

COMPARAÇÃO DE DOIS MODELOS DE PROGNOSE DE MADEIRA DE *Eucalyptus* PARA ALTO FUSTE E TALHADIA

HILTON THADEU ZARATE DO COUTO
ESALQ/USP – Depto. De Ciências Florestais
13400 – Piracicaba – SP

NELSON LUIZ MAGALHÃES BASTOS
JEANICOLAU SIMONE LACERDA
Cia. Suzano de Papel e Celulose
08600 – Suzano – SP

ABSTRACT – Two growth models for wood volume prediction were tested for eucalypt plantations in the state of São Paulo, Brazil. The plantation forests were classified in first and second rotation (coppicing): the forest in the first rotation was planted in a place where previously there was an old growth eucalypt plantation with low volume production. The new forest was planted with improved genetically rootstock and new technology. The model presented by CLUTTER et alii (1983) and developed by BENNETT (1970) was the one that showed lower average error (predicted minus observed values) for future volume estimation. For coppicing the average error (percentual) was 0.55% and for first rotation, 0.68%. The model that used simultaneous linear equations showed for second rotation (coppicing) an average error of 14.25% and for first rotation, -3.65%.

RESUMO – Dois modelos de prognose de produção volumétrica de madeira foram testados para espécies do gênero *Eucalyptus* plantados no estado de São Paulo. As plantações foram divididas em alto fuste e talhadia, dependendo do regime de manejo que se encontrava na época de coleta de dados. Os povoamentos em alto fuste foram reformados, ou seja, o plantio antigo foi substituído por outro com material genético de melhor qualidade e novas técnicas de implantação. O modelo apresentado por CLUTTER et alii (1983) e proposto por BENNETT (1970) foi o que apresentou menor erro (valores estimados – valores observados) médio para estimar volume futuro. Para a talhadia (ciclo 1) o erro percentual médio foi de 0,55% e para alto fuste (ciclo 2), 0,68%. O modelo das equações lineares simultâneas apresentou para talhadia um erro percentual médio de 14,25% e para alto fuste, -3,65%.

INTRODUÇÃO

Uma das características mais importantes das espécies do gênero *Eucalyptus* como produtora de madeira é a sua capacidade de brotação. Com isso, os povoamentos dessas espécies podem ser explorados em duas, três ou até quatro rotações sem necessidade de uma nova implantação, diminuindo assim os custos da madeira em pé quando se considera a produção nas sucessivas rotações.

O manejo florestal apresenta muitas similaridades com o processo de produção industrial. Nas duas atividades determinadas entradas nos processos ocasionam saídas e, conseqüentemente lucro ou prejuízo para uma empresa. As decisões sobre os níveis de

entradas, a época e intensidade de intervenções e outras modificações no processo requerem previsões exatas das saídas. No caso do manejo florestal essas previsões são feitas através de modelos de produção (ou tabelas de rendimento) representados por funções matemáticas mostrando o volume (ou massa) esperado de madeira por unidade de área em função de características mensuráveis do povoamento (idade, qualidade do sítio e densidade do povoamento). A qualidade do sítio geralmente é expressa pelo índice do sítio e a densidade pela área basal. (CLUTTER et alii, 1983).

O uso dessas estimativas de previsão volumétrica quando acompanhadas de análise econômica gera informações para tomada de decisões referentes à idade ótima de corte, níveis de densidade de plantio, fertilizações minerais, reforma, etc.

Um aspecto muito importante no manejo florestal é a relação entre o volume em crescimento e o volume existente, pois deve existir um equilíbrio entre a produção e o estoque para assegurar o máximo retorno do capital investido, Em outras palavras, deve-se intervir na florestal (através de cortes rasos ou desbaste) de modo que o potencial disponível para crescimento seja totalmente utilizado.

A fisiologia do crescimento do gênero **Eucalyptus** varia de espécie para espécie, entre ciclos e rotações dentro de cada ciclo.

Baseada nisto, a Pesquisa Florestal no Brasil tem desempenhado papel importante no aumento da produtividade dos plantios através do melhoramento genético e desenvolvimento de técnicas de implantação, manejo e utilização de madeira. Portanto, é importante a estimativa de produção futura para diferentes condições do povoamento florestal (espécie, grau de melhoramento, tipo de manejo, etc.).

O primeiro modelo de prognose de madeira de **Eucalyptus** desenvolvido no Brasil, apresenta como entradas no modelo altura média das árvores dominantes e a idade para a determinação do índice de sítio, além do número de árvores por hectare como medida de densidade (HEINSDJIK et alii, 1965).

