

SisPinus - SIMULADOR DE CRESCIMENTO E DE PRODUÇÃO PARA  
PLANTIOS DE *Pinus elliottii* E *Pinus taeda* SOB MANEJO NO SUL DO  
BRASIL

Veda Maria Malheiros de Oliveira \*  
Edilson Batista de Oliveira \*\*  
William L. Hafley \*\*\*

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se uma descrição de um sistema de simulação desenvolvido para uso em microcomputadores padrão IBM/PC na Universidade Estadual da Carolina do Norte, EUA e adaptado para a prognose de plantios de *Pinus elliottii* e *P. taeda* estabelecidos no sul do Brasil. A variável básica para o modelo utilizado no sistema é o índice de sítio ou curva da altura dominante em função da idade. O sistema oferece opções para a escolha entre equações de volume ou de peso assim como para desbastes seletivos e/ou sistemáticos, ou a combinação destes. Nos relatórios de saída, o usuário pode identificar as idades e intervalos entre estas, para as quais as informações de produção são desejadas.

Palavras-chave: Simulação, volume, desbaste, rendimento.

MANAGED PINE PLANTATION GROWTH AND YIELD SIMULATOR  
FOR SOUTHERN YELLOW PINE GROWN IN BRAZIL

ABSTRACT

This paper describes a software developed at the NCSU-North Carolina State University to be used with IBM/PC microcomputers and adapted to predict growth and yield of slash and loblolly pine planted in southern Brasil. The basic variable of the simulation model is the site index or the curve of dominant height over age. The program offers opportunities to choose different volume or weight equations. Several thinning options are also available in the model. The user may specify the ages at which yield information is desired.

Key-words: Simulation, volume, thinning, *P. taeda*, *P. elliottii*.

\* Engenheira Florestal, M. Sc. • CREA nU 6932-0, Pesquisadora da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

\*\* Engenheiro Agrônomo, M. Sc., CREA nO 1211-0, Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

\*\*\* Professor de Ciências Florestais e Estatística da NCSU - North Carolina State University, PhO., consultor para a EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

## 1. INTRODUÇÃO

O SisPinus é um sistema de linguagem Turbo Pascal desenvolvido para uso em microcomputadores padrão IBM/PC com capacidade mínima de 256Kb. Sua versão original foi desenvolvida na Universidade Estadual de Carolina do Norte - NCSU, pelo Dr. William Hafley e, nos anos de 1988 e 1989 foi adaptado para prognose de produção de plantios de *P. elliotii* e *P. taeda* estabelecidos no Sul do Brasil, por ocasião da consultoria do Dr. Hafley junto ao Centro Nacional de Pesquisas de Florestas - CNPF/EMBRAPA. (1988/1989).

O SisPinus é de manuseio extremamente simples. O operador é quem, através de um processo de tomadas de decisões, dirige o sistema para o objetivo desejado. As perguntas durante a operação são feitas de forma objetiva e o usuário pode alterar decisões tomadas anteriormente, em busca de soluções otimizadas.

A estrutura e aspectos da operação do SisPinus serão descritos a seguir.

## 2. INPUTS NECESSÁRIOS PARA A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA

- ÍNDICE DE SÍTIO (idade índice 15 anos)
- NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE (plantadas)
- PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA (um ano após o plantio)
- EQUAÇÃO DE VOLUME (e unidades associadas)
- TIPO DE DESBASTE (seletivo, sistemático ou misto)
- IDADES SELECIONADAS PARA OS RELATÓRIOS

O Sistema incorpora índice de sítio e equação de volume desenvolvidos em trabalhos executados no CNPF, porém estes podem ser substituídos por outros modelos, caso seja desejado.

## 3. CONDIÇÕES INICIAIS

As primeiras perguntas referem-se à escolha da espécie (*P. elliotii* ou *P. taeda*) e a Informação do índice de sítio em que se encontra o povoamento. Conforme mencionado no item 2, o usuário pode optar pelo uso de curvas geradas pelo sistema, que considera o intervalo entre 15 e 25 m para a altura dominante aos 15 anos de idade. Neste caso, define a altura dominante de 21 m como representativa de um sítio médio e é esta a entrada default, ou seja, o índice de sítio assumido caso não se introduza outro valor. Adicionalmente, o usuário poderá adotar outra equação, bastando solicitar ao sistema a troca do modelo.

