

FRANCISCO RODRIGUES DA CUNHA NETO

SISTEMA PARA PREDIÇÃO PRESENTE E FUTURA DA PRODUÇÃO POR  
CLASSE DE DIAMETRO UTILIZANDO A FUNÇÃO WEIBULL, PARA  
Eucalyptus grandis e Eucalyptus urophylla

Dissertação apresentada a Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Engenharia Florestal, Área de Concentração Produção Florestal, para a obtenção do grau de "Mestre".

Orientador:  
José Roberto Soares Scolforo



LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL  
1994

DECLARANDO

*[Handwritten signature]*  
Dona *[Handwritten name]*  
Bairro *[Handwritten address]*

FRANCISCO RODRIGUES DA SILVA NETO

SISTEMA PARA PREVENÇÃO PRESENTE E FUTURA DA PRODUÇÃO HOR  
CLASSE DE DIAMANTES UTILIZANDO A FÓRMULA WEISBULL PARA  
Kiosalyptus grande e Kiosalyptus acrophylla

Dissertação apresentada à Escola  
Superior de Agricultura de Lavras, como  
parte das exigências do curso de  
Mestrado em Engenharia Florestal, Área  
de Concentração Produção Florestal,  
para a obtenção do grau de "Mestre".

Orientador:  
José Roberto Soares Scollone

*[Redacted area]*



LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL  
1993

FRANCISCO RODRIGUES DA CUNHA NETO

**SISTEMA PARA PREDIÇÃO PRESENTE E FUTURA DA PRODUÇÃO POR  
CLASSE DE DIAMETRO UTILIZANDO A FUNÇÃO WEIBULL, PARA  
Eucalyptus grandis e Eucalyptus urophylla**

Dissertação apresentada a Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Engenharia Florestal, Área de Concentração Produção Florestal, para a obtenção do grau de "Mestre".

**Orientador:**

José Roberto Soares Scolforo

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1994

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Central da ESAL.

Cunha Neto, Francisco Rodrigues da.

Sistema para predição presente e futura da produção por classe de diâmetro utilizando a função Weibull, para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* / Francisco Rodrigues da Cunha Neto. -- Lavras : ESAL, 1994.

157 p. : il.

Orientador: José Roberto Soares Scolforo.

Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Bibliografia.

1. Eucalipto - Produção. 2. Eucalipto - Distribuição diamétrica. 3. Função Weibull. 4. Eucalipto - classificação de sítio. 5. *Eucalyptus grandis*. 6. *Eucalyptus urophylla*.

CDD-634.97342

FRANCISCO RODRIGUES DA CUNHA NETO

SISTEMA PARA PREDIÇÃO PRESENTE E FUTURA DA PRODUÇÃO POR  
CLASSE DE DIÂMETRO UTILIZANDO A FUNÇÃO WEIBULL, PARA  
*Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*

Dissertação apresentada a Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Engenharia Florestal, Área de Concentração Produção Florestal, para a obtenção do grau de "Mestre".

APROVADA em 19 de agosto de 1994

  
Antônio Donizetti de Oliveira

  
Natalino Calegario

  
José Roberto Soares Scolforo  
(ORIENTADOR)

**DEDICO**

**Aos meus filhos**

**Nayara Avila Rodrigues da Cunha**

**Joao Gabriel Rodrigues da Cunha**

## BIOGRAFIA DO AUTOR

FRANCISCO RODRIGUES DA CUNHA NETO, filho de Celso Rodrigues da Cunha e Nair Nogueira da Cunha, nasceu em Goiânia, Goiás, em dois de setembro de 1962.

Cursou até o 3º ano primário no Colégio Sagrado Coração de Jesus de Pires do Rio-Go, o 4º ano primário no Grupo Escolar Constâncio Gomes de Orizona-Go, de 4ª a 8ª série no Ginásio Agrícola de Urutai-Go e o 2º grau no Colégio Objetivo de Goiânia-Go.

Iniciou o Curso de Engenharia Florestal em 1982 na Fundação de Ensino e Tecnologia de Alfenas (hoje, Universidade de Alfenas), graduando-se em 13 de dezembro de 1986.

Ingressou como professor na Universidade de Alfenas em fevereiro de 1987.

Em agosto de 1990 deu início ao curso de Pós-graduação à nível de mestrado em Fitotecnia, transferindo para Engenharia Florestal em 1992, concluindo os créditos em dezembro de 1992.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar e acima de tudo agradeço à Deus, que tem guiado todos os meus passos e eliminado todas as barreiras de meu caminho. Obrigado Senhor !

A minha esposa Josiene Avila da Cunha que, com paciência e companherismo soube entender toda a minha ausência para o desenvolvimento do curso.

Aos meus pais, Celso Rodrigues da Cunha, e Nair Nogueira da Cunha, que desde cedo lutam por minha realização, e mesmo sofrendo com minha despedida, foram meus maiores incentivadores.

As minhas irmas Maria das Graças, Vera Lúcia e Clarifrancis Aparecida, que também foram minhas grandes incentivadoras.

Um agradecimento especial ao Prof. Dr. José Roberto Soares Scolforo que além de sua grande orientação soube ser um grande amigo.

Ao Prof. Dr. Nelson Venturim, pela amizade e apoio no decorrer do curso.

Ao Prof. Natalino Colegário, pelo grande apoio no decorrer deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Antonio Donizette de Oliveira por sua grande contribuição para este trabalho.

A Universidade de Alfenas, pela oportunidade cedida para a realização do curso e deste trabalho.

Ao amigo Paulo Roberto Corrêa Landgral, pela sua grande amizade desde o início da graduação.

Ao amigo e companheiro de Pós-graduação Jander Gaspar Resende, por toda sua amizade e incentivo.

Ao amigo Marcelo dos Santos e família, pela amizade e apoio para o término deste trabalho.

Aos professores e amigos da Universidade de Alfenas, pelo grande companherismo e estímulo.

A todos os professores, funcionários e colegas do Departamento de Ciências Florestais da ESAL, pelos anos de convívio e amizade.

A CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa, tornando viável a realização do curso.

A Empresa CELPAV-FLORESTAL S.A. (Celulose e Papel Votorantin), por ter cedido os dados para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xv
RESUMO .....	xx
SUMMARY .....	xxii
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Objetivos .....	2
1.1.1 Objetivo Geral .....	2
1.1.2 Objetivos Específicos .....	2
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 Sítio .....	4
2.2 Sobrevivência.....	8
2.3 Modelos de Distribuição Diamétrica .....	12
2.3.1 WEIBULL .....	14
3 METODOLOGIA .....	21
3.1 Localização e Fonte de Dados .....	21
3.2 Classificação de Sítio .....	26
3.3 Sobrevivência .....	29
3.4 Diâmetro Mínimo .....	30
3.4.1 Determinação do Parâmetro "a" de Weibull .....	32
3.5 Variância dos Diâmetros .....	32
3.6 Área Basal .....	33

3.7	Recuperação dos Parâmetros "b" e "c" de Weibull .....	34
3.8	Diâmetros Percentis .....	36
3.9	Equação de Volume .....	38
3.10	Seleção dos Modelos Ajustados .....	38
3.11	Teste de eficiência do modelo proposto .....	39
3.11.1	Consistência do Modelo em Relação a Estimativas do Número de Árvores por Classe de Diâmetro .....	39
3.11.1.1	Estimativa Presente .....	39
3.11.1.2	Estimativa Futura .....	40
3.11.2	Consistência do Modelo em Relação a Estimativa Volumétrica .....	40
3.11.2.1	Estimativa Presente .....	41
3.11.2.2	Estimativa Futura .....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	43
4.1	<i>Eucaliptus grandis</i> .....	43
4.1.1	Classificação de Sítio .....	43
4.1.1.1	Teste de Anamorfismo .....	47
4.1.2	Função Para Expressar o Número de Árvores .....	49
4.1.3	Estimativa do Diâmetro mínimo .....	53
4.1.4	Variância dos Diâmetros .....	55
4.1.5	Estimativa da Área Basal .....	57
4.1.6	Recuperação do parâmetro "a" de Weibull .....	58
4.1.7	Recuperação dos parâmetros "b" e "c" de Weibull ....	59
4.1.8	Estimativa dos diâmetros Percentis .....	62
4.1.9	Consistência do Modelo Proposto a Partir do Volume Por Parcela .....	65
4.1.9.1	Estimativa Presente .....	65

4.1.9.2	Prognose .....	70
4.1.10	Consistência do Modelo Proposto a Partir do Número de Árvores Por Classe de Diâmetro .....	72
4.2	<i>Eucalyptus urophylla</i> .....	73
4.2.1	Classificação de sítio .....	74
4.2.1.1	Teste de Anamorfismo .....	77
4.2.2	Funções para expressar o número de árvores .....	79
4.2.3	Estimativa do diâmetro mínimo .....	82
4.2.4	Variância dos Diâmetros .....	84
4.2.5	Estimativa da Área Basal .....	85
4.2.6	Recuperação do parâmetro "a" de Weibull .....	87
4.2.7	Recuperação dos parâmetros "b" e "c" de Weibull ....	87
4.2.8	Diâmetro Percentis .....	90
4.2.9	Consistência do Modelo Proposto a Partir do Volume por Parcela .....	93
4.2.9.1	Estimativa Presente .....	93
4.2.9.2	Prognose .....	97
4.2.10	Consistência do Modelo Proposto a Partir do Número de Árvores por Classe de Diâmetro .....	100
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	102
5.1	Conclusões .....	102
5.2	Recomendações .....	106
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	107
	ANEXOS .....	121

## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Distribuição das parcelas de <i>E. grandis</i> amostradas para esse trabalho .....	24
2	Distribuição das Parcelas de <i>E. urophylla</i> amostradas para esse trabalho .....	24
3	Distribuição das parcelas de <i>E. grandis</i> na terceira medição .....	25
4	Distribuição das parcelas de <i>E. urophylla</i> na terceira medição .....	26
5	Modelos testados para expressar a capacidade produtiva dos diferentes locais em função da idade .....	27
6	Modelos testados para expressar a capacidade produtiva dos diferentes locais em função da idade, pelo método da diferença algébrica ...	28

## Tabela

## Página

7	Modelos que expressam a sobrevivência das árvores .....	30
8	Modelos testados para estimar o diâmetro mínimo .....	31
9	Modelos testados para expressar a área basal.	34
10	Modelos testados para estimar os diâmetros percentis, para <i>E. grandis</i> .....	37
11	Modelos testados para estimar os diâmetros percentis, <i>E. urophylla</i> .....	37
12	Classes de sítio adotadas para <i>Eucalyptus grandis</i> na região de Luis Antonio - SP .....	45
13	Limites das alturas dominantes estimados por idade e classes de produtividade, para <i>Eucalyptus grandis</i> .....	46
14	Coeficientes da equação de sobrevivência para <i>Eucalyptus grandis</i> .....	51

## Tabela

## Página

15	Coeficientes e medidas de precisão do modelo de diâmetro mínimo para <i>E. grandis</i> .....	54
16	Estimativas dos coeficientes dos modelos que expressam a variância dos diâmetros para <i>Eucalyptus grandis</i> .....	56
17	Coeficientes do modelo ajustado para expressar a área basal para <i>Eucalyptus grandis</i> ....	57
18	Coeficientes para os modelos que expressam os parâmetros "b" e "c" de Weibull para <i>E. grandis</i> .....	60
19	Modelos para estimar os diâmetros percentis para <i>Eucalyptus grandis</i> .....	62
20	Coeficientes dos modelos selecionados para expressar os diâmetros percentis para <i>Eucalyptus grandis</i> .....	63
21	Resultados do teste "t" pareado comparando volume real e estimado pelos percentis, para estimativa presente em, <i>Eucalyptus grandis</i> ..	66

## Tabela

## Página

22	Correlação entre o volume real e estimado pelos pares de percentis para <i>Eucalyptus grandis</i> . Estimativa presente .....	69
23	Resultados do teste "t" pareado comparando volume real e estimado pelos percentis, para prognose em <i>Eucalyptus grandis</i> .....	71
24	Correlação entre o volume real e estimado pelos pares de percentis, para prognose em <i>Eucalyptus grandis</i> .....	72
25	Classes de sitio consideradas para <i>E. urophylla</i> .....	75
26	Limites das alturas dominantes estimados por idade e classes de produtividade para <i>E. urophylla</i> .....	76
27	Coefficientes da equação de sobrevivência para <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	79
28	Coefficientes e medidas de precisão da equação de diâmetro mínimo para <i>E. urophylla</i> .....	82

Tabela		Página
29	Estimativas dos coeficientes do modelo que expressa a variância dos diâmetros para <i>E. urophylla</i> .....	84
30	Coefficientes do modelo ajustado para expressar a área basal para <i>E. urophylla</i> .....	85
31	Coefficientes para os modelos que expressam os parâmetros "b" e "c" de Weibull para <i>E. urophylla</i> .....	88
32	Modelos selecionados para estimar os diâmetros percentis para <i>Eucalyptus urophylla</i> ....	90
33	Coefficientes dos modelos selecionados para os diâmetros percentis em <i>Eucalyptus urophylla</i> .	91
34	Resultados do teste "t" pareado comparando volume real e estimado pelos percentis, para estimativa presente em <i>Eucalyptus urophylla</i> .	94
35	Correlação entre o volume real e estimado pelos pares de percentis para <i>Eucalyptus urophylla</i> , estimativa presente .....	96

## Tabela

## Página

36	Resultados do teste de "t" pareado comparando volume real e estimado pelos percentis, para prognose em <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	98
37	Correlação entre o volume real e estimado pelos pares de percentis, para prognose em <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	99

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Função densidade de probabilidade de dois parâmetros, distribuição Weibull .....	16
2	Formas assumidas pela função densidade de probabilidade Weibull .....	17
3	Município de Luiz Antônio-SP, onde localiza-se a empresa CELPAV - Florestal S.A.....	22
4	Curvas que expressam as classes de sítio, para <i>Eucalyptus grandis</i> .....	47
5	Índice de sítio em relação a altura dominante para idade de 24 meses .....	48
6	Índice de sítio em relação a altura dominante para idade de 48 meses .....	48

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
7	Índice de sítio em relação a altura dominante para idade 60 meses (idade de referência) ...	49
8	Índice de sítio em relação a altura dominante para idade de 67 meses .....	49
9	Distribuição gráfica em porcentagem dos resíduos do número de árvores para <i>Eucalyptus grandis</i> , em porcentagem .....	51
10	Representação gráfica da evolução do número de árvores em relação à idade, para as 5 classes de sítio, em <i>Eucalyptus grandis</i> ...	53
11	Distribuição gráfica dos resíduos dos diâmetros mínimos para <i>Eucalyptus grandis</i> , em porcentagem .....	54
12	Distribuição dos resíduos da variância dos diâmetros para <i>E. grandis.</i> , em porcentagem ..	56
13	Distribuição dos resíduos em porcentagem da área basal para <i>Eucalyptus grandis</i> .....	58

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
14	Distribuição dos resíduos parâmetro "b" para <i>Eucalyptus grandis</i> , em porcentagem .....	61
15	Distribuição dos resíduos do parâmetro "c" para <i>Eucalyptus grandis</i> , em porcentagem ....	61
16	Distribuição dos resíduos em porcentagem do percentil 20 para <i>Eucalyptus grandis</i> .....	64
17	Distribuição dos resíduos em porcentagem do percentil 70 para <i>Eucalyptus grandis</i> .....	65
18	Curvas que expressam as classes de sitio para <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	77
19	Índice de sitio em relação a altura dominante para idade de 24 meses .....	78
20	Índice de sitio em relação a altura dominante para idade 25 meses .....	78
21	Índice de sitio em relação a altura dominante para idade de 60 meses (idade de referência) ..	78

Figura		Página
22	Índice de sitio em relação a altura dominante para idade 64 meses .....	78
23	Distribuição gráfica dos resíduos do número de árvores para <i>Eucalyptus urophylla</i> , em porcentagem .....	80
24	Evolução do número de árvores em função da idade para as 5 classes de sitio em <i>E. urophylla</i> .	81
25	Distribuição gráfica dos resíduos dos diâmetros mínimos para <i>E. urophylla</i> , em porcentagem .....	83
26	Distribuição dos resíduos da variância dos diâmetros para <i>E urophylla</i> , em porcentagem ...	85
27	Distribuição dos resíduos área basal para <i>Eucalyptus urophylla</i> , em porcentagem .....	86
28	Distribuição dos resíduos do parâmetro "b" para <i>Eucalyptus urophylla</i> , em porcentagem ....	89
29	Distribuição dos resíduos do parâmetro "c" para <i>Eucalyptus urophylla</i> , em porcentagem ....	89

Figura		Página
30	Distribuição dos resíduos do percentil 20 para <i>Eucalyptus urophylla</i> , em porcentagem ...	92
31	Distribuição dos resíduos do percentil 90 para <i>Eucalyptus urophylla</i> , em porcentagem ...	93

## RESUMO

CUNHA NETO, FRANCISCO RODRIGUES DA. Sistema para predição presente e futura da produção por classe de diâmetro utilizando a função Weibull, para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. Lavras: ESAL, 1994, 159p. (Dissertação - Mestrado em Produção Florestal).\*

Este estudo teve como objetivo principal desenvolver um sistema de estimativa presente e futura, utilizando a função Weibull de 3 parâmetros para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* considerando diferentes idades, densidade e classes de produtividade dos sítios.

Os dados utilizados foram coletados em povoamentos da CELPAV (Celulose e Papel Votorantin S.A.), no município de Luiz Antônio-SP. A amostragem foi feita em povoamentos com idade de 22 a 72 meses, utilizando-se parcelas de 420 m<sup>2</sup>, sendo que todas tiveram pelo menos duas medições.

Foram testados e construídos modelos que estimam a produtividade de sítios, o número de árvores, o diâmetro mínimo, os diâmetros percentis, a área basal, a variância dos diâmetros e os parâmetros "b" e "c" da função Weibull.

---

\* Orientador: José Roberto Soares Scolforo; Membros da banca: Antônio Donizetti de Oliveira, Natalino Calegario.

Além da evolução dos parâmetros "b" e "c", utilizou-se também para a recuperação dos parâmetros de Weibull, os pares de percentis 20/70, 20/80, 20/90, 30/70, 30/80, 30/90, 40/70, 40/80 e 40/90, e para recuperação de forma direta, utilizou-se o par de parâmetros b/c.

Os testes de consistência foram feitos comparando o volume real e estimado, tanto para estimativa presente como para prognose, através do teste "t" pareado. Outro teste aplicado foi a comparação do número de árvores real e estimado, feito para estimativa presente e prognose, através do teste de Kolmogorov-Smirnov.

De maneira geral o estudo teve bons resultados, todos os modelos apresentando ajustes satisfatórios, a recuperação dos parâmetros de Weibull pelos pares de percentis também foi satisfatória. E a estimativa tanto presente como futura por classe diamétrica utilizando a função Weibull, apresentou-se muito eficiente.

## SUMMARY

### A SYSTEM FOR PREDICTING THE PRESENT AND FUTURE PRODUCTION PER DIAMETER CLASS FOR *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* WITH THE USE OF THE WEIBULL FUNCTION

The present study had as main purpose the development of a system for predicting present and future production for *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* utilizing the Weibull function for three parameters, considering different ages, densities and classes of site productivity.

Data were collected from the forest stands of CELPAV (Celulose e Papel Votorantim S.A.), in the municipality of Luíz Antônio - SP. Sampling was carried out in stands at ages from 22 to 72 months with at least two measuring operations.

Models were built and tested for the estimation of site productivity, number of trees, minimum diameter, and the Weibull function "b" and "c" parameters.

Besides the evolution of the "b" and "c" parameters, the Weibull parameters were also recovered from the pairs of percentiles 20/70, 20/80, 20/90, 30/70, 30/80, 30/90, 40/70, 40/80, 40/90, and directly recovered with the use of the pair of parameters b/c.

he tests of consistency were carried out comparing the actual and estimated volume, both for the present estimation and for the prognosis, by the use of paired t tests.

Another test applied was the comparison of the actual and estimated number of trees for the present and future estimations, through the kolmogorov-Smirnov test.

In general, the study had good results, with all models showing satisfactory adjustments; the recovery of the Weibull parameters through the pairs of percentiles being also satisfactory the estimation, both present and future per diameter class using the weibull function was very efficient.

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade florestal no Brasil vem se desenvolvendo de forma expressiva nos últimos anos, principalmente o reflorestamento com espécies de rápido crescimento para usos múltiplos.

O Brasil conta com aproximadamente 6,6 milhões de hectares reflorestados com diferentes espécies, sendo 3 milhões de ha de *Eucalyptus* spp, (IBGE, 1990; ANFPC, 1991 citado por Salomão, 1993). Deste total 816.168 ha estão diretamente vinculados à indústria de papel e celulose, que encerrou o ano de 1993 com um total de exportação de US\$ 750 milhões.

Um dos objetivos das empresas florestais é otimizar suas atividades para maximizar o lucro e minimizar os custos, sem com isto perder a qualidade. Nesse contexto, a prognose por classe de diâmetro torna-se uma ferramenta de grande utilidade para o manejador florestal, pois permite que se faça um planejamento bem detalhado, definindo com antecedência o volume de madeira por classe diamétrica, podendo destinar seu uso de acordo com suas dimensões, definindo também a compra ou venda de madeira quando se fizer necessário.

Através de prognose é possível definir antecipadamente o momento de desbaste por sítio, a rotação econômica ótima, o planejamento da atividade de exploração florestal, e podendo ainda, ser um fator subsidiário para novas aquisições de terras. Enfim, este componente, é básico para que a atividade de otimização de corte/colheita possa ser efetivamente considerada.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

- Desenvolver um sistema de predição da produção presente e futura por classe de diâmetro, usando a função Weibull. As espécies estudadas são: *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, e o sistema levará em conta diferentes idades, classes de densidade e níveis de produtividade dos sítios.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver e testar modelos para definir a produtividade dos sítios florestais.

- Desenvolver e testar modelos para expressar a evolução do número de árvores no povoamento, em função da idade, densidade e produtividade dos sítios.

- Desenvolver e testar modelos que expressem a variância dos diâmetros.

- Desenvolver e testar modelos que expressem a área basal do povoamento.

- Desenvolver modelos que determinem o diâmetro mínimo do povoamento.

- Estudar a relação entre os parâmetros "b" e "c" de Weibull e as características do povoamento

- Estudar a relação entre os diâmetros percentis e as características do povoamento.

- Aprimorar e testar a eficiência do método de ajuste da função Weibull através do método dos percentis.

- Elaborar sistema de predição das produções presente e futura por classe diamétrica utilizando a função de densidade e probabilidade Weibull.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Para viabilizar a prognose através da distribuição Weibull, é necessário utilizar algumas funções que serão aplicadas nos modelos de produção por classe diamétrica. Portanto, a seguir serão abordados os tópicos mais importantes, sem as quais o sistema torna-se inviável.

### 2.1 Sítio

Sítio é definido pela "Society of American Foresters", como uma Área considerada conforme seus fatores ecológicos, com capacidade de produzir florestas ou outra vegetação, Davis (1966) e Clutter et al. (1983).

De acordo com Couto et al. (1989), o crescimento e a produção de um povoamento florestal puro e equiano, são determinados principalmente por quatro fatores: Idade; Capacidade produtiva da área; Adaptabilidade da espécie nas suas diferentes formas e estádios de vida; Manejo. Sendo que, a capacidade produtiva da área se refere a qualidade do sítio e é expressa pelo índice de sítio.

Scolforo (1993), relata que a determinação da qualidade de sítio pode ser feita através de métodos diretos e indiretos. E

que sistemas de classificação de sítio tem sido desenvolvido para o planeta, continente, países, regiões e levantamentos locais. A escala desejada e a variabilidade dos fatores de sítio determinam qual dos principais fatores é usado para subdivisão primária. Desta maneira, clima pode ser apropriado em ampla escala, fisiografia em investigações regionais, vegetação e solo para investigações locais. Estas classificações genéricas indicam as potencialidades florestais enquanto as locais indicam a capacidade produtiva da propriedade florestal.

Davis (1966) cita que, de todas as medições indiretas que foram estudadas, o crescimento em altura pode ser considerado como o indicador mais consistente e prático da qualidade dos sítios florestais. O crescimento em altura no dossel dominante é muito sensível a diferenças no sítio, altamente correlacionado com o crescimento em volume e pouco relacionado ao estoque e composição de espécies. Estando de acordo com Burger (1976), quando afirma que a altura é um elemento dendrométrico pouco influenciado pela densidade, sendo portanto bom indicador da qualidade do sítio.

A determinação do índice de sítio é um meio usualmente empregado em manejo florestal para classificar os povoamentos equianeos segundo sua capacidade produtiva. Além do aspecto de classificação, o índice de local constitui uma variável importante em qualquer sistema de predição da produção. Neste caso a maneira mais adequada de expressar esse índice é relacionar a altura dominante com a idade, na suposição de que o crescimento das árvores dominantes não é afetado pela competição das árvores de outras categorias, Campos (1985).

Batista e Couto (1986) trabalhando na escolha de modelos matemáticos para construção de curvas de índice de sítio para *Eucalyptus* sp no estado de São Paulo, relatam que diversos métodos de classificação de sítios, foram desenvolvidos, entre eles, o método da construção de curvas de índice de sítio que permite uma classificação baseada na análise quantitativa da influência ambiental. Estes autores afirmam que os trabalhos de construção de curvas de índice de sítio, geralmente adotam um modelo matemático escolhido previamente de maneira arbitrária, sem estudo detalhado do modelo mais adequado para representar o padrão de crescimento da floresta. Os referidos autores testaram oito modelos matemáticos para construção de curvas de índice de sítio para *Eucalyptus* sp de primeira rotação, e concluíram que, o modelo o mais adequado para *E. saligna*. foi:

$$H = \beta_0 + \beta_1 \ln(I) + e_1$$

Onde:

H = altura média das árvores dominantes

I = idade do povoamento

ln = logaritmo neperiano

$\beta_0$ ;  $\beta_1$  = parâmetros estimados, por regressão linear

Já para *E. grandis*, o modelo mais adequado foi:

$$H = \beta_0 (1 - \text{EXP}(\beta_1)) \beta^2$$

Onde:

H, I, = são os mesmos do modelo linear

EXP = exponencial

$\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  = parâmetros estimados por métodos de regressão não linear.

Campos e Bastos (1975), estabelecendo índice de local para plantações de *Pinus patula* em Camanducaia MG., utilizaram a equação  $H = \beta_0 + \beta_1^{-1/1}$  em função de sua grande difusão em estudos de gênero.

Curtis et al. (1974) desenvolveram curvas de índice de sítio para "Douglas fir", (*Pseudotsuga taxifolia*), testando o modelo de Prodan:  $H - 1,3 = I^2 / (\beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 I^2) + e_1$

Os autores concluíram que o modelo foi satisfatório deixando a desejar nas idades mais jovens, já que a variância do crescimento nesta fase é maior, tornando as estimativas de índice de sítio altamente incertas.

Scolforo e Machado (1988a), desenvolveram curvas de índice de sítio para *Pinus taeda* nos Estados do Paraná e Santa Catarina, e o modelo selecionado foi o modelo biológico de Chapman-Richards:  $H = \beta_0 * (1 - \text{Exp}(-\beta_1 * I))^{\beta_2} + e_1$

Os autores concluíram que o conjunto de curvas proporcionam estimativas sem tendenciosidade do crescimento em altura de árvores dominantes para todas as classes de sítios. Estes mesmos autores, também desenvolveram curvas índice de sítio para *Pinus elliottii* no Estado do Paraná e Santa Catarina, e o modelo escolhido foi novamente o de Chapman-Richards.

Uma série de outros estudos vem sendo desenvolvidos sobre a produtividade dos sítios podendo-se citar: Campos, Torquato e Ribeiro (1985), Maldonado, Bailey e Borders (1987), Couto, Bastos e Lacerda (1989), Cao e Durand (1991), McDill e Amateis (1992), Gonzales, Smith e Maldonado (1992) dentre outros.

Ainda considerando sobre curvas de índice de sítio, Scolforo (1993), descreve que estas são subdivididas em anamórficas e polimórficas. Define que as curvas anamórficas a inclinação da curva, expressa pelo coeficiente "b", e a taxa de crescimento relativo em altura são consideradas constantes e proporcionais para todas as classes de sítio. Já as curvas polimórficas se caracterizam por não apresentarem uma proporcionalidade no crescimento da altura das árvores dominantes entre as diferentes classes de sítio.

## 2.2 Sobrevivência

A mortalidade em povoamentos florestais é de difícil controle, visto que, pode ser considerada como regular e irregular.

Burkhart (1974), define a mortalidade regular, como sendo, a mortalidade causada por fatores endógenos ou ainda, por fatores intrínsecos à árvore. É esporádica no espaço e no tempo, e pode se manifestar a partir do plantio, com a morte das mudas menos vigorosas.

Lee (1971), define a mortalidade irregular, como sendo causada por fatores exógenos também chamados de fatores Catastróficos, que são decorrentes de causas não intrínsecas à árvore como pragas, doenças, incêndios, danos mecânicos ocasionados pelo homem e por animais, vento, temperatura, enchente, seca, além de outras causas sujeitas a acontecer irregularmente no tempo e no espaço.

Segundo Clutter et al. (1983), a mortalidade regular fundamenta-se principalmente na idade e densidade do povoamento, e devem possuir as seguintes propriedades, ao se considerar " $I_1$ " como idade, " $N_1$ " como densidade do povoamento, expressa em número de árvores, e " $i$ " como o tempo:

a) Se  $I_2 = I_1$ , então  $N_2 = N_1$

b) Em povoamentos equianeos, se  $I_2 > I_1$ , então  $N_2 < N_1$

c) Também em povoamentos equianeos, se  $I_2$  tende a infinito, então  $N_2$  tende a zero;

d) Se o modelo é usado para predizer  $N_2$  na idade  $I_2$ , e  $N_2$  e  $I_2$  para predizer  $N_3$  na idade  $I_3$ , o resultado deve ser igual aquele em que se usa  $N_1$  na idade  $I_1$ , para predizer  $N_3$  na idade  $I_3$ .

Segundo Rennols e Peace (1986), a partir do plantio o efeito da competição e a taxa de mortalidade deverão ser baixos. Com o crescimento do povoamento, aumenta a competição e a taxa de mortalidade atinge seu valor máximo. Após este ponto, a taxa de crescimento das árvores dominantes diminui, e estas têm espaço suficiente para sobreviver, o que leva a diminuição da competição e da taxa de mortalidade.

Keister (1972), afirma que, se as árvores em competição são de igual tamanho e vigor, a competição entre elas é de igualdade, mas se uma delas é de menor tamanho e, ou, vigor, então uma não afeta a outra igualmente. Assim, a árvore maior e, ou, mais vigorosa domina as outras menores e suprimidas, fazendo com que estas recebam luz, nutrientes e, ou, água em quantidades aquém daquela necessária para seu perfeito metabolismo. Desse modo, as árvores suprimidas passam a realizar fotossíntese apenas para

suprir o gasto energético da respiração, não apresentando taxa de crescimento, o que permanecendo, acaba por levá-las a morte.

Smalley e Bailey (1974), desenvolveram um modelo para prever sobrevivência em função da idade, densidade inicial do povoamento e média de altura total das árvores dominantes e codominantes. Os autores concluíram que em todas as classes de capacidade produtiva, a sobrevivência decresce com o aumento da densidade de plantio e da idade, sendo que quanto maior a capacidade produtiva maior a sobrevivência na fase jovem do povoamento em relação à fase adulta, em que já tenha iniciada a competição entre as árvores.

Buchman e Shifley (1983), chamam a atenção para que as variáveis selecionadas para uso em estudos de mortalidade são aquelas caracterizada pelas facilidades de obtenção e uso, em lugar daquelas que, verdadeiramente, melhor explicam a mortalidade. Esses autores consideram que, para uma boa quantificação da mortalidade, uma grande base de dados, com pelo menos duas medições sucessivas por árvore, é necessária.

Baldwin (1985), utilizou um modelo desenvolvido por Clutter e Jones (1980) para predição de mortalidade para todo um povoamento; tem a forma:

$$N_{2i} = (N_1^{\beta_0} + \beta_1 (I_2^{\beta_2} - I_1^{\beta_2}))^{1/\beta_0} + e_i$$

Onde:

$N_{2i}$  =  $i$ -ésima densidade do povoamento na idade  $I_2$ ;

$N_1$  = densidade do povoamento na idade  $I_1$

$\beta_0, \dots, \beta_2$  = parâmetros do modelo

Piennar e Shiver (1981), fizeram uma derivação do modelo acima, chegando a seguinte forma:

$$N_{2i} = N_1 \cdot \text{Exp}(-\beta_0 (I_2^{\beta_1} - I_1^{\beta_1})) + e_i$$

Lenhart e Clutter (1971), utilizaram o modelo logarítmico:  $P_i = \beta_0 - \beta_1 \cdot \text{Ln}(I) - \beta_2 \cdot \text{Ln}(NO) + e_i$ .

Onde:

$p_i$  = i-ésima probabilidade de mortalidade

$I$  = idade

$NO$  = densidade inicial do povoamento.

Sanqueta (1990), trabalhando com *Pinus elliottii*; testou os modelos mencionados anteriormente e mais alguns outros, chegando a conclusão que o modelo proposto por Silva foi o mais adequado para seus dados, o modelo é:

$$N_2 = N_1 \cdot \text{Exp}(\beta_2 (\beta_1^{I_2} - \beta_1^{I_1})) + e_i$$

Onde:

$N_2$  = número de árvores no futuro

$N_1$  = número de árvores no presente

$I_2$  = idade futura

$I_1$  = idade presente

$\beta_{is}$  = coeficientes de regressão não linear

Miranda (1990), trabalhou com *Eucalyptus* spp, para analisar a mortalidade regular, expressando assim a sobrevivência ao longo do tempo. Utilizou-se para isto a metodologia proposta por Buchman, baseando-se em características

dendrométricas de grupo de árvores semelhantes. Utilizando para expressar a sobrevivência o modelo a seguir:

$$(TS)_i = \beta_0 - [1/(1 + \text{Exp}(P))] + e_i$$

sendo:

$$P = \beta_1 + \beta_2 \text{ IAD}^{\beta_3} + \beta_4 \text{ DAP}$$

onde:

$(TS)_i$  = i-ésima taxa de sobrevivência em decimais

$i = 1, \dots, k$

$\beta_0$  = parâmetros da assintota superior

$\beta_1, \dots, \beta_4$  = parâmetros do modelo

IAD = incremento anual em DAP

DAP = diâmetro e altura do peito

E considerou este modelo muito satisfatório para suas condições.

### 2.3 Modelos de Distribuição Diamétrica

\* Segundo Bailey e Dell (1973), estudos referentes a distribuição dos diâmetros são antigos, datando de 1898, quando De-Liocourt propôs um modelo simples, com base na progressão geométrica de ocorrência para povoamentos equianeos.

Clutter e Bennett (1965), McGee e Della-Bianca (1967), relatam que os primeiros estudos sobre esta técnica referiam-se apenas à distribuição de diâmetros.