FERREIRA (1978) apresenta o modelo das equações lineares simultâneas para estimativa de produção de primeira e Segunda rotação, e COUTO & BASTOS (1986) testaram modelos para **Eucalyptus** em Segunda rotação.

Um sistema de prognose de madeira para **Eucalyptus grandis** na África do Sul para áreas com e sem desbastes foi desenvolvido por BREDENKAMP (1984).

COETZEE (1986) trabalhando também com **E. grandis** desenvolveu um sistema de prognose para áreas sem desbastes em Segunda rotação e sítios pobres, não abrangidos pelo modelo de BREDENKAMP (1977).

O objetivo deste trabalho foi comparar dois modelos, um proposto por FERREIRA (1978) e outro apresentado por CLUTTER et alii (1983) para estimar a produção volumétrica futura de madeira em povoamentos de eucaliptos em dois ciclos diferentes. No primeiro ciclo todos os dados obtidos foram coletados em povoamentos mantidos sob Segunda rotação e no segundo ciclo as florestas estavam em primeira rotação, ou seja, são informações provenientes de talhões reformados.

CARACTERÍSTICAS DOS DADOS UTILIZADOS

Os dados das parcelas permanentes foram coletados em duas regiões distintas pertencentes à Cia. Suzano de Papel e Celulose no Estado de São Paulo. Essas regiões identificadas como região Leste e Oeste são caracterizadas por COUTO & BASTOS (1986).

Na Tabela 1 são mostradas as frequências dos dados utilizados por idade e classe de índice de sítio para o ciclo 1 (segunda rotação) e para o ciclo 2 (primeira rotação de reforma). São dados coletados em 647 lotes (considera-se lote como a unidade mínima de manejo) para o ciclo 1 e 279 lotes para o ciclo 2.

A caracterização dos dados também foi realizada através da distribuição dos lotes por faixa etária e classes de área basal apresentada nas Tabelas 2 e 3, respectivamente para o primeiro e segundo ciclos.

TABELA 1 – Distribuição dos dados utilizados para o estudo de funções de produção, por ciclo, para *Eucalyptus*, nos dois ciclos.

Ciclo	Classe I.S. ^{m*}	Faixa etária (em anos)							Total
		2	3	4	5	6	7	8	
1	10 a 15	0	0	0	3	6	0	0	9
	15 a 20	0	14	34	23	13	1	0	85
	20 a 25	0	67	126	88	33	17	8	339
	25 a 30	4	40	60	38	35	24	5	206
	acima de 30	2	2	2	2	0	0	0	8
	Total	6	123	222	154	87	42	13	647
2	20 a 25	0	18	16	11	5	0	0	50
	25 a 30	1	83	56	31	8	0	0	179
	acima de 30	0	26	12	11	1	0	0	50
	Total	1	127	84	53	14	0	0	279
Total		1	127	84	53	14	0	0	279

* Classe de índice de sítio (M.): altura média das árvores dominantes na idade de 7 anos.

TABELA 2 – Frequência das amostras tomadas por faixa etária e classes de área basal, para o ciclo 1, em plantações de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo.

Ciclo Classe I.S. m*	Faixa etária (em anos)							Total
	2	3	4	5	6	7	8	
04 a 06	0	6	2	1	1	0	0	10
06 a 08	1	19	9	3	0	0	0	32
08 a 10	2	21	34	12	5	0	0	74
10 a 12	1	24	35	9	4	0	0	73
12 a 14	2	24	31	15	3	0	0	75
14 a 16	0	15	32	30	13	2	1	93
16 a 18	0	10	35	24	12	3	2	86
18 a 20	0	3	26	19	6	8	2	64
20 a 22	0	1	10	20	10	4	1	46
22 a 24	0	0	3	11	12	6	1	33
24 a 26	0	0	4	7	8	6	1	26
26 a 28	0	0	1	1	5	4	2	13
28 a 30	0	0	0	2	7	5	2	16
acima de 30	0	0	0	0	1	4	1	6
Total	6	123	222	154	87	42	13	647

TABELA 3 – Frequência das amostras tomadas por faixa etária e classes de área basal, para o ciclo 2, em plantações de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo.