Para a inicialização propriamente dita do sistema, serão aceitas as seguintes informações iniciais:

1. número de árvores sobreviventes no povoamento;
2. número de árvores sobreviventes em dado ponto no tempo;
3. número de árvores sobreviventes e seu porte médio em um dado ponto no tempo.

Setor selecionado o item (1) o usuário será questionado quanto ao número de árvores plantado por hectare e a porcentagem de sobrevivência do povoamento estabelecido. O termo "povoamento estabelecido" é, neste contexto, um ano após o plantio, quando a mortalidade inicial já tiver sido quantificada e mais pode ser esperada.

Se for selecionado o item (2), o usuário será questionado sobre o número de árvores sobreviventes e a idade na qual esta sobrevivência foi avaliada. Isto permite a determinação, através do modelo, das condições iniciais de povoamento. O menu de entrada mostrará a estimativa inicial de densidade de plantio e indicará a porcentagem de sobrevivência.

Se a opção for a (3) o usuário deverá responder, além das questões da opção (2), qual a área basal por hectare no momento da avaliação ou o diâmetro médio quadrático (dg), diâmetro este que é, por definição, aquele que corresponde à árvore com área transversal média do povoamento.

#### 4. DADOS UTILIZADOS PARA A ADAPTAÇÃO DO SISTEMA

##### **Índice de Sítio**

Foram utilizados dados de parcelas de Inventário Florestal Contínuo (IFC) instaladas nas Florestas Nacionais de Capão Bonito (SP), Irati (PR), Três Barras (SC) e São Francisco de Paula (RS).

O modelo selecionado para expressão da relação altura dominante/idade foi:

$$HT15 = Ht \cdot \exp(-b \cdot (1/idade)^c) - 1/(15)^c$$

onde:

**HT15** = altura dominante aos 15 anos

**Ht** = altura total

**b e c** = coeficiente da equação

Os valores encontrados foram divididos em 6 classes, a saber:

IS15, IS17, IS19, IS23 e IS25 que se refeririam à altura dominante em metros na idade índice de 15 anos, onde IS significa classe de sítio.

##### **Distribuição adotada**

Foram utilizados dados de parcelas de Inventário Florestal Contínuo (IFC) instaladas nas Florestas Nacionais de Capão Bonito (SP), Irati (PR), Três Barras (SC) e São Francisco de Paula (RS).

Cada parcela possuía em média 5 medições sucessivas com amplitudes em média de 6 a 30 anos de idade e espaçamentos iniciais de 2,25 a 9,00 m<sup>2</sup>/árvore.

Por características de implantação do IFC, 1/3 das parcelas não sofreram nenhum desbaste e os restantes 2/3 foram submetidas a tratamento idêntico ao restante do talhão. Desbastes usuais, sistemáticos, seletivos ou mistos foram adotados.

Estes dados foram então submetidos a um programa de distribuição de diâmetro. No caso, a distribuição adotada foi a SB ou a SBB de Johnson. A distribuição SBB (bivariada) foi preferencialmente utilizada quando as informações de altura e diâmetro estavam disponíveis na parcela.

No caso do SisPinus, em particular, foram importantes os maiores e menores indivíduos, o diâmetro modal, a altura modal, desvio padrão de diâmetro e altura e correlação entre diâmetro e altura.

Para todas as parcelas contantes do trabalho foram obtidas tabelas-resumo com as informações citadas e estas foram incorporadas ao modelo formando um conjunto de dados que abrangia vários espaçamentos, várias idades, várias densidades e características diferentes em relação a taxas de incremento em diâmetro e altura. Foram identificados nove características de interesse para discriminação dos povoamentos e desenvolvidas equações para estimativa dos parâmetros da distribuição SSS; para estas características.

## 5. IMPLEMENTAÇÃO DO $S_{BB}$ NO SISTEMA

- Determinou-se a altura dominante através de equação de índice do srno,
- Adotou-se funções de crescimento para uma determinada característica desejada versus altura dominante para as diferentes densidades representadas nos dados.
- adotou-se as equações para predição dos coeficientes destas funções de crescimento como equações polinomiais em densidade.