Beck e Della-Bianca (1970), relatam que, a partir do aprimoramento desses estudos, foram obtidas as primeiras

estimativas de produção para povoamentos naturais não desbastados de *Liriodendron tulipifera*.

Várias funções de densidade de probabilidade tem sido utilizadas, em diferentes situações, como: Exponencial, Normal, Log-Normal, SB de Johnson, Beta e Weibull, mas as mais utilizadas com propósito florestal são as funções Weibull e Beta.

Matney e Sullivan (1982), Campos e Turnbull (1981), afirmam que destas funções, Weibull tem evidenciado a superioridade para os propósitos florestais devido a sua flexibilidade e a facilidade de se correlacionar, significativamente, seus parâmetros com características importantes do povoamento.

Segundo Silva (1986), as funções Gama, Lognormal e Exponencial foram utilizados durante os anos de 1964 e 1965.

Hafley e Schreuder (1977), utilizaram a função Johnson's SB que foi estudada juntamente com a Beta, Gama, Weibull, Log-Normal e Normal, e analisando a flexibilidade das funções para descrever distintos graus de assimetria, concluíram que a função Normal é a menos flexível.

Clutter e Bennet (1965), ajustaram a função Beta para diâmetros observados em plantações de *Pinus elliottii*, quando desenvolveram tabelas de densidade variável, correlacionando as características de cada unidade amostral (idade, densidade e sítio) com os parâmetros da função, e obtiveram um conjunto de equações que utilizaram na construção das tabelas para estimar a frequência de diâmetros.

McGee e Della-Bianca (1967), usando a mesma tecnologia ajustaram a função Beta para descrever a distribuição de

diâmetros em povoamentos naturais de *Liriodendron tulipifera* equiana, trabalhando com frequência de área basal, fornecendo uma tabela similar.

\*Machado, Schopper e Hradetzki (1991), afirmam que o conhecimento da distribuição diamétrica é imprescindível para se fazer o sortimento de madeira em diferentes categorias de usos por unidade de área e para todo o projeto florestal. Estes autores trabalharam com *Pinus taeda* nos estados do Parná e Santa Catarina, utilizando apenas a função Beta para o ajuste dos dados provenientes de três desbastes, onde obtiveram resultados satisfatórios para o referido trabalho.

### 2.3.1 WEIBULL

Segundo Bailey (1973), a distribuição de probabilidade Weibull foi proposta primeiramente por Fisher e Tippett em 1928, tendo sido desenvolvida independentemente por Waloddi Weibull, físico sueco, em 1939 no estudo de resistência de materiais. Provavelmente depois da segunda Guerra Mundial, com ênfase no estudo da resistência dos materiais, o trabalho de Weibull se destacou e a distribuição passou a ser chamada pelo seu nome. Na literatura Russa é reconhecida ainda a importância de outro autor, sendo a distribuição normalmente chamada de "WEIBULL-GNEDENKO", Johnson e Kotz (1970).

A partir de então, praticamente todos os estudos de distribuição de frequência a têm utilizado, Leite (1990).

Apenas para confirmação da afirmação anterior, pode-se dar exemplos de vários trabalhos com diferentes espécies em que a função distribuição Weibull foi utilizada: Hafley e Schreuder (1977), Clutter e Belcher (1978), Belcher e Clutter (1979), Souter (1980), Dell et al. (1979), Abernethy (1981), Bailey et al. (1981), Lynch et al. (1984), McTague (1985), Shiver (1985), Silva e Bailey (1987), Jorge et al. (1990) (*Pinus elliottii*). Smalley e Bailey (1974), Daniels e Burkhart (1975), Feduccia et al. (1979), Strub et al. (1981), Cao et al. (1982), Allen e Duzan (1983), Wisniewski (1983) (*Pinus taeda*), Duzan (1983), Amateis et al. (1984), Burk e Burkhart (1984), Burkhart e Sprinz (1984), Clutter et al. (1984), Bailey et al. (1985). Bailey (1973 e 1974) (*Pinus radiata*). Alder (1978) (*Coniferas tropicais*). Campos e Turnbull (1981) (*Pinus patula*). Glade (1986) (*Eucalyptus grandis*). Leite et al. (1990) (*Eucalyptus saligna*). Scolforo (1990) (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*). E muitos outros autores trabalhando com outras espécies.

A função densidade de probabilidade Weibull pode ser apresentada com dois e três parâmetros

Bailey e Dell (1973), tecendo considerações sobre esta distribuição apresentam-na com 2 e 3 parâmetros e na Figura 1 pode ser verificada sua forma.

$$f(X) = (c/b) (x/b)^{c-1} \exp\{-(x/b)^c\};$$

$$x \geq 0, b > 0, c > 0$$

em que:

b = parâmetro de escala

c = parâmetro de forma

x = variável aleatória no caso diâmetro

Com três parâmetros, a distribuição Weibull tem função densidade de probabilidade como:

$$f(x) = (c/b) ((x-a)/b)^{c-1} \exp(-((x-a)/b)^c)$$

para:  $a \leq x < \infty$ ; e igual a zero  
em outras circunstâncias

em que:

$a$  = parâmetro de locação

$x$ ,  $b$  e  $c$  = já foram definidos anteriormente

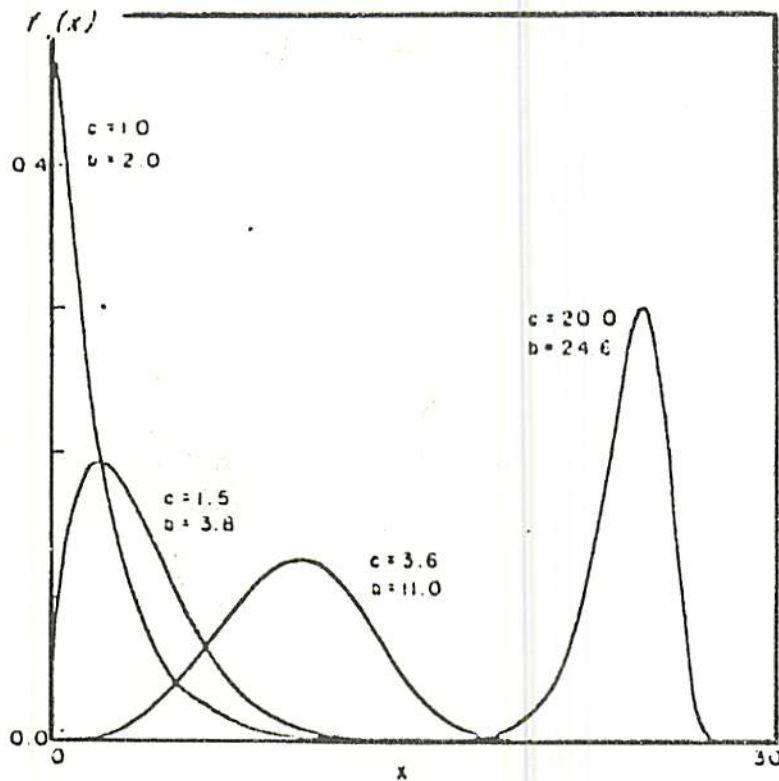


FIGURA 1. Função densidade de probabilidade de dois parâmetros, distribuição Weibull.

Fonte: Bailey e Dell (1973)

De acordo com os valores de "c" a distribuição Weibull, ajusta bem aos dados de florestas naturais assumindo a forma decrescente (J. invertido), até povoamentos equianeos com

distribuição unimodal, com as mais diferentes assimetrias. Utilizando exemplo desenvolvido por Zutter et al. (1986), em que o parâmetro de locação "a" é igual a zero, o parâmetro de escala "b" igual a seis e o parâmetro de forma "c" assumindo cinco diferentes valores, pode-se visualizar diferentes formas da distribuição Weibull.

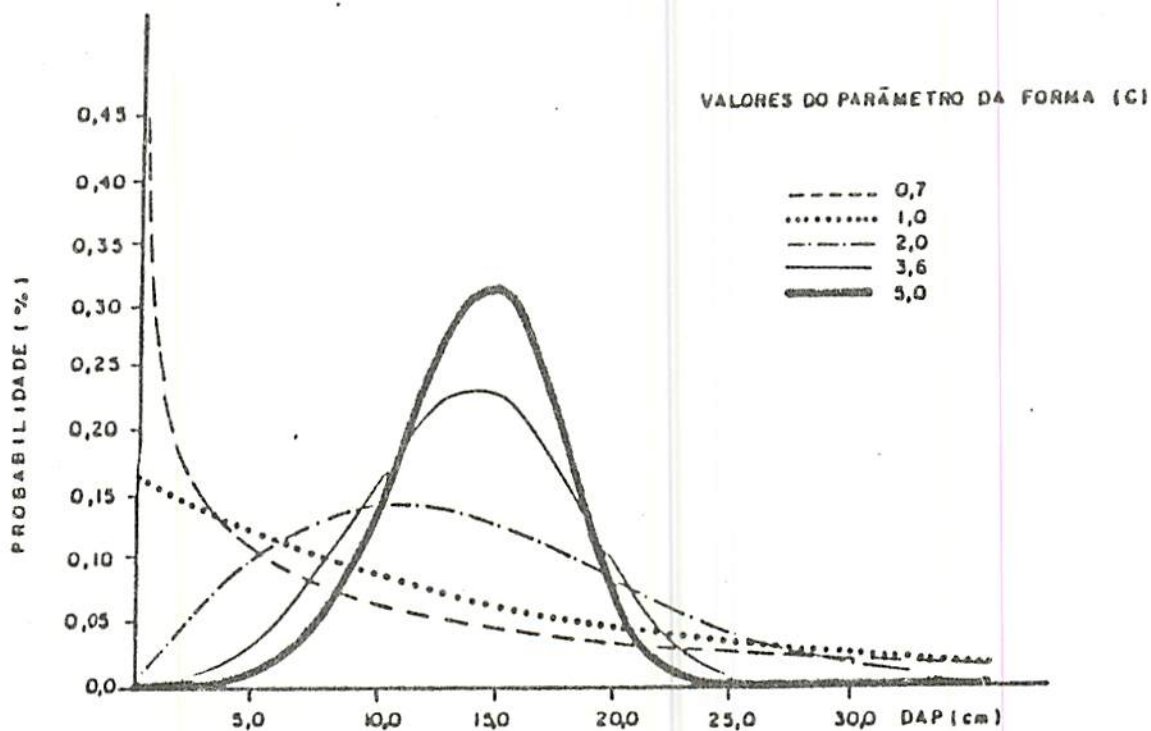


FIGURA 2. Formas assumidas pela função densidade de probabilidade Weibull.

A forma cumulativa da distribuição de Weibull é representada por:

$$F(X) = 1 - \text{Exp}(-((X-a)/b)^c)$$

$$\text{para } a \leq X < \infty$$

Vários métodos possibilitam a estimativa dos parâmetros da função Weibull, como a máxima verossimilhança, os momentos, os percentis, entre outros. Um dos mais eficientes métodos é o dos

percentis, onde "b" e "c" são estimados por uma regressão linear da transformação da distribuição cumulativa da função. Jorge et al. (1990), concluíram que o ajuste pelo processo de máxima verossimilhança e dos percentis produziram resultados semelhantes, com grande vantagem para os percentis pela simplicidade computacional. Os passos para esta transformação, segundo McTAGUE (1988), são os seguintes:

$$F(x) = 1 - \exp(-((x - a)/b)^c)$$

$$\exp(-((x - a)/b)^c) = 1 - F(x)$$

$$\text{mas: } F(x) = \text{PTLE} \text{ quando } x = \text{PERTLE}$$

$$\text{Onde PTLE} = \text{percentil} / 100$$

$$\text{PERTLE} = \text{diâmetro percentil}$$

$$\text{então: } \exp(-((\text{PERTLE} - a)/b)^c) = 1 - \text{PTLE} \quad (\text{A})$$

Aplicando-se o logaritmo natural nos dois lados da expressão A, tem-se:

$$-((\text{PERTLE} - a)/b)^c = \text{Ln}(1 - \text{PTLE})$$

$$((\text{PERTLE} - a)/b)^c = -\text{Ln}(1 - \text{PTLE}) \quad (\text{B})$$

Aplicando-se novamente o logaritmo natural em ambos os lados da expressão B, tem-se:

$$c \text{ Ln}((\text{PERTLE} - a)/b) = \text{Ln}(-\text{Ln}(1 - \text{PTLE}))$$

$$\text{Ln}(\text{PERTLE} - a) - \text{Ln}(b) = (1/c) * \text{Ln}(-\text{Ln}(1 - \text{PTLE}))$$

$$\text{Ln}(\text{PERTLE} - a) = \text{Ln}(b) + (1/c) * \text{Ln}(-\text{Ln}(1 - \text{PTLE})) \quad (\text{C})$$

$$\text{Fazendo } y = \text{Ln}(\text{PERTLE} - a)$$

$$x = \text{Ln}(-\text{Ln}(1 - \text{PTLE})) \text{ e ajustando a}$$

regressão linear tem-se:

- coeficiente de inclinação =  $1/c$
- intercepto =  $\text{Ln}(b)$

O parâmetro "a" é obtido por:

$$a = x_1 - \left( \frac{b}{n^{(1/c)}} \right) * \Gamma * (1 + 1/c)$$

Onde:

$x_1$  = menor diâmetro da parcela

$n$  = número de árvore da parcela

$b, c$  = parâmetros de Weibull

$\Gamma$  = função gama

De acordo com Clutter et al. (1983) e Bailey et al. (1982), se  $X_{p1}$  e  $X_{p2}$  são dois diâmetros  $X_1$  e  $X_2$  para os respectivos percentis  $p_1$  e  $p_2$  e, "a", "b" e "c" a estimativa dos parâmetros da função Weibull, tem-se as seguintes equações baseadas na equação (C).

$$X_{p1} - a = b(-\text{Ln}(1 - p_1))^{(1/c)} \quad (D)$$

$$X_{p2} - a = b(-\text{Ln}(1 - p_2))^{(1/c)} \quad (E)$$

dividindo (D) por (E), tem-se:

$$\frac{(X_{p1} - a)}{(X_{p2} - a)} = \frac{(b(-\text{Ln}(1 - p_1))^{(1/c)})}{(b(-\text{Ln}(1 - p_2))^{(1/c)})}$$

$$\frac{(X_{p1} - a)}{(X_{p2} - a)} = \frac{(-\text{Ln}(1 - p_1))}{(-\text{Ln}(1 - p_2))^{(1/c)}}$$

$$\text{Ln}\left(\frac{(X_{p1} - a)}{(X_{p2} - a)}\right) = (1/c) * (\text{Ln}((- \text{Ln}(1 - p_1)) / (- \text{Ln}(1 - p_2))))$$

então:

$$C = \frac{\text{Ln}[-\text{Ln}(1 - p_1) / (-\text{Ln}(1 - p_2))]}{\text{Ln}((X_{p1} - a) / (X_{p2} - a))}$$

e se:

$$X_{p1} - a = b(-\text{Ln}(1 - p_1))^{(1/c)}$$

então:

$$b = (X_{p_1} - a) / (-\ln(1 - p_1))^{(1/c)}$$

Assim, pela utilização de quaisquer pares de diâmetro percentis é possível a recuperação dos coeficientes "b" e "c" da distribuição Weibull.

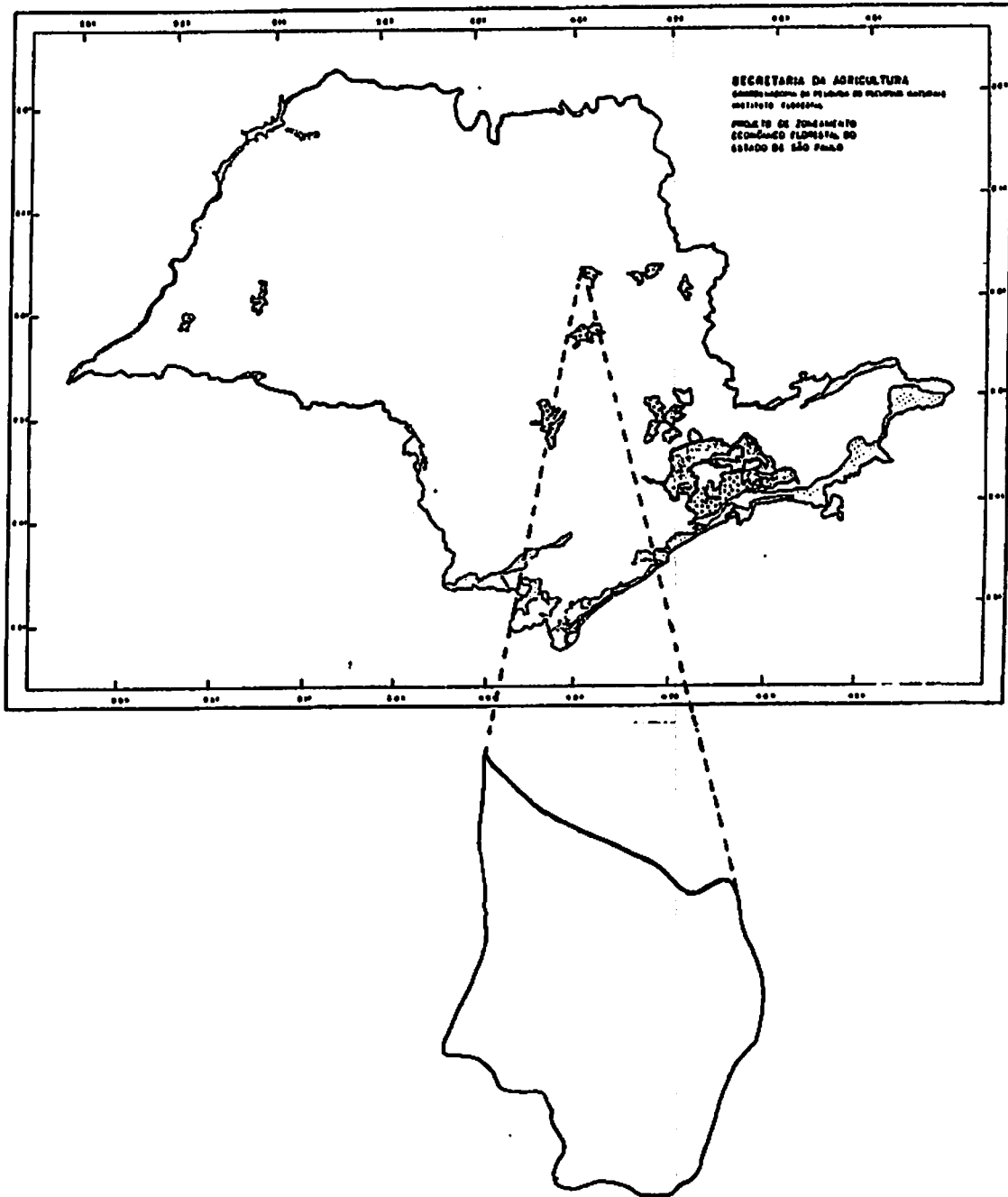
### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Localização e Fonte de Dados

Este trabalho foi desenvolvido com dados de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, provenientes da empresa Celulose e Papel Votorantin (CELPAV - Florestal S.A), situada no município de Luiz Antonio - SP. A região se caracteriza por: Precipitação média anual de 1450 mm; temperatura média anual de 22°C; Altitude de 970 m acima do nível do mar; As espécies em estudo estão apresentando um desenvolvimento satisfatório, comprovando o zoneamento ecológico de Golfari(1978), que classificou tal região como sendo apta ao cultivo destas espécies. A Figura 3 exhibe a localização do município de Luiz Antônio-SP.

Os dados de trabalho foram coletados de 12 (doze) projetos da empresa supra citada compreendendo as regiões de Luiz Antonio, Ribeirão Preto e Altinópolis. A amostra foi composta de 840 parcelas permanentes, sendo 560 parcelas para *E.grandis*, e 280 parcelas para *E. urophylla*.

Os projetos amostrados tiveram suas medições iniciadas aos 22 meses de idade e remedições até aos 72 meses em diversas condições de sitio. O espaçamento predominante foi de 3x2m, e todas as unidades amostrais apresentaram forma retangular com



**FIGURA 3. Município de Luiz Antônio-SP, onde localiza-se a empresa CELPAV - Florestal S.A.**

20x21m, totalizando 420 m<sup>2</sup>. Neste estudo todas as parcelas utilizadas tiveram pelo menos 2 (duas) medições, onde foram coletados todos os dados dendrométricos necessários para seu desenvolvimento como por exemplo, DAP (Diâmetro a Altura do Peito, 1,30m), Hdom (Altura dominante). Considerou-se como altura dominante, a altura média das 100 (cem) árvores de maior diâmetro por hectare. Também foram coletadas outras informações complementares como número de árvores mortas, número de falhas e número de árvores vivas. Deve-se ressaltar que o número de árvores considerado foi o número de fustes medidos, ou seja, em cova onde houve bifurcação ou trifurcação foram consideradas duas ou três árvores, respectivamente. Este fato se refletiu nas funções de sobrevivências ajustadas e será explorado posteriormente.

Só foram consideradas árvores com DAP (Diâmetro a Altura do Peito) maior ou igual a 3 (três) centímetros. Assim nas remedições sempre havia "ingrowth" ingresso de árvores no processo de medição, fazendo o número de árvores das parcelas aumentar em algumas remedições.

Após a classificação de sítio selecionaram-se 376 parcelas de *E. grandis* e 176 parcelas de *E. urophylla*, tomando-se o cuidado de ter parcelas representativas em todas as classes de sítio. Destas parcelas foi que saíram os dados utilizados para todas as etapas deste trabalho. Todas as parcelas tiveram pelo menos 2 medições e apenas 24 parcelas de *E. grandis* e 16 parcelas de *E. urophylla* tiveram 3 medições. As distribuições destas parcelas por classe de idade e índice de sítio, podem ser observadas nas Tabelas 1 e 2.

**TABELA 1 - Distribuição das parcelas de *E. grandis* amostradas para esse trabalho.**

IDADE (meses)	ÍNDICE DE SÍTIO (metro)					TOTAL
	26,50	23,50	20,50	17,50	14,50	
22   - 27	12	22	26	-	-	60
28   - 33	-	18	40	42	14	57
34   - 39	12	28	30	12	04	86
40   - 45	02	22	16	20	02	62
46   - 51	-	-	-	-	04	04
52   - 57	-	-	02	14	04	20
58   - 63	-	-	-	04	02	06
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>90</b>	<b>114</b>	<b>92</b>	<b>30</b>	<b>352</b>

**TABELA 2 - Distribuição das Parcelas de *E. urophylla* amostradas para esse trabalho.**

IDADE (meses)	ÍNDICE DE SÍTIO (metro)					TOTAL
	24,50	21,50	18,50	15,50	12,50	
22   - 27	08	14	06	-	-	28
28   - 33	02	06	24	34	-	66
34   - 39	-	04	12	-	-	16
40   - 45	-	-	-	-	-	0
46   - 51	-	-	02	22	12	36
52   - 57	-	04	10	-	-	14
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>28</b>	<b>54</b>	<b>56</b>	<b>12</b>	<b>160</b>

Não foram utilizadas todas as 840 parcelas ou os 840 conjuntos de dados. Das 560 parcelas de *E. grandis* foram utilizadas 376, sendo 75 parcelas reservadas para os testes de acuracidade dos modelos propostos e 109 parcelas descartadas por apresentarem inconsistência nos dados. Já para *E. urophylla* foram utilizadas 176 parcelas, sendo 68 parcelas reservadas para os testes de acuracidade e 36 parcelas descartadas por apresentarem inconsistência dos dados.

Nas Tabelas 1 e 2 estão mencionadas apenas as idades e as parcelas da primeira e segunda medição. Na segunda medição muda-se as classes de idade, porém todas as parcelas estão incluídas. Como nem todas as parcelas tiveram a terceira medição, a seguir são apresentadas nas Tabelas 3 e 4 as distribuições da amostragem da terceira medição, para *E. grandis* e *E. urophylla*, respectivamente.

**TABELA 3 - Distribuição das parcelas de *E. grandis* na terceira medição.**

IDADE (meses)	ÍNDICE DE SÍTIO (metro)					TOTAL
	26,50	23,50	20,50	17,50	14,50	
47	-	01	-	-	-	01
53	-	-	01	-	-	01
54	-	-	-	01	-	01
55	-	-	04	03	01	08
56	-	01	01	03	03	08
58	-	-	01	-	-	01
59	-	-	-	-	-	00
60	-	01	-	-	-	01
61	-	-	02	01	-	03
<b>TOTAL</b>	<b>00</b>	<b>03</b>	<b>09</b>	<b>08</b>	<b>04</b>	<b>24</b>

TABELA 4 - Distribuição das parcelas de *E. urophylla* na terceira medição.

IDADE (meses)	ÍNDICE DE SÍTIO (metro)					TOTAL
	24,50	21,50	18,50	15,50	12,50	
55	-	-	02	06	-	08
56	-	-	06	02	-	08
TOTAL	00	00	08	08	-	16

### 3.2 Classificação de Sítio

Como as parcelas amostradas foram permanentes, foram efetuados testes para definir se a forma das curvas de sítio eram anamórficas ou polimórficas. Para isto utilizou-se teste citado por Scolforo (1993), que verifica se existe relação linear entre os índices de sítio e as alturas dominantes médias nas várias idades consideradas, expressando que o índice de sítio não depende da idade, mas sim da capacidade produtiva do local. Para implementar este teste utiliza-se a equação de sítio ajustada, obtendo os valores de índice de sítio para cada idade. A partir daí é estabelecido uma relação linear entre o índice de sítio e a altura dominante ( $S = \beta_0 + \beta_1 Hd$ ) em cada idade em estudo. A dispersão das observações individuais em relação à linha de regressão sugerem uma relação linear com intercepto zero, como sendo uma suposição válida para a maioria dos casos.

Para gerar as curvas de índice de sítio foram ajustados

vários modelos tradicionais existentes na literatura para expressar a relação altura média das árvores dominantes e idade, como aqueles utilizados por Scolforo (1992) Scolforo e Machado (1988 a,b), Scolforo (1993), Maestri (1992), entre outros. A Tabela 5 mostra os modelos ajustados para as duas espécies em estudo.

Neste trabalho, utilizou-se também, a metodologia da diferença algébrica para a classificação dos sítios. Scolforo (1993) afirma que há poucas experiências com respeito ao método da diferença algébrica.

**TABELA 5 - Modelos testados para expressar a capacidade produtiva dos diferentes locais em função da idade.**

1	$Hd = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(I)$
2	$\text{Ln}(Hd) = \beta_0 + \beta_1 (1/I)$
3	$Hd = I^2 / (\beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 I^2)$
4	$Hd = \beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 (I^2)$
5	$Hd = \beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 (I^3)$
6	$Hd = \beta_0 + \beta_1 I^{0,5} + \beta_2 I$
7	$Hd = \beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 (I^2) + \beta_3 I^{0,5}$
8	$Hd = \beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 (1/I)$
9	$\text{Ln}(Hd) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(I) + \beta_2 [\text{Ln}(I)]^2$
10	$\text{Ln}(Hd) = \beta_0 + \beta_1 (1/I) + \beta_2 (1/I)^2$
11	$\text{Ln}(Hd) = \beta_0 + \beta_1 (1/I) + \beta_2 (1/I)^2 + \beta_3 (1/I)^3$

Onde:

Hd = Altura dominante (altura média das 100 árvores de maior diâmetro por hectare).

I = Idade em meses

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  = parâmetros a serem estimados

Ln --> Logaritmo natural

Pode-se citar como referência de experiência com este método, os trabalhos de Bailey e Clutter (1974), Clutter et al. (1984), Borders et al. (1984) e Scolforo (1992). A Tabela 6 mostra os modelos ajustados para expressar a qualidade de sitio, para as duas espécies em estudo. Um exemplo de como manusear a função de Chapman e Richards para obter a forma de ajuste anamórfica e a forma de ajuste polimórfica é apresentada a seguir:

TABELA 6 - Modelos testados para expressar a capacidade produtiva dos diferentes locais em função da idade, pelo método da diferença algébrica.

EQUAÇÕES	FORMA DE AJUSTE ANAMÓRFICA
Schumacher	$Hd_2 = Hd_1 \text{ Exp}[\beta_0 (I_2^{-\beta_1} - I_1^{-\beta_1})]$
Monomolecular	$Hd_2 = Hd_1 \left[ \frac{1 - \text{Exp}(-\beta_0 I_2)}{1 - \text{Exp}(-\beta_0 I_1)} \right]$
CLUTTER	$\text{Ln}(Hd_2) = \beta_1 I_2^{-1} - \beta_2 + \text{Ln}(Hd_1) - \beta_1 I_1^{-1} + \beta_2 \text{Exp}[\beta_0 (I_1^{-1} - I_2^{-1})]$
BAILEY com três parâmetros	$Hd_2 = Hd_1 \left[ \frac{1 - \text{Exp}(-\beta_0 I_2^{\beta_1})}{1 - \text{Exp}(-\beta_0 I_1^{\beta_1})} \right]$
BAILEY com quatro parâmetros	$Hd_2 = Hd_1 \left[ \frac{1 - \text{Exp}(-\beta_0 I_2^{\beta_1})}{1 - \text{Exp}(-\beta_0 I_1^{\beta_1})} \right]^{\beta_2}$
CHAPMAN e RICHARDS	$Hd_2 = Hd_1 \left[ \frac{1 - \text{Exp}(-\beta_0 I_2)}{1 - \text{Exp}(-\beta_0 I_1)} \right]^{\beta_1}$

**Onde:**

Hd = altura dominante (altura média dos 100 árvores de maior diâmetro por hectare)

Hd<sub>1</sub>, Hd<sub>2</sub> = altura dominantes nas idades I1 e I2 respectivamente

EXP = exponencial

$\beta_{1s}$  = coeficientes da regressão (a serem estimados)

Ln = logaritmo natural

I1 = Idade da primeira medição

I2 = Idade da remedição

### 3.3 Sobrevivência

A prognose eficiente do número de árvores vivas é de suma importância, uma vez que possibilita prever a estrutura da floresta dando grande embasamento para todo o planejamento florestal.

Neste estudo o método de coleta de dados não permitiu expressar a sobrevivência. Entretanto, utilizaram-se modelos tradicionais de sobrevivência, conforme pode-se observar na Tabela 7, para expressar a realidade do povoamento em estudo. Os números de brotações causam uma grande frequência de "ingrowth" e estes as vezes superam a mortalidade, fazendo com que o número de árvores do povoamento aumente com o passar do tempo.

TABELA 7 - Modelos que expressam a sobrevivência das árvores

EQUAÇÕES	FORMAS DE AJUSTE
LENHART	$N_2 = N_1 \text{ Exp } [\beta_1 (I_2 - I_1) + \beta_2 (\text{Log}(I_2/I_1))]$
CLUTTER E JONES	$N_2 = [N_1^{\beta_1} + \beta_2 (I_2^{\beta_3} - I_1^{\beta_3})]^{\beta_1 - 1}$
PIENNAR E SHIVER	$\text{Log}(N_2) = \text{Log}(N_1) - \beta_1 (I_2^{\beta_2} - I_1^{\beta_2})$
CLUTTER	$N_2 = N_1 (I_2/I_1)^{\beta_1} \cdot \text{Exp}[(\beta_2 + \beta_3 S)(I_2 - I_1)]$
CLUTER	$N_2 = (N_1^{\beta_1} (\beta_0 + \beta_2 (S^{-1}) \cdot [(I_2^{\beta_3}) - (I_1^{\beta_3})])^{1/\beta_1}$
SILVA	$N_2 = N_1 \text{ Exp } [\beta_2 (\beta_1^{I_2} - \beta_1^{I_1})]$
Derivação da Função de WEIBULL	$N_2 = N_1 \text{ Exp } [-((I_2 - I_1)/\beta_1)]^{\beta_2}$
BEVERTON	$N_2 = N_1 (\beta_1 + \beta_2 N_1)^{-(I_2 - I_1)}$

Onde:

$N_2, N_1$  = número de árvores por ha nas idades  $I_2$  e  $I_1$ , respectivamente.

EXP = exponencial

$\beta_{1e}$  = coeficientes de regressão a serem estimados

S = índice de sítio

### 3.4 Diâmetro Mínimo

Para a recuperação do parâmetro "a" de Weibull, a maneira tradicional e que mais se encontra na literatura, é evoluir com este parâmetro para o futuro, entretanto o seu vínculo com o diâmetro mínimo é uma opção eficiente, como pode ser observado em Scolforo (1990) e Maestri (1992). Para tanto testaram-se vários modelos que expressam o diâmetro mínimo (DM). Nesse trabalho, os modelos ajustados para *E. grandis* e para *E. urophylla* foram os utilizados por Scolforo (1990) e por Maestri (1992), e são apresentados na Tabela 8.

Além destas equações, desenvolveu-se através do Stepwise mais um modelo para *E. grandis* e outro para *E. urophylla* visando a obtenção do diâmetro mínimo dos povoamentos em questão.

TABELA 8 - Modelos testados para estimar o diâmetro mínimo.

MODELOS	FORMA DE AJUSTE
LENHART	$\text{Ln}(\text{DM}) = \beta_0 + \beta_1 \text{Hd} + \beta_2 \text{N}$ $\text{Ln}(\text{DM}) = \beta_0 + \beta_1 \text{I} + \beta_2 (\text{H} \cdot \text{I}^{-1}) + \beta_3 \text{N}$ $\text{DM} = \beta_0 + \beta_1 \text{Hd} + \beta_2 (\text{Hd} \cdot \text{I}^{-1})$ $\text{DM} = \beta_0 + \beta_1 \text{LnI} + \beta_2 \text{LnN} + \beta_3 \text{Ln}(\text{Hd}^{-1}) + \beta_4 \text{P2} + \beta_5 (\text{I}^2)^{-1}$ $\text{DM} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(\text{I}) + \beta_2 \text{Ln}(\text{N}) + \beta_3 (\text{Hd}^{-1}) + \beta_4 \text{P2} + \beta_5 (\text{I}^2)^{-1} + \beta_6 (\text{I}^3)^{-1}$
KNOEBELL	$\text{Ln}(\text{DM}) = \beta_0 + \beta_1 (G / (0,000078539816 \cdot \text{N}))^{0,05} + \beta_2 / \text{N}^{0,5} + \beta_3 (\text{I} \cdot \text{Hd})^{-1}$
BURKHART E SPRINZ	$\text{Ln}(\text{DM}) = \beta_0 + \beta_1 \text{I} + \beta_2 (\text{Hd}/\text{I}) + \beta_3 (\text{N})$
AMATEIS et al	$\text{DM} = \beta_0 + \beta_1 \text{Hd} + \beta_2 (\text{Hd}/\text{I})$
LENHART	$\text{DM} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(\text{I}) + \beta_2 \text{Ln}(\text{N}) + \beta_3 (\text{Hd}^{-1})$
LENHART e CLUTTER	$\text{DM} = \beta_0 + \beta_1 \text{I} + \beta_2 \text{Hd} + \beta_3 \text{N}^{-1}$
BURKHART e DANIELS	$\text{DM} = \beta_0 + \beta_1 \text{Hd} + \beta_2 (\text{H} \cdot \text{N}^{-1})$

Onde:

DM = menor diâmetro da unidade de amostra

G = área basal (m<sup>2</sup>) por ha.