Classe Área Basal (m ² /ha)	Faixa Etária (em anos)					Total
	2	3	4	5	6	
10 a 12	0	10	1	0	0	11
12 a 14	1	24	3	0	0	28
14 a 16	0	38	10	1	1	50
16 a 18	0	22	23	5	0	50
18 a 20	0	24	17	9	0	50
20 a 22	0	6	12	16	5	39
22 a 24	0	2	9	8	3	22
24 a 26	0	1	5	6	1	13
26 a 28	0	0	3	1	2	6
28 a 30	0	0	0	3	1	4
Acima de 30	0	0	1	4	1	6
Total	1	127	84	53	14	279

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SÍTIO

O crescimento e a produção de um povoamento puro e equiâneo de uma essência florestal são determinados por quatro fatores principais:

.idade;

- .capacidade produtiva da área;
- .adaptabilidade da espécie nas suas diferentes formas e estágios de vida;
- .tratos culturais (fertilização, controle de pragas, doenças, ervas daninhas, desbrota).

A capacidade produtiva da área se refere à qualidade do sitio e é expressa pelo índice de sitio.

Para muitas espécies florestais as áreas com boa qualidade de sitio são aquelas onde as taxas de crescimento em altura são altas. Em outras palavras, para essas espécies o potencial de produção volumétrica é positivamente correlacionado com o crescimento em altura. A utilidade prática dessa correlação se resume no fato de que o modo de desenvolvimento em altura das maiores árvores em um povoamento equiâneo é pouco afetado pela densidade do povoamento (expressa pelo número de árvores ou área basal por hectare) e cortes intermediários (desbastes) exceto aqueles que retiram as maiores árvores (pelo alto). (CLUTTER et alii, 1983).

O método mais usado para avaliação da qualidade do sitio envolve o uso de curvas de índice de sitio. Um conjunto de curvas de índice de sitio associa à cada classe de qualidade um número, índice ou curva. O método mais Comum de expressar a capacidade do sitio de suportar uma produtividade específica é a altura média das árvores dominante numa idade padrão de referência. Essa idade, chamada de idade base ou idade índice, é comumente selecionada próxima à média ou na idade de corte.

Em geral as rotações para as espécies de **Eucalyptus** plantadas no Brasil para produção de celulose e papel estão ao redor de 7 anos, daí a utilização dessa idade como base.

São vários os modelos de curvas de índice de sitio encontrados na literatura (BATISTA & COUTO, 1986).

No presente estudo procurou-se por modelos lineares simples. O modelo mais usado é aquele proposto por SCHUMACHER (1939).

Existem dois métodos principais para estimativa dos parâmetros desse modelo: o método da curva guia e o método da equação das diferenças.

O método da curva guia é usado para gerar equações anamórficas, e consiste em traçar matematicamente uma curva a partir da qual se obtém uma família de curvas, relacionando altura média das árvores dominantes com a idade .

O modelo apresenta a seguinte forma:

$$MHDOM_i = a_i e^{bI^{-1}}, \quad \text{onde}$$

MHDOM_i = altura média das árvores dominantes em metros na idade I, na i-ésima curva.

I = idade do povoamento

a_i = constante associada com a i-ésima curva

b = constante com o mesmo valor para todas as curvas

Esse modelo pode ser logaritimizado e normalmente usado da seguinte forma:

$$\ln(MHDOM_i) = \ln(A_i) + B_i^{-1}$$

O índice de sitio é então obtido através da seguinte forma:

$$\ln(I.S.) = \ln(MHDOM) - b(I^{-1} - IB^{-1}), \text{ onde:}$$

I.S. = índice de sitio, ou seja, altura média das árvores dominantes na idade IB (idade base ou idade índice)

O método para gerar funções de índice de sitio através da equação das diferenças requer parcelas permanentes ou análise de tronco pois há necessidade de se ter pares de dados de uma mesma parcela ou árvore para o cálculo dos parâmetros. Esse procedimento é bastante flexível e pode ser usado para produzir famílias de curvas anamórficas e polimórficas. Se parcelas ou árvores são remeidas (MHDOM e idade) pode-se obter duas funções:

$$\ln(MHDOM1) = a + b I1^{-1}, \text{ e}$$

$$\ln(MHDOM2) = a + b I2^{-1}, \text{ onde}$$

MHDOM e MHDOM2 = alturas medidas na 1ª e 2ª ocasiões e
I1 e I2 = idades do povoamento nas ocasiões 1 e 2.

Através da diferença entre as duas funções obtém-se :

$$\ln(MHDOM2) - \ln(MHDOM1) = b(I2^{-1} - I1^{-1})$$

A estimativa de b é simples e feita através de método dos quadrados mínimos sem a intersecção.