### EXEMPLO

Para a estimativa do maior diâmetro:

$$D_u = b_0 \cdot [ 1 - \exp(-b_1 \cdot Hd) ] b_2$$

onde:

$D_u$  = o maior diâmetro

Hd = altura dominante

$b_0, b_1, b_2$  = coeficientes da equação

O mesmo procedimento foi adotado para as demais características, a saber: índice de Sítio ajustado, altura modal, o menor diâmetro e a menor altura, desvio padrão de diâmetro e altura, diâmetro modal, o menor diâmetro, altura dominante e correlação entre diâmetro e altura.

## 6. MODELAGEM DA MORTALIDADE

Considerando as florestas de Pinus implantadas no Brasil, a mortalidade não parece estar em grande evidência. Árvores dominadas que morreriam em condições de povoamento natural podem sobreviver, principalmente se há ausência de patógenos naturais e ausência de estiagens.

A mortalidade pode eventualmente ocorrer em função da competição por espaço e nutrientes, mas o uso frequente de desbastes evidencia que a inexistência de uma função precisa de mortalidade não é fator limitante para o uso do SisPinus.

Assim, dados de mortalidade obtidos no tempo através de parcelas do IFC foram adaptados à função de mortalidade original do modelo.

Foi usado o algoritmo de BLISS & FISCHER (1953) onde o número de árvores mortas em um dado intervalo de crescimento é determinado como sendo uma função de altura.

## 7. VOLUME

Após a incorporação das informações iniciais o sistema verifica a intenção do usuário em permanecer com a equação de volume gerada no sistema ou substituí-la por outra e, adicionalmente, oferece a possibilidade de inserção de até 9 (nove) diferentes equações de volume e suas unidades associadas. As equações devem ser baseadas em DAP e ALTURA TOTAL, podendo ser de volume total com casca ou ainda equações de peso. As equações podem ficar armazenadas em arquivo para uso futuro.

## 8. DESBASTES

O sistema aceita desbastes:

### – Seletivos

1. Para uma área basal específica por hectare;
2. Para um número de árvores específico por hectare.

Neste caso, remove os menores diâmetros e menores alturas até alcançar a área basal ou número de árvores remanescentes especificados.

### - Sistemáticos

Solicita o número de linhas a serem removidas com 1 em cada 3 ou 1 em cada 5. Nesta situação, o povoamento é reduzido em porcentagens iguais à porcentagem de área representada pelas linhas removidas, ou seja, um corte a cada 5 linhas representa a renovação de 20% do povoamento.

### - Mistos

Inicialmente segue o procedimento de desbaste sistemático e depois faz um desbaste seletivo nas linhas remanescentes.

## 9. RELATÓRIOS DE SAÍDA

O usuário poderá identificar as idades em que as informações de produção são desejadas. As opções previstas são:

1. Informação das idades desejadas para os relatórios;
2. Informação do primeiro, último ano e do intervalo de idade para os relatórios;
3. Utilização da saída padrão, a qual prevê relatórios das idades de 3 a 25, com intervalo de 2 anos.

Se um desbaste é simulado, um relatório das condições do povoamento anteriores ao desbaste é automaticamente produzido. Ao término do trabalho, é dada a opção de obtenção de uma cópia da tabela de produção para a impressora.

#### 10. ENTRADA DE INFORMAÇÕES E CORREÇÕES DE DADOS

Antes de iniciar o processamento propriamente dito, o usuário poderá alterar os dados introduzidos. No início e antes de cada novo processamento, ao usuário é dada a opção de editar o último conjunto de condições processadas, ou entrar para um novo conjunto de condições.

Para exemplificação dos relatórios apresentados pelo SisPinus considera-se 2 situações:

a) Povoamento de *P.taeda* com densidade inicial de 2.000 árvores por hectare, porcentagem de sobrevivência de 95% e índice de sítio médio (21 m de altura dominante aos 15 anos de idade). Consideramos ainda que este povoamento não sofreu nenhum tipo de desbaste ao longo da rotação.