N = número de árvores por ha.

Hd = altura média das árvores dominantes (100 árvores de maior diâmetro por ha.)

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_6$  = coeficientes de regressão a serem estimados.

I = idade

Ln = logaritmo natural

P2 = diâmetro referente ao percentil 20

Assim, para estimar o parâmetro "a", primeiro estima-se o diâmetro mínimo. Conhecendo a relação percentual entre ambos, o parâmetro locação é então obtido.

#### 3.4.1 Determinação do Parâmetro "a" de Weibull

Das 560 parcelas de *E. grandis* e 280 parcelas de *E. urophylla* obteve-se "a", "b" e "c". Também para estas parcelas obteve-se o valor do diâmetro mínimo. Foi então estabelecida uma relação entre o parâmetro "a" de cada parcela e um valor percentual do diâmetro mínimo, conforme listado a seguir:

a = 0,00 . DM  
 a = 0,10 . DM  
 a = 0,20 . DM  
 a = 0,30 . DM  
 a = 0,40 . DM  
 a = 0,50 . DM  
 a = 0,60 . DM  
 a = 0,70 . DM  
 a = 0,80 . DM  
 a = 0,90 . DM  
 a = 0,95 . DM  
 a = 0,97 . DM  
 a = 1,00 . DM

Para escolher a melhor relação entre o parâmetro "a" e o percentual do DM aplicou-se o teste "t" pareado, para o conjunto de parcelas utilizado.

#### 3.5 Variância dos Diâmetros

A variância dos diâmetros é de suma importância para os modelos testados, uma vez que representa a variabilidade dos diâmetros do povoamento. Portanto, é necessário a sua projeção, a

fim de que possa ser utilizada no futuro para estimativa de outros parâmetros. Nesse trabalho foram testados modelos para expressar a variância dos diâmetros com a maior precisão possível. Esses modelos também foram testados por Scolforo (1990) e Maestri (1992), e são apresentados a seguir:

$$\text{Ln}(S^2D) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(N/G) + \beta_2 \text{Hd}^{-1} + \beta_3 I^2$$

$$\text{Ln}(S^2D) = \beta_0 + \beta_1 \text{Hd} + \beta_2 \text{Ln}(N) + \beta_3 \text{Ln}(I)$$

Além destes dois, testados para ambas as espécies, foram construídos via Stepwise, mais um para *E. grandis* e outro para *E. urophylla*, que são mostrados a seguir, respectivamente.

$$(S^2D)^{0,5} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}[\text{Hd}/(N^2)] + \beta_2 \text{Ln}(I) + \beta_3 \text{Ln}(N.G) + \beta_4 \text{DM} + \beta_5 (I^2 . \text{Hd} . G)$$

$$(S^2D)^{0,5} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(\text{Hd}/N) + \beta_2 \text{Ln}(I) + \beta_3 \text{Ln}(N.G) + \beta_4 (\text{DM}^3)$$

### 3.6 Área Basal

A área basal é altamente correlacionada com o volume, além de estar correlacionada também com outras características do povoamento. Assim é necessário a sua projeção para o futuro, uma vez que fornecerá grande subsídio para prognose de volume.

Para expressar a área basal testaram-se modelos disponíveis na literatura, Tabela 9, que também foram testados por Glade (1986) e Scolforo (1990).

TABELA 9 - Modelos testados para expressar a área basal

MODELOS	FORMA DE AJUSTE
01	$\text{Ln}(G) = \beta_0 + \beta_1 (1/I) + \beta_2 S + \beta_3 \text{Ln}(N)$
02	$\text{Ln}(G) = \beta_0 + \beta_1 (1/I) + \beta_2 S + \beta_3 \text{Ln}(1/N)$
03	$\text{Ln}(G) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(N) + \beta_2 (I) + \beta_3 (1/I) + \beta_4 (1/S)$
04	$\text{Ln}(G) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(1/I) + \beta_2 \text{Ln}(N) + \beta_3 \text{Ln}(S) + \beta_4 (N.(1/I))$
05	$\text{Ln}(G) = \beta_0 + \beta_1 (1/I) + \beta_2 (Hd/I) + \beta_3 Hd$

Além dos modelos mostrados na Tabela 9, foram construídos mais dois modelos usando o procedimento Stepwise, sendo um para *E. grandis* e outro para *E. urophylla*, estes são respectivamente:

$$G = \beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 S + \beta_3 N + \beta_4 Hd + \beta_5 \text{Ln}(N)$$

$$G = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}N + \beta_2 I + \beta_3 (1/I) + \beta_4 (1/S)$$

onde: Todos os termos foram definidos anteriormente.

### 3.7 Recuperação dos Parâmetros "b" e "c" de Weibull

Uma vez estabelecido o percentual do diâmetro mínimo que é igual estatisticamente ao parâmetro de localção "a", pode-se facilmente obter os valores de "b" e "c" para qualquer conjunto de dados, fazendo-se uso das fórmulas (1) e (2). Desta maneira pode-se estimar as frequências de uma situação presente.

A forma é obtida por:

$$c = \ln[(-\ln(1-p_1))/(-\ln(1-p_2))]/\ln[(x_{p1}-a)/(x_{p2}-a)] \quad (1)$$

A escala é obtida por:

$$b = (x_{p1}-a)/(-\ln(1-p_1))^{(1/c)} \quad (2)$$

Onde:

$x_{p1}$   $x_{p2}$  = diâmetros  $x_1$  e  $x_2$  para os respectivos percentis  $p_1$  e  $p_2$

$a$  = parâmetro de locação

$\ln$  = logaritmo natural

Para predição futura dos parâmetros "b" e "c" de Weibull, existem duas possibilidades que foram adotadas neste trabalho e são descritas a seguir:

A primeira foi evoluir diretamente com os parâmetros "b" e "c" para o futuro. Para isso, foram construídos modelos para expressar melhor estes parâmetros, uma vez que se correlacionam com as características do povoamento. As equações utilizados foram:

Para *E. urophylla*

$$PB = \beta_0 + \beta_1 G + \beta_2 DM + \beta_3 N + \beta_4 (S^2 D)$$

$$PC = \beta_0 + \beta_1 DM + \beta_2 P_3 + \beta_3 P_2 + \beta_4 P_9$$

Para *E. grandis*

$$PB = \beta_0 + \beta_1 G + \beta_2 DM + \beta_3 N + \beta_4 (S^2 D)$$

$$PC = \beta_0 + \beta_1 P_2 + \beta_2 P_8 + \beta_3 (N/G) + \beta_4 P_9 + \beta_5 DM$$

Onde:

PB,PC = parâmetro b e c de Weibull respectivamente

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_4$  = coeficientes de regressão a serem ajustados

G = área basal ( $m^2$ ) por ha

DM = diâmetro mínimo (cm)

N = número de árvores por ha

$S^2D$  = variância dos diâmetros

P2,P3,P9 = diâmetro percentis a 20,30 e 90% respectivamente

A segunda possibilidade adotada para a recuperação dos parâmetros "b" e "c" de Weibull foi o estabelecimento de combinações de diâmetros percentis. Identificando qual a melhor combinação de percentis, e substituindo estes valores nas equações (1) e (2) dos parâmetros "b" e "c", torna-se simples a sua recuperação. As combinações utilizadas foram as seguintes: P20/70; P20/80; P20/90; P30/70; P30/80; P30/90; P40/70; P40/80 e P40/90.

Evoluindo com estes percentis para o futuro, torna-se fácil a recuperação dos parâmetros "b e c" também no futuro. Daí a necessidade de equações que fazem projeções futuras dos diâmetros percentis.

### 3.8 Diâmetros Percentis

A relação dos diâmetros percentis com as características do povoamento, e a utilização dos percentis para a recuperação dos parâmetros da função de Weibull, fez com que se testassem alguns modelos para expressar a evolução destes. As

Tabelas 10 e 11 mostram estes modelos para *E. grandis* e *E. urophylla*, respectivamente.

TABELA 10 - Modelos testados para estimar os diâmetros percentis, para *E. grandis*

MODELOS	FORMA DE AJUSTE
01	$\text{Ln}(P_i) = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 \text{Hd}^{-1} + \beta_3 \text{Ln}(S^2 D)$
02	$\text{Ln}(P_i) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(\text{Hd}) + \beta_2 (I^{-1}) + \beta_3 N + \beta_4 (S^2 D)$
03	$P_i = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 (S^2 D) + \beta_3 G$
04	$P_2 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 (N/G) + \beta_4 (S^2 D)^{0,5}$
05	$P_3 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 S + \beta_4 (N/G) + \beta_5 (S^2 D)^{0,5}$
06	$P_4 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 S + \beta_4 (1/N) + \beta_5 (N/G) + \beta_6 \text{Ln}(S^2 D)$
07	$P_7 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 (S^2 D) + \beta_4 (1/N) + \beta_5 (N/G)$
08	$P_8 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 (S^2 D) + \beta_3 S + \beta_4 G$
09	$P_9 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 S + \beta_4 (N/G) + \beta_5 (S^2 D)$

TABELA 11 - Modelos testados para estimar os diâmetros percentis, *E. urophylla*

MODELOS	FORMA DE AJUSTE
01	$\text{Ln}(P_i) = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 \text{Hd}^{-1} + \beta_3 \text{Ln}(S^2 D)$
02	$\text{Ln}(P_i) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(\text{Hd}) + \beta_2 I^{-1} + \beta_3 N + \beta_4 (S^2 D)$
03	$P_i = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 (S^2 D) + \beta_3 G$
04	$P_2 = \beta_0 + \beta_1 \text{Hd} + \beta_2 (N/G) + \beta_3 (1/\text{Hd}) + \beta_4 \text{Ln}(S^2 D)$
05	$P_3 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 (S^2 D) + \beta_3 S + \beta_4 G$
06	$P_4 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 (N/G) + \beta_4 \text{Ln}(S^2 D)$
07	$P_7 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 (N/G)$
08	$P_8 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 (S^2 D) + \beta_3 S + \beta_4 G$
09	$P_9 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 \text{Hd} + \beta_4 (N/G) + \beta_5 (S^2 D)^{0,5}$

Onde:

$P_i$  = diâmetro no i-ésimo percentil

$N$  = número de árvores por ha.

$G$  = área basal ( $\text{m}^2$ ) por ha.

$S$  = índice de sítio (m)

$S^2$  = variância dos diâmetros ( $\text{cm}^2$ )

$\text{Hd}$  = altura dominante (m) altura média das 100 árvores de maior diâmetro por ha.

$\beta_0, \beta_1$  = coeficientes de regressão a serem estimados

$\text{Ln}$  = logaritmo natural

$P_2, \dots, P_9$  = Percentil 20, 30, ..., 90 respectivamente

Maestri (1992) usou esses modelos e obteve os melhores resultados com os modelos 01 e 02. O modelo 03 foi construído utilizando-se as características do povoamento, sendo usado para testar todos os diâmetros percentis para as duas espécies em estudo. Os outros modelos foram construídos usando o procedimento Stepwise para cada diâmetro percentil dos povoamentos.

### 3.9 Equação de Volume

Não foi objetivo principal deste trabalho especificar ou testar modelos para expressar o volume. Entretanto, dispondo-se da frequência estimada pela função de distribuição de Weibull, evoluindo com a função de altura dominante e com a função de área basal, é possível obter o volume por classe diamétrica. Para isto, fez-se uso da equação do povoamento utilizada na CELPAV, que é:

$$V = [7.7257 + 0.7937 G * Hd) \cdot 0,5] \cdot f/\text{classe de diâmetro}$$

$$V = [(7,7257 + 0,7937 G * Hd) \cdot 0,75] \cdot f/\text{classe de diâmetro}$$

Onde:

V = volume cilíndrico ( $m^3$ ); os outros termos já foram definidos  
0,5 e 0,75 = respectivamente fatores para conversão do volume cilíndrico em volume sólido e volume em stere.

### 3.10 Seleção dos Modelos Ajustados

Os modelos ajustados foram selecionados com base nas seguintes medidas de precisão: Coeficiente de determinação ( $R^2$ ),

erro padrão da estimativa ( $Sy_x$ ) e distribuição gráfica dos resíduos. Uma abordagem detalhada destes itens pode ser observado em Scolforo (1993).

Sempre que foi necessário comparar modelos com natureza diferente, ou seja, um logarítmico e outro aritmético, efetuou-se o recálculo do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do erro padrão da estimativa ( $Sy_x$ ).

### 3.11 Teste de eficiência do modelo proposto

Foram desenvolvidos software denominados "predgran" e "preduro" para operacionalizar as equações ajustadas ao conjunto de dados, que foram selecionadas para compor o sistema de predição da produção de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. Com um instrumento desta natureza pode-se ter elementos para efetuar testes de consistência do modelo proposto.

#### 3.11.1 Consistência do Modelo em Relação a Estimativas do Número de Árvores por Classe de Diâmetro

##### 3.11.1.1 Estimativa Presente

O teste Kolmogorov-Smirnov foi usado para avaliar as frequências geradas por classe de diâmetro através da função Weibull, tomando como base 75 parcelas de *E. grandis* e 68 parcelas de *E. urophylla*, que não foram utilizadas em nenhum ajuste. A classe diamétrica considerada nesse teste teve amplitude de 3 cm, a partir do diâmetro mínimo de 3,0 cm.

Portanto, utilizando cada um dos nove pares de percentis e o par dos parâmetros "b" e "c", obteve-se as dez estimativas dos parâmetros "b" e "c", por parcela. A estimativa do parâmetro "a" foi em função do valor percentual do diâmetro mínimo. A partir das estimativas dos parâmetros e da função de distribuição Weibull obteve-se 10 frequências por classe diamétrica, as quais foram comparadas com as frequências observadas da parcela, ao nível de significância  $\alpha = 0,20$ ;  $\alpha = 0,10$ ;  $\alpha = 0,05$  e  $\alpha = 0,01$ .

#### 3.11.1.2 Estimativa Futura

Como as parcelas foram medidas pelo menos em duas idades diferentes e algumas tiveram até 3 medições, utilizou-se a primeira medição como base ou idade inicial, então fez-se a prognose para a idade na qual as parcelas tiveram suas remedições. Feito esta prognose, comparou o número de árvores estimado com o número de árvores real, seguindo o mesmo processo que para estimativa presente.

#### 3.11.2 Consistência do Modelo em Relação a Estimativa Volumétrica

Para a verificação da consistência em relação ao volume, utilizaram-se as mesmas 75 parcelas para *E. grandis* e 68 parcelas para *E. urophylla*, reservadas para este fim.

### 3.11.2.1 Estimativa Presente

Para esta estimativa, consideraram-se 3 situações:

Na primeira situação o teste "t" pareado foi usado para comparar os volumes real e estimado para os dados como um todo, ou seja, sem nenhuma estratificação ou restrição.

Na segunda situação o teste foi usado para comparar os volumes real e estimado, para os dados estratificados por sítio. Com isso é possível verificar a influência da qualidade do local para o modelo proposto.

Na terceira situação os dados foram estratificados por sítio e idade, a fim de verificar a existência de influência da idade dentro de cada sítio. Espera-se que quanto mais detalhadas ou estratificadas forem as informações, melhor o desempenho do sistema proposto, uma vez que haverá maior uniformidade e menor variabilidade dos dados.

### 3.11.2.2 Estimativa Futura

De forma semelhante à utilizada no teste com o número de árvores, tomaram-se como base os dados da primeira medição e prognosticou-se o volume para a idade na qual as parcelas foram medidas pela segunda ou terceira vez. Então aplicando o teste "t" pareado, foi possível comparar o volume real das parcelas com o volume prognosticado.

Para esta estimativa consideraram-se apenas duas situações: a primeira foi a estratificação das parcelas por

sítio, verificando, assim, o efeito da qualidade de sítio nas prognoses de volume. A segunda situação não levou em consideração a qualidade de local, sendo feita sem nenhuma estratificação ou restrição.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 *Eucalyptus grandis*

A seguir serão apresentados os componentes do sistema de crescimento e da produção por classe diamétrica para *Eucalyptus grandis*, assim como verificada a sua consistência.

#### 4.1.1 Classificação de Sítio

Ao utilizar os 560 pares de dados para a classificação e construção das curvas de índice sítio (S), observou-se que estes atendem ao pré-requisito da regressão, de não apresentar heterogeneidade de variância.

Estes mesmos dados foram utilizados para *Eucalyptus grandis*, para testar os modelos citados no Tabela 5, que são aqueles tradicionalmente utilizados em trabalhos deste gênero. Verificou-se que nenhum deles teve um ajuste satisfatório, apresentando coeficiente de determinação de no máximo 65% e uma distribuição de resíduos tendenciosa. Portanto, para efetuar a classificação de sítio foi utilizado o método de ajuste da diferença algébrica.

Dentre os modelos testados, segundo esta metodologia, destacou-se o de Chapman-Richards. Sua forma é:

$$H_2 = H_1 \left[ \frac{1 - \text{EXP}(-(\beta_0 I_2))}{1 - \text{EXP}(-(\beta_0 I_1))} \right]^{\beta_1} \quad (3)$$

O modelo de Chapman-Richards selecionado, teve coeficiente de determinação igual a 83% e um erro padrão da estimativa de 1,15m (equivalente a 6,4%).

Com a equação gerada, passam a existir duas possibilidades de manuseá-las: A primeira é a obtenção da altura dominante à partir do índice de sítio utilizando a equação (4).

$$H_d = S \left[ \frac{1 - \text{EXP}(-0,03028219.I)}{1 - \text{EXP}(-0,03028219.I \text{ ref.})} \right]^{1,32156733} \quad (4)$$

A segunda possibilidade é a obtenção do valor do índice de sítio à partir da altura dominante, utilizando a equação (5).

$$S = H_d \left[ \frac{1 - \text{EXP}(-0,03028219.I \text{ ref.})}{(1 - \text{EXP}(-0,03028219.I))} \right]^{1,32156733} \quad (5)$$

Devido a variabilidade nas alturas dominantes e as características do povoamento optou-se por 5(cinco) classes de sítio com amplitude de 3 metros. Na Tabela 12 faz-se a apresentação destas na idade de referência estabelecida aos 60 meses.

TABELA 12 - Classes de sítio adotadas para *Eucalyptus grandis* na região de Luis Antonio - SP.

Classes de Sítio	Intervalo (m)	Índices de Sítio
I	25,0   - 28,0	26,5
II	22,0   - 25,0	23,5
III	19,0   - 22,0	20,5
IV	16,0   - 19,0	17,5
V	13,0   - 16,0	14,5

Para gerar as curvas limítrofes das classes de sítio nas várias idades, utilizou-se a equação (4). Na Tabela 13 apresentam-se os limites das alturas dominantes para diferentes idades, e na Figura 4 a representação gráfica destes valores.

Batista e Couto (1986), trabalhando na construção de curvas de sítio para *Eucalyptus grandis* no estado de São Paulo, selecionaram o modelo  $H = a(1 - e^{-bt})^c$ , utilizando 5 anos como idade de referência e atribuindo uma amplitude de classe de 2 metros. Estes autores estabeleceram os seguintes limites de alturas das árvores dominantes (em metros) na idade de referência: 13,0 | - 15,0, 15,0 | - 17,0, 17,0 | - 19,0, 19,0 | - 21,0. Porém, no trabalho dos autores supra citados a faixa de variação das alturas dominantes na idade de referência (5 anos) foi de 15 a 31 m. Portanto, pode-se verificar que neste trabalho, foram incorporados operacionalmente classes de sítio mais produtivos que as geradas pelos autores acima referenciados.

TABELA 13 - Limites das alturas dominantes estimados por idade e classes de produtividade, para *Eucalyptus grandis*.

IDADE (meses)	CLASSE DE SITIO				
	V	IV	III	II	I
06	1,5   - 1,9	1,9   - 2,2	2,2   - 2,6	2,6   - 2,9	2,9   - 3,3
12	3,4   - 4,2	4,2   - 5,0	5,0   - 5,8	5,8   - 6,6	6,6   - 7,4
18	5,2   - 6,4	6,4   - 7,6	7,6   - 8,8	8,8   - 10,1	10,1   - 11,3
24	6,9   - 8,5	8,5   - 10,0	10,0   - 11,6	11,6   - 13,2	13,2   - 14,8
30	8,3   - 10,2	10,2   - 12,1	12,1   - 14,1	14,1   - 16,0	16,0   - 17,9
36	9,5   - 11,8	11,8   - 14,0	14,0   - 16,2	16,2   - 18,4	18,4   - 20,6
42	10,6   - 13,1	13,1   - 15,5	15,5   - 18,0	18,0   - 20,5	20,5   - 22,9
48	11,6   - 14,2	14,2   - 16,9	16,9   - 19,6	19,6   - 22,2	22,2   - 24,9
54	12,3   - 15,2	15,2   - 18,0	18,0   - 20,9	20,9   - 23,7	23,7   - 26,9
60	13,0   - 16,0	16,0   - 19,0	19,0   - 22,0	22,0   - 25,0	25,0   - 28,0
66	13,6   - 16,7	16,7   - 19,8	19,8   - 22,9	22,9   - 26,1	26,0   - 29,2
72	14,0   - 17,3	17,3   - 20,5	20,5   - 23,7	23,7   - 27,0	27,0   - 30,2
78	14,4   - 17,7	17,7   - 21,1	21,1   - 24,4	24,4   - 27,7	27,7   - 31,1
84	14,7   - 18,1	18,1   - 21,6	21,6   - 25,0	25,0   - 28,4	28,4   - 31,8
90	15,3   - 18,5	18,5   - 22,0	22,0   - 25,4	25,4   - 28,9	28,9   - 32,4
96	15,3   - 18,8	18,8   - 22,3	22,3   - 25,8	25,8   - 29,3	29,3   - 32,7

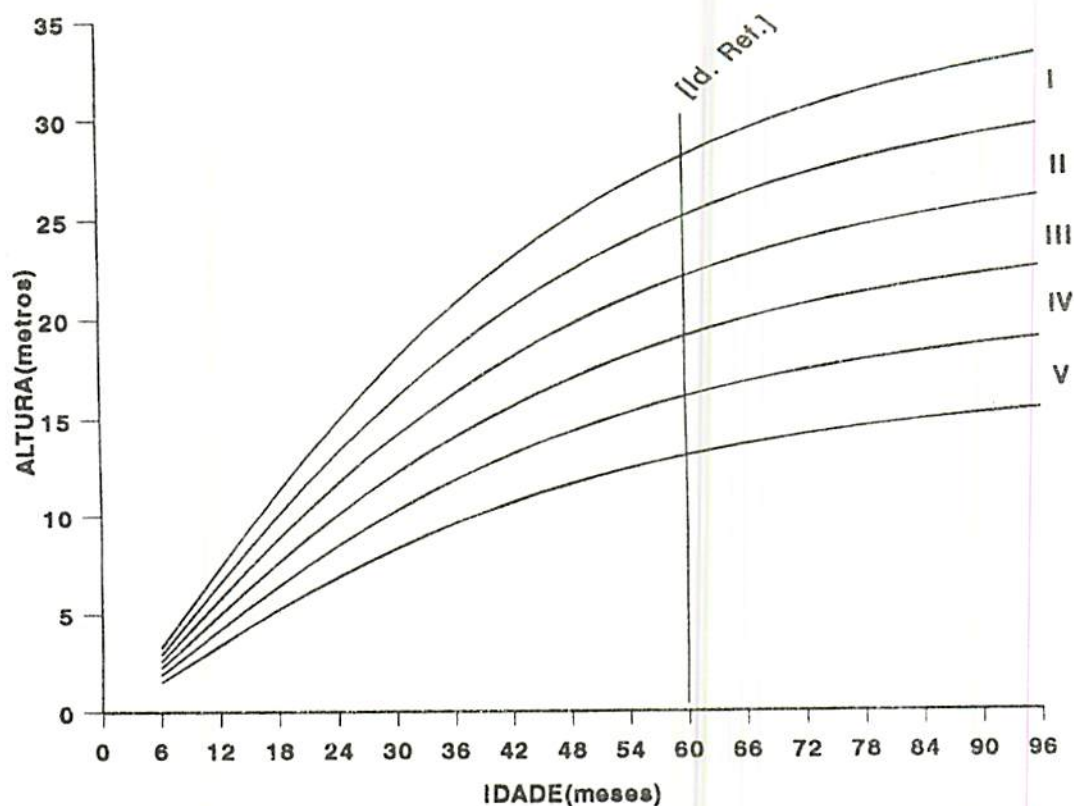


FIGURA 4 - Curvas que expressam as classes de sítio, para *Eucalyptus grandis*.

#### 4.1.1.1 Teste de Anamorfismo

O teste de anamorfismo foi realizado usando a equação (5). Estabeleceu-se uma relação linear entre o índice de sítio e as alturas das árvores dominantes em cada idade. Houve alta correlação entre o índice de sítio e a altura dominante em todas as idades, todos os coeficientes de correlação ( $R$ ) foram maior que 0,99. Como era de se esperar, a interseção  $\beta_0$  foi aproximadamente igual a zero. Também a inclinação  $\beta_1$  foi igual a 1 na idade de referência, maior que 1 nas menores idades e menor que 1 nas maiores idades. Este comportamento indica que o índice de sítio não depende da idade, mas sim da capacidade produtiva do

local. Comportamento semelhante foi observado por Scolforo (1990), trabalhando com *Pinus caribaea* var *hondurensis*.

As Figuras 5, 6, 7 e 8, mostram o comportamento do índice de sítio em relação à altura dominante para as idades de 24, 48, 60 e 67 meses.

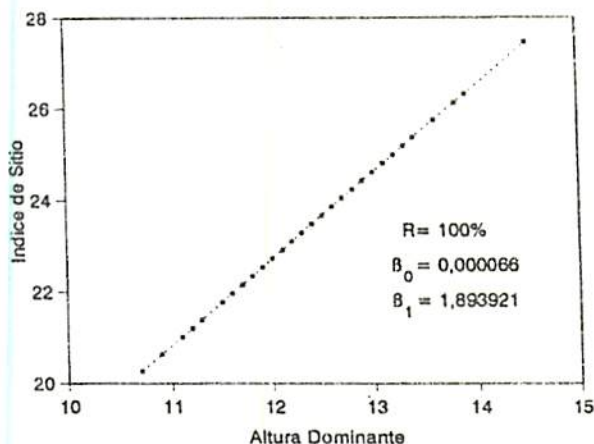


FIGURA 5 - índice de sítio em relação a altura dominante para idade de 24 meses.

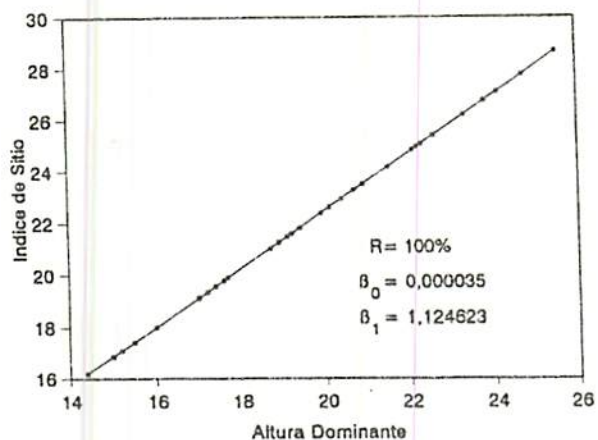


FIGURA 6 - índice de sítio em relação a altura dominante para idade de 48 meses.

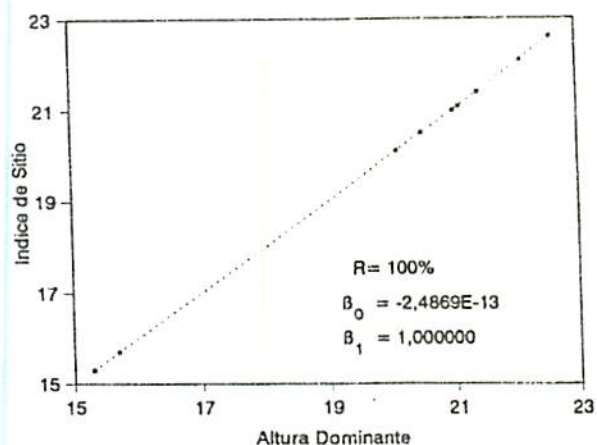


FIGURA 7 - índice de sítio em relação a altura dominante para idade de 60 meses (idade de referência).

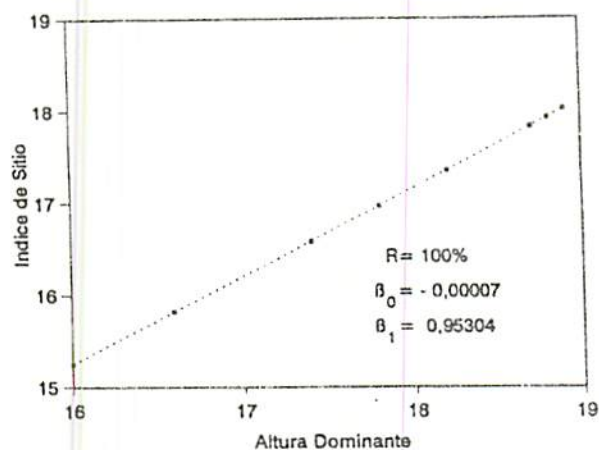


FIGURA 8 - índice de sítio em relação a altura dominante para idade de 67 meses.

#### 4.1.2 Função Para Expressar o Número de Árvores

A mortalidade, aumenta com a idade do povoamento, sendo mais alta nos sítios mais produtivos que nos sítios menos produtivos. Isso ocorre porque nos sítios menos produtivos a competição demora mais a iniciar-se (Scolforo (1990), Maestri (1992) e Machado (1979)). Neste trabalho, por uma peculiaridade da coleta de dados, utilizaram-se as funções tradicionais de sobrevivência para expressar seu comportamento em conjunto com "ingrowth".

Todos os modelos testados, (Tabela 7), apresentaram estimativas tendenciosas. Entretanto, para obter-se estimativas confiáveis, sem tendenciosidade, optou-se pelo desenvolvimento de um modelo cujas medidas de precisão e distribuição de resíduos fossem satisfatórias. O modelo desenvolvido, através do método "Stepwise", apresenta a seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Ln}(N_2) = & \beta_0 + \beta_1 ((I_1/I_2) \cdot N_1) + \beta_2 (S) + \beta_3 (1 - (I_1/I_2)) + \\ & \beta_4 (S (1 - (I_1/I_2))) + \beta_5 \text{Ln}(N_1) + e_1 \end{aligned} \quad (6)$$

Onde:

$N_1, N_2$  = número de árvores por ha nas idades  $I_1$  e  $I_2$ .

$\text{Ln}$  = logaritmo natural

$\beta_{is}$  = Coeficientes a serem estimados

$S$  = índice de sítio (idade de referência 60 meses).

Na Tabela 14 apresenta-se os coeficientes, as estatísticas e medidas de precisão da regressão, e na Figura 9 pode-se observar a distribuição dos resíduos, em porcentagem.

Observa-se também que a constante ( $\beta_0$ ), a variável sítio ( $\beta_2$ ) e a variável ( $\beta_4$ ) que é o produto do sítio por  $(1 - (I_1/I_2))$  sendo ( $I_1$ = idade presente e  $I_2$ = idade de projeção), só são significativas a um nível de probabilidade de acerto inferior aos tradicionalmente utilizados no setor florestal. No entanto suas remoções do modelo causariam uma sensível diminuição do ( $R^2$ ), e tendenciosidade na distribuição de resíduos, que como observa-se na Figura 9, apresenta-se de forma satisfatória sem tendenciosidade.

TABELA 14 - Coeficientes da equação de sobrevivência para *Eucalyptus grandis*

Coeficientes	Estimativas	t	Nível de sig. (%)	Medidas de precisão da regressão
$\beta_0$	-0,083868	-0,2389	18,87	$R^2 = 91,22 \%$ $S_{yx} = 72,12 \text{ árv,}$ $S_{yx\%} = 5,0 \%$
$\beta_1$	-0,000168	-3,0026	99,72	
$\beta_2$	-0,002373	-0,5427	45,73	
$\beta_3$	-0,743287	-2,0101	95,49	
$\beta_4$	0,022304	1,2979	80,49	
$\beta_5$	1,050304	18,3048	99,99	

$R^2$  = Coeficiente de determinação.

$S_{yx}$  = erro padrão residual.

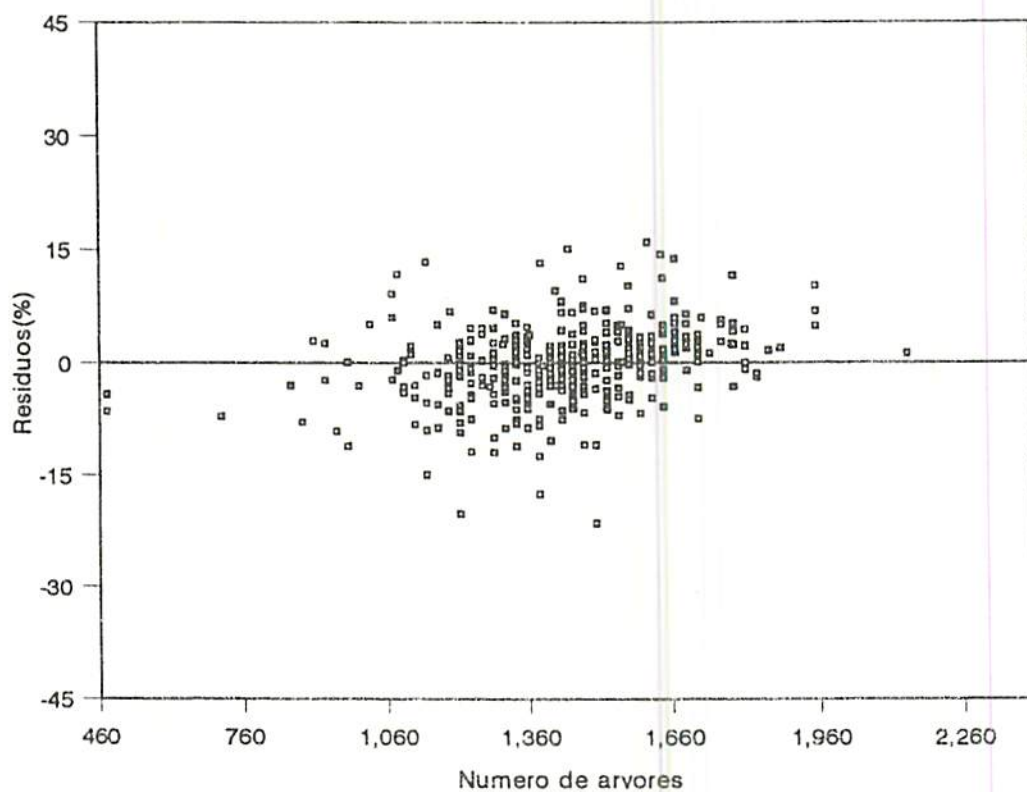


FIGURA 9 - Distribuição gráfica em porcentagem dos resíduos do número de árvores para *Eucalyptus grandis*, em porcentagem.