A forma da equação de índice de sitio será:

$$\ln(I.S.) = \ln(MHDOM1) + b(IB^{-1} - I^{-1})$$

MODELOS DE FUNÇÕES DE PRODUÇÃO

Foram comparados dois modelos de funções de produção:

- . equações lineares simultâneas (FERREIRA, 1978);
- . equações de predição da densidade (BENNETT, 1970) .

As equações lineares simultâneas consistem em uma família de curvas relacionando volume em idades sucessivas. Cada função linear simples estima volume na idade I em função do volume observado ou estimado na idade (I-i).

Partindo da suposição de que a produção futura estimada está relacionada com a estimativa futura da densidade expressa como área basal, BENNETT (1970) propôs a seguinte equação para estimar a área basal futura:

$$\ln(AB2) = \left[\frac{I1}{I2}\right] \ln(AB1) + b \left[1 - \frac{I1}{I2}\right] \text{ onde}$$

I1 = idade atual da floresta

I2 = idade futura (projetada)
AB 1 = área basal atual
AB2 = área basal estimada na idade futura

Para a estimativa volumétrica conhecendo-se AB2 e I2, além do índice de sítio, BENNETT (1970) apresentou a seguinte função:

$$\ln v_2 = a + b(i/I.S.) + c(i/I_2) + d \ln(AB_2)$$

onde:
V2 = volume na idade projetada

GERAÇÃO DOS MODELOS DE ÍNDICE DE SÍTIO

Com os dados armazenados em banco de dados contendo as informações por lote e ciclo, para as variáveis idade e MHDOM geraram-se as seguintes funções de índice de sítio por ciclo, através do método da curva guia:

Ciclo 1: $\ln(\text{MHDOM}) = 3.462774 - 2.430173 * (1/I)$
($R^2 = 0.5227$; $F = 1123.64^{**}$)

Ciclo 2: $\ln(\text{MHDOM}) = 3.623534 - 2.241472 * (1/I)$
($R^2 = 0.7079$; $F = 1054.13^{**}$)

onde:

* = multiplicação

R^2 = coeficiente de determinação

F = valor do teste F (análise de variância)

** = grau de significância a 1% de probabilidade (altamente significativo)

I = idade em anos

MHDOM = altura média das árvores dominantes (m)

ln = logaritmo neperiano

Nota-se que o modelo da curva guia ajustou com alta significância os dados observados, hora o valor do coeficiente de determinação para o ciclo 1 tenha sido inferior ao verificado no ciclo 2. A uniformidade dos povoamentos mais novos implantados com material genético melhorado e técnicas modernas de preparo do solo, fertilização, controle de ervas daninhas, etc., é refletida na maior homogeneidade dos dados trabalhados.

A segunda rotação que está no ciclo 1 apresenta maior heterogeneidade pela baixa domesticação das espécies plantadas, técnicas ainda incipientes de implantação florestal, além de maior variabilidade inerente à segunda rotação.

O mesmo banco de dados forneceu as informações para geração dos modelos de índice de sítio através do método das equações das diferenças. Entretanto, só foram considerados para análise da regressão lotes que foram medidos em no mínimo dois anos sucessivos, de modo a gerar as diferenças.

As funções de índice de sítio geradas através desse método para cada ciclo foram:

Ciclo 1: $\ln(I.S.) = \ln(MHDOM) + 2.707854 * (1/I-1/7)$
 $R^2 = 0.8494; F = 3964.34^{**}$

Ciclo 2: $\ln(I.S.) = \ln(MHDOM) + 2.349884 * (1/I-1/7)$
 $R^2 = 0.9084; F = 2767.17^{**}$

onde:

I.S. = índice de sítio (expresso em altura média das árvores dominantes na idade base igual a 7 anos).

Comparou-se posteriormente a precisão dos dois métodos para estimar índice de sítio. Foram calculados os erros médios, mínimos e máximos para os dois métodos nos dois ciclos, e os resultados são apresentados na Tabela 4.

Os erros médios para os dois ciclos considerados foram inferiores a 1 metro. O modelo da equação das diferenças apresentou um melhor ajuste para os dois ciclos. As representações gráficas dos dois modelos de curvas de índice de sítio para os dois ciclos são representados nas Figuras 1 e 2.

TABELA 4 – Erros, erros absolutos e percentuais médios, mínimos e máximos para estimativa de índice de sítio pelos métodos de curva guia e equações das diferenças para os dois ciclos de *Eucalyptus*.

