinear growth models in forestry. **Silva Fennica**, Helsinki, v. 33, n. 4, p. 327-336, 1999.
- HEIBERG, S. O.; WHITE, D. P. A site evaluation concept. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 57, n. 1, p. 7-10, 1956.
- MACHADO, S. A. **Studies in growth and yield estimation for *Pinus taeda* L. plantations in the State of Paraná – Brazil.** 1978. 170f. Thesis (Doctor of Philosophy) – University of Washington, 1978.
- MEUNIER, I. M. J. **Crescimento de mudas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. em função do uso do composto de resíduo urbano, adubação fosfatada e inoculação com *Rhizobium loti*.** 1991. 110f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1991.
- MORA, F.; MEZA, V. **Curvas de índice de sitio para Teca (*Tectona grandis* Linn.) en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica.** Heredia: Instituto de Investigación y Servicios Forestales Universidad Nacional, 2005. p. 1-26.
- MOSER, J. W.; HALL, O. F. Deriving growth and yield functions for uneven-aged forest stands. **Forest Science**, Bethesda, v. 15, p. 183-188, 1969.
- PARRESOL, B. R.; VISSAGE, J. S. **White Pine Site Index for the Southern Forest Survey.** United States Department of Agriculture, Forest Service, 1998. p 1-2.
- PRODAN, M. **Forest biometrics.** London : Pergamon Press, 1968. 447p.
- REGAZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 1-17, 1996.
- SANTOS JÚNIOR, R. C. B. **Modelagem matemática na estimativa de crescimento em altura de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit), no Agreste de Pernambuco.** 2005. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005.
- SCHLAEGEL, B. E. Testing, reporting, and using biomass estimation models. In: SOUTHERN FOREST BIOMASS WORKSHOP. **Proceedings...** 1981. p. 95-112.
- SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal.** 2.ed. Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1998. 236p.
- SCHUMACHER, F. X. A new growth curve and its applications to timber-yield studies. **Journal Forestry**, Bethesda, v. 37, p. 819-820, 1939.
- SCOLFORO, J. R. **Mensuração florestal 4: avaliação da produtividade florestal através da classificação de sítio.** Lavras: ESAL / FAEPE, 1993. 138p.
- SELLE, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C.A.G. Classificação de sítio para *Pinus taeda* L., através da altura dominante, para a região de Camará do Sul, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.4, n.1, p. 77-95, 1994. Disponível em: <www.ufsm.com.br > Acesso em: 20 ago. 2005.

SILVA, J. A. A. **Dynamics of stand structure in fertilized slash pine plantations**. 1986. 133f. Thesis (Doctor of Philosophy) - University of Georgia, 1986.

SILVA, R. A.; BORSATO, D.; SILVA, R.S.F. **Método Simplex supermodificado como estratégia de otimização para respostas combinadas em sistemas alimentares**. Disponível em: <<http://www.scielo.br>> Acesso em: 07 set. 2005.

SOUZA, C. M. **Avaliação do crescimento em altura de leucena *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., no Agreste de Pernambuco, por meio da análise de medidas repetidas**. 2003. 123f. Dissertação (Mestrado em Biometria) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2003.

SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York : The Ronald Press Company, 1952. 476p.

TONINI, H; FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P. R. *et al.* Crescimento em altura de *Pinus elliottii* Engelm., na região de Piratini no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31,

n. 3, p. 417-423, 2001. Disponível em: <[www.ufsm.com.br](http://www.ufsm.com.br)> Acesso em: 12 set. 2004.