Maestri (1992), trabalhando com análise de sobrevivência de *Acacia mearnsii*, usando dados de experimento, encontrou coeficiente de determinação igual a 81,4 % e erro padrão da estimativa de 138,9 árvores (correspondendo a 6,5%).

Conforme esclarecido no item 3.1 da metodologia, a forma de coletar foi um inconveniente para ajustar os modelos propostos. Por haver muito "ingrowth", principalmente nos sítios mais produtivos, o "número de árvores" aumentou com o passar do tempo, indicando que o "número de "ingrowth" superou a mortalidade.

A Figura 10 mostra o comportamento da equação (6), que expressa o número de árvores por sítio em função da idade. Para elaborar-se as curvas que expressam o "número de árvores", foi fixada a idade de 22 anos e um número inicial de 1300 árvores por hectare. Estimou-se este valor para cada sítio em idades variando de 22 meses a 106 meses.

Na Figura 10 pode-se observar que o "ingrowth" ocorreu com maior intensidade nos sítios mais produtivos, uma vez que existem maiores condições de desenvolvimento das plantas e das brotações. Portanto, em sítios mais produtivos como existe uma maior mortalidade, pode-se dizer que, ainda assim, para este povoamento o número de brotações que sofreram "ingrowth" superou em muito a mortalidade.

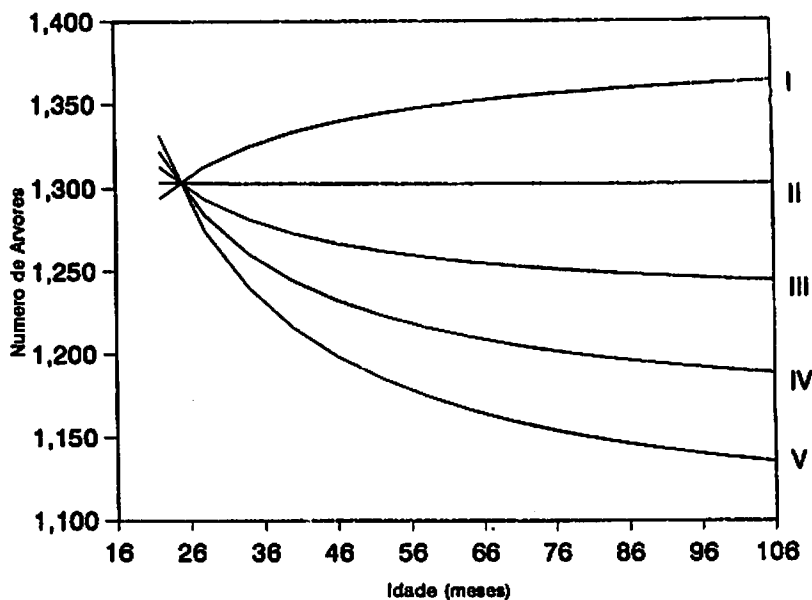


FIGURA 10 - Representação gráfica da evolução do número de árvores em relação à idade, para as 5 classes de sítio, em *Eucalyptus grandis*.

#### 4.1.3 Estimativa do Diâmetro mínimo

Conforme observou-se no item 3.4, foram testados diversos modelos para expressar o diâmetro mínimo. Contudo, nenhum deles se ajustou bem aos dados deste estudo. Uma explicação provável para este fato, pode ser atribuído ao critério utilizado para levantamento de dados empregado pela empresa, que já foi esclarecido.

Assim, foi especificado o modelo a seguir, usando o procedimento "Stepwise", a fim de estimar com confiabilidade o diâmetro mínimo.

$$DM = \beta_1 \ln(S/N^2) + \beta_2 \ln(I) + \beta_3 \ln(N.G) + \beta_4 (I^2.S.G) + \beta_5 (1/I^6) + \beta_6 (1/N^2) + B7(1/S^3) + e_1 \quad (7)$$

Na Tabela 15 apresenta-se as estimativas do modelo (10), suas estatísticas e medidas de precisão da regressão, e a Figura 11 mostra a distribuição dos resíduos em porcentagem.

TABELA 15 - Coeficientes e medidas de precisão do modelo de diâmetro mínimo para *E. grandis*

Coeficientes	Estimativas	t	Nível de sig. (%)	Medidas de precisão da regressão
$\beta_1$	0,763088	3,95	99,99	$R^2 = 98,12 \%$ $S_{yx} = 0,56 \text{ cm}$ $S_{yx\%} = 14,07 \%$
$\beta_2$	2,145895	5,81	99,99	
$\beta_3$	0,511673	2,26	97,59	
$\beta_4$	-5,128227E-7	-1,92	94,40	
$\beta_5$	1,866983E8	5,30	99,99	
$\beta_6$	5,23419E5	1,76	92,04	
$\beta_7$	-1288,763888	-1,35	82,20	

$R^2$  = Coeficiente de determinação.  
 $S_{yx}$  = erro padrão residual.

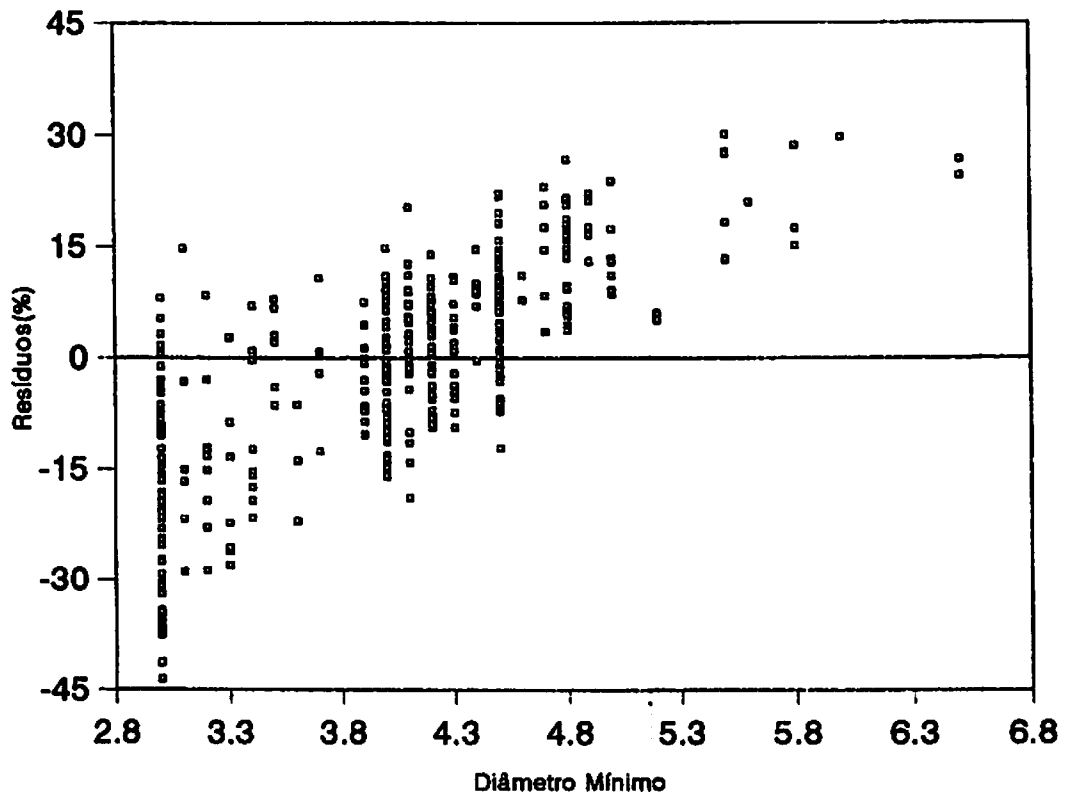


FIGURA 11 - Distribuição gráfica dos resíduos dos diâmetros mínimos para *Eucalyptus grandis*, em porcentagem.

Nota-se que a equação ajustada apresenta medidas de precisão dentro de um padrão aceitável, mas a distribuição de resíduos não é satisfatória. A explicação para esse fato também está no modo de coletar dados, pois como já mencionado, com a grande ocorrência de ingrowth o diâmetro mínimo do povoamento não tem muita evolução, ou seja, em quase todas as medições e reme-dições feitas, o diâmetro mínimo será próximo a 3,0 cm, que é o menor (DAP) diâmetro à altura do peito considerado pela empresa.

Maestri (1992), trabalhando com *Acacia mearnsii*, selecionou um modelo para expressar o diâmetro mínimo que apresentava coeficiente de determinação igual a 73,0 %, e Syx de 0,63 cm (correspondendo a 14,9 %). Porém, confrontando as medidas de precisão, observa-se que apesar de o ( $R^2$ ) deste trabalho estar muito superior, o erro padrão da estimativa é muito próximo.

Nota-se porém que, apesar das características dos dados, a equação está estimando de maneira satisfatória os diâmetros mínimos.

#### 4.1.4 Variância dos Diâmetros

A variância dos diâmetros tem forte correlação com os diâmetros percentis, uma vez que expressa a variação dos diâmetros do povoamento. Scolforo (1990), Glade (1986) e Maestri (1992), também comprovaram esse fato.

O modelo que expressa a variância dos diâmetros ( $S^2D$ ) é:

$$(S^2D)^{0,5} = \beta_0 + \beta_1 \ln(Hd/N^2) + \beta_2 \ln(I) + \beta_3 \ln(N.G) + \beta_4 DM + \beta_5 (I^2.Hd.G) + e_i \quad (8)$$

coeficientes do modelo selecionado, suas estatísticas e medidas de precisão da regressão estão na Tabela 16 e a distribuição gráfica dos resíduos é mostrada na Figura 12.

TABELA 16 - Estimativas dos coeficientes dos modelos que expressam a variância dos diâmetros para *Eucalyptus grandis*

Coeficientes	Estimativas	t	Nível de sig. (%)	Medidas de precisão da regressão
$\beta_0$	6,87944	8,61	99,99	
$\beta_1$	0,911895	16,36	99,99	$R^2 = 77,49 \%$
$\beta_2$	0,380381	4,03	99,99	$S_{yx} = 0,26$
$\beta_3$	0,6354	12,23	99,99	$S_{yx} = 10,25 \%$
$\beta_4$	-0,306559	-13,91	99,99	
$\beta_5$	3,78399E-7	3,85	99,99	

$R^2$  = coeficiente de determinação

$S_{yx}$  = erro padrão residual

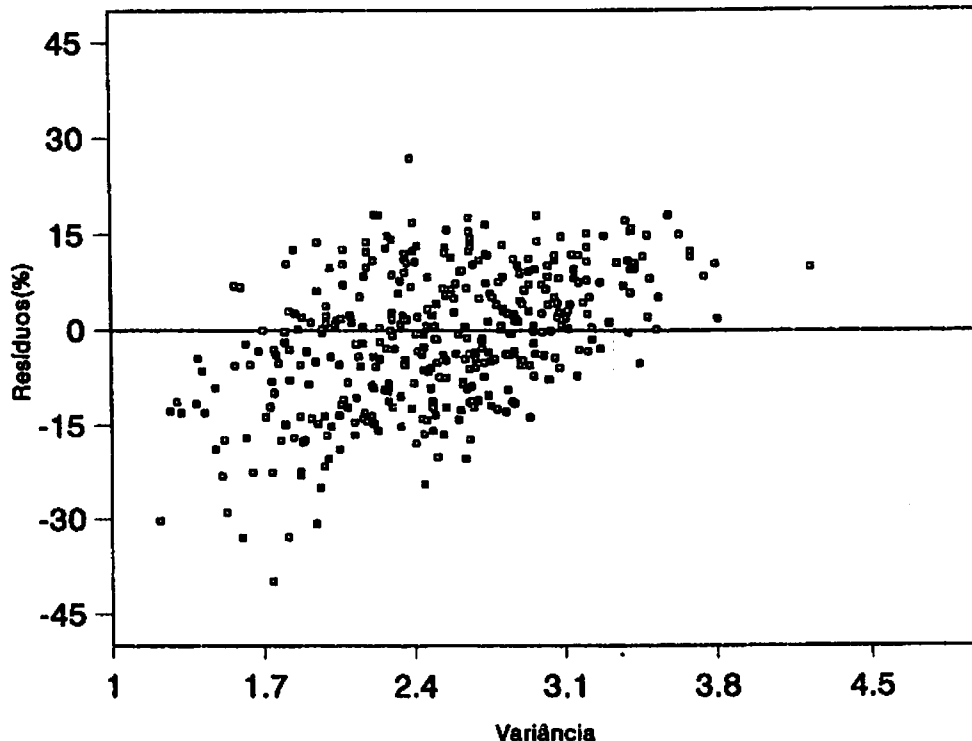


FIGURA 12 - Distribuição dos resíduos da variância dos diâmetros para *E. grandis.*, em porcentagem.

#### 4.1.5 Estimativa da Área Basal

Os modelos citados na Tabela 9, não tiveram ajustes satisfatórios, uma vez que seus coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram baixos e a distribuição de resíduos tendenciosa. Assim, construiu-se o modelo mostrado a seguir, para expressar a área basal de forma não tendenciosa, usando o procedimento "Stepwise".

$$G = \beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 S + \beta_3 N + \beta_4 Hd + \beta_5 \ln(N) + e_1 \quad (9)$$

Os coeficientes do modelo (9), suas estatísticas e medidas de precisão da regressão estão na Tabela 17, já a distribuição gráfica dos resíduos é mostrada na Figura 13. O

TABELA 17 - Coeficientes do modelo ajustado para expressar a área basal para *Eucalyptus grandis*.

Coeficientes	Estimativas	t	Nível de sig. (%)	Medidas de precisão da regressão
$\beta_0$	-55,105458	-3,03	99,73	
$\beta_1$	0,051203	3,32	99,89	$R^2 = 89,07 \%$
$\beta_2$	0,110922	2,28	97,72	$S_{yx} = 1,11 \text{ m}^2$
$\beta_3$	-0,000829	-0,43	33,26	$S_{yx} = 10,15 \%$
$\beta_4$	0,7406	12,83	99,99	
$\beta_5$	6,98705	2,42	98,40	

$R^2$  = coeficiente de determinação

$S_{yx}$  = erro padrão residual

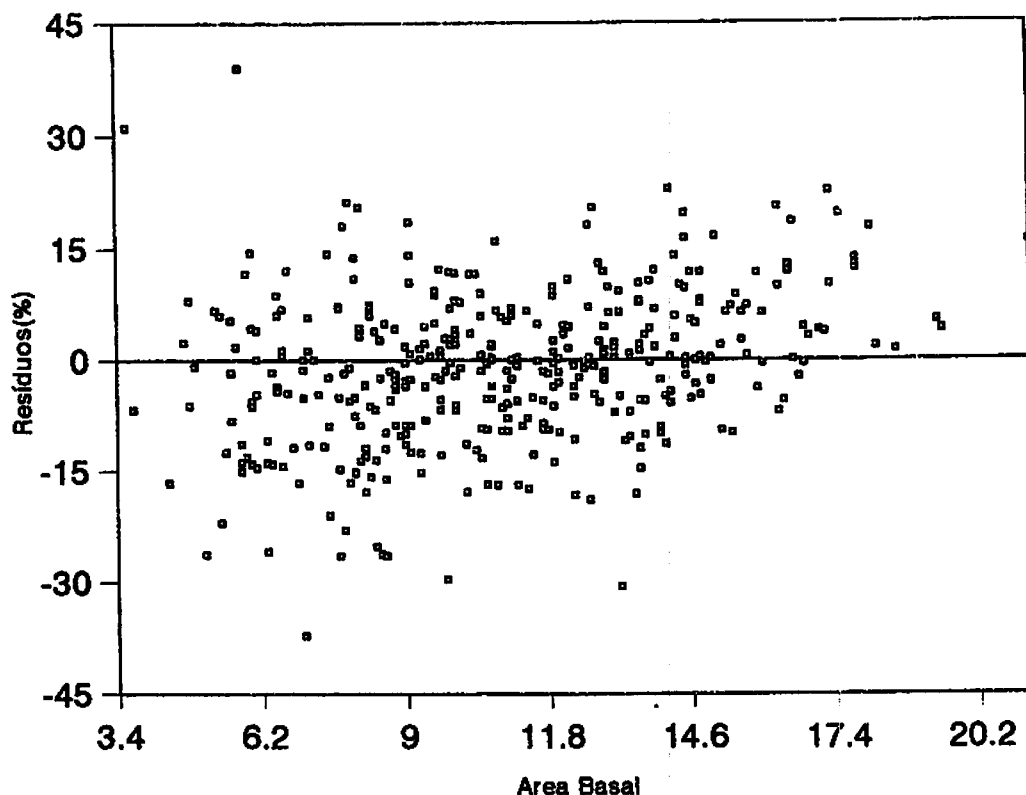


FIGURA 13 - Distribuição dos resíduos em porcentagem da área basal para *Eucalyptus grandis*.

desempenho do modelo (g) e a distribuição de resíduos foi satisfatória. Nota-se que a variável variável N (número de árvores) não foi significativa para o modelo. Entretanto sua remoção causaria queda sensível do coeficiente de correlação, aumentando o erro padrão da estimativa, o que motivou a opção pela permanência da variável no modelo.

#### 4.1.6 Recuperação do parâmetro "a" de Weibull

A estimativa do parâmetro de locação de Weibull "a", foi feita independente do sistema, estando relacionado a um

percentual do diâmetro mínimo. A escolha deste valor foi feita aplicando o teste "t" pareado à um nível de 95% probabilidade de acerto, utilizando-se todas as 560 parcelas.

A melhor relação obtida para expressar o parâmetro de locação de Weibull "a", foi:

$$a = 0,60 * DM$$

Isto quer dizer que o valor que melhor expressa a posição do parâmetro "a" estará relacionado com 60% do valor diâmetro mínimo do povoamento.

#### 4.1.7 Recuperação dos parâmetros "b" e "c" de Weibull

Foram adotadas duas possibilidades para recuperação dos parâmetros "b" e "c". A primeira foi evoluir com esses parâmetros usando as equações a seguir:

$$b = \beta_0 + \beta_1 G + \beta_2 DM + \beta_3 N + \beta_4^2 D + e_1 \quad (10)$$

$$c = \beta_0 + \beta_1 P_2 + \beta_2 P_8 + \beta_3 (N/G) + \beta_4 P_9 + \beta_5 DM + e_1 \quad (11)$$

Onde:

b,c = parâmetro "b" e "c" de Weibull, respectivamente

$\beta$ is = Coeficientes de regressão a serem estimados

G = área basal (m<sup>2</sup>/ha)

DM = Diâmetro mínimo

N = Número de árvores por ha

S<sup>2</sup>D = variância dos diâmetros

P<sub>2</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>9</sub> = Diâmetros percentis 20, ..., 90% respectivamente

A Tabela 18 mostra os coeficientes das equações 10 e 11, suas estatísticas e as medidas de precisão da regressão e as Figuras 14 e 15 exibem as distribuições dos resíduos para os parâmetros "b" e "c", respectivamente.

Nota-se que para os parâmetros "b" e "c" as variáveis independentes foram altamente significativas nos modelos utilizados, entretanto o parâmetro "c" não teve ajuste satisfatório, conforme observado na Figura 15, havendo uma maior concentração e dispersão dos resíduos nos diâmetros menores.

TABELA 18 - Coeficientes para os modelos que expressam os parâmetros "b" e "c" de Weibull para *E. grandis*.

Parâmetro	Coef.	Estimativa	t	Nível de Sig. (%)	Medidas de precisão da regressão
	$\beta_0$	19,329927	39,46	99,99	
	$\beta_1$	0,978353	42,35	99,99	$R^2 = 86,42\%$
b	$\beta_2$	-2,077305	-30,69	99,99	Syx= 0,7391
	$\beta_3$	-0,007488	-30,12	99,99	Syx%= 9,86 %
	$\beta_4$	-0,441059	-19,53	99,99	
	$\beta_0$	5,918387	5,62	99,99	
	$\beta_1$	1,192534	21,25	99,99	$R^2 = 66,24\%$
c	$\beta_2$	-0,40754	-4,03	99,99	Syx= 0,6190
	$\beta_3$	-0,005358	-2,42	98,39	Syx%= 22,50 %
	$\beta_4$	-0,228738	-2,60	99,02	
	$\beta_5$	-0,772795	-14,41	99,99	

$R^2$  = coeficiente de determinação.

Syx = erro padrão residual.

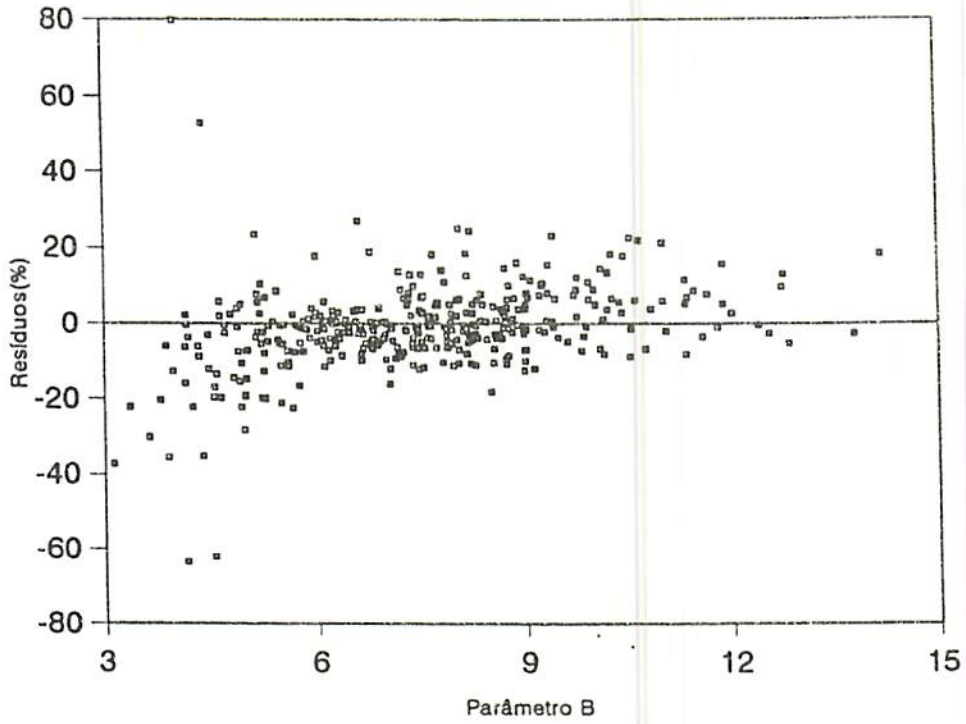


FIGURA 14 - Distribuição dos resíduos parâmetro "b" para *Eucalyptus grandis*, em porcentagem.

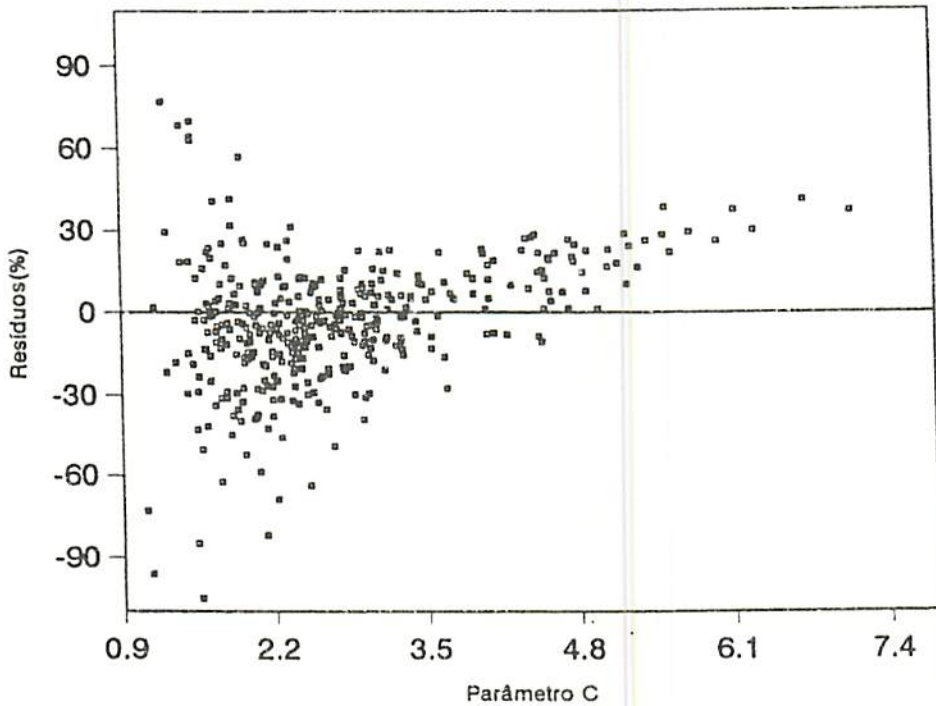


FIGURA 15 - Distribuição dos resíduos do parâmetro "c" para *Eucalyptus grandis*, em porcentagem.

#### 4.1.8 Estimativa dos diâmetros Percentis

Os parâmetros "b" e "c" são dependentes dos diâmetros percentis, que são altamente correlacionados com as características do povoamento (Clutter et al. (1983), Glade (1986), Scolforo (1990) e Maestri (1992)). Para expressar os diâmetros percentis, testaram-se os modelos mostrados na Tabela 10, escolhendo-se o que mais se ajustou a cada percentil.

A Tabela 19 mostra os modelos selecionados e a Tabela 20 a apresenta as estimativas dos parâmetros, suas estatísticas e medidas de precisão da regressão.

Nota-se que há forte correlação entre os diâmetros percentis e as características do povoamento, comprovando afirmação feita anteriormente. Além disso, a relação é tanto melhor quanto maior o valor do diâmetro percentil, fato que também foi comprovado por Maestri (1992), trabalhando com *Acacia mearnsii*. Isso se deve a melhor estabilidade nas classes de diâmetros maiores, uma vez que nestas classes as plantas sofrem menos influência de tratos culturais e de outros fatores que afetam a estrutura do povoamento.

TABELA 19 - Modelos para estimar os diâmetros percentis para *Eucalyptus grandis*.

Percentil	Modelo
P20	$P_2 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 (N/G) + \beta_4 (S^2 D)^{0,5} + e_i$
P30	$P_3 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 S + \beta_4 (N/G) + \beta_5 (S^2 D)^{0,5} + e_i$
P40	$P_4 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 S + \beta_4 (1/N) + \beta_5 (N/G) + \beta_6 \ln (S^2 D) + e_i$
P70	$P_7 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 (S^2 D) + \beta_4 (1/N) + \beta_5 (N/G) + e_i$
P80	$P_8 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 (S^2 D) + \beta_3 S + \beta_4 G + e_i$
P90	$P_9 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 S + \beta_4 (N/G) + \beta_5 (S^2 D) + e_i$

TABELA 20 - Coeficientes dos modelos selecionados para expressar os diâmetros percentis para *Eucalyptus grandis*.

Percentil	Coef.	Estimativa	t	Nível de Sig. (%)	Medidas de precisão da regressão
20	$\beta_0$	11,529403	45,82	99,99	$R^2 = 89,65 \%$ $S_{yx} = 0,36 \text{ cm}$ $S_{yx\%} = 5,30 \%$
	$\beta_1$	-0,002359	-16,80	99,99	
	$\beta_2$	0,334828	19,10	99,99	
	$\beta_3$	-0,00973	-9,10	99,99	
	$\beta_4$	-1,32784	-25,39	99,99	
30	$\beta_0$	11,459791	39,46	99,99	$R^2 = 91,80 \%$ $S_{yx} = 0,37 \text{ cm}$ $S_{yx\%} = 4,68 \%$
	$\beta_1$	-0,002381	-16,73	99,99	
	$\beta_2$	0,333595	18,15	99,99	
	$\beta_3$	0,024519	3,45	99,94	
	$\beta_4$	-0,01078	-9,96	99,99	
	$\beta_5$	-1,020147	-18,67	99,99	
40	$\beta_0$	10,585537	34,48	99,99	$R^2 = 93,21 \%$ $S_{yx} = 0,36 \text{ cm}$ $S_{yx\%} = 4,22 \%$
	$\beta_1$	-0,002377	-16,71	99,99	
	$\beta_2$	0,351025	19,39	99,99	
	$\beta_3$	0,02332	3,27	99,88	
	$\beta_4$	191,529009	3,93	99,99	
	$\beta_5$	-0,009649	-8,83	99,99	
	$\beta_6$	-0,768309	-11,62	99,99	
70	$\beta_0$	11,002835	50,64	99,99	$R^2 = 96,50 \%$ $S_{yx} = 0,31 \text{ cm}$ $S_{yx\%} = 2,94 \%$
	$\beta_1$	-0,002386	-19,05	99,99	
	$\beta_2$	0,368048	23,41	99,99	
	$\beta_3$	0,045764	5,22	99,99	
	$\beta_4$	118,800015	2,84	99,52	
	$\beta_5$	-0,008218	-8,87	99,99	
80	$\beta_0$	10,284987	56,80	99,99	$R^2 = 95,71 \%$ $S_{yx} = 0,37 \text{ cm}$ $S_{yx\%} = 3,25 \%$
	$\beta_1$	-0,003214	-31,95	99,99	
	$\beta_2$	0,114246	10,97	99,99	
	$\beta_3$	-0,003555	-0,50	38,51	
	$\beta_4$	0,473337	45,36		
90	$\beta_0$	12,752535	46,74	99,99	$R^2 = 95,56 \%$ $S_{yx} = 0,40 \text{ cm}$ $S_{yx\%} = 3,25 \%$
	$\beta_1$	-0,001876	-11,95	99,99	
	$\beta_2$	0,283991	13,99	99,99	
	$\beta_3$	-0,016569	-2,17	96,97	
	$\beta_4$	-0,011569	-9,90	99,99	
	$\beta_5$	0,188334	16,75	99,99	

$R^2$  = coeficiente de determinação  
 $S_{yx}$  = erro padrão residual

Mesmo nos valores de percentis menores os ajustes foram satisfatórios, com boas medidas de precisão e distribuição de resíduos sem tendenciosidade. Para ilustrar este comportamento, apresenta-se as distribuições de resíduos referentes aos percentis 20 e 70, nas Figuras 16 e 17, respectivamente. Ressalta-se que as medidas de precisão e as distribuições de resíduos de percentil 20 foram as piores, enquanto as do percentil 70 foram as melhores.

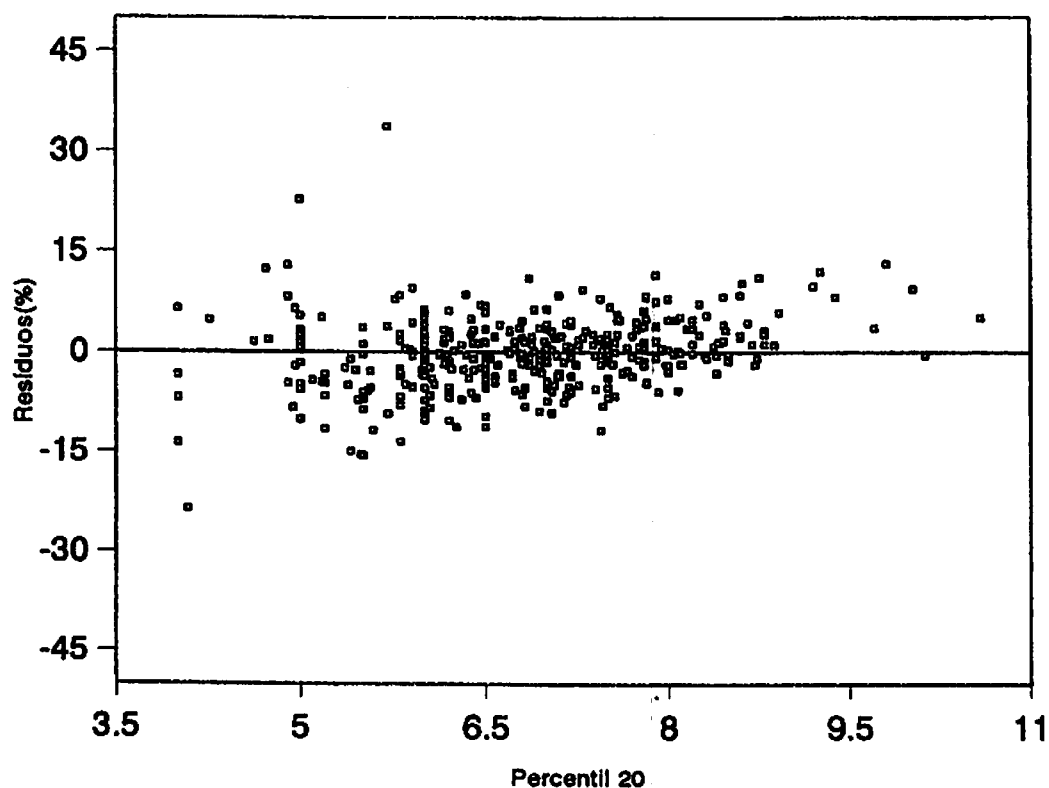


FIGURA 16 - Distribuição dos resíduos em porcentagem do percentil 20 para *Eucalyptus grandis*

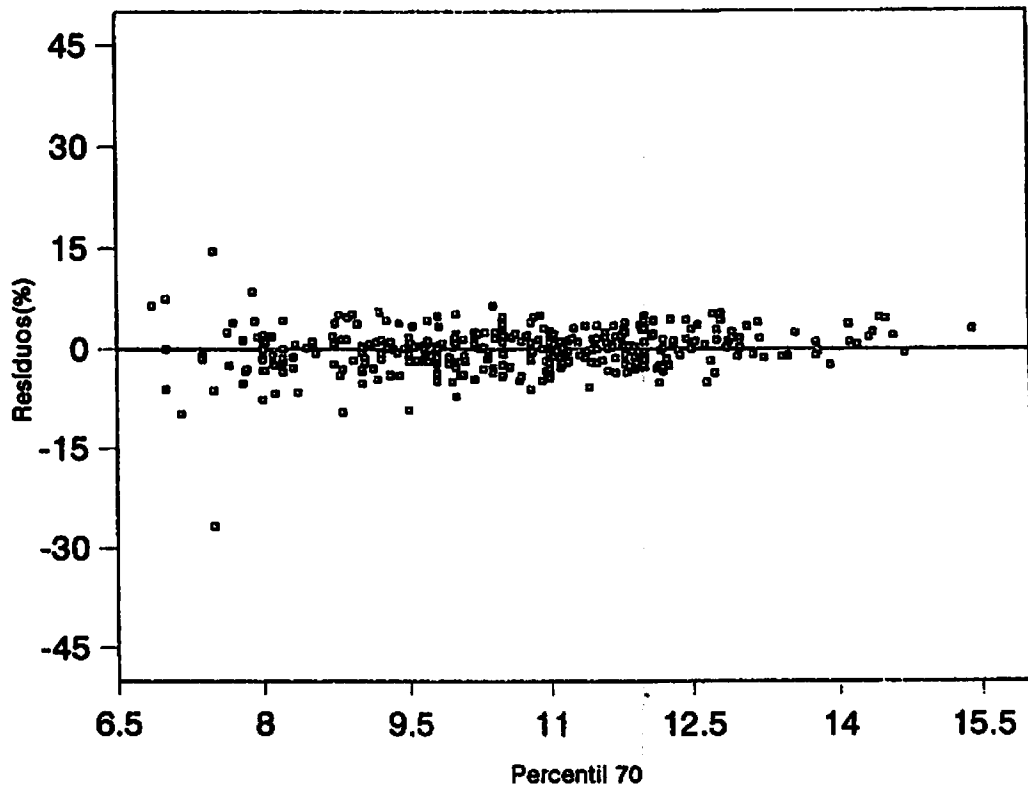


FIGURA 17 - Distribuição dos resíduos em porcentagem do percentil 70 para *Eucalyptus grandis*.