CICLO 1

Tipo de erro	Métodos					
	Curva guia			Equações das diferenças		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Erro	0.410	-3.440	4.996	0.126	-3.998	4.719
Erro absoluto	0.936	0.006	4.996	0.926	0.000	4.719
Erro percentual	1.569	-17.157	17.671	0.340	-17.976	16.633

CICLO 2

Tipo de erro	Métodos					
	Curva guia			Equações das diferenças		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Erro	0.288	-3.723	3.558	0.113	-3.968	3.406
Erro absoluto	1.029	0.012	3.723	1.033	0.007	3.968
Erro percentual	0.990	-14.250	11.560	0.355	-15.052	10.609

ERRO = valor observado – valor estimado pelos modelos

FIGURA 1 – Curvas de índice de sítio para *Eucalyptus* – 1º Ciclo – Talhadia

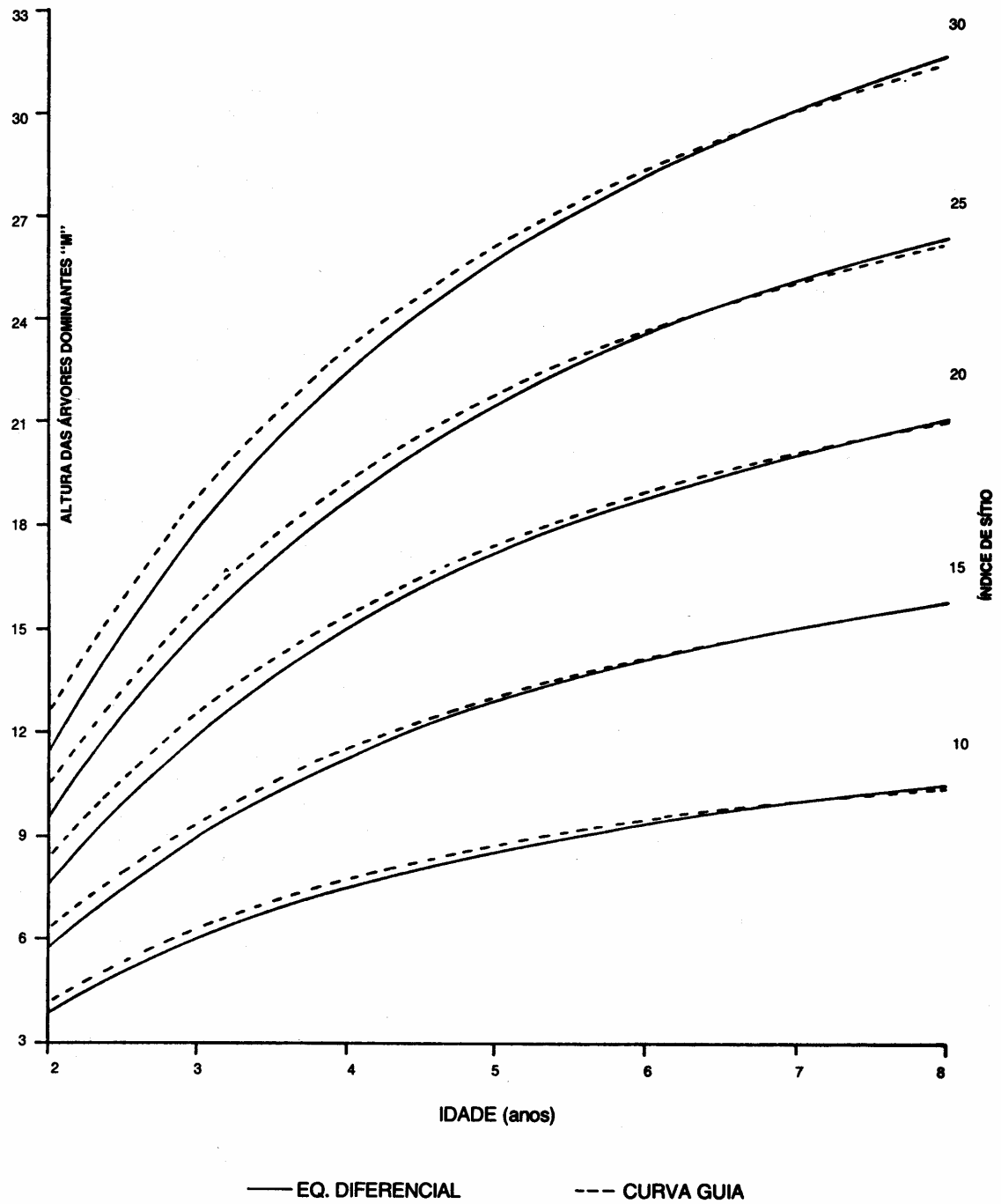
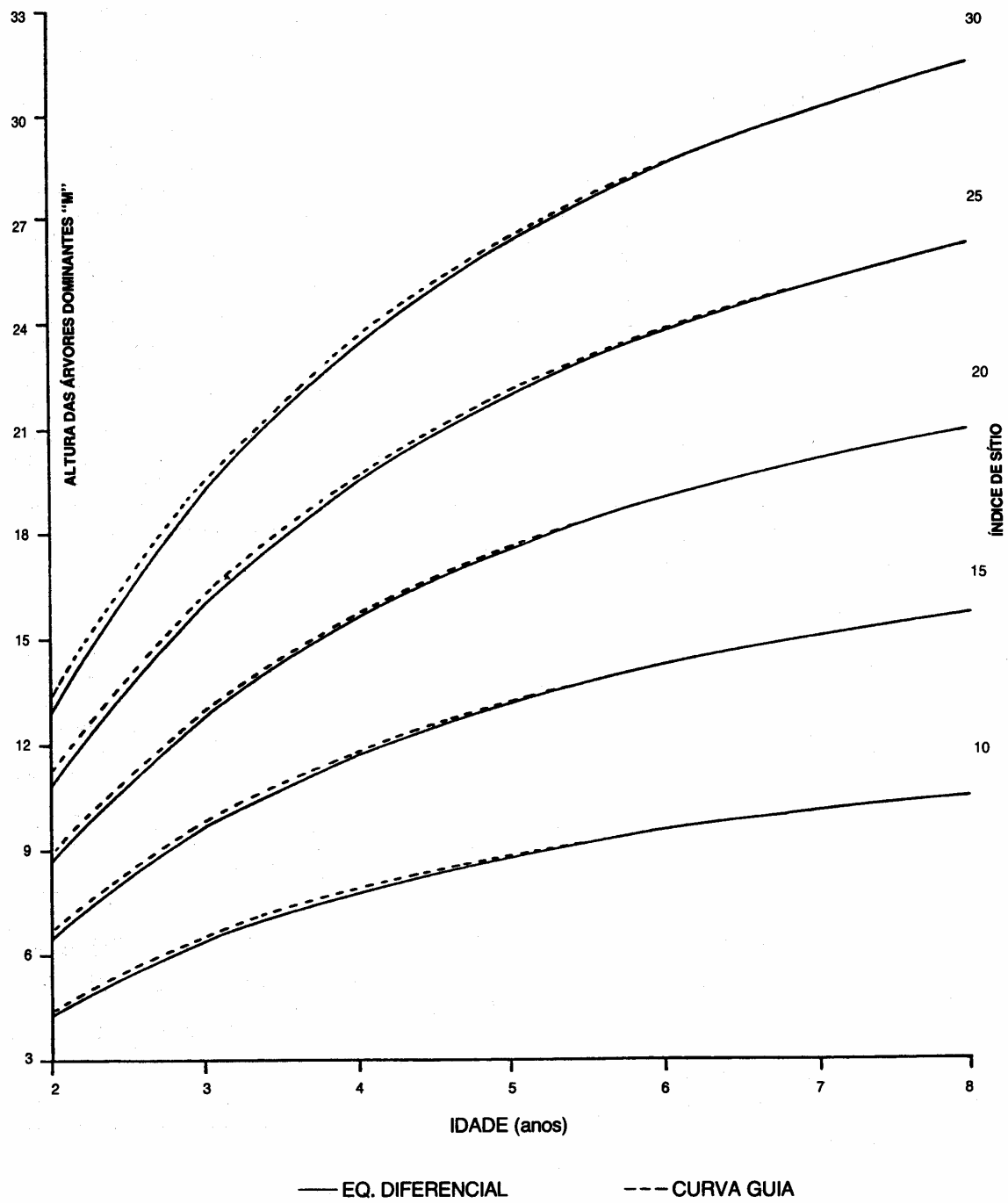


FIGURA 2 – Curvas de índice de sítio para Eucalyptus – 2º Ciclo – Alto Fuste



PROGNOSE DE VOLUME DE MADEIRA

A estimativa de volume relacionada a uma determinada idade é feita conhecendo-se o índice de sítio e a área basal naquela idade. O índice de sítio é obtido através da equação das diferenças e a área basal futura através da idade e área basal atual do povoamento florestal e idade futura (idade de corte ou idade que se deseja o volume).