O sistema apresenta, inicialmente, uma tela resumo dos dados considerados, para possíveis alterações, ou seja:

#### RESUMO

(0) ESPÉCIE . . . . .	<i>Pinus taeda</i>
(1) ÍNDICE DE SÍTIO (Idade índice de 15). . . . .	21,0
(2) NÚMERO DE ÁRVORES PLANTADAS POR HA. . . . .	2000
(3) PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA . . . . .	95
(4) OUTPUTS . . . . .	12
uniforme: idade 3 a idade 25, de 2 em 2.	
(5) IDADE DO PRIMEIRO DESBASTE. . . . .	0
(6) CURVA ALTURA/IDADE A SER USADA curva da EMBRAPA	
(7) REVER OU ALTERAR EQUAÇÃO DE VOLUME?	
item a ser alterado? (ENTER) para nenhum	

Em seguida é produzida a Tabela de Produção que, para os dados considerados, seria:

TABELA DE PRODUÇÃO (Pinus taeda)

Índice de Sitio (idade (nd. 15) 21,0		Densidade IArv./ha) 2000		Porcentagem de Sobrevivência 95			Sobrevivência Inicial (Arvores/ha) 1900	
Idade anos	Alt. dom. m	N/ha	Dílm. Med. em	Alt. Med. m	Area Basal m	Volume Total m <sup>3</sup> (c/c)	IMA	IPA
3	4,4	1900	5,0	3,7	3,8	7,0	2,3	2,3
5	7,9	1900	9,8	6,8	14,2	48,3	9,7	20,6
7	11,1	1897	13,3	9,5	26,2	124,7	17,8	38,2
9	13,9	1887	15,9	12,0	37,6	224,6	25,0	50,0
11	16,5	1865	18,1	14,1	47,8	338,1	30,7	56,7
13	18,8	1829	19,8	16,1	56,6	456,4	35,1	59,1
15	21,0	1778	21,4	18,0	63,7	571,9	38,1	57,8
17	23,0	1715	22,7	19,6	69,1	678,7	39,9	53,4
19	24,9	1641	23,8	21,2	72,8	772,5	40,7	46,9
21	26,6	1560	24,7	22,7	75,0	851,0	40,5	39,3
23	28,2	1475	25,6	24,1	75,9	913,5	39,7	31,2
25	29,8	1388	26,4	25,4	75,7	960,5	38,4	23,5

NOTA: CURVA ALTURA/IDADE UTILIZADA - EMBRAPA/CNPQ

onde IMA Incremento Médio Anual;  
e IPA Incremento Periódico Anual.

O próximo passo é solicitar do usuário se deseja tabelas de frequência ou não. Se negativo, retoma para a próxima simulação. Se positivo, adverte que as tabelas são apresentadas para as idades em que foram realizados desbastes e para a idade final simulada, além de solicitar o intervalo de classe de diâmetro desejado. Como o exemplo não previu a execução de desbastes, o sistema apresentará a tabela de frequência como segue:

TABELA DE FREQUENCIA PARA IDADE DE 25

Diâmetro Lim. de Classe	H/ha	Alt. Med.	Volume m <sup>3</sup> (c/c)
12.0 - 13.9	19	19.1	2.3
14.0 - 15.9	61	21.0	10.9
16.0 - 17.9	95	22.2	22.9
18.0 - 19.9	118	23.1	37.2
20.0 - 21.9	134	23.9	53.2
22.0 - 23.9	143	24.5	70.3
24.0 - 25.9	148	25.2	88.0
26.0 - 27.9	148	25.8	105.2
28.0 - 29.9	143	26.4	120.3
30.0 - 31.9	132	27.0	130.5
32.0 - 33.9	114	27.8	136.5
34.0 - 35.9	86	28.6	118.6
36.0 - 37.9	44	29.7	69.7
38.0 - 39.3	4	31.2	7.8
TOTAIS	1389		960.5

b) O mesmo povoamento anteriormente citado, com densidade inicial de 2.000 árvores por hectare, porcentagem de sobrevivência de 95% e índice de sítio médio (21 m de altura dominante aos 15 anos de idade). Programe-se um desbaste sistemático puro para os sete anos, corte de 1 a cada 7 linhas, e outro seletivo, reduzindo para 940 árvores por hectare aos 14 anos. Planeje-se também o corte final para os 25 anos de idade. Os relatórios seriam:

RESUMO

- (0) ESPÉCIE . . . . . *Pinus taeda*
- (1) ÍNDICE DE SÍTIO (Idade índice de 15). . . . . 21,0
- (2) NÚMERO DE ÁRVORES PLANTADAS POR HA. . . . . 2000
- (3) PORCENTAGEM DE SOBREVIVÊNCIA . . . . . 95
- (4) OUTPUTS . . . . . 12  
uniforme: idade 3 a idade 25, de 2 em 2.
- (5) IDADE DO PRIMEIRO DESBASTE . . . . . 7
- (6) CURVA ALTURA/IDADE A SER USADA ou curva da EMBRAPA
- (7) REVER OU ALTERAR EQUAÇÃO DE VOLUME?  
item a ser alterado? (ENTER) para nenhum.