#### 4.1.9 Consistência do Modelo Proposto a Partir do Volume Por Parcela

##### 4.1.9.1 Estimativa Presente

A acuracidade dos modelos desenvolvidos, foi testada usando a equação de povoamento para calcular o volume. Para tanto, trabalhando com as 75 parcelas reservadas para estes testes, utilizou:

Opção 1 - De forma direta a combinação dos parâmetros "b" e "c" de Weibull.

Opção 2 - Fez-se uso dos diâmetros percentis, agrupados 2 a 2 para a recuperação dos parâmetros da Distribuição Weibull.

Portanto 9 combinações foram obtidas, são elas: 20/70, 20/80, 20/90, 30/70, 30/80, 30/90, 40/70, 40/80 e 40/90.

Sempre trabalhando com classe de diâmetro com amplitude de 3,0 cm, obtiveram-se os volumes reais\* e estimados para cada classe diamétrica e, por meio de sua somatória o volume real e estimado por/ha. O volume real e estimado foram comparados através do teste "t" pareado.

Este procedimento, feito para estimativa presente, foi desenvolvido em três etapas, que são:

A) De forma geral, ou seja, não considerando a classificação de sítio e nem discriminando a idade. Os resultados destes testes estão na Tabela 21.

TABELA 21 - Resultados do teste "t" pareado comparando volume real e estimado pelos percentis, para estimativa presente em, *Eucalyptus grandis*.

Percentis	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
20/70	-4,17	0,95	-4,38	* *
20/80	-1,78	0,97	-1,83	N S
20/90	1,68	1,17	1,43	N S
30/70	-3,67	0,96	-3,81	* *
30/80	-2,23	0,96	-2,32	N S
30/90	0,15	1,08	0,14	N S
40/70	-3,24	0,97	-3,33	* *
40/80	-2,62	0,91	-2,87	* *
40/90	-0,88	1,00	-0,88	N S
b/c	-5,06	1,26	-4,03	* *

\* Convencionou-se denominar o volume por parcela advindo do inventário florestal de volume real, para facilitar as discussões.

B) O procedimento para estimativa presente foi repetido, discriminando o teste por qualidade de sítio. Os resultados obtidos estão no Anexo 1.

C) O procedimento para estimativa presente, foi repetido, estratificando por sítio e idade. Os resultados obtidos estão no Anexo 2.

Nota-se na Tabela 21 que as combinações 20/80; 20/90; 30/80; 30/90 e 40/90, estimam o volume total de forma estatisticamente semelhante do volume total real. Isso não ocorre com os demais pares de percentis e com a combinação dos parâmetros b/c. Dentre os pares de percentis que não apresentaram diferença significativa entre o volume real e estimado destaca-se o par de percentis 30/90 que teve comportamento melhor para a recuperação das distribuições.

Os testes dos pares de percentis levando em consideração a qualidade de sítio (Anexo 1), mostram que os estes propiciam boa recuperação das distribuições, principalmente nos sítios mais produtivos, em que apenas os pares 20/90 e 30/90 não são satisfatórios. Por outro, lado o par dos parâmetros b/c, que não apresentou boa recuperação da frequência dos diâmetros na opção 1, agora apresenta resultado satisfatório, propiciando a obtenção da estimativa presente do volume estatisticamente semelhante ao volume real, para todas as classes de sítio. Esta boa estimativa para todas as classes de sítio também se repete para o par de percentil 40/90, que já apresentava boa recuperação das distribuições antes de considerar a qualidade de sítio.

Ao estratificar os dados por qualidade de sítio e idade, houve melhoria geral no desempenho dos pares de percentis, destacando-se os pares 20/70; 30/70; 40/70 e 40/80 em que todas as classes de sítio e idade conforme pode-se observar no Anexo 2. Os pares de percentis 20/80; 20/90; 30/80; 30/90 e 40/90 também tiveram bom desempenho, propiciando a obtenção de diferença estatística entre os volumes real e estimado apenas nos dois sítios mais produtivos, com índice de sítio de 26,50 e 23,50 m e nas menores classes de idade. Também, o parâmetros "b" e "c" propiciou boa recuperação da frequência dos diâmetros, apresentando diferença estatística apenas no 2º sítio menos produtivo, com índice de sítio de 17,50 m e também na menor classe de idade.

De maneira geral os pares de percentis que apresentam problema para recuperação das distribuições, se manifestaram nos sítios mais produtivos e nas menores classes de idade. Mais uma vez, isto pode ser atribuído à metodologia utilizada para coleta dos dados, pois como já foi discutido anteriormente, nos sítios mais produtivos existe uma maior ocorrência de ingrowth e, logicamente, isto ocorre também em maior frequência nas menores idades. E como o diâmetro percentil  $X_p$  é atribuído ao valor que o diâmetro (DAP) assume quando sua probabilidade acumulada é igual a "p", sendo que "p" varia de 0 a 100%, com todos os diâmetros da parcela ordenados por ordem crescente. Isto pode forçar o valor do diâmetro percentil a ser sempre muito pequeno nos sítios mais produtivos e nas menores idades, o que provavelmente está levando a resposta ser não muito satisfatória para estes sítios e idades.

Outro modo utilizado para testar as estimativas presentes propiciadas pelos pares de percentis, foi estabelecer uma relação linear entre o volume real e o volume estimado, usando a seguinte equação:

$$V_r = \beta_0 + \beta_1 V_e + e_t$$

onde:

$V_r$  = volume real

$V_e$  = volume estimado

$\beta_{1e}$  = coeficientes de regressão

A hipótese deste trabalho é que correlações próximas a 1 indicam que os pares de percentis se prestam a recuperar a frequência dos diâmetros com eficiência, e por consequência, basta utilizar uma equação de volume correta, que os volumes serão estimados. Na Tabela 22 são apresentadas as correlações entre o volume real e o estimado obtidos a partir das frequências geradas pelos pares de percentis.

TABELA 22 - Correlação entre o volume real e estimado pelos pares de percentis para *Eucalyptus grandis*. Estimativa presente.

Percentis	Correlação(%)	Syx (m <sup>3</sup> )	F	Signific.
20/70	0,98	8,21	2206,06	* *
20/80	0,98	8,22	2200,57	* *
20/90	0,98	8,65	1982,57	* *
30/70	0,98	8,31	2152,78	* *
30/80	0,98	8,18	2223,70	* *
30/90	0,98	8,51	2047,17	* *
40/70	0,98	8,55	2028,04	* *
40/80	0,98	8,02	2313,59	* *
40/90	0,98	8,22	2202,56	* *
b/c	0,97	10,73	1261,80	* *

Nota-se a forte correlação entre o volume real e estimado, significando que, mesmo para os pares de percentis que apresentaram diferença significativa entre esses volumes, pelo teste t, tem potencial para serem utilizados na recuperação das distribuições, principalmente se houver controle do sítio e idade.

#### 4.1.9.2 Prognose

O teste de "t" também foi usado para estimativa futura ou prognose do volume. Utilizou-se como idade inicial 22 meses, assim como as características do povoamento nesta idade a partir das quais fez-se a prognose. Como todas as parcelas tiveram remedições, utilizou os volumes dessas remedições para compará-los com os volumes estimados.

Do mesmo modo que para estimativa presente, testaram-se os pares de percentis para os dados no geral, sem estratificação. A Tabela 23 apresenta os resultados destes testes. Nota-se que, para prognose, apenas o par de percentil 40/80 e os parâmetros "b" e "c" mudaram o comportamento para a recuperação das distribuições, em relação ao comportamento para a estimativa presente.

O teste também foi aplicado aos dados estratificados por sítio, e os seus resultados são mostrados no Anexo 3. Na estratificação por sítio, houve uma grande melhora na recuperação das distribuições, em relação à estimativa presente. Nenhum dos pares de percentis (propiciou a obtenção de diferença significativa entre o volume real e o prognosticado.

TABELA 23 - Resultados do teste "t" pareado comparando volume real e estimado pelos percentis, para prognose em *Eucalyptus grandis*.

Percentis	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
20/70	-4,41	1,32	-3,34	* *
20/80	-2,19	1,38	-1,59	N S
20/90	1,78	1,31	1,36	N S
30/70	-3,72	1,34	-2,77	* *
30/80	-2,53	1,39	-1,82	N S
30/90	0,14	1,27	0,11	N S
40/70	-3,30	1,34	-2,46	* *
40/80	-2,64	1,42	-1,86	N S
40/90	-0,81	1,30	-0,62	N S
b/c	-5,43	1,97	-2,76	N S

Para a prognose, também foi estabelecido uma equação linear para verificar a correlação entre volume real e o prognosticado. O modelo foi o mesmo utilizado na estimativa presente.

A Tabela 24 mostra os resultados da relação entre o volume real e a estimativa. Conforme o esperado, por se tratar de prognose, houve redução da correlação entres os volume. Apesar disso continua havendo forte correlação, indicando que a estimativa propiciada a partir dos percentis está sendo viável para prognose, tratando-se do volume total por parcela ou por hectare.

TABELA 24 - Correlação entre o volume real e estimado pelos pares pares de percentis, para prognose em *Eucalyptus grandis*.

Percentis	Correlação	Syx (m <sup>3</sup> )	F	Signific.
20/70	0,95	13,56	426,093	* *
20/80	0,95	14,03	395,496	* *
20/90	0,95	14,39	373,538	* *
30/70	0,95	13,82	408,772	* *
30/80	0,95	13,99	397,657	* *
30/90	0,95	14,12	389,479	* *
40/70	0,94	14,30	378,874	* *
40/80	0,95	14,02	395,977	* *
40/90	0,95	13,97	398,855	* *
b/c	0,93	15,57	313,211	* *

\*\* Valor significativo a 99% de probabilidade.

#### 4.1.10 Consistência do Modelo Proposto a Partir do Número de Árvores Por Classe de Diâmetro

Para verificar a consistência do modelo comparou-se o número de árvores real com o número de árvores presente estimado por classe de diâmetro, usando a distribuição Weibull, a partir dos parâmetros "b" e "c" calculados através dos pares de percentis, e a partir da estimativa direta destes parâmetros. As parcelas utilizadas para este teste foram estratificadas por sítio.

O percentual de parcelas em que o número real de árvores foi estatisticamente semelhante ao número estimado de árvores, após aplicação do teste Kolmogorov-Smirnov, analisado para os níveis de significância de 0,20, 0,10, 0,05 e 0,01, está no Anexo 4. Para cada classe de sítio destacaram-se pares de percentis diferentes. Para definir qual par de percentis propicia melhor estimativa do número de árvores, levou-se em conta principalmente o nível de significância de 0,20, uma vez que esse critério é mais rigoroso por apresentar intervalo de confiança menor para a não significância.

Há pequena tendência das estimativas piorarem para os sítios menos produtivos. Mesmo assim a frequência de parcelas com número de árvores real estatisticamente semelhante ao estimado é satisfatória, principalmente se for levado em conta que o número de parcelas testado em cada sítio é pequeno.

Este teste também foi aplicado para prognose ou estimativa futura do número de árvores, e o resultado está no Anexo 5, sendo plenamente satisfatório.

#### 4.2 *Eucalyptus urophylla*

A seguir serão apresentados os componentes do sistema de crescimento e produção por classe diamétrica para *Eucalyptus urophylla*, assim como verificar a sua consistência.

#### 4.2.1 Classificação de sítio

Para esta espécie, ao utilizar os 280 pares de dados para a classificação de sítio e construção das respectivas curvas, observou-se que estes apresentaram homogeneidade de variância, satisfazendo um dos requisitos básicos da regressão.

O mesmo comportamento identificado para *Eucalyptus grandis* quando se considerou os modelos tradicionais utilizados no meio florestal foi constatado. Por este motivo utilizou-se o método da diferença algébrica.

O modelo selecionado foi o de Chapman-Richards, o qual apresentou um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 77% e erro padrão da estimativa de 1,13m (o equivalente a 6,9%).

Com a equação gerada, passam a existir duas possibilidades de manuseá-la. A primeira é a obtenção da altura dominante a partir do índice de sítio utilizando a equação (12) a seguir:

$$Hd = S \left[ \frac{1 - \text{EXP}(-0,04020838.I)}{1 - \text{EXP}(-0,04020838.I \text{ ref.})} \right]^{1,73274789} \quad (12)$$

Outra possibilidade consiste em obter índice de sítio a partir da altura dominante, utilizando a equação (13).

$$S = Hd \left[ \frac{1 - \text{EXP}(-0,04020838.I \text{ ref.})}{1 - \text{Exp}(-0,04020838.I)} \right]^{1,73274789} \quad (13)$$

Estabeleceu-se também, para *Eucalyptus urophylla* a idade de referência de 60 meses, e cinco classes de sítio com intervalo de três metros, devido a amplitude das alturas

dominantes. A Tabela 25 mostra o intervalo destas classes na idade de referência, de 60 meses.

TABELA 25 - Classes de sitio consideradas para *E. urophylla*.

Classes de Sítio	Intervalo(m)	Índices de Sítio (m)
I	23,1   - 26,0	24,5
II	20,1   - 23,0	21,5
III	17,1   - 20,0	18,5
IV	14,1   - 17,0	15,5
V	11,0   - 14,0	12,5

Utilizando a equação 12, foram estabelecidos os limites inferior e superior de cada classe de sítio os quais são apresentados na Tabela 26. A Figura 18 mostra a representação gráfica destes valores.

De forma semelhante à ocorrida com *Eucalyptus grandis*, com esta amplitude de classe e com as 5 classes estabelecidas, a faixa de variação das alturas dominantes foi coberta de maneira satisfatória. Entretanto para *Eucalyptus urophylla* o limite inferior da classe menos produtiva, e o limite superior da classe mais produtiva foram menores.

TABELA 26 - Limites das alturas dominantes estimados por idade e classes de produtividade para *E. urophylla*.

IDADE (meses)	CLASSES DE SÍTIO				
	V	IV	III	II	I
06	0,9   - 1,1	1,1   - 1,4	1,4   - 1,6	1,6   - 1,9	1,9   - 2,1
12	2,5   - 3,1	3,1   - 3,8	3,8   - 4,5	4,5   - 5,1	5,1   - 5,8
18	4,1   - 5,2	5,2   - 6,3	6,3   - 7,5	7,5   - 8,6	8,6   - 9,7
24	5,6   - 7,1	7,2   - 8,7	8,7   - 10,3	10,3   - 11,8	11,8   - 13,3
30	7,0   - 8,9	8,9   - 10,8	10,8   - 12,7	12,7   - 14,6	14,6   - 16,5
36	8,1   - 10,3	10,3   - 12,5	12,5   - 14,8	14,8   - 17,0	17,0   - 19,2
42	9,1   - 11,6	11,6   - 14,0	14,0   - 16,5	16,5   - 19,0	19,0   - 21,5
48	9,9   - 12,5	12,5   - 15,2	15,2   - 17,9	17,9   - 20,6	20,6   - 23,3
54	10,5   - 13,4	13,4   - 16,2	16,2   - 19,1	19,1   - 21,9	21,9   - 24,8
60	11,0   - 14,0	14,0   - 17,0	17,0   - 20,0	20,0   - 23,0	23,0   - 26,0
66	11,4   - 14,5	14,5   - 17,6	17,6   - 20,7	20,7   - 23,8	23,9   - 27,0
72	11,7   - 14,9	14,9   - 18,1	18,1   - 21,3	21,3   - 24,5	24,5   - 27,7
78	12,0   - 15,7	15,7   - 18,5	18,5   - 21,8	21,8   - 25,1	25,1   - 28,3
84	12,2   - 15,5	15,5   - 18,8	18,8   - 22,1	22,1   - 25,5	25,5   - 28,8
90	12,3   - 15,7	15,7   - 19,1	19,1   - 22,5	22,5   - 25,8	25,8   - 29,2
96	12,5   - 15,9	15,9   - 19,3	19,3   - 22,7	22,7   - 26,1	26,1   - 29,5

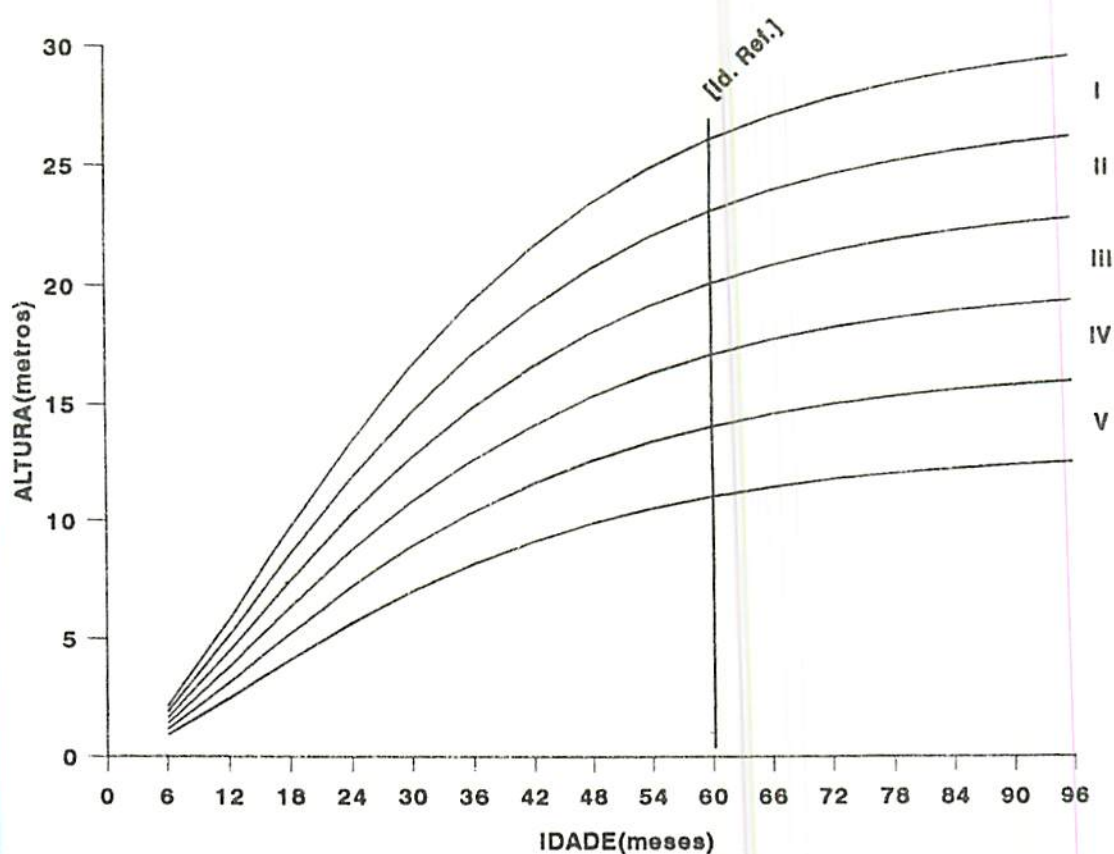


FIGURA 18 - Curvas que expressam as classes de sítio para *Eucalyptus urophylla*

#### 4.2.1.1 Teste de Anamorfismo

Seguindo o mesmo processo usado para *Eucalyptus grandis*, mas utilizando a equação (13), calcularam-se os valores de índice de sítio para cada idade em estudo, estabelecendo uma relação linear através da equação  $S = \beta_0 + \beta_1 * Hd$ . Observa-se que para todas as idades houve forte correlação entre o índice de sítio e a altura dominante, com coeficiente de correlação (R) maior que 0,99. Como esperado a interseção  $\beta_0$  foi aproximadamente zero em todas as idades. A inclinação  $\beta_1$  seguiu o padrão relatado por Scolforo (1993), de que  $\beta_1$  é igual a 1 na idade de referência, sendo tanto maior que 1 quanto menor a idade e sendo

tanto menor que 1 quanto maior a idade. Isso evidencia o padrão anamórfico das curvas de sítio, já que a relação linear obtida indica que a qualidade de sítio não depende da idade, mas sim da capacidade produtiva do local. As Figuras 19, 20, 21 e 22 permitem observar esta situação. Scolforo e Machado (1988, a-b), trabalhando com *Pinus elliottii* nos estados do Paraná e Santa Catarina encontraram curvas de sítio com comportamento semelhante à deste estudo.

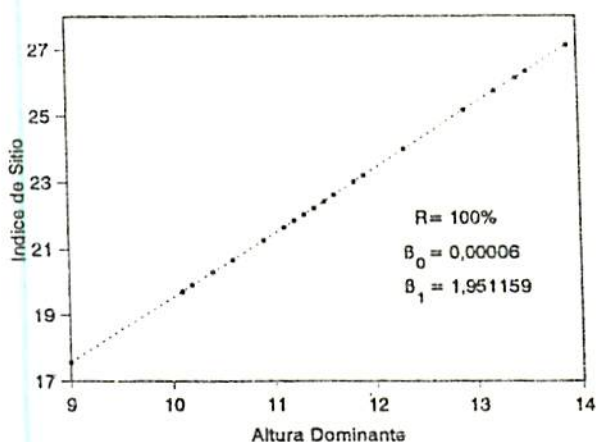


FIGURA 19 - índice de sítio em relação a altura dominante para idade de 24 meses.

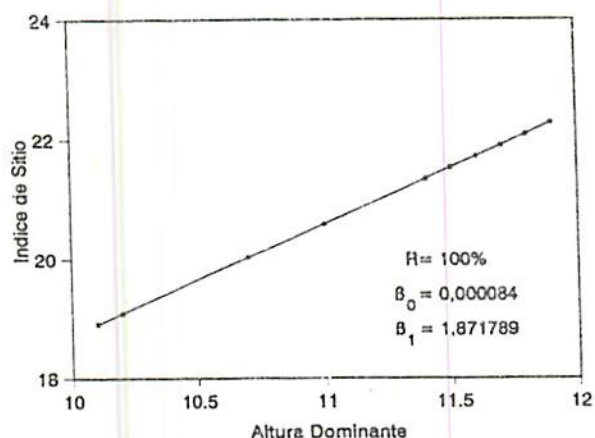


FIGURA 20 - índice de sítio em relação a altura dominante para idade de 25 meses.

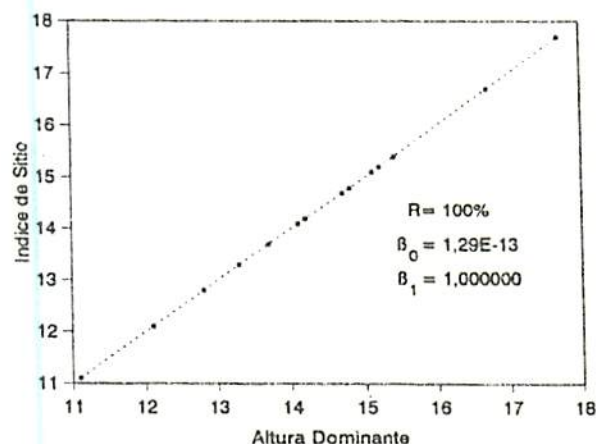


FIGURA 21 - índice de sítio em relação a altura dominante para idade de 60 meses (idade de referência).

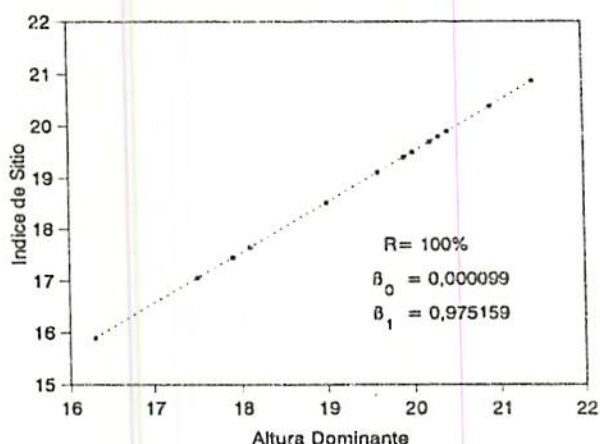


FIGURA 22 - índice de sítio em relação a altura dominante para idade de 64 meses.

#### 4.2.2 Funções para expressar o número de árvores

O modo de coletar os dados para *Eucalyptus urophylla* foi o mesmo utilizado para *Eucalyptus grandis*. Assim para esta espécie também utilizou-se as equações de sobrevivência para expressar o "número de árvores" (considerando a mortalidade e o "ingrowth").

Entre os modelos apresentados na Tabela 7, o modelo de Clutter apresentou uma grande superioridade em relação aos demais. Este modelo apresenta a seguinte forma:

$$N_2 = N_1 (I_2/I_1)^{\beta_1} \cdot \text{Exp}((\beta_2 + \beta_3 S) \cdot (I_2 - I_1)) + e_1 \quad (14)$$

onde: Todos os termos já foram definidos.

Na Tabela 27 apresentam-se os coeficientes e as medidas de precisão da regressão. Já a Figura 23 mostra a distribuição de resíduos em porcentagem.

TABELA 27 - Coeficientes da equação de sobrevivência para *Eucalyptus urophylla*

Coeficientes	Estimativas	Medidas de precisão da regressão
$\beta_0$	-0,21792121	$R^2 = 89,07 \%$
$\beta_1$	-0,07884586	Syx = 73,09
$\beta_2$	0,00051793	Syx% = 4,90 %

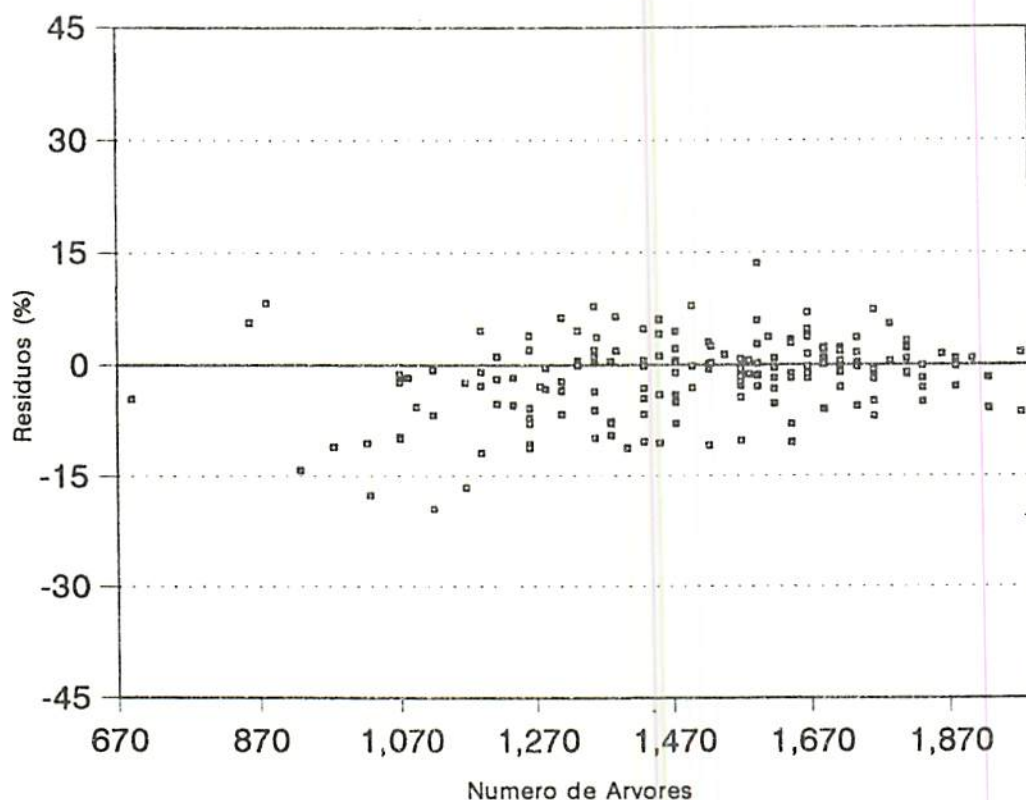


FIGURA 23 - Distribuição gráfica dos resíduos do número de árvores para *Eucalyptus urophylla*, em porcentagem.

A equação (14) apresentou coeficiente de determinação igual a 89,07 % e erro padrão da estimativa igual a 73,09 árvores por hectare (o equivalente a 4,9 %). Comparando essas medidas de precisão com as obtidas para *Eucalyptus grandis*, nota-se que aqui o ( $R^2$ ) e (Syx) foram superiores, mas o erro padrão da estimativa em porcentagem (Syx %) foi menor. Isto se deve à uma maior média do número de árvores por hectare para *Eucalyptus urophylla*, o que provavelmente pode ser atribuído à uma menor mortalidade para esta espécie, o que também é lógico, pois o *Eucalyptus urophylla* apresenta uma maior rusticidade, suportando melhor a competição e uma maior variação dos fatores edafo-climáticos.

Estas boas medidas de precisão refletiram no bom desempenho dos resíduos, (Figura 23), que não apresentaram tendenciosidade em sua distribuição.

Para expressar a evolução do número de árvores por hectare em várias idades, utilizou-se o mesmo procedimento que para *Eucalyptus grandis*, tomando como base a idade de 22 meses e um número inicial de 1200 árvores por hectare. A Figura 24 mostra o número de árvores em função da idade e do sítio.

Nota-se que houve aumento do "número de árvores" em todos os sítios. Isto significa que o número de "ingrowth" superaram a mortalidade, para todas as 5 classes de sítio. Também nos sítios mais produtivos houve maior acréscimo no número de árvores, o que comprova a explicação dada para *Eucalyptus grandis*, de que nestes sítios as condições para o desenvolvimento

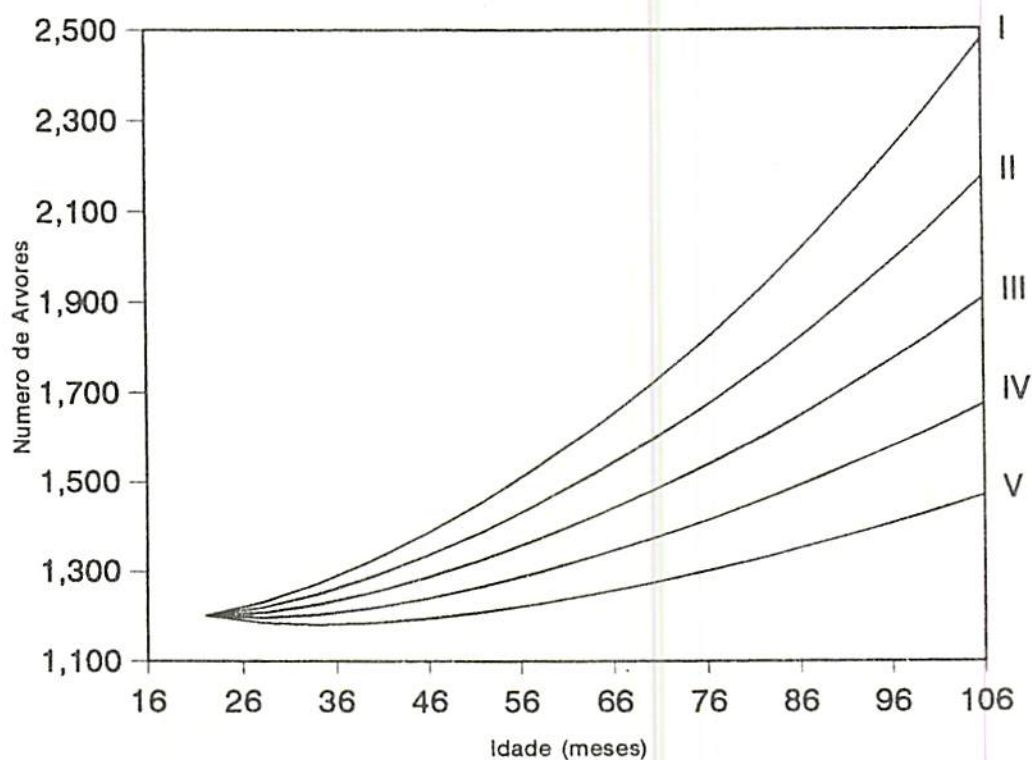


FIGURA 24 - Evolução do número de árvores em função da idade para as 5 classes de sítio em *E. urophylla*.

das plantas e das brotações são melhores. Pode-se comprovar a maior rusticidade do *E.urophylla*, em relação ao *Eucalyptus grandis*, uma vez que, em nenhum momento a mortalidade superou o número de "ingrowth".

#### 4.2.3 Estimativa do diâmetro mínimo

Também, para esta espécie, nenhum dos modelos testados (Tabela 8), mostrou ajuste satisfatório. Assim, construiu-se o modelo (15) utilizando o método "Stepwise".

$$DM = \beta_1 \ln(Hd/N) + \beta_2 \ln(I.Hd) + \beta_3 \ln(N.G) + \beta_4 (1/Hd^3) + \beta_5 (1/I^4) + \beta_6 I + e_1 \quad (15)$$

A Tabela 28 apresenta as estimativas dos parâmetros da equação (15), suas estatísticas e as medidas de precisão da regressão, e a Figura 25 mostra a distribuição dos resíduos, em porcentagem.

TABELA 28 - Coeficientes e medidas de precisão da equação de diâmetro mínimo para *E. urophylla*

Coeficientes	Estimativas	t	Nível de sig. (%)	Medidas de precisão da regressão
$\beta_1$	0,147266	0,44	33,80	$R^2 = 98,45 \%$ $Syx = 0,50 \text{ cm}$ $Syx\% = 12,85 \%$
$\beta_2$	1,338881	6,55	99,99	
$\beta_3$	-0,304895	-1,79	92,48	
$\beta_4$	-1080,885337	-2,78	99,39	
$\beta_5$	1,66222E5	1,93	94,44	
$\beta_6$	-0,016822	-1,99	95,14	

$R^2$  = coeficiente de determinação.

$Syx$  = erro padrão residual.

Pela comparação das medidas de precisão das equações 7 e 15 ajustadas para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, respectivamente, nota-se que a equação 7 apresenta desempenho um pouco superior à equação 15.