A prognose de volume de madeira é então obtida para os dois ciclos através das seguintes fórmulas:

Ciclo 1: $\ln(\text{Ab2}) = (\text{I1/I2}) + \ln(\text{AB1}) + 3.578584 * (1 - (\text{I1/I2}))$
($R^2 = 0.9887$; $F = 53606^{**}$)
 $\ln(\text{Vol2}) = 3.3449 - 17.9336 * (1/\text{I.S.}) - 2.4019 * (1/\text{I2}) + 1.0991 * \ln(\text{AB2})$
($R^2 = 0.9701$; $F = 6615^{**}$)

Ciclo 2: $\ln(\text{AB2}) = (\text{I1/I2}) + \ln(\text{AB1}) + 3.7508 * (1 - (\text{I1/I2}))$
($R^2 = 0.9939$; $F = 45202^{**}$)
 $\ln(\text{Vol2}) = 3.4862 - 15.1066 * (1/\text{I.S.}) - 2.1200 * (1/\text{I2}) + 1.0140 * \ln(\text{AB2})$
($R^2 = 0.9519$; $F = 1813^{**}$)

onde:

Vol2 = volume na idade desejada

O sistema das equações lineares simultâneas apresenta as seguintes funções por regime de manejo:

Ciclo 1: $V3 = 33.5668 + 1.3022 * V2$ ($R^2 = 0.64\text{N.S.}$)
 $V4 = 27.9399 + 1.2847 * V3$ ($R^2 = 0.91^{**}$)
 $V5 = 22.9886 + 1.187 * V4$ ($R^2 = 0.89^{**}$)
 $V6 = 14.7851 + 1.1587 * V5$ ($R^2 = 0.93^{**}$)
 $V7 = 13.0635 + 1.1030 * V6$ ($R^2 = 0.96^{**}$)

Ciclo 2: $V3 = 217.1438 - 0.0438 * V2$ ($R^2 = 0.002\text{N.S.}$)
 $V4 = 89.6614 + 0.486 * V3$ ($R^2 = 0.68^{**}$)
 $V5 = 53.7764 + 1.0664 * V4$ ($R^2 = 0.90^{**}$)
 $V6 = 3.9400 + 1.2239 * V5$ ($R^2 = 0.93^{**}$)
 $V7 = 51.8091 + 1.0040 * V6$ ($R^2 = 0.84^{**}$)

onde:

V_i = volume estéreos por hectare na idade i em anos

R^2 = coeficiente de determinação

** = teste estatístico altamente significativo

Nota-se que, a projeção de volume de 2º para o 3º ano nos dois ciclos apresentam teste estatístico não significativo devido ao pequeno número de amostras.

COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS

Para a comparação dos dois modelos, o primeiro (modelo A) das equações lineares simultâneas (FERREIRA, 1978) e o segundo (modelo B) proposto por CLUTTER et alii (1983), foram calculados os erros de cada modelo em relação aos valores observados.

A Tabela 5 apresenta os resultados dos erros médios entre os sistemas testados e o valor real do volume de madeira empilhada, com casca, para os dois ciclos.

A análise dos erros revela que o modelo de CLUTTER et alii (1983) é mais preciso, apresentando um erro percentual médio de 0,55% para o 1º ciclo e 0,68% para o 2º ciclo, enquanto que o modelo A apresenta erros percentuais médios de 14,25% e -3,65% para o 1º e 2º ciclos respectivamente.

O uso do modelo A requer que as idades atuais para projeção sejam inteiras ou arredondadas, o que é uma aproximação, o mesmo acontecendo com a idade de projeção que deve ser inteira. Por outro lado, o modelo B apresenta ainda outra vantagem, não necessitar medir no campo o volume de madeira, mas apenas deve-se conhecer a idade e determinar a área basal e altura média das árvores dominantes. Apenas com essas informações, que são obtidas diretamente no campo, pode-se calcular o volume futuro de madeira daquele povoamento.

TABELA 5 – Erros, erros absolutos e percentuais médios, mínimos e máximos, para estimativa do volume futuro de madeira, através dos modelos A (equações lineares simultâneas) e modelo B (CLUTTER et alii, 1983) para os dois ciclos de *Eucalyptus*.