A seguir o sistema apresenta um relatório das condições do povoamento anteriores ao desbaste e prepara-se para efetuar o desbaste.

TABELA DE PRODUÇÃO (Pinus taeda)

Índice de Sítio (idade [nd, 15] 21,0)		Densidade (Arv./ha) 2000	Porcentagem de Sobrevivência 95			Sobrevivência Inicial (Arvores/ha) 1900		
Idade anos	Alt. dom. m	N/ha	Diâm. Med. cm	Alt. Med. m	Área Basal m <sup>2</sup>	Volume Total m <sup>3</sup> (c/c)	IMA	IPA
3	4.4	1900	5.0	3.7	3.8	7.0	2.3	2.3
5	7.9	1900	9.8	6.8	14.2	48.3	9.7	20.6
7	11.1	1897	13.3	9.5	26.2	124.7	17.8	38.2

PRONTO PARA DESBASTE

Tecla (ENTER) para continuar:

Em seguida o SisPinus verifica o tipo de desbaste a ser simulado, pergunta se haverá um próximo desbaste e em que idade e apresenta um breve resumo das informações até aqui lançadas, com o seguinte relatório:

TABELA DE PRODUÇÃO (Pinus taeda)

Índice de Sítio (idade (nd. 15) 21,0)		Densidade (Arv./ha) 2000	Porcentagem de Sobrevivência 95			Sobrevivência Inicial (Arvores/ha) 1900		
Idade anos	Alt. dom. m	N/ha	Diâm. Med. cm	Alt. Med. m	Área Basal m <sup>2</sup>	Volume Total m <sup>3</sup> (c/c)	IMA	IPA
3	4.4	1900	5.0	3.7	3.8	7.0	2.3	2.3
5	7.9	1900	9.8	6.8	14.2	48.3	9.7	20.6
7	11.1	1897	13.3	9.5	26.2	124.7	17.8	38.2
O POVOAMENTO FOI DESBASTADO PELA REMOÇÃO DE 1 EM CADA SETE LINHAS								
(*)		1626	13.3	9.5	22.5	106.9	REMOVIDO = 17.8	
9	13.9	1620	16.0	12.0	32.6	195.0	23.6	44.0
11	16.4	1607	18.3	14.1	42.1	297.4	28.7	51.2
13	18.8	1584	20.1	16.1	50.4	406.2	32.6	54.4
14	19.9	1568	20.9	17.1	54.0	460.9	34.2	54.7

(\*) Os dados desta linha referem-se ao desbaste efetuado.

PRONTO PARA DESBASTE

Tecla (ENTER) para continuar:

Com esta nova Tabela de Produção, o sistema está pronto para realizar o último desbaste planejado para o exemplo, sendo este: seletivo, aos 14 anos e reduzindo o número de árvores para 940 por hectare.

TABELA DE PRODUÇÃO (Pinus taeda)

Idade anos	Alt. dom. m	Densidade (Arv./ha) 2000	Porcentagem de 50 sobrevivência 95		Volume Total m <sup>3</sup> (c/c)	Sobrevivência Inicial (Arvores/ha) 1900		
			Diâm. Med. cm	Alt. Med. m		Area Basal m <sup>2</sup>	IMA	IPA
3	4.4	1900	5.0	3.7	3.8	7.0	2.3	2.3
5	7.9	1900	9.8	6.8	14.2	48.3	9.7	20.6
7	11.1	1897	13.3	9.5	26.2	124.7	17.8	38.2
O POVOAMENTO (*)		FOI DESBASTADO	PELA	REMOÇÃO	DE 1 EM CADA	7 LINHAS		
		1626	13.3	9.5	22.5	106.9	REMOVIDO =	17.8
9	13.9	1620	16.0	12.0	32.6	195.0	23.6	44.0
11	16.4	1607	18.3	14.1	42.1	297.4	28.7	51.2
13	18.8	1584	20.1	16.1	50.4	406.2	32.6	54.4
14	19.9	1568	20.9	17.1	54.0	460.9	34.2	54.7
O POVOAMENTO (*)		FOI DESBASTADO	PELA	REMOÇÃO	DE 628 ARVORES			
		942	23.5	18.0	40.9	368.7	REMOVIDO =	92.2
15	21.1	934	24.1	19.0	42.6	403.4	34.2	34.8
17	23.2	915	25.7	20.7	47.3	490.1	35.3	43.3
19	25.1	890	27.0	22.4	51.0	570.7	35.8	40.3
21	26.9	860	28.2	24.0	53.7	643.4	35.9	36.3
23	28.6	827	29.2	25.5	55.5	706.4	35.5	31.5
25	30.2	790	30.2	26.9	56.4	758.9	34.8	26.2