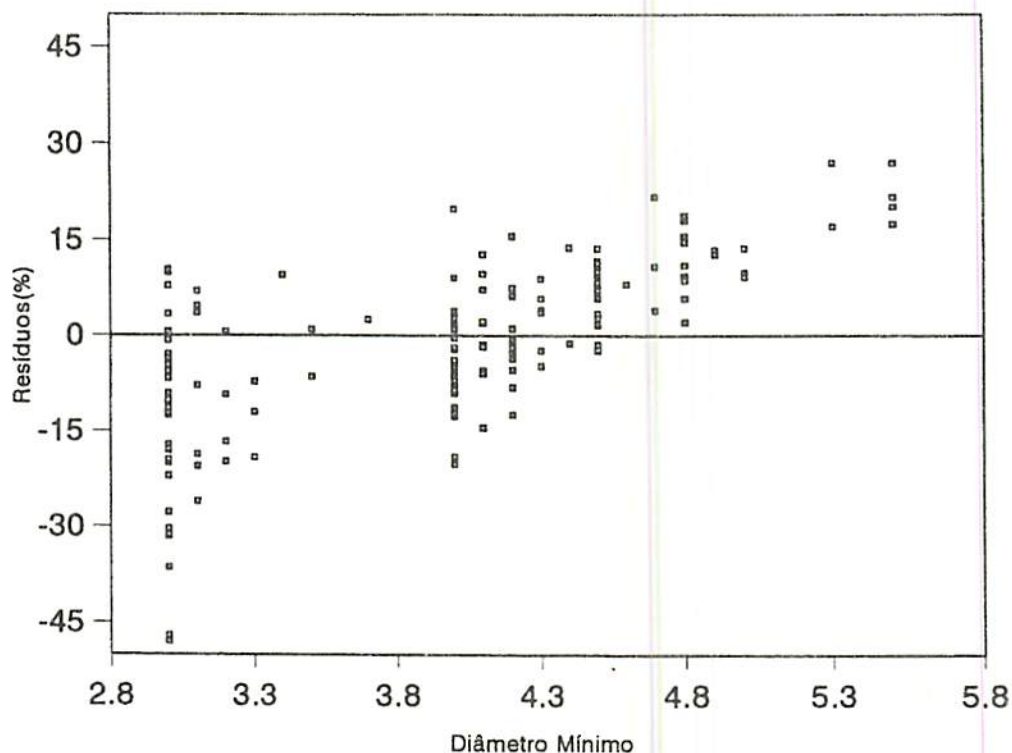


FIGURA 25 - Distribuição gráfica dos resíduos dos diâmetros mínimos para *E. urophylla*, em porcentagem.

Scolforo (1990), selecionou uma equação para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, com ( $R^2$ ) igual a 92,53 % e Syx de 1,96 cm. Apesar das medidas de precisão dessa equação serem inferiores às medidas de precisão das equações ajustadas neste trabalho, teve distribuição de resíduos mais uniforme. Isto pode ser atribuído à massa de dados que nesse trabalho apresenta características peculiares que já foram mencionadas.

A Tabela 28 mostra que a variável  $\beta_1$  [ $\ln(Hd/N)$ ] não foi significativa para o modelo. Contudo, sua remoção causaria uma diminuição sensível das medidas de precisão, justificando sua permanência no modelo.

A equação (15) ajustada para expressar o diâmetro mínimo em *Eucalyptus urophylla*, também está estimando de maneira satisfatória os diâmetros mínimos.

#### 4.2.4 Variância dos Diâmetros

O modelo que expressa a variância dos diâmetros ( $S^2D$ ) é:

$$S^2D^{0,5} = \beta_0 + \beta_1 \ln(Hd/N) + \beta_2 \ln(I) + \beta_3 \ln(N.G) + \beta_4 (DM^3) + e_i \quad (16)$$

Os coeficientes do modelo 16, suas estatísticas e medidas de precisão da regressão estão na Tabela 29 e a distribuição gráfica dos resíduos é mostrada na Figura 26.

Observou-se forte correlação da variância dos diâmetros com os percentis.

TABELA 29 - Estimativas dos coeficientes do modelo que expressa a variância dos diâmetros para *E.urophylla*.

Coeficientes	Estimativas	t	Nível de sig. (%)	Medidas de precisão da regressão
$\beta_0$	4,883437	6,18	99,99	
$\beta_1$	1,613723	12,52	99,99	$R^2 = 69,46 \%$
$\beta_2$	0,403237	4,06	99,99	$Sy_x = 0,27$
$\beta_3$	0,419597	8,95	99,99	$Sy_x = 10,77 \%$
$\beta_4$	-0,005816	-7,53	99,99	

$R^2$  = coeficiente de determinação

$Sy_x$  = erro padrão residual

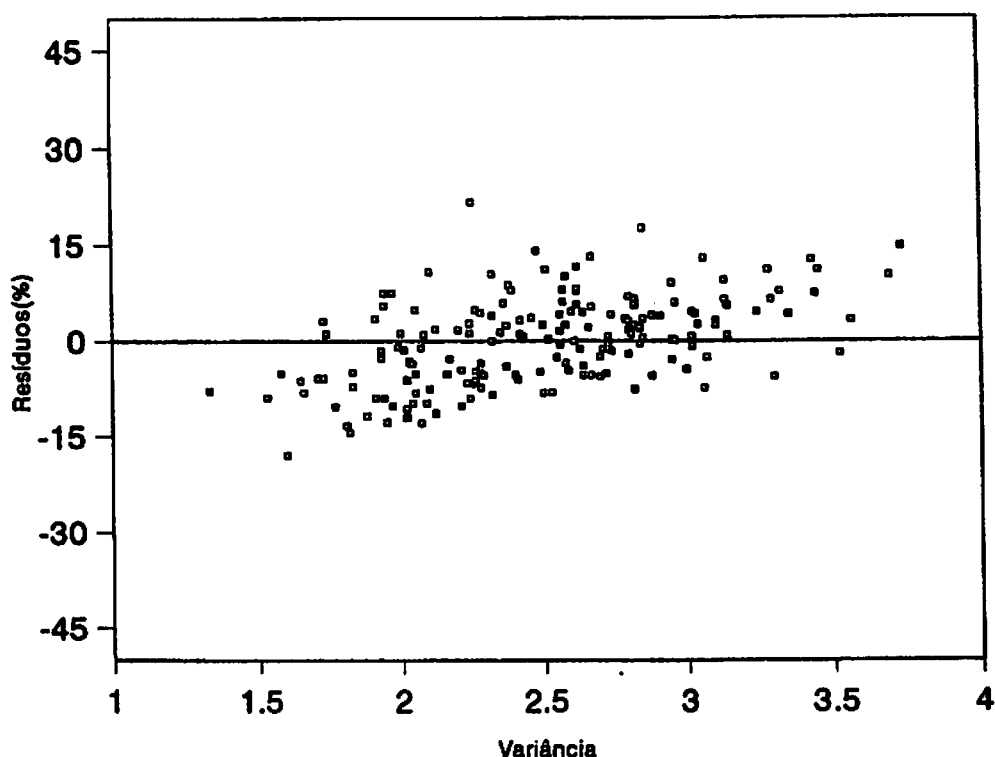


FIGURA 26 - Distribuição dos resíduos da variância dos diâmetros para *E urophylla*, em porcentagem.

#### 4.2.5 Estimativa da Área Basal

Para esta espécie, também foram ajustados os modelos apresentados na Tabela 9. Uma vez que esses modelos não apresentaram ajustes satisfatórios, desenvolveu-se o modelo apresentado a seguir, usando o procedimento "Stepwise".

$$\text{LnG} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(N) + \beta_2 I + \beta_3 (1/I) + \beta_4 (1/S) + e_1 \quad (17)$$

Os coeficientes do modelo 17, suas estatísticas e medidas de precisão da regressão estão na Tabela 30. Já a distribuição gráfica dos resíduos da equação ajustada é mostrada na Figura 27. Nota-se que o modelo teve ajuste satisfatório e distribuição de resíduos não tendenciosa.

TABELA 30 - Coeficientes do modelo ajustado para expressar a área basal para *E. urophylla*.

Coeficientes	Estimativas	t	Nível de sig. (%)	Medidas de precisão da regressão
$\beta_0$	-0,940773	-1,75	91,89	
$\beta_1$	0,709358	12,09	99,99	$R^2 = 88,21 \%$
$\beta_2$	0,005277	1,71	91,00	$S_{yx} = 1,08 \text{ m}^2$
$\beta_3$	-31,354293	-6,24	99,99	$S_{yx} = 11,80 \%$
$\beta_4$	-26,378879	-20,85	99,99	

$R^2$  = coeficiente de determinação

$S_{yx}$  = erro padrão residua

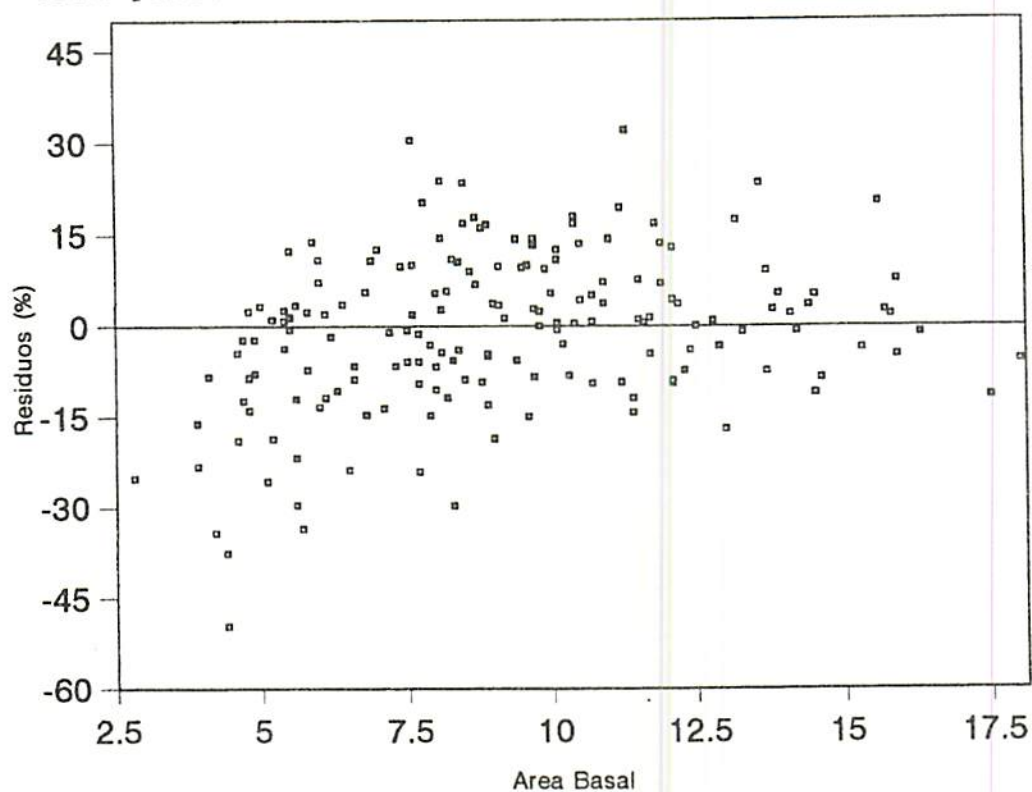


FIGURA 27 - Distribuição dos resíduos área basal para *Eucalyptus urophylla*, em porcentagem.

#### 4.2.6 Recuperação do parâmetro "a" de Weibull

Também para *E. urphylla*, o parâmetro de locação de Weibull "a" teve sua recuperação independente do sistema, portanto mais uma vez foi feita sua relação com o valor percentual do diâmetro mínimo. Aplicando o teste "t" pareado à um nível de 95% de probabilidade de acerto, utilizando-se 280 parcelas, a melhor relação obtida foi a seguinte:

$$a = 0,8 * DM$$

Assim, o valor que expressa melhor a posição do parâmetro "a" de Weibull, estará relacionado com 80% do valor do diâmetro mínimo do povoamento.

MAESTRI (1992), Trabalhando com *Acacia mearnsii* de Wild obteve uma relação de 70% do diâmetro mínimo. Scolforo (1990), obteve uma relação de 95% do diâmetro mínimo para *Pinus Caribaea* var. *hondurensis*.

#### 4.2.7 Recuperação dos parâmetros "b" e "c" de Weibull

Também para *Eucalyptus urophylla* adotaram-se duas possibilidades para a recuperação dos parâmetros de escala (b) e de forma (c). A primeira possibilidade considerada foi a evolução destes parâmetros, usando as equações seguintes:

$$b = \beta_0 + \beta_1 G + \beta_2 DM + \beta_3 N + \beta_4 S^2 D + e_1 \quad (18)$$

$$c = \beta_0 + \beta_1 DM + \beta_2 P3 + \beta_3 P2 + \beta_4 P9 + e_1 \quad (19)$$

Os coeficientes das equações 18 e 19, as estatísticas e as medidas de precisão da regressão estão na Tabela 31, enquanto as Figuras 28 e 29 mostram as distribuições dos resíduos para "b" e "c", em porcentagem. Nota-se que as medidas de precisão e a distribuição gráfica dos resíduos não foram satisfatórias, já que principalmente o parâmetro "c" não teve correlação com as características do povoamento.

TABELA 31 - Coeficientes para os modelos que expressam os parâmetros "b" e "c" de Weibull para *E. urophylla*.

Parâmetro	Coef.	Estimativa	t	Nível de Sig. (%)	Medidas de precisão da regressão
	$\beta_0$	10,097114	12,04	99,99	
b	$\beta_1$	0,616518	13,56	99,99	$R^2 = 59,80 \%$
	$\beta_2$	-1,055066	-7,68	99,99	$S_{yx} = 1,0373$
	$\beta_3$	-0,00319	-7,04	99,99	$S_{yx\%} = 16,97 \%$
	$\beta_4$	-0,11863	-2,89	99,57	
c	$\beta_0$	2,481288	7,61	99,99	
	$\beta_1$	-0,442724	-5,88	99,99	$R^2 = 56,24 \%$
	$\beta_2$	0,419631	3,07	99,75	$S_{yx} = 0,5835$
	$\beta_3$	0,613796	4,36	99,99	$S_{yx\%} = 25,87 \%$
	$\beta_4$	-0,443153	-10,09	99,99	

$R^2$  = coeficiente de determinação  
 $S_{yx}$  = erro padrão residual

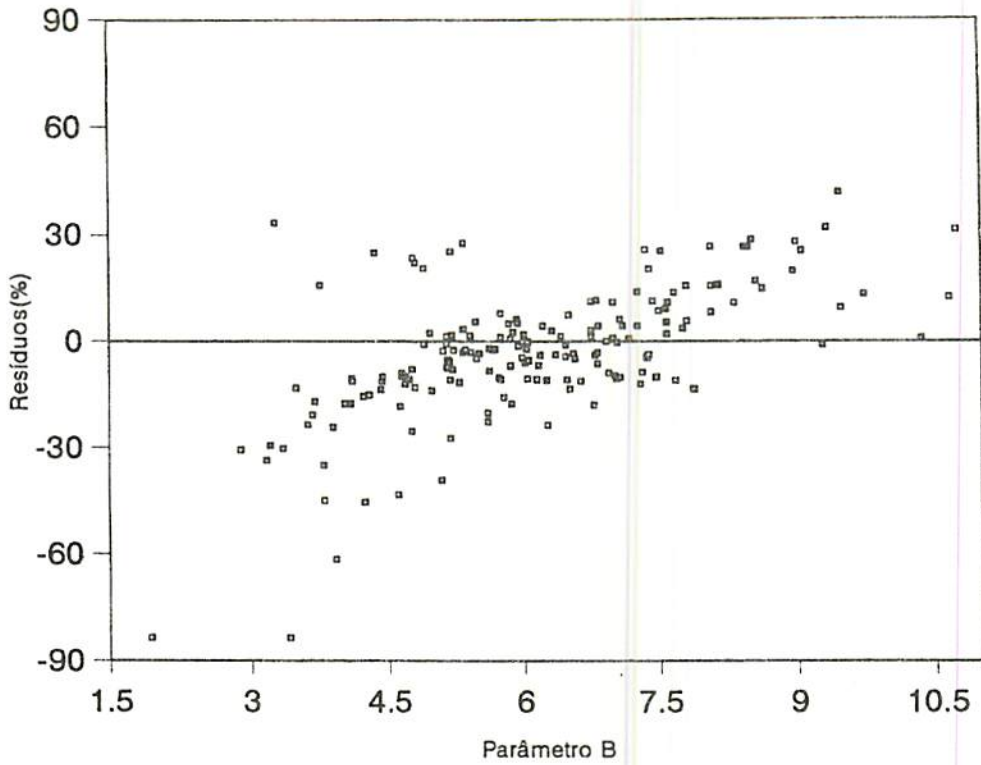


FIGURA 28 - Distribuição dos resíduos do parâmetro "b" para *Eucalyptus urophylla*, em porcentagem.

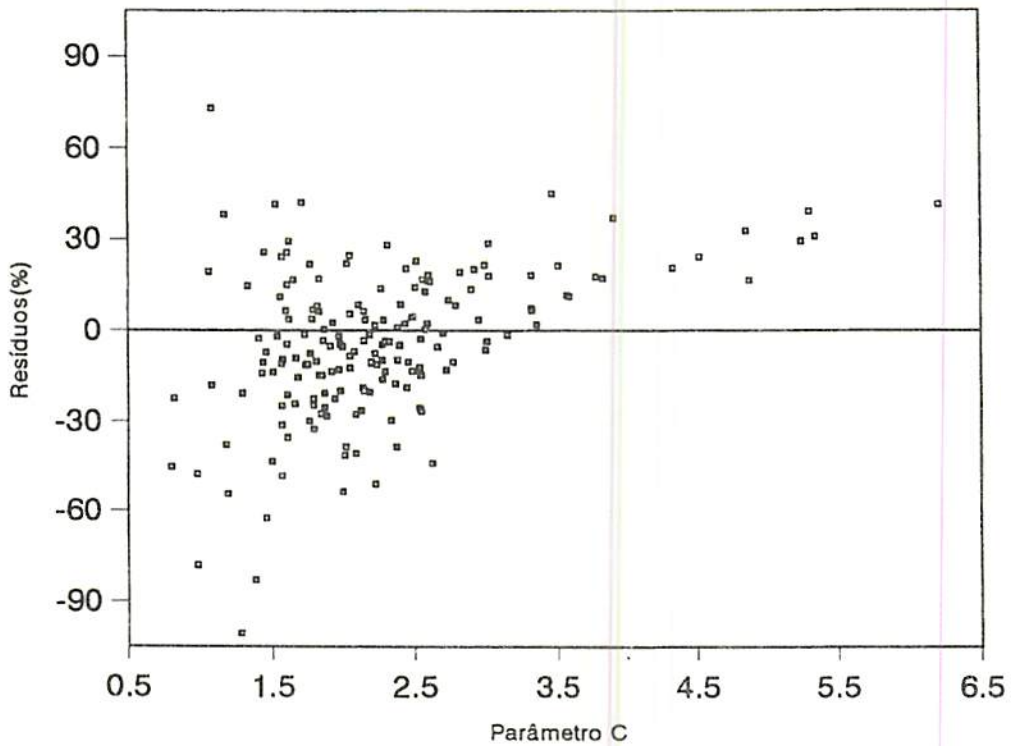


FIGURA 29 - Distribuição dos resíduos do parâmetro "c" para *Eucalyptus urophylla*, em porcentagem.

A segunda possibilidade é a combinação de diâmetros percentis com as características da população, e a partir destas, obter as estimativas dos parâmetros "b" e "c", que será mostrado no próximo item.

#### 4.2.8 Diâmetro Percentis

Para *Eucalyptus urophylla*, também foram testados diversos modelos para expressar os diâmetros percentis. Os modelos selecionados estão na Tabela 32, enquanto que as estimativas dos parâmetros, suas estatísticas e as medidas de precisão da regressão encontram-se na Tabela 33.

TABELA 32 - Modelos selecionados para estimar os diâmetros percentis para *Eucalyptus urophylla*.

Percentil	Modelo
P20	$P_2 = \beta_0 + \beta_1 Hd + \beta_2 (N/G) + \beta_3 (1/Hd) + \beta_4 \ln(S^2 D) + e_i$
P30	$P_3 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 S^2 D + \beta_3 S + \beta_4 G + e_i$
P40	$P_4 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 (N/G) + \beta_4 \ln(S^2 D) + e_i$
P70	$P_7 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 (N/G) + e_i$
P80	$P_8 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 S^2 D + \beta_3 S + \beta_4 G + e_i$
P90	$P_9 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 G + \beta_3 Hd + \beta_4 (N/G) + \beta_5 S^2 D^{0,5} + e_i$

TABELA 33 - Coeficientes dos modelos selecionados para os diâmetros percentis em *Eucalyptus urophylla*.

Percentil	Coef.	Estimativa	t	Nível de Sig. (%)	Medidas de precisão da regressão
20	$\beta_0$	5,257531	3,33	99,90	$R^2 = 82,75 \%$ $Syx = 0,42 \text{ cm}$ $Syx\% = 6,96 \%$
	$\beta_1$	0,247674	4,37	99,99	
	$\beta_2$	-0,013705	-15,63	99,99	
	$\beta_3$	20,455597	1,86	93,49	
	$\beta_4$	-1,013911	-9,69	99,99	
30	$\beta_0$	6,863811	24,01	99,99	$R^2 = 86,52 \%$ $Syx = 0,43 \text{ cm}$ $Syx\% = 6,31 \%$
	$\beta_1$	-0,002739	-15,36	99,99	
	$\beta_2$	-0,139881	-8,09	99,99	
	$\beta_3$	0,0462	3,41	99,92	
	$\beta_4$	0,45568	26,41	99,99	
40	$\beta_0$	9,71315	28,86	99,99	$R^2 = 91,83 \%$ $Syx = 0,38 \text{ cm}$ $Syx\% = 4,96 \%$
	$\beta_1$	-0,0018	-8,02	99,99	
	$\beta_2$	0,348373	11,69	99,99	
	$\beta_3$	-0,008238	-6,28	99,99	
	$\beta_4$	-0,654303	-7,02	99,99	
70	$\beta_0$	10,915445	39,14	99,99	$R^2 = 93,98 \%$ $Syx = 0,37 \text{ cm}$ $Syx\% = 4,68 \%$
	$\beta_1$	-0,002024	-9,80	99,99	
	$\beta_2$	0,355855	12,94	99,99	
	$\beta_3$	-0,008956	-6,98	99,99	
80	$\beta_0$	10,156717	33,14	99,99	$R^2 = 91,59 \%$ $Syx = 0,47 \text{ cm}$ $Syx\% = 4,50 \%$
	$\beta_1$	-0,003271	-17,11	99,99	
	$\beta_2$	0,033164	1,79	92,48	
	$\beta_3$	-0,007923	-0,55	41,45	
	$\beta_4$	0,546883	29,57	99,99	
90	$\beta_0$	12,050761	24,82	99,99	$R^2 = 92,65 \%$ $Syx = 0,48 \text{ cm}$ $Syx\% = 4,19 \%$
	$\beta_1$	-0,00236	-7,87	99,99	
	$\beta_2$	0,323017	7,05	99,99	
	$\beta_3$	0,037452	1,27	79,57	
	$\beta_4$	-0,010305	-6,11	99,99	
	$\beta_5$	0,497231	4,85	99,99	

Para *Eucalyptus urophylla*, o comportamento dos ajustes dos diâmetros percentis foi semelhante ao encontrado em *Eucalyptus grandis*, melhorando à medida que o valor do diâmetro percentil aumenta. Como pode observar na Tabela 33, para todos os valores dos percentis, obteve ajuste satisfatório.

Já com relação a variável independente, pode-se observar que não foi altamente significativa para o percentil 80. Para o percentil 70 esta variável não foi significativa sendo eliminada do modelo por não ser constatado qualquer prejuízo para o mesmo. Este comportamento da variância para o percentil 70 diverge de trabalhos similares, como por exemplo o de Scolforo (1990) e Maestri (1992).

As distribuições dos resíduos também foram satisfatórias, sem tendenciosidade para todos os valores de diâmetro percentil. Essa situação é ilustrada nas Figuras 30 e 31, respectivamente a pior e a melhor distribuição dos resíduos dos diâmetro percentil.

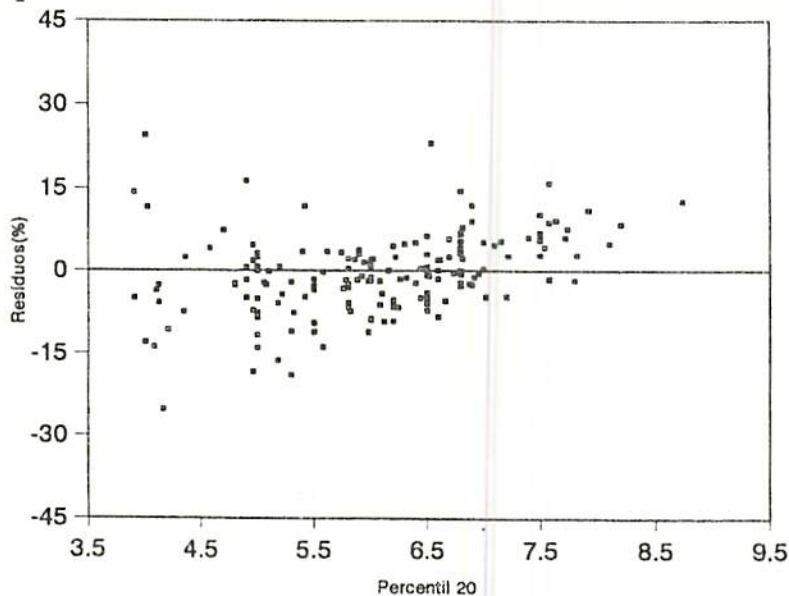


FIGURA 30 - Distribuição dos resíduos do percentil 20 para *Eucalyptus urophylla*, em porcentagem.

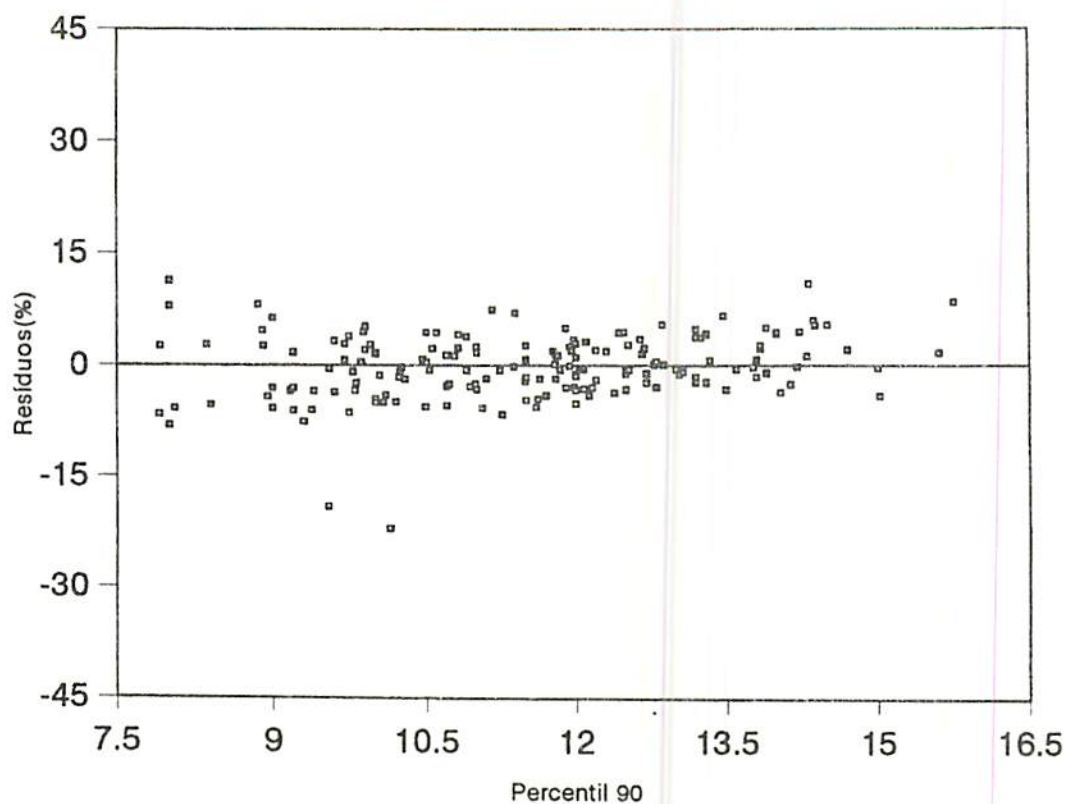


FIGURA 31 - Distribuição dos resíduos do percentil 90 para *Eucalyptus urophylla*, em porcentagem.

#### 4.2.9 Consistência do Modelo Proposto a Partir do Volume por Parcela

##### 4.2.9.1 Estimativa Presente

O procedimento adotado aqui foi semelhante ao aplicado para *Eucalyptus grandis*. Foram reservadas 68 parcelas que não entraram em nenhum ajuste feito anteriormente. As combinações dos pares de percentis e os parâmetros "b" e "c", usados aqui são os mesmos que os já definidos aquelas definidas para *E. grandis*. A amplitude das classes de diâmetros também foi de 3,0 cm.

A Tabela 34 apresenta os resultados dos testes para os dados de forma geral, ou seja, sem estratificação. Nota-se que, mais uma vez, os diversos pares de percentis usados para recuperar as distribuições tem comportamentos bem diferenciados, o que coincide com os resultados encontrados por Maestri (1992).

TABELA 34 - Resultados do teste "t" pareado comparando volume real e estimado pelos percentis, para estimativa presente em *Eucalyptus urophylla*.

Percentis	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
20/70	-1,42	1,68	-0,84	N S
20/80	0,45	1,77	0,25	N S
20/90	8,33	1,60	5,20	* *
30/70	0,02	1,58	0,01	N S
30/80	-0,08	1,80	-0,04	N S
30/90	5,95	1,64	3,62	* *
40/70	0,07	1,61	0,05	N S
40/80	0,07	1,79	0,04	N S
40/90	5,43	1,60	3,40	* *
b/c	-2,59	2,10	-1,23	N S

Apenas os pares 20/90, 30/90 e 40/90 propiciaram frequências que resultaram em apresentaram diferença estatística entre o volume real e volume estimado. Para *Eucalyptus grandis*, estes mesmos pares de percentis propiciaram obtenção de volume real e estimado estatisticamente semelhante, tendo havido até um destaque para o par 40/90. Fatos como estes comprovam a existência de comportamento diferenciado dos pares de percentis, por espécie.

Também foram testados os pares de percentis para os dados estratificados por sítio e por sítio e idade. Os resultados estão nos Anexos 6 e 7. Nota-se no Anexo 6 que só os pares de

percentis 20/90, 30/90 e 40/90 propiciaram a obtenção de frequência que geram o volume real e estimado com diferença significativa. Houve tendência destes pares de percentis propiciarem a obtenção de diferença nos sítios mais produtivos, especialmente no segundo sítio mais produtivo, cujo índice de sítio é 21,50 m.

A eficiência do modelo é notada à medida em que se controla as fontes de variação, neste caso, ao controlar a produtividade dos sítios, a eficiência do sistema fez-se notar, já que em praticamente todos os modelos selecionados, principalmente os percentis, que são a base para as estimativas dos parâmetros da função Weibull, a variável índice de sítio teve participação altamente significativa.

Quando o controle da fonte de variação levou em consideração a produtividade do sítio e a idade. Observou-se que apenas os pares 20/70; 20/90 e 40/80 propiciaram a obtenção de volume estimado diferindo estatisticamente do volume real. Estas diferenças como no caso anterior aparecerem também nos sítios mais produtivos, especialmente no segundo sítio mais produtivo, cujo índice de sítio é 21,50 m, e na classe de idade de 36 a 42 meses. De maneira semelhante ao ocorrido com a variável índice de sítio, a variável idade também foi sempre altamente significativa nos modelos que fazem parte do sistema desenvolvido. Assim, a ocorrência de três casos em que houve diferença entre a estimativa do volume real e observado, deve-se à pequena intensidade amostral nestas idades, ou ainda, a alguma anomalia no conjunto de dados.

Para *Eucalyptus urophylla*, também foi estabelecido regressão linear simples para verificar a correlação entre volume real e volume estimado à partir da recuperação das distribuições diamétricas pelos pares de percentis. O resultado destas regressões estão apresentadas na Tabela 35.

TABELA 35 -- Correlação entre o volume real e estimado pelos pares de percentis para *Eucalyptus urophylla*, estimativa presente.

Percentis	Correlação	Syx (m <sup>3</sup> )	F	Signific.
20/70	0,93	13,45	455,646	* *
20/80	0,94	13,14	479,638	* *
20/90	0,93	13,38	460,945	* *
30/70	0,94	13,20	475,158	* *
30/80	0,93	13,67	438,524	* *
30/90	0,93	13,65	440,019	* *
40/70	0,94	13,02	490,239	* *
40/80	0,93	13,51	451,165	* *
40/90	0,94	13,31	466,354	* *
b/c	0,92	14,87	360,798	* *

\* Valor significativo a 99% de probabilidade.

Nota-se que as correlações entre o volume real e o estimado a partir das frequências geradas pelos pares de percentis são altas e praticamente iguais, fato que também ocorreu em *Eucalyptus grandis*. O comportamento dos parâmetros "b" e "c" apresentou mesma tendência para as duas espécies, ou seja propiciou a obtenção de frequência que resultaram numa correlação

menor entre os volumes reais e os volumes estimados para as 68 parcelas. Este fato demonstra que os pares de percentis devem ser preferencialmente utilizados para obter as estimativas dos parâmetros "b" e "c". Os menores valores de "F" e de correlação apresentados para *Eucalyptus urophylla* são decorrentes da maior variabilidade existente entre os dados coletados para esta espécie, o que se refletiu sistematicamente em equações com ajustes inferiores aos obtidos para *Eucalyptus grandis*.

#### 4.2.9.2 Prognose

Para testar a estimativa futura dos volumes aplicou-se mais uma vez o teste de "t" pareado, em *Eucalyptus urophylla*, considerando os dados em geral (sem estratificação) e os dados estratificados por sítio. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 36 e no Anexo 8.

Observando a Tabela 36, nota-se que os pares de percentis 20/70, 20/90 e os parâmetros "b" e "c" estão propiciando obtenção de volume estimado estatisticamente diferente do volume real. Destes três pares, apenas o 20/90 permaneceu com o mesmo comportamento da estimativa presente.

Para fins de prognose, a maior parte dos pares de percentis pode ser utilizada de maneira satisfatória. Este fato propicia segurança ao manejador florestal na medida em que, permite verificar que diferentes pares de percentis permitem estimar as produções futuras com segurança. Por outro lado, os parâmetros "b" e "c" não apresentaram correlação forte com as

TABELA 36 - Resultados do teste de "t" pareado comparando volume real e estimado pelos percentis, para prognose em *Eucalyptus urophylla*.

Percentis	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
20/70	-6,00	2,29	-2,62	* *
20/80	-4,26	2,49	-1,71	N S
20/90	4,74	1,80	2,63	* *
30/70	-4,64	2,15	-2,16	N S
30/80	-5,06	2,62	-1,93	N S
30/90	1,40	2,10	0,67	N S
40/70	-4,51	2,19	-2,06	N S
40/80	-5,05	2,55	-1,98	N S
40/90	0,88	2,01	0,44	N S
b/c	-9,50	3,14	-3,02	* *

características do povoamento, quando prognosticados diretamente. Esse fato constitui fonte de insegurança ao manejador florestal em termos da estimativa futura da produção.