Ciclo 1 (Talhadia)

Tipo de erro	Modelos					
	A			B		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Erro	14.31	-82.45	183.79	-3.62	-101.26	68.06
Erro absoluto	22.84	0.003	183.79	13.32	0.020	101.26
Erro percentual	14.25	-24.22	563.17	0.55	-31.52	43.36

Ciclo 2 (Alto Fuste)

Tipo de erro	Modelos					
	A			B		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Erro	-9.79	-107.86	54.01	-0.50	-66.51	70.49
Erro absoluto	21.14	0.09	107.86	22.69	0.02	70.49
Erro percentual	-3.65	-42.42	23.90	0.68	-23.09	32.75

Erro = valor observado – valor estimado pelos modelos.

APLICAÇÃO E CONCLUSÃO

O modelo que apresentou o melhor ajustamento aos dados estudados foi o modelo B.

A aplicação do modelo B é simples. Supondo que o povoamento está no segundo ciclo (área reformada) com 3,3 anos de idade, a altura média das árvores dominantes do

povoamento é de 16,8 m e a área basal 14,3 m²/há. Deseja-se saber o volume médio desse povoamento aos 6 e 7 anos de idade.

Calcula-se inicialmente o índice de sítio do povoamento através da função:

$$1n I.S. = 1n(MHDOM) + 2.349884 * (1/I - 1/7)$$

$$1n I.S. = 1n(16.8) + 2.349884 * (1/3.3 - 1/7)$$

$$I.S. = 24.4778 \text{ m}$$

Em seguida a área basal na idade 6 e 7 anos através da fórmula:

$$1n(AB2) = (I1/I2) * 1n(AB1) + 3.7508 * (I1/I2)$$

$$1n(AB2) = (3.3/6) * 1n(14.3) + 3.7508 * (1 - (3.3/6))$$

$$AB2 = 23.35 \text{ m}^2/\text{ha aos 6 anos}$$

$$AB2 = 25.45 \text{ m}^2/\text{ha aos 7 anos}$$

O cálculo de volume por hectare, nas idades desejadas, é feito através da fórmula:

$$1n(VOL2) = 3.4862 - 15.1066 * (1/I.S.) - 2.1200 * (1/I2) + 1.0140 * 1n(AB2)$$

$$1n(VOL2) = 3.4862 - 15.1066 * (1/24.4778) - 2.1200 * (1/6) + 1.0140 * 1n(23.35)$$

$$VOL2 = 301.99 \text{ st/ha aos 6 anos}$$

$$VOL2 = 346.62 \text{ st/ha aos 7 anos}$$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, J.L.F. & COUTO, H.T.Z. Escolha de modelos matemáticos para a construção de curvas de índice de sítio para florestas implantadas. **IPEF**, Piracicaba, (32): 33-42, 1986.
- BENNETT, F.A. Variable-density yield tables for managed stands of natural slash pine. **U.S.D.A. Forest Service SE Research Note**, Asheville, (141), 1970.
- BREDENKAMP, B.V. Predicting growth of *Eucalyptus grandis*: a worked example. **South African forestry journal**, Pretoria, (130): 1-9, 1984.
- BREDENKAMP, B.V. The relationship between growth and stand density of ***Eucalyptus grandis*** (Hill ex Maiden). Stellenbosch, 1977. (Tese-mestrado-US/South Africa).
- CLUTTER, J.L. et alii. **Timber management**: a quantitative approach. New York, John Wiley, 1983. 333p.
- COETZEE, J. Growth prediction equations for unthinned, short rotation ***E. grandis*** coppice. **Annual Report. ICFR**, Pietermaritzburg, p.140-7, 1986.

COUTO, H.T.Z. & BASTOS, N.L.M. Curvas de crescimento em volume para Eucalyptus em 2ª rotação no Estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, (34): 15-21, 1986.

FERREIRA, C.A. Inventário em florestas de eucalipto e projeção de crescimento. In: SIMPOSIO SOBRE INVENTÁRIO FLORESTAL, 1, Piracicaba, 1978. **Anais**. Piracicaba, IPEF, 1978. p.23-39.

HEINSDIJK, D. et alii. Plantações de eucalipto no Brasil. **Boletim do Setor de Inventário Florestais**, Rio de Janeiro, (10): 1-69, 1965.

SCHUMACHER, F.X. A new growth curve and its application to timber-yield studies. **Journal of forestry**, Washington, (37): 819-20, 1939.