(\*) Os dados desta linha referem-se ao desbaste efetuado.

Este último relatório apresenta informações até a idade 25, selecionada como idade de corte final.

As tabelas de frequência do número de árvores/ha removidas por classe de DAP (Stand Tables) são opcionais, para as idades em que foram realizados desbastes e para a idade de corte final. Utilizam-se de classes de diâmetro cujo intervalo de classe é fornecido pelo usuário (no exemplo, foram usadas classes de 2 cm).

TABELA DE FREQUÊNCIA PARA ÁRVORES REMOVIDAS NA IDADE DE 7.

Diâmetro Lim. de Classe	N/ha	Alt. Med.	Volume m <sup>3</sup> (c/c)
4.0 - 5.9	5	7.7	0.0
6.0 - 7.9	17	8.3	0.3
8.0 - 9.9	34	8.7	0.9
10.0 - 11.9	50	9.1	2.1
12.0 - 13.9	59	9.5	3.7
14.0 - 15.9	55	9.8	4.8
16.0 - 17.9	38	10.2	4.4
18.0 - 19.9	12	10.8	1.9
TOTAIS	270		17.8

TABELA DE FREQUENCIA PARA ÁRVORES REMOVIDAS NA IDADE 14

Díâmetro Lim. de Classe	N/ha	Alt. Med.	Volume m <sup>3</sup> (c/c)
6.8 - 7.9	1	12.6	0.0
8.0 - 9.9	22	14.1	0.9
10.0 - 11.9	67	15.0	4.3
12.0 - 13.9	113	15.5	10.5
14.0 - 15.9	152	16.0	19.3
16.0 - 17.9	122	16.3	19.8
18.0 - 19.9	58	13.5	11.4
20.0 - 21.9	43	13.9	10.3
22.0 - 23.9	28	14.3	8.0
24.0 - 25.9	15	14.7	5.6
26.0 - 27.9	6	15.2	2.5
28.0 - 29.9	1	15.9	0.6
TOTAIS	628		92.2

TABELA DE FREQUENCIA PARA IDADE 25

Díâmetro Lim. de Classe	N/ha	Alt. Med.	Volume m <sup>3</sup> (c/c)
19.3 - 19.9	3	24.0	1.2
20.0 - 21.9	51	24.9	21.2
22.0 - 23.9	80	25.6	41.4
24.0 - 25.9	91	26.1	56.5
26.0 - 27.9	94	26.5	69.7
28.0 - 29.9	94	26.9	81.8
30.0 - 31.9	92	27.3	94.7
32.0 - 33.9	88	27.7	104.3
34.0 - 35.9	81	28.1	109.8
36.0 - 37.9	68	28.7	105.4
38.0 - 39.9	42	29.5	74.0
40.0 - 40.9	4	30.8	7.6
TOTAIS	788		758.9

#### BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

Para maior detalhamento das bases técnicas do sistema as seguintes obras podem ser consultadas:

BLISS, C.1. & FISCHER, R.A. Fitting the negative binomial distribution to biological data. **Biometrics** 9:176-199,1953.

HAFLEY, W.L. SMITH, W.D. & BUFORD M.A. A new yield production model for unthinned loblolly pine in plantations. Raleigh, Southern For. Res.Center, North Carolina State University, 1982, 63p. Technical Report nO 1.

SMITH, W.D. & HAFLEY, W.L. Evaluation of a loblolly pine plantation thinning model. Southern Journal Of Applied Forestry, Bethesda, 10 (1): 52-63, 1986.

HAFLEY, W. L. & BUFORD, M.A. A bivariate model for growth and yield prediction. Forest Science, Bethesda, 31 (1): 237-47,1985.