Para prognose, seis pares de percentis apresentaram diferenças significativas entre volume real e volume estimado, em pelo menos um dos sítios considerados (Anexo 8). Os parâmetro "b" e "c" também tiveram esse comportamento. De maneira geral, este fato não é o predominante, ocorrendo sistematicamente nos sítios menos produtivos, possivelmente porque neles há mais variabilidade.

Os resultados da correlação entre o volume real e o volume estimado propiciados pelos pares de percentis, para

prognose em *E. urophylla*, foram obtidos pela análise de regressão linear simples e estão na Tabela 37. Pode-se constatar que, apesar destas estimativas serem inferiores às estimativas presentes, as correlações apresentadas entre o volume real e o volume prognosticado ainda são altas, comprovando que as prognoses dos diferentes pares de percentis e evolução direta dos parâmetros "b" e "c" são satisfatórias.

TABELA 37 - Correlação entre o volume real e estimado pelos pares de percentis, para prognose em *Eucalyptus urophylla*.

Percentis	Correlação	Syx (m <sup>3</sup> )	F	Signific.
20/70	0,91	15,73	174,273	* *
20/80	0,91	15,76	173,319	* *
20/90	0,92	14,81	200,762	* *
30/70	0,91	15,62	177,205	* *
30/80	0,91	16,16	163,155	* *
30/90	0,92	15,41	182,987	* *
40/70	0,92	15,15	190,425	* *
40/80	0,91	16,02	166,690	* *
40/90	0,92	15,25	187,454	* *
b/c	0,90	16,74	149,715	* *

\*\* Valor significativo a 99% de probabilidade.

#### 4.2.10 Consistência do Modelo Proposto a Partir do Número de Árvores por Classe de Diâmetro

O procedimento usado aqui para verificar a consistência do modelo foi semelhante ao utilizado para *Eucalyptus grandis*. As 68 parcelas utilizadas para o teste foram estratificadas por sítio. O percentual de parcelas em que o número real de árvores foi estatisticamente semelhante ao número estimado de árvores, após aplicação do teste Kolmogorov-Smirnov, analisado para os níveis de significância de 0,20, 0,10, 0,05 e 0,01 está no Anexo 9.

Nos sítios mais produtivos, os pares de percentis e o par de parâmetros estimam melhor o número de árvores, com pequena vantagem para o par de percentis 30/90. Nos outros sítios as diferenças nas estimativas dos percentis são pequenas.

Este teste também foi aplicado para estimativa futura ou prognose do número de árvores, e os resultados estão no Anexo 10.

Nos sítios mais produtivos os percentis apresentaram estimativa melhor do número de árvores, a exemplo do que ocorreu na estimativa presente. Nos sítios menos produtivos e para os níveis de significância de 0,20, 0,10 e 0,05, houve diferença significativa entre o número real de árvores e o número prognosticado de árvores, para todos os pares de percentis. A ocorrência deste fato pode dever-se à existência de poucas parcelas neste sítio, associado à grande rigorosidade do teste.

### A Implementação do Sistema de Crescimento e produção

A operacionalização do sistema desenvolvido neste estudo foi efetivada através dos software "Predgrand" e "Prediuro", desenvolvidos para que as equações geradas para *E. grandis* e *E. urophylla* pudessem ser facilmente operacionalizadas. Os Anexos 11 e 12 mostram o número de árvores, a área basal e os volumes sólidos e de madeira empilhada para as 2 espécies estudadas. A idade base para efetuar o prognóstico foi de 20 meses. Nessa idade consideraram-se diferentes números de árvores e foram feitos prognósticos até a idade de 70 meses, para os índices de sítio 20,5 e 18,5 m.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusões

- O modelo biológico de Chapman-Richards foi o que melhor estimou as classes de sítio para as duas espécies estudadas. Esse modelo teve coeficiente de determinação igual a 83% e 77% quando ajustado para *E. grandis* e *E. urophylla*, respectivamente. Em ambas espécies o padrão das curvas foi anamórfico.

- Nas duas espécies estudadas houve forte correlação entre o diâmetro mínimo e as características do povoamento (altura dominante, área basal, diâmetro mínimo e número de árvores).

- O valor da posição do parâmetro de locação "a" de Weibull, que vai de zero ao menor diâmetro do povoamento, foi igual a 60% do diâmetro mínimo ( $a = 0,60 * DM$ ) para *E. grandis* e de 80% do diâmetro mínimo ( $a = 0,80 * DM$ ) para *E. urophylla*.

- Os modelos ajustados para expressar a variância dos diâmetros para as duas espécies, não tiveram coeficientes de determinação alto, mas não foram tendenciosos, situando dentro de um padrão aceitável para os propósitos deste estudo.

- O comportamento dos modelos construídos para estimar a área basal de *E. grandis* e de *E. urophylla* foi bom em termos de medidas de precisão e de tendenciosidade dos resíduos.

- A recuperação dos parâmetros "b" e "c" de Weibull, feita através da evolução desses parâmetros, não foi muito satisfatória para nenhuma das espécies estudadas, em função de não ter havido correlação entre os parâmetros e as características do povoamento.

- Na recuperação dos diâmetros percentis, foi obtido um modelo diferente para cada percentil, para as duas espécies estudadas. Todos os modelos proporcionaram uma forte correlação entre os percentis e as características do povoamento. Também houve melhora no comportamento dos modelos com o aumento dos diâmetros percentis.

- A seguir apresentam-se as conclusões referentes ao procedimento usado para recuperar os parâmetros "b" e "c" de Weibull, através dos pares de percentis, com base no volume por classe de diâmetro, para estimativa presente:

a) Não havendo controle de sítio e de idade e se a espécie for *E. grandis* recomenda-se usar os pares de percentis 20/80, 20/90, 30/80, 30/90 e 40/90, com destaque para os pares de 30/80 e 40/90. Para *E. urophylla* recomenda-se usar o par de parâmetros b/c e os pares de percentis 20/70; 20/80; 30/70; 30/80; 40/70; 40/80, com destaque para os pares 30/70; 40/80; 30/80 e 40/70.

b) Havendo controle de sítio, recomenda-se para *E. grandis* o par de percentis 40/90 e o par de parâmetros b/c. No caso de *E. urophylla* só não são recomendados os pares de percentis 20/90, 30/90 e 40/90. Dentre os recomendados destacam-se os pares 20/80 e 40/80.

c) Para *E. grandis*, havendo controle de sítio e idade, recomendam-se todas as combinações feitas com alguma restrição. Se não houver restrição os pares de percentis recomendados são: 20/70, 30/70, 40/70 e 40/80, com destaque para o par 40/80.

Para *E. urophylla*, também pode se recomendar todos os pares, com restrição para os pares de percentis 20/70, 20/90 e 40/80. Para os outros pares recomendados destaca-se o par 40/70.

- A seguir apresentam-se as conclusões referentes ao procedimento usado para recuperar os parâmetros "b" e "c" de Weibull, através dos pares de percentis, com base no volume por classe de diâmetro, para estimativa futura ou prognose:

a) Não havendo controle do sítio, e se a espécie em questão for *E. grandis*, os pares de percentis, 20/70, 30/70 e 40/70 não devem ser usados. Todos os outros pares de percentis testados são recomendados, com destaque para os pares de percentis 30/90 e 40/90.

Os pares de percentis 20/70 e 20/90 e o par de parâmetros b/c não devem ser usados se a espécie em estudo for *E. urophylla*. Entre os pares de percentis recomendados para essa espécie destacam-se os pares 40/90 e 30/90.

b) Havendo o controle do sítio, e se a espécie em questão for *E. grandis*, recomenda-se usar o par de parâmetros sem nenhuma restrição e todos os pares de percentis testados, com destaque para os pares 40/90 e 30/90.

Para *E. urophylla*, recomenda-se usar os pares de percentis 20/80, 30/80 de 40/80, sem destaque para nenhum deles.

- A seguir apresentam-se as conclusões referentes ao procedimento para recuperar os parâmetros "b" e "c" de Weibull, através dos pares de percentis, com base no número de árvores por classe de diâmetro, para estimativa presente, testada pelo Kolmogorov-Smirnov.

- Para *E. grandis*, todos os pares de percentis e o par de parâmetros b/c obtiveram boas estimativas e podem ser recomendadas para estimativa. Dentre eles pode-se destacar os pares 30/70 e 40/80.

- Para *E. urophylla*, todos os pares de percentis e o par de parâmetros b/c podem ser recomendados para a recuperação dos parâmetros "b" e "c", sendo que o par de percentis 20/90 apresenta certa superioridade para estimativa.

- Já para recuperação dos parâmetros "b" e "c" de Weibull, através dos pares de percentis, baseado no número de árvores por classe diamétrica, para estimativa futura, ou seja, para prognose, aplicando o teste de Kolmogorov-Smirnov, conclui-se que:

- Para *E. grandis* pode-se utilizar qualquer um dos pares de percentis e o par de parâmetros b/c, pois todos estão estimando muito bem o número de árvores por classe de diâmetro.

- Para *E. urophylla*, também pode-se recomendar qualquer um dos pares testados. Pode-se concluir também que para o sítio menos produtivo a estimativa não foi muito satisfatória, devido ao pequeno número de parcelas reservadas para o teste neste sítio.

- De maneira geral o sistema mostrou-se muito eficiente.

## 5.2 Recomendações

Para que se possa implementar este trabalho em estudos posteriores, recomenda-se:

- Testar mais pares de percentis a fim de buscar maior aprimoramento na recuperação dos parâmetros "b" e "c" de Weibull, para estimar melhor a densidade.

- Testar outros métodos de ajuste da função Weibull.

- Testar outras funções de densidade de probabilidade, como a Beta e a SB de Jonson.

- Desenvolver funções de sobrevivência e de Ingrowth, separadamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERNERTH, N.C. Diameter distribution and growth of thinned old-field slash pine plantations. Athens: University Georgia, 1981. 41p. (Athens MS).
- ALDER, D. PYMOD: A forecast model for conifer plantation in the tropical highlands of Eastern Africa. In: GROWTH MODELS FOR LONG TERM FORESCATING OF TIMBER YIELDS. Proceedings... Virginia: Division of Forestry and wildlife Research, 1978. p.1-13. (Publication FWS-1-78).
- ALLEN, H.L.; DUZAN, H.W. Nutritional management of loblolly pine stands. A stand report of the North Carolina State Forest Fertilization. In: IUFRO SYMPOSIUM ON FOREST SITE AND CONTINUOUS PRODUCTIVITY, USDA, 1983. USDA. Forest Service, 1983. p.370-379. (General Technical Report PNW, 163).
- AMATEIS, R.L.; BURKHART, H.E.; KNOEBEL. B.R.; SPRINTZ, P.T. Yields and size class distributions for unthinned loblolly pine plantations on cutover site-prepared lands. Virginia: Division of Forestry and wildlife Resource, Virginia Polytech Institute. and State University, 1984. 69p. (Publication FWS-2-84).

- BAILEY, R.L. **Development of unthinned stands of *Pinus radiala* in New Zealand.** Athens: University of Georgia, 1973. 67p. (Dissertation - Ph.D).
- BAILEY, R.L. Weibull model for *Pinus radiala* diameter distributions. In: CONFERENCE OF ADISORY GROUPS OF FOREST STATISTICIONS, 1974. **Proceedings...** Statistic in Forestry Research. 1974. p.51-59.
- BAILEY, R.L.; ABERNETH, N.C.; JONES, E.P. Diameters distribution models for repeatedly thinned slash pine plantations. In: BIENNAL SOUTHERN SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE, 1981. **Proceedings...** USDA Forest Service, 1981. p.115-126 (General Technical Report, SO-34).
- BAILEY, R.L.; CLUTTER, J.L. Base-age invariant polymorphic site curves. **Forest Science**, Peting, v.20, n.2, p.155-159, June 1974.
- BAILEY, R.L.; DELL, T.R. Quantilying diameters distributions with the Weibull function. **Forest Science**, Bethesda, v.19, n.2, p.97-104, 1973.

- BAILEY, R.L.; GRIDER, RHENEY, J.W.; PEINAAR, L.V. Stand structure and yields for site - prepared loblolly pine plantations in the Piedmont and upper coasted plain of Alabama, Georgia, and south Carolina. Georgia: College of Agricultural Experimental Stations the University of Georgia, 1985b. 118p. (Research Bulletin, 328).
- BAILEY, R.L.; PIENNAR, L.V.; SHIVER, B.D.; RHENEY, J.W. Stand structure and yield of site-prepared slash pine plantation. Georgia: The University of Georgia College of Agriculture Experiment Station, 1982. (Bulletin, 291).
- BALDWIN Jr, V.L. Survival curves for unthinned and earlythinned direct-seeded slash pine stands. In: SOUTHERN SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE, 3, Atlanta, 1984. Proceedings... New Orleans: USDA Forest Service, 1985. p.460-465 (General Technical Report, SO-54).
- BATISTA, J.L.F.; COUTO, H.T.Z. Escolha de modelos matemáticos para construção de curvas de índice de sítio para florestas implantadas de *Eucalyptus* sp no estado de São Paulo. IPEF, Piracicaba, n.32, p.33-42, abr. 1986.
- BECK, D.E.; DELLA-BIANCA, L. Yield of unthinned yellow-poplar. [s.l.]: USDAIFS, 1970. 20p. (Research paper, SE 35).

BELCHER, D.M.; CLUTTER, J.L. Yield of slash pine plantations in the Georgia and North Florida Coastal Plain. Virginia: PMRC. Research paper 1979-2. 40p.

BORDERS, B.E.; BAILEY, R.L.; WARE, K.D. Slash site index from a polymorphic model by joining (splining) nonpolynomial segments with an algebraic difference method. Forest Science, Bethesda, v.30, n.2, p.441-423, 1984.

BUCHMAN, R.G.; SHIFLEY, R. Essential for forecasting mortality trends and changes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE RENEWABLE RESOURCE JUVENTORIES FOR MONITORING CHANGES AND TRENDS, Coralis, Oregon State University, 1983. p.15-19.

BURGER, D. Tópicos de manejo florestal - ordenamento florestal. Curitiba: UFPar, 1976. 118p.

BURKHART, H.E. Estimating growth and mortality. Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University, 1974. 15p. (Mimeógrafo).

CAMPOS, J.C.C.; BASTOS, L.N. Índices de local para plantações de *Pinus polula* Schl et Chalm. Em Camanducaia. Brasil Florestal, Brasília, v.6, n.24, p.26-32, 1975.

CAMPOS, J.C.C.; TORQUATO, M.C.; RIBEIRO, G.A. Equações para calcular índices de local e incremento da altura em plantações puras de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, Viçosa, v.9, n.1, p.1-9, 1985.

CAMPOS, J.C.C.; TURNBULL, K.J. Um sistema para estimar a produção por classe de diâmetro e sua aplicação na interpretação do efeito de desbaste. *Revista Árvore*, Viçosa, v.5, n.1, p.1-16, 1981.

CAO, Q.V.; BURKHART, H.E.; LENIN Jr., R.C. Diameter distribution and yields of thinned loblolly pine plantations. Division of Forestry and wildlife Research, Virginia. Polytechnic Institute and State University, 1982. 62p. (Publication DWS-1-82).

CAO, Q.V.; DURAND, K.M. Site index curves for costern cottonwood plantations in the lower Mississippi Delta. *South Journal Applied Forestry*, Washington, v.15, n.1, p.28-30, 1991.

CLUTTER, J.L.; BENNETT, F.A. Diameter distributions in old field slash pine plantations. [s.l.]: Georgia Fro. Res. Council, 1965. 9p. (Report, 3).

CLUTTER, J.L.; BLECHER, D.M. Yield of site-prepared slash plantation in the cower coastal Plain of Georgia and Florida. In: GROWTH MODELS FOR LONG TERN FORECASTING OF TIMBER YIELDS, Virginia, 1978. Division of forestry and wildilfe Research, Virginia: Polytechinc and State University, 1978. p.53-70. (Publication FWS-1-78).

CLUTTER, J.L.; FORSTON, J.C.; PIENNAR, L.V.; BRISTER, G.H.; BAILEY, R.L. Timber management: a quantitative approach. New York: John Wiley & Sons, 1983. 333p.

CLUTTER, J.L.; HARMS, R.W.L.; BRISTER, G.H.; RHENEY, J.W. Stand structure and yieldsof site - prepared lablolly pine plantations in the cower coasted plain of the carolina, Georgia, and North Florida. Asville: USDA. Forest Service, 1984. n.1-173, 1984. (SE General Technicol Report, 27).

CLUTTER, J.L.; JONES, E.P. Jr. Prediction of growth after thinning in old field slash pine plantations. Asville: USDA. Forest Service. SE Research Paper, v.217, p.1-14, 1980.

COUTO, H.T.Z. do; BASTOS, N.L.M.; LACERDA, J.S. Comparação de dois modelos de prognose de madeira de *Eucalyptus* para alto juste e talhardia. IPEF, Piracicaba, n.41/42, p.27-35, 1989.

- CURTIS, R.O; CHERMAN, F.R.; DeMARS, D.J. Height growth and site index for Douglas fir in high elevation forests of Oregon - Washington Coscodes. Forest Science, Bethesda, v.20, n.4, p.307-316, 1974.
- DANIELS, R.F.; BURKHART, H.E. Simulation of individual tree growth and stand development in managed loblolly pine plantations. Virginia: Division of Forestry and wildlife Research, Virginia: Polytechnic Institute and State University, 1975. 69p. (Publication RWS-5-75).
- DAVIS, K.P. Forest manegement: regulation and valuation. 2. ed. USA: McGraw-Hill, 1966. 519p.
- DELL, T.R.; FEDUCCIA, D.P.; CAMPBELL, T.E.; MANN, J.R.; W.F.; POLMER, B.H. Yields of unthinned slash pine plantations on cutover sites in West Gull region. Asville: USDA Forest Service, 1979. 84p. (Research paper, 50-147).
- DUZAN, H.W. Influence of nitrogen fertilizen rate on the development of loblolly pine (*Pinus taeda*) plantations. Virginia: North Carolina State University, 1983. 149p. (Ph.D Dissertation).
- FEDUCCIA, D.P.; DELL, T.R.; MANNJr.; W.F.; CAMPBELL, T.E.; POLMER, B.H. Yield on unthinned loblolly pine plantations on sites in the west gull region. USDA. Forest Research paper, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, n.SO-148, 88p.

- GLADE, J.E. Prognose de volume por classes diamétricas para *Eucalyptus grandis* Hill Ex-M aiden. Curitiba: UFPar, 1986. 94p. (Dissertação - Mestrado em Manejo Florestal).
- GOLFARI, L.; CASER, R.L.; MOURA, V.P.G. Zoneamento Ecológico Esquemático para Reflorestamento no Brasil. Belo Horizonte: PRODEPEF/PNUD/FAO/IBDF/BRA, 1978. 45p. (Série Técnica, 11).
- GONZALES, A.M.F.; SMITH, D.M.; MALDONADO, H.R. Site index for *Pinus caribaea* var. *hundurensis*. Commonwealth Forestry Review, Mexico, v.71, n.1, p.47-51, 1992.
- HAFLEY, W.L.; SCHREUDER, H.T. Statistical distribution for fitting diameters and data in even-aged stands. Canadian Journal Research, Ottawa, v.7, p.481-487. 1977.
- JOHNSON, N.L.; KOTZ. Continuous univariate distributions. Boston: Houghton Millin, 1970, v.2, p.112.
- JORGE, L.A.B.; VEIGA, R.A. de A.; PONTINHA, A de A.S. A função Weibull em povoamentos de *Pinus elliottii* na Estação Experimental de Itapeva IPEF, Piracicaba, n.43/44, p.54-60, 1990.
- KEISTER, I.D. Predicting individual tree mortality in simulation southern pine plantations. Forest Science, Bethesda, v.18, n.3, p.213-217, 1972.

- LEE, Y.L. Predicting mortality for even-aged stands of lodgepole pine. *The Forestry Chronicle*, Ottawa, v.47, n.1, p.29-32, 1971.
- LEITE, H.G. Ajuste de um modelo de estimação de frequência de produção por classe de diâmetro, para povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith. Viçosa: UFV, 1990. 81p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal).
- LEITE, H.G.; CAMPOS, J.C.C.; REGAZZI, A.J.; COUTO, L. Um modelo para estimar a produção de madeira para celulose e energia derivada da função Weibull. *Revista Árvore*, Viçosa, v.14, n.2, p.102-118, 1990.
- LENHART, J.D.; CLUTTER, J.L. Cubic-foot yield tables for old-field loblolly pine plantations. Georgia: Georgia Forest Research Council, 1971. 12p. (The Georgia piedmont report, 22-series, 3).
- LYNCH, R.O.; MOLLITOR, A.V.; COMERFORD, N.B. Modeling effects of mid-rotation fertilization on slash pine plantation diameters distributions. *Southern Silvicultural Research Conference*, Atlanta, 1984. p.7-8.
- MACHADO, S.A.; SCHOPFER, W.; HRADETZKI, J. Estudo do sortimento de madeira e suas bases de cálculo para *Pinus taeda* no Paraná e Santa Catarina. In: SEITZ, R.A. (Coord.) *O desafio das florestas neotropicais*. Curitiba, 1991, p.255-274.

- MACHADO, S. do A. Estimativa de sobrevivência de *Pinus toeda* em plantas homogêneas. *Revista Floresta*, Curitiba, v.10, n.1, p.73-75, 1979.
- McDILL, M.E.; AMATEIS, R.L. Measuring forest site quality using the parameters of a dimensionally compatible height growth function. *Forest Science*, Bethesda v.38, n.2, p.409-429, 1992.
- McGEE, C.E.; DELLA-BIANCA, L. Diameter distributions in natural yellow-poplar stands. [s.l.]: USFS, 1967. 7p. (Research paper-SE 25).
- McTAGUE, J.P. Programa computacional para ajuste da função Weibull. Flagstall. 1988 (não publicado).
- McTAGUE, J.P. Growth and yield of slash and loblolly in the State of Santa Catarina, Brasil. Athens: University of Georgia, 1985. 219p. (Ph.D - Dissertação).
- MAESTRI, R. Estimativa de produção presente e futura de volume de madeira e peso de casca para povoamento de Acácia-Negra (*Acacia mearnsii*). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1992. 102p. Dissertação - Mestrado em Manejo Florestal).

- MALDONADO, H.R.; BAILEY, R.L.; BORDERS, B.E. Some implications of the algebraic difference approach for developing growth models. *Proceedings of IUFRO Forest Growth Modelling and Production*, 1987. p.24-28.
- MATNEY, T.G.; SULLIVAN, A.D. Compatible stand and stock tables for thinned and unthinned loblolly pine stands. *Forest Science*, Bethesda, v.28, n.1, p.161-171, 1928.
- MIRANDA, R.C. *Análise da mortalidade regular, em função de características dendrométricas, de grupos de árvores semelhantes de Eucalipto*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 86p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal).
- PIENNAR, L.V.; SHIVER, B.D. Survival functions for site prepared Slash Pine plantations in the flat woods of Georgia and northern Flórida. *Southern Journal Forestry*, Washington, v.5, n.2, p.59-62, 1981.
- RENNOLS, K.; PEACE, A. Flow models of mortality and yield for unthinned forest stands. *Forestry*, Oxford, v.59, n.1, p.47-58, 1986.
- SALOMÃO, C.C. Eucalipto, Vilão ou Herói? *Silvicultura*, São Paulo, v.13, n.50, p.22-23, jul./ago. 1993

SANQUETA, C.R. **Predição da sobrevivência em reflorestamentos de *Pinus elliotii* Engelm.** Curitiba: UFPar, 1990. 81p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).

SCOLFORO, J.R.S. **Curvas de índice de sítio para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.** IPEF, Piracicaba, n.45, p.40-47, 1992.

SCOLFORO, J.R.S. **Mensuração florestal 4: Classificação de sítios florestais** Lavras:ESAL/FAEPE, 1993. 138p.

SCOLFORO, J.R.S. **Sistema integrado para predição e análise presente e futura do crescimento e produção, com otimização de remuneração de capitais, para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.** Curitiba: UPPa, 1990. 290p. (Tese - Doutorado em Manejo Florestal).

SCOLFORO, J.R.S.; MACHADO, S.A. **Curvas de índice de sítio, para plantações de *Pinus elliotii* nos Estados do Paraná e Santa Catarina.** Revista Floresta, Curitiba, v.18, n.112, p.140-158, jun./dez. 1988.

SCOLFORO, J.R.S.; MACHADO, S.A. **Curvas de índice de sítio para plantações de *Pinus taeda* nos Estados do Paraná e Santa Catarina.** Floresta, Curitiba, v.18, n.1-2, p.159-173, 1988.

- SMALLEY, G.W.; BAILLEY, R.. Yield tables and stand structure for loblolly pine plantations in Tennessee, Alabama and Georgia highlands. New Orleans: USDA, Forest Service Research Paper, 1974. 12p. (Research paper, p.S0-96).
- SHIVER, B.D. Sample size estimating Weibull function parameters for slash pine plantation diameter distribution. PURC. Tech. Report 1985-4. 21p.
- SILVA, J.A.A. Dynamics of structure in fertilized slash pine plantations. Athens, 1986. 138p. (Tese ph. D).
- SILVA, J.A.A.; BAILEY, R.L. Predicting diameter distribution in fertilized slash pine plantations with the Weibull distribution. ACTA Forestalis Brasiliensis, Curitiba, v.2, n.1, p.46-62, 1987.
- SOUTER, R.A. Single stage diameter distribution yield estimates for slash pine plantations in the Georgia and North Florida Coastal Plain. Athens: University of Georgia, 1980. 31p. (Thesis - MS).
- STRUB, M.R.; FEDUCCIA, D.P.; BLADWIN Jr., V.C. A diameter distribution method useful in compatible growth and yield modeling of thinned stands. In: SOUTHERS SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE, 1981. Proceedings..., 1981. p.127-130. (Research, SO-34).

WISNIERWSKI, M. Diameters distribution fertilizen response models. In: Forest Soils Shortcourse, NCSFFC. 1983. p.171-175.

ZUTTER, B.R.; ODERWALD, R.G.; MURPHY, P.A.; FARRAR Jr., R.M. Characterizing diameter distribution with modified data types and forms of the Weibull distribution. Forest Science, Peking, v.32, n.1, p.37-48, 1986.

ANEXOS

ANEXO 1 - Resultados do teste "t" pareado comparando volume real e estimado pelos percentis, discriminado por sítio, para *Eucalyptus grandis*.

Perc.	Índice de Sítio	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
20/70	26,50	-0,85	1,92	-0,44	N S
	23,50	0,18	1,85	0,10	N S
	20,50	-7,36	2,35	-3,14	* *
	17,50	-5,86	1,66	-3,54	* *
	14,50	-5,14	2,18	-2,36	N S
20/80	26,50	2,34	2,02	1,16	N S
	23,50	4,16	2,01	2,07	N S
	20,50	-4,50	2,28	-1,97	N S
	17,50	-4,77	1,63	-2,92	* *
	14,50	-4,06	1,84	-2,21	N S
20/90	26,50	10,11	2,72	3,71	* *
	23,50	9,04	2,35	3,85	* *
	20,50	-2,17	2,41	-0,90	N S
	17,50	-3,19	1,71	-1,87	N S
	14,50	-1,98	1,79	-1,11	N S
30/70	26,50	0,25	1,79	0,14	N S
	23,50	1,46	1,92	0,76	N S
	20,50	-6,67	2,32	-2,87	* *
	17,50	-5,96	1,66	-3,59	* *
	14,50	-5,49	2,12	-2,59	N S
30/80	26,50	1,03	2,10	0,49	N S
	23,50	3,23	1,94	1,67	N S
	20,50	-4,38	2,32	-1,89	N S
	17,50	-5,00	1,69	-2,96	* *
	14,50	-4,30	1,83	-2,36	N S
30/90	26,50	6,74	2,45	2,75	* *
	23,50	6,45	2,39	2,70	* *
	20,50	-3,30	2,24	-1,47	N S
	17,50	-3,81	1,77	-2,15	N S
	14,50	-2,46	1,80	-1,37	N S

Continua ...

## Continuação

Perc.	Índice de Sítio	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
40/70	26,50	0,31	1,89	0,16	N S
	23,50	2,01	1,82	1,10	N S
	20,50	-6,16	2,43	-2,54	N S
	17,50	-5,81	1,71	-3,40	* *
	14,50	-4,59	2,04	-2,25	N S
40/80	26,50	-0,54	2,16	-0,25	N S
	23,50	2,45	1,86	1,32	N S
	20,50	-4,30	2,23	-1,92	N S
	17,50	-5,08	1,59	-3,20	* *
	14,50	-4,28	1,76	-2,43	N S
40/90	26,50	4,17	2,25	1,85	N S
	23,50	4,48	2,18	2,06	N S
	20,50	-3,60	2,23	-1,61	N S
	17,50	-4,14	1,66	-2,49	N S
	14,50	-3,01	1,79	-1,68	N S
b/c	26,50	-8,82	3,78	-2,33	N S
	23,50	-2,72	1,85	-1,47	N S
	20,50	-5,38	2,79	-1,93	N S
	17,50	-4,83	1,95	-2,48	N S
	14,50	-4,01	3,98	-1,01	N S

ANEXO 2 - Resultados do teste "t" pareado comparando volume real e estimado pelos diâmetros percentis, estratificado por sítio e idade, para estimativa presente em *Eucalyptus grandis*.

Perc.	Índice de Sítio	Idade	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
	26,50	24,00	-1,92	5,85	-0,33	N S
	26,50	36,00	3,07	1,97	1,56	N S
	26,50	48,00	-0,20	1,25	-0,16	N S
	23,50	25,00	-4,81	0,27	-17,81	N S
	23,50	31,00	2,75	2,54	1,08	N S
	23,50	37,00	2,80	4,40	0,64	N S
	23,50	48,00	-4,94	1,57	-3,14	N S
	23,50	56,00	7,62	8,18	0,93	N S
	20,50	27,00	-13,49	6,30	-2,14	N S
	20,50	32,00	-1,39	2,43	-0,57	N S
20/70	20,50	37,00	-12,82	14,97	-0,86	N S
	20,50	43,00	-9,35	4,97	-1,88	N S
	20,50	55,00	-5,51	4,14	-1,33	N S
	17,50	31,00	-3,59	1,71	-2,10	N S
	17,50	42,00	-6,35	1,70	-3,73	N S
	17,50	44,00	-8,39	5,28	-1,59	N S
	17,50	56,00	-7,46	6,12	-1,22	N S
	14,50	31,00	-0,49	1,77	-0,28	N S
	14,50	44,00	-8,37	1,91	-4,38	N S
	14,50	56,00	-7,00	5,35	-1,31	N S
	14,50	67,00	-2,65	1,42	-1,86	N S
	26,50	24,00	-0,24	5,94	-0,04	N S
	26,50	36,00	6,88	2,05	3,36	N S
	26,50	48,00	2,90	3,39	0,86	N S
	23,50	25,00	-4,39	0,08	-58,46	* *
	23,50	31,00	6,61	2,47	2,68	N S
	23,50	37,00	8,71	4,77	1,83	N S
	23,50	48,00	0,36	2,63	0,14	N S
	23,50	56,00	9,83	8,10	1,21	N S
	20,50	27,00	-12,02	4,36	-2,76	N S
	20,50	32,00	-0,45	2,37	-0,19	N S
20/80	20,50	37,00	-10,24	14,76	-0,69	N S
	20,50	43,00	-5,41	4,48	-1,21	N S
	20,50	55,00	-0,17	4,94	-0,03	N S
	17,50	31,00	-4,20	1,82	-2,31	N S
	17,50	42,00	-4,50	1,70	-2,66	N S
	17,50	44,00	-6,55	5,39	-1,22	N S
	17,50	56,00	-4,71	6,17	-0,76	N S
	14,50	31,00	-4,91	2,56	-1,92	N S
	14,50	44,00	-7,55	2,13	-3,55	N S
	14,50	56,00	-3,16	4,35	-0,73	N S
	14,50	67,00	0,20	1,09	0,19	N S

Continua...

## Continuação

Perc.	Índice de Sítio	Idade	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
	26,50	24,00	-0,13	5,93	-0,02	N S
	26,50	36,00	14,31	1,82	7,88	* *
	26,50	48,00	13,85	2,52	5,49	N S
	23,50	25,00	-4,01	0,02	-267,58	* *
	23,50	31,00	8,88	1,40	6,35	N S
	23,50	37,00	12,14	4,87	2,49	N S
	23,50	48,00	7,72	2,88	2,69	N S
	23,50	56,00	20,33	7,71	2,64	N S
	20,50	27,00	-11,11	4,75	-2,34	N S
	20,50	32,00	0,94	2,74	0,34	N S
20/90	20,50	37,00	-9,05	14,15	-0,64	N S
	20,50	43,00	-2,59	5,23	-0,49	N S
	20,50	55,00	4,50	4,10	1,10	N S
	17,50	31,00	-1,48	1,95	-0,76	N S
	17,50	42,00	-4,23	1,69	-2,49	N S
	17,50	44,00	-6,14	5,39	-1,14	N S
	17,50	56,00	-2,94	6,29	-0,47	N S
	14,50	31,00	0,62	1,87	0,33	N S
	14,50	44,00	-5,63	1,67	-3,38	N S
	14,50	56,00	-2,75	4,30	-0,64	N S
	14,50	67,00	1,56	0,91	1,71	N S
	26,50	24,00	-2,68	5,87	-0,46	N S
	26,50	36,00	4,00	1,22	3,28	N S
	26,50	48,00	2,12	2,34	0,91	N S
	23,50	25,00	-5,20	0,25	-20,80	N S
	23,50	31,00	5,01	1,17	4,26	N S
	23,50	37,00	5,02	4,58	1,09	N S
	23,50	48,00	-3,32	2,61	-1,28	N S
	23,50	56,00	7,06	8,16	0,87	N S
	20,50	27,00	-12,33	5,03	-2,45	N S
	20,50	32,00	-1,55	2,44	-0,64	N S
30/70	20,50	37,00	-13,11	14,96	-0,88	N S
	20,50	43,00	-8,58	4,60	-1,87	N S
	20,50	55,00	-3,69	5,13	-0,72	N S
	17,50	31,00	-3,61	1,71	-2,11	N S
	17,50	42,00	-6,45	1,71	-3,78	N S
	17,50	44,00	-8,56	5,28	-1,62	N S
	17,50	56,00	-7,63	6,12	-1,25	N S
	14,50	31,00	-1,82	1,27	-1,43	N S
	14,50	44,00	-8,38	1,91	-4,38	N S
	14,50	56,00	-7,05	5,34	-1,32	N S
	14,50	67,00	-2,72	1,38	-1,97	N S
	26,50	24,00	-1,92	5,94	-0,32	N S
	26,50	36,00	5,90	2,20	2,68	N S
	26,50	48,00	1,85	2,97	0,62	N S

Cont inua...

## Continuação

Perc.	Índice de Sítio	Idade	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
	23,50	25,00	-5,24	0,10	-55,10	* *
	23,50	31,00	6,37	1,26	5,06	N S
	23,50	37,00	8,22	4,55	1,81	N S
	23,50	48,00	-0,77	2,42	-0,32	N S
	23,50	56,00	7,51	8,13	0,92	N S
	20,50	27,00	-12,52	4,57	-2,74	N S
	20,50	32,00	0,55	2,91	0,19	N S
30/80	20,50	37,00	-9,33	12,78	-0,73	N S
	20,50	43,00	-5,66	5,47	-1,03	N S
	20,50	55,00	-0,70	4,42	-0,16	N S
	17,50	31,00	-4,26	1,80	-2,37	N S
	17,50	42,00	-5,07	1,70	-2,98	N S
	17,50	44,00	-7,18	5,37	-1,34	N S
	17,50	56,00	-4,58	6,53	-0,70	N S
	14,50	31,00	-4,75	2,55	-1,86	N S
	14,50	44,00	-7,70	2,11	-3,65	N S
	14,50	56,00	-3,58	4,38	-0,82	N S
	14,50	67,00	-0,35	1,04	-0,34	N S
	26,50	24,00	-2,48	5,91	-0,42	N S
	26,50	36,00	11,17	1,56	7,18	* *
	26,50	48,00	10,18	1,18	8,63	* *
	23,50	25,00	-5,26	0,04	-131,52	* *
	23,50	31,00	6,51	1,29	5,05	N S
	23,50	37,00	9,08	4,70	1,93	N S
	23,50	48,00	3,58	2,75	1,30	N S
	23,50	56,00	19,87	7,79	2,55	N S
	20,50	27,00	-11,93	4,99	-2,39	N S
	20,50	32,00	-0,07	2,78	-0,03	N S
30/90	20,50	37,00	-8,97	12,38	-0,72	N S
	20,50	43,00	-2,99	4,76	-0,63	N S
	20,50	55,00	1,67	4,16	0,40	N S
	17,50	31,00	-1,75	1,95	-0,90	N S
	17,50	42,00	-5,14	1,70	-3,03	N S
	17,50	44,00	-7,18	5,36	-1,34	N S
	17,50	56,00	-3,55	6,57	-0,54	N S
	14,50	31,00	0,70	1,89	0,37	N S
	14,50	44,00	-5,94	1,68	-3,54	N S
	14,50	56,00	-3,46	4,33	-0,80	N S
	14,50	67,00	0,49	0,88	0,56	N S
	26,50	24,00	-2,85	5,86	-0,49	N S
	26,50	36,00	4,27	2,07	2,06	N S
	26,50	48,00	1,11	2,34	0,47	N S
	23,50	25,00	-3,40	2,15	-1,58	N S
	23,50	31,00	4,85	1,19	4,06	N S
	23,50	37,00	6,19	4,40	1,41	N S

Continua...

## Continuação

Perc.	Índice de Sítio	Idade	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
	23,50	48,00	-2,77	2,45	-1,13	N S
	23,50	56,00	6,44	8,17	0,79	N S
	20,50	27,00	-12,40	5,02	-2,47	N S
	20,50	32,00	-0,81	2,84	-0,28	N S
40/70	20,50	37,00	-13,24	15,01	-0,88	N S
	20,50	43,00	-7,74	5,58	-1,39	N S
	20,50	55,00	-3,06	4,61	-0,66	N S
	17,50	31,00	-3,09	1,87	-1,65	N S
	17,50	42,00	-6,48	1,70	-3,81	N S
	17,50	44,00	-8,62	5,28	-1,63	N S
	17,50	56,00	-7,78	6,12	-1,27	N S
	14,50	31,00	-0,50	1,77	-0,28	N S
	14,50	44,00	-7,06	1,68	-4,20	N S
	14,50	56,00	-6,28	5,09	-1,23	N S
	14,50	67,00	-2,80	1,34	-2,08	N S
	26,50	24,00	-2,33	5,94	-0,39	N S
	26,50	36,00	4,51	2,27	1,98	N S
	26,50	48,00	-0,40	3,25	-0,12	N S
	23,50	25,00	-3,52	2,00	-1,76	N S
	23,50	31,00	5,87	1,25	4,69	N S
	23,50	37,00	7,45	4,50	1,66	N S
	23,50	48,00	-2,30	2,36	-0,98	N S
	23,50	56,00	5,32	8,21	0,65	N S
	20,50	27,00	-12,64	4,60	-2,75	N S
	20,50	32,00	1,14	2,25	0,51	N S
40/80	20,50	37,00	-9,94	13,01	-0,76	N S
	20,50	43,00	-4,32	4,86	-0,89	N S
	20,50	55,00	-2,00	4,41	-0,45	N S
	17,50	31,00	-4,32	1,79	-2,41	N S
	17,50	42,00	-5,32	1,69	-3,15	N S
	17,50	44,00	-7,50	5,37	-1,40	N S
	17,50	56,00	-4,33	5,81	-0,75	N S
	14,50	31,00	-4,77	2,55	-1,87	N S
	14,50	44,00	-6,46	1,67	-3,86	N S
	14,50	56,00	-3,96	4,40	-0,90	N S
	14,50	67,00	-1,05	1,01	-1,04	N S
	26,50	24,00	-2,85	5,90	-0,48	N S
	26,50	36,00	8,59	1,81	4,75	* *
	26,50	48,00	7,31	1,64	4,45	N S
	23,50	25,00	-5,60	0,05	-111,99	* *
	23,50	31,00	5,79	1,24	4,68	N S
	23,50	37,00	7,87	4,59	1,72	N S
	23,50	48,00	0,71	2,57	0,28	N S
	23,50	56,00	15,08	7,95	1,90	N S
	20,50	27,00	-10,88	5,91	-1,84	N S

Continua...

## Continuação

Perc.	Índice de Sítio	Idade	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%	
40/90	20,50	32,00	0,43	2,88	0,15	N S	
	20,50	37,00	-9,85	12,72	-0,77	N S	
	20,50	43,00	-4,16	4,81	-0,86	N S	
	20,50	55,00	0,51	3,66	0,14	N S	
	17,50	31,00	-2,04	1,95	-1,05	N S	
	17,50	42,00	-5,51	1,68	-3,27	N S	
	17,50	44,00	-7,63	5,35	-1,43	N S	
	17,50	56,00	-3,83	5,83	-0,66	N S	
	14,50	31,00	0,35	1,83	0,19	N S	
	14,50	44,00	-6,18	1,68	-3,69	N S	
	14,50	56,00	-4,04	4,38	-0,92	N S	
	14,50	67,00	-0,72	0,87	-0,83	N S	
	b/c	26,50	24,00	-1,05	5,74	-0,18	N S
		26,50	36,00	-10,54	3,26	-3,23	N S
26,50		48,00	-9,59	13,66	-0,70	N S	
23,50		25,00	-2,84	2,91	-0,98	N S	
23,50		31,00	-1,31	2,52	-0,52	N S	
23,50		37,00	1,02	4,79	0,21	N S	
23,50		48,00	-8,71	2,55	-3,41	N S	
23,50		56,00	1,65	7,88	0,21	N S	
20,50		27,00	-15,59	6,41	-2,43	N S	
20,50		32,00	-2,65	3,15	-0,84	N S	
20,50		37,00	-15,40	16,39	-0,94	N S	
20,50		43,00	-4,94	4,91	-1,01	N S	
20,50		55,00	3,43	4,48	0,77	N S	
17,50		31,00	-8,31	2,61	-3,18	* *	
17,50		42,00	-3,44	2,07	-1,66	N S	
17,50		44,00	-5,66	5,29	-1,07	N S	
17,50		56,00	0,49	6,10	0,08	N S	
14,50		31,00	-19,49	11,32	-1,72	N S	
14,50		44,00	-6,87	2,44	-2,82	N S	
14,50		56,00	1,61	4,48	0,36	N S	
14,50	67,00	9,44	0,78	12,19	N S		

ANEXO 3 - Resultados do teste "t" pareado comparando volume real e estimado pelos percentis, estratificado por sítio, para prognose de *Eucalyptus grandis*.

Perc.	Índice de Sítio	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
20/70	26,50	-4,02	3,10	-1,30	N S
	23,50	-4,64	2,89	-1,61	N S
	20,50	-7,11	3,63	-1,96	N S
	17,50	-1,57	2,22	-0,71	N S
	14,50	-4,69	2,64	-1,78	N S
20/80	26,50	-1,23	3,38	-0,36	N S
	23,50	-1,24	3,12	-0,40	N S
	20,50	-4,34	3,64	-1,19	N S
	17,50	0,06	2,52	0,02	N S
	14,50	-4,21	2,55	-1,65	N S
20/90	26,50	7,66	2,82	2,71	N S
	23,50	5,67	2,50	2,27	N S
	20,50	-2,47	3,42	-0,72	N S
	17,50	1,68	2,45	0,68	N S
	14,50	-1,82	2,31	-0,79	N S
30/70	26,50	-2,56	3,27	-0,79	N S
	23,50	-3,26	2,85	-1,14	N S
	20,50	-6,44	3,67	-1,75	N S
	17,50	-1,19	2,33	-0,51	N S
	14,50	-5,03	2,59	-1,94	N S
30/80	26,50	-2,61	3,68	-0,71	N S
	23,50	-1,55	3,12	-0,50	N S
	20,50	-4,67	3,72	-1,26	N S
	17,50	-0,15	2,44	-0,06	N S
	14,50	-3,81	2,30	-1,66	N S
30/90	26,50	3,87	2,72	1,42	N S
	23,50	2,33	2,48	0,94	N S
	20,50	-3,25	3,48	-0,94	N S
	17,50	1,12	2,43	0,46	N S
	14,50	-2,31	2,32	-0,99	N S
40/70	26,50	-2,89	3,08	-0,94	N S
	23,50	-2,14	2,80	-0,77	N S
	20,50	-6,16	3,72	-1,66	N S
	17,50	-0,58	2,36	-0,24	N S
	14,50	-4,75	2,63	-1,80	N S

Continua...

## Continuação

Perc.	Índice de Sítio	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
40/80	26,50	-3,53	3,86	-0,92	N S
	23,50	-1,48	3,06	-0,48	N S
	20,50	-4,79	3,83	-1,25	N S
	17,50	-0,19	2,44	-0,08	N S
	14,50	-3,47	2,49	-1,39	N S
40/90	26,50	1,11	2,92	0,38	N S
	23,50	0,22	2,64	0,08	N S
	20,50	-3,58	3,54	-1,01	N S
	17,50	0,89	2,51	0,36	N S
	14,50	-2,22	2,49	-0,89	N S
b/c	26,50	-12,83	5,95	-2,16	N S
	23,50	-8,05	3,86	-2,08	N S
	20,50	-5,17	4,65	-1,11	N S
	17,50	0,25	3,19	0,08	N S
	14,50	-4,02	4,35	-0,92	N S

ANEXO 4 - Resultados em porcentagem do número de vezes que real ocorreu a não significância, resultantes da comparação entre as distribuições do número presente de árvores real e estimado, para *E. grandis*.

Pares de Percentis	Índice de Sítio	Níveis de Significância			
		0,20	0,10	0,05	0,01
20/70	26,50	83,33	83,33	83,33	91,67
	23,50	71,43	85,71	85,71	92,86
	20,50	77,78	77,78	83,33	94,44
	17,50	72,22	94,44	100,00	100,00
	14,50	69,23	84,61	84,61	100,00
20/80	26,50	75,00	83,33	83,33	91,67
	23,50	71,43	78,57	85,71	100,00
	70,50	89,33	88,89	94,44	94,44
	17,50	72,22	88,89	94,44	100,00
	14,50	76,92	76,92	84,61	92,31
20/90	26,50	58,33	66,67	83,33	83,33
	23,50	64,29	78,57	92,86	100,00
	20,50	83,33	88,89	94,44	94,44
	17,50	72,22	72,22	94,44	100,00
	14,50	69,23	69,23	76,92	84,61
30/70	26,50	66,67	75,00	75,00	91,67
	23,50	85,71	92,86	100,00	100,00
	20,50	77,78	83,33	83,33	94,44
	17,50	83,33	94,44	100,00	100,00
	14,50	69,23	76,92	84,61	100,00
30/80	26,50	66,67	75,00	75,00	83,33
	23,50	85,71	82,86	100,00	100,00
	20,50	83,33	83,33	83,33	94,44
	17,50	77,78	88,89	100,00	100,00
	14,50	69,23	84,61	84,61	92,31
30/90	26,50	66,67	75,00	75,00	83,33
	23,50	78,57	92,86	92,86	100,00
	20,50	83,33	83,33	83,33	94,44
	17,50	66,67	77,78	94,44	100,00
	14,50	69,23	76,92	76,92	84,61
40/70	26,50	58,33	66,67	75,00	83,33
	23,50	92,86	100,00	100,00	100,00
	20,50	77,88	83,33	83,33	88,89
	17,50	72,22	88,89	100,00	100,00
	14,50	69,23	76,92	84,61	100,00

Continua...

## Continuação

Pares de Percentis	Índice de Sítio	Níveis de Significância			
		0,20	0,10	0,05	0,01
40/80	26,50	58,33	66,67	75,00	83,33
	23,50	92,86	100,00	100,00	100,00
	20,90	83,33	83,33	83,33	88,89
	17,50	77,78	94,44	100,00	100,00
	14,50	61,54	84,61	84,61	100,00
40/90	25,50	58,33	58,33	75,00	83,33
	23,50	85,71	92,86	100,00	100,00
	20,50	83,33	83,33	83,33	88,89
	17,50	66,67	77,78	94,44	100,00
	14,50	53,85	69,23	69,23	84,61
b/c	26,50	83,33	91,67	100,00	100,00
	23,50	85,71	85,71	92,86	100,00
	20,50	77,78	83,33	88,89	88,89
	17,50	77,78	77,78	77,78	100,00
	14,50	53,85	53,85	61,54	69,23

ANEXO 5 - Resultados em porcentagem do número de vezes que ocorreu a não significância, resultantes da comparação entre as distribuições do número de árvores real e o progosticado, para *E. grandis*.

Pares de Percentis	Índice de Sítio	Níveis de Significância			
		0,20	0,10	0,05	0,01
20/70	26,50	50,00	50,00	83,33	100,00
	23,50	62,50	75,00	100,00	100,00
	20,50	90,91	90,91	90,91	90,91
	17,50	81,82	90,91	90,91	100,00
	14,50	50,00	50,00	62,50	87,50
20/80	26,50	33,33	50,00	66,67	83,33
	23,50	50,00	75,00	87,50	100,00
	20,50	90,91	90,91	90,91	100,00
	17,50	81,82	90,91	90,91	100,00
	14,50	62,50	62,50	87,50	87,50
20/90	26,50	33,33	33,33	33,33	83,33
	23,50	25,00	50,00	62,50	87,50
	20,50	81,82	90,91	90,91	100,00
	17,50	72,73	90,91	90,91	100,00
	14,50	62,50	62,50	87,50	87,50
30/70	26,50	66,67	66,67	66,67	100,00
	23,50	62,50	87,50	100,00	100,00
	20,50	90,91	90,91	90,91	90,91
	17,50	90,91	90,91	100,00	100,00
	14,50	50,00	50,00	62,50	87,50
30/80	26,50	66,67	66,67	66,67	83,33
	23,50	62,50	75,00	87,50	100,00
	20,50	90,91	90,91	90,91	90,91
	17,60	90,91	90,91	90,91	100,00
	14,50	62,50	62,50	62,50	87,50
30/90	26,50	33,33	66,67	66,67	83,33
	23,50	50,00	62,50	62,50	100,00
	20,50	81,82	90,91	90,91	90,91
	17,50	90,91	90,91	90,91	100,00
	14,50	50,00	62,50	62,50	87,50
40/70	26,50	50,00	66,67	66,67	100,00
	23,50	75,00	75,00	100,00	100,00
	20,50	90,91	90,91	90,91	90,91
	17,50	90,91	90,91	100,00	100,00
	14,50	50,00	62,50	62,50	87,50

Continua...

## Continuação

Pares de Percentis	Índice de Sítio	Níveis de Significância			
		0,20	0,10	0,05	0,01
40,80	26,50	66,67	66,67	66,67	83,33
	23,50	62,50	75,00	87,50	100,00
	20,50	81,82	90,91	90,91	90,91
	17,50	90,91	90,91	100,00	100,00
	14,50	50,00	62,50	62,50	87,50
40/90	26,50	33,33	50,00	66,67	83,33
	23,50	62,50	75,00	75,00	100,00
	20,50	72,73	90,91	90,91	90,91
	17,50	90,91	90,91	100,00	100,00
	14,50	50,00	62,50	62,50	87,50
b/c	26,50	100,00	100,00	100,00	100,00
	23,50	62,50	75,00	100,00	100,00
	20,50	63,64	81,82	81,82	90,91
	17,50	63,64	81,82	81,82	100,00
	14,50	50,00	50,00	62,50	75,00

ANEXO 6 - Resultados do teste "t" pareado comparando volume real e estimado pelos percentis, estratificado por sítio, para estimativa presente em *Eucalyptus urophylla*.

Perc.	Índice de Sítio	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
20/70	24,50	-4,89	6,55	-0,75	N S
	21,50	0,27	1,98	0,13	N S
	18,50	-6,62	3,38	-1,96	N S
	15,50	3,67	2,28	1,61	N S
	12,50	1,48	4,14	0,36	N S
20/80	24,50	-5,28	7,02	-0,75	N S
	21,50	1,89	2,46	0,77	N S
	18,50	-2,49	3,38	-0,74	N S
	15,50	5,29	2,35	2,25	N S
	12,50	2,91	4,47	0,65	N S
20/90	24,50	8,77	5,87	1,49	N S
	21,50	11,44	2,54	4,51	* *
	18,50	4,60	3,10	1,48	N S
	15,50	9,23	2,62	3,52	* *
	12,50	7,98	4,45	1,79	N S
30/70	24,50	-2,49	6,38	-0,39	N S
	21,50	2,59	1,65	1,57	N S
	18,50	-4,40	3,14	-1,40	N S
	15,50	3,45	2,18	1,58	N S
	12,50	1,51	4,13	0,37	N S
30/80	24,50	-6,43	7,34	-0,88	N S
	21,50	0,87	2,40	0,36	N S
	18,50	-2,48	3,27	-0,76	N S
	15,50	5,42	2,45	2,21	N S
	12,50	1,80	4,14	0,43	N S
30/90	24,50	2,65	6,25	0,42	N S
	21,50	7,44	2,16	3,44	* *
	18,50	3,18	3,16	1,01	N S
	15,50	9,17	2,77	3,32	* *
	12,50	7,52	4,44	1,69	N S
40/70	24,50	-3,32	6,46	-0,51	N S
	21,50	1,63	1,75	0,93	N S
	18,50	-3,37	3,24	-1,04	N S
	15,50	3,83	2,22	1,73	N S
	12,50	2,05	4,35	0,47	N S

Continua...

## Continuação

Perc.	Índice de Sítio	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
40/80	24,50	-6,48	7,15	-0,91	N S
	21,50	0,75	2,48	0,30	N S
	18,50	-2,90	3,28	-0,88	N S
	15,50	5,95	2,31	2,57	N S
	12,50	3,18	4,43	0,72	N S
40/90	24,50	3,69	6,11	0,60	N S
	21,50	7,40	2,02	3,66	* *
	18,50	1,59	3,16	0,50	N S
	15,50	8,18	2,51	3,25	* *
	12,50	6,98	4,43	1,58	N S
b/c	24,50	-11,33	8,54	-1,33	N S
	21,50	-3,52	2,94	-1,20	N S
	18,50	-5,98	3,53	-1,69	N S
	15,50	5,45	2,55	2,14	N S
	12,50	3,35	4,77	0,70	N S

ANEXO 7 - Resultados do teste "t" pareado comparando volume real e estimado pelos diâmetros percentis, estratificado por sítio e idade, para estimativa presente em *Eucalyptus urophylla*.

Perc.	Índice de Sítio	Idade	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
	24,50	23,00	-1,59	1,29	-1,23	N S
	24,50	36,00	-10,58	11,24	-0,94	N S
	24,50	55,00	-7,96	18,82	-0,42	N S
	21,50	24,00	-2,23	2,18	-1,02	N S
	21,50	32,00	2,19	3,50	0,62	N S
	21,50	42,00	4,18	0,12	33,48	* *
	21,50	53,00	-3,88	4,04	-0,96	N S
	18,50	32,00	1,86	4,76	0,39	N S
20/70	18,50	41,00	-16,61	16,23	-1,02	N S
	18,50	43,00	-1,92	2,25	-0,86	N S
	18,50	55,00	-10,80	10,79	-1,00	N S
	18,50	61,00	-15,11	8,11	-1,86	N S
	15,50	32,00	-5,45	1,40	-3,90	N S
	15,50	48,00	4,88	3,05	1,60	N S
	15,50	52,00	5,78	4,39	1,31	N S
	12,50	48,00	3,24	6,11	0,53	M S
	12,50	60,00	-0,27	6,38	-0,04	N S
	24,50	23,00	-0,71	1,37	-0,52	N S
	24,50	36,00	-9,00	11,66	-0,77	N S
	24,50	55,00	-13,25	20,89	-0,63	N S
	21,50	24,00	-2,31	2,21	-1,04	N S
	21,50	32,00	6,48	3,18	2,04	N S
	21,50	42,00	6,07	0,42	14,45	N S
	21,50	53,00	-3,18	3,65	-0,87	N S
	18,50	32,00	2,72	4,63	0,59	N S
20/80	18,50	41,00	-10,39	15,86	-0,66	N S
	18,50	43,00	3,05	3,09	0,99	N S
	18,50	55,00	-7,39	11,45	-0,65	N S
	18,50	61,00	-9,23	4,87	-1,90	N S
	15,50	32,00	-5,90	1,37	-4,31	N S
	15,50	48,00	7,17	2,51	2,85	N S
	15,50	52,00	7,76	4,39	1,77	N S
	12,50	48,00	3,09	6,17	0,50	N S
	12,50	60,00	2,74	7,44	0,37	N S

Continua...

## Continuação

Perc.	Índice de Sítio	Idade	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
	24,50	23,00	0,28	1,39	0,20	N S
	24,50	36,00	4,12	9,98	0,41	N S
	24,50	55,00	16,30	15,11	1,08	N S
	21,50	24,00	0,56	2,77	0,20	N S
	21,50	32,00	8,49	3,21	2,64	N S
	21,50	42,00	16,66	0,27	62,88	* *
	21,50	53,00	23,45	6,26	3,74	N S
20/90	18,50	32,00	4,21	4,61	0,91	N S
	18,50	41,00	-8,01	15,16	-0,53	N S
	18,50	43,00	9,41	2,24	4,20	* *
	18,50	55,00	4,16	10,89	0,38	N S
	18,50	61,00	4,25	0,67	6,40	N S
	15,50	32,00	-3,95	1,40	-2,82	N S
	15,50	48,00	9,16	2,57	3,56	N S
	15,50	52,00	13,42	3,84	3,50	N S
	12,50	48,00	9,04	7,11	1,27	N S
	12,50	60,00	6,92	6,42	1,08	N S
	24,50	23,00	-1,79	1,26	-1,42	N S
	24,50	36,00	-8,47	10,86	-0,78	N S
	24,50	55,00	-2,92	18,16	-0,16	N S
	21,50	24,00	-1,05	2,86	-0,37	N S
	21,50	32,00	4,07	3,17	1,29	N S
	21,50	42,00	3,76	0,28	13,69	N S
	21,50	53,00	3,36	3,92	0,85	N S
30/70	18,50	32,00	1,86	4,77	0,39	N S
	18,50	41,00	-12,57	16,25	-0,77	N S
	18,50	43,00	-1,22	2,62	-0,46	N S
	18,50	55,00	-6,96	10,78	-0,65	N S
	18,50	61,00	-10,10	3,10	-3,26	N S
	15,50	32,00	-5,48	1,40	-3,92	N S
	15,50	48,00	4,90	3,06	1,60	N S
	15,50	52,00	5,03	3,79	1,33	N S
	12,50	48,00	3,33	6,08	0,55	N S
	12,50	60,00	-0,30	6,35	-0,05	N S

Continua...

## Continuação

Perc.	Índice de Sítio	Idade	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
	24,50	23,00	-1,47	1,29	-1,14	N S
	24,50	36,00	-9,78	11,69	-0,84	N S
	24,50	55,00	-16,41	22,09	-0,74	N S
	21,50	24,00	-3,03	2,29	-1,33	N S
	21,50	32,00	5,59	3,25	1,72	N S
	21,50	42,00	4,38	0,18	24,33	N S
	21,50	53,00	-3,99	0,49	-8,05	N S
30/80	18,50	32,00	2,68	4,71	0,57	N S
	18,50	41,00	-10,86	16,02	-0,68	N S
	18,50	43,00	2,52	3,01	0,84	N S
	18,50	55,00	-6,68	10,77	-0,62	N S
	18,50	61,00	-8,46	6,55	-1,29	N S
	15,50	32,00	-6,36	1,40	-4,55	N S
	15,50	48,00	7,15	2,50	2,85	N S
	15,50	52,00	8,40	4,44	1,89	N S
	12,50	48,00	2,79	6,09	0,46	N S
	12,50	60,00	0,81	6,50	0,12	N S
	24,50	23,00	0,29	2,11	0,14	N S
	24,50	36,00	-1,71	10,13	-0,17	N S
	24,50	55,00	3,10	19,14	0,16	N S
	21,50	24,00	-0,81	2,99	-0,27	N S
	21,50	32,00	8,27	3,67	2,25	N S
	21,50	42,00	13,14	1,16	11,33	N S
	21,50	53,00	9,33	4,15	2,25	N S
30/90	18,50	32,00	3,99	4,75	0,84	N S
	18,50	41,00	-9,01	15,46	-0,58	N S
	18,50	43,00	7,68	2,71	2,83	N S
	18,50	55,00	3,50	10,89	0,32	N S
	15,50	32,00	-4,91	1,43	-3,43	N S
	15,50	48,00	8,90	2,55	3,49	N S
	15,50	52,00	14,22	3,86	3,68	N S
	12,50	48,00	8,13	6,93	1,17	N S
	12,50	60,00	6,91	6,60	1,05	N S
	24,50	23,00	-1,62	1,27	-1,28	N S
	24,50	36,00	-9,63	10,40	-0,93	N S
	24,50	55,00	-4,61	19,15	-0,24	N S
	21,50	24,00	-2,24	2,17	-1,03	N S

Continua...

## Continuação

Perc.	Índice de Sítio	Idade	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
	21,50	32,00	2,75	3,17	0,87	N S
	21,50	42,00	3,76	0,23	16,35	N S
	21,50	53,00	3,75	4,00	0,94	N S
40/70	18,50	32,00	1,83	4,78	0,38	N S
	18,50	41,00	-12,76	16,38	-0,78	N S
	18,50	43,00	1,29	2,79	0,46	N S
	18,50	55,00	-7,18	10,78	-0,67	N S
	18,50	61,00	-8,16	5,23	-1,56	N S
	15,50	32,00	-5,45	1,40	-3,90	N S
	15,50	48,00	5,56	2,46	2,26	N S
	15,50	52,00	5,72	4,38	1,31	N S
	12,50	48,00	3,30	6,09	0,54	N S
	12,50	60,00	0,80	7,08	0,11	N S
	24,50	23,00	-0,94	1,31	-0,72	N S
	24,50	36,00	-10,05	11,05	-0,91	N S
	24,50	55,00	-15,60	22,62	-0,69	N S
	21,50	24,00	-2,39	2,23	-1,07	N S
	21,50	32,00	5,49	3,22	1,70	N S
	21,50	42,00	4,31	0,06	66,23	* *
	21,50	53,00	-4,73	2,93	-1,61	N S
40/80	18,50	32,00	2,48	4,75	0,52	N S
	18,50	41,00	-11,49	16,33	-0,70	N S
	18,50	43,00	2,31	2,84	0,81	N S
	18,50	55,00	-7,42	10,75	-0,69	N S
	18,50	61,00	-8,99	6,30	-1,43	N S
	15,50	32,00	-6,01	1,38	-4,35	N S
	15,50	48,00	6,53	2,47	2,64	N S
	15,50	52,00	10,45	3,77	2,77	N S
	12,50	48,00	2,92	6,14	0,48	N S
	12,50	60,00	3,43	7,33	0,47	N S
	24,50	23,00	-0,32	1,29	-0,25	N S
	24,50	36,00	-0,76	10,00	-0,08	N S
	24,50	55,00	6,04	18,31	0,33	N S
	21,50	24,00	0,08	2,88	0,03	N S
	21,50	32,00	7,92	3,58	2,21	N S
	21,50	42,00	12,19	0,82	14,87	N S
	21,50	53,00	9,58	4,35	2,20	N S
	18,50	32,00	3,50	4,81	0,73	N S
40/90	18,50	41,00	-10,20	16,00	-0,64	N S
	18,50	43,00	5,86	2,67	2,20	N S
	18,50	55,00	1,34	10,84	0,12	N S
	18,50	61,00	-1,83	2,34	-0,78	N S
	15,50	32,00	-4,55	1,41	-3,23	N S
	15,50	48,00	8,50	2,76	3,08	N S
	15,50	52,00	11,88	3,81	3,12	N S

Continua...

## Continuação

Perc.	Índice de Sítio	Idade	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
	12,50	48,00	8,08	6,98	1,16	N S
	12,50	60,00	5,88	6,49	0,91	N S
	24,50	23,00	-3,86	1,41	-2,74	N S
	24,50	36,00	-16,23	12,90	-1,26	N S
	24,50	55,00	-23,35	26,16	-0,89	N S
	21,50	24,00	-4,35	2,05	-2,13	N S
	21,50	32,00	2,79	3,43	0,81	N S
	21,50	42,00	0,21	0,82	0,26	N S
	21,50	53,00	-14,86	0,95	-15,64	N S
	18,50	32,00	-0,40	4,94	-0,08	N S
b/c	18,50	41,00	-12,50	17,69	-0,71	N S
	18,50	43,00	-0,56	3,39	-0,16	N S
	18,50	55,00	-10,94	10,59	-1,03	N S
	18,50	61,00	-14,20	13,05	13,05	N S
	15,50	32,00	-8,11	1,30	-6,23	N S
	15,50	48,00	6,47	2,33	2,77	N S
	15,50	52,00	11,06	4,04	2,74	N S
	12,50	48,00	2,29	6,54	0,35	N S
	12,50	60,00	4,42	7,90	0,56	N S

ANEXO 8 - Resultados do teste de "t" pareado comparando volume real e estimado pelos percentis, estratificado por sítio, para prognose em *Eucalyptus urophylla*.

Perc.	Índice de Sítio	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
20/70	24,50	-15,49	9,25	-1,67	N S
	21,50	-4,21	3,34	-1,26	N S
	18,50	-12,51	3,97	-3,15	* *
	15,50	2,88	2,34	1,23	N S
	12,50	0,95	4,60	0,21	N S
20/80	24,50	-17,03	10,64	-1,60	N S
	21,50	-2,19	3,70	-0,59	N S
	18,50	-8,30	3,86	-2,15	N S
	15,50	4,62	2,41	1,92	N S
	12,50	1,83	4,52	0,40	N S
20/90	24,50	0,16	7,02	0,02	N S
	21,50	8,55	2,51	3,41	* *
	18,50	-0,03	3,25	-0,01	N S
	15,50	8,77	2,66	3,29	* *
	12,50	6,49	4,60	1,41	N S
30/70	24,50	-12,87	9,20	-1,40	N S
	21,50	-1,77	2,74	-0,65	N S
	18,50	-10,37	3,60	-2,88	* *
	15,50	2,63	2,24	1,17	N S
	12,50	-0,07	4,35	-0,02	N S
30/80	24,50	-18,56	11,33	-1,64	N S
	21,50	-3,60	3,99	-0,90	N S
	18,50	-9,13	3,83	-2,38	N S
	15,50	4,54	2,52	1,80	N S
	12,50	1,86	4,53	0,41	N S
30/90	24,50	-8,02	8,73	-0,92	N S
	21,50	3,07	2,79	1,10	N S
	18,50	-2,69	3,29	-0,82	N S
	15,50	8,83	2,72	3,25	* *
	12,50	6,22	4,55	1,37	N S
40/70	24,50	-13,85	9,18	-1,51	N S
	21,50	-2,69	2,88	-0,93	N S
	18,50	-9,90	3,71	-2,67	* *
	15,50	3,53	2,27	1,55	N S
	12,50	1,50	4,52	0,33	N S

Continua...

## Continuação

Perc.	Índice de Sítio	Desvio Médio	Desvio Padrão Médio	t	Sig. 99%
40/80	24,50	-18,20	10,90	-1,67	N S
	21,50	-3,64	3,91	-0,93	N S
	18,50	-9,66	3,87	-2,49	N S
	15,50	4,78	2,38	2,01	N S
	12,50	2,13	4,20	0,51	N S
40/90	24,50	-6,71	8,30	-0,81	N S
	21,50	3,29	2,69	1,22	N S
	18,50	-4,36	3,33	-1,31	N S
	15,50	7,56	2,51	3,02	* *
	12,50	5,55	4,59	1,21	N S
b/c	24,50	-26,99	13,28	-2,03	N S
	21,50	-9,96	5,11	-1,95	N S
	18,50	-14,66	4,47	-3,28	* *
	15,50	3,75	2,60	1,44	N S
	12,50	2,06	4,55	0,45	N S

ANEXO 9 - Resultados em porcentagem do número de vezes que ocorreu a não significância, resultantes da comparação entre as distribuições do número presente de árvores real e estimado, para *E. urophylla*.

Pares de Percentis	Índice de Sítio	Níveis de Significância			
		0,20	0,10	0,05	0,01
20/70	24,50	25,00	41,67	41,67	58,33
	21,50	06,67	20,00	26,67	53,33
	18,50	11,76	11,76	17,65	17,65
	15,50	06,25	12,50	12,50	18,75
	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
20/80	24,50	33,33	41,67	41,67	58,33
	21,50	13,33	20,00	26,67	53,33
	18,50	11,76	17,65	17,65	23,53
	15,50	06,25	06,25	12,50	25,00
	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
20/90	24,50	33,33	33,33	41,67	75,00
	21,50	13,33	20,00	60,00	80,00
	18,50	05,88	05,88	17,65	35,29
	15,50	18,75	18,75	17,75	25,00
	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
30/70	24,50	25,00	41,67	66,67	75,00
	21,50	20,00	26,67	40,00	66,67
	18,50	11,76	17,65	17,65	35,29
	15,50	06,25	12,50	18,75	18,75
	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
30/80	24,50	33,33	41,67	58,33	66,67
	21,50	20,00	26,67	33,33	66,67
	18,50	11,76	11,76	17,65	35,29
	15,50	06,25	06,25	12,50	18,75
	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
30/90	24,50	33,33	50,00	66,67	75,00
	21,50	33,33	46,67	66,67	73,33
	18,50	11,76	17,65	41,18	52,94
	17,50	06,25	12,50	18,75	25,00
	24,50	12,50	12,50	12,50	12,50
40/70	24,50	25,00	33,33	50,00	66,67
	21,50	20,00	20,00	33,33	66,67
	18,50	11,76	17,65	29,41	47,06
	15,50	06,25	12,50	18,75	32,25
	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50

Continua...

## Continuação

Pares de Percentis	Índice de Sítio	Níveis de Significância			
		0,20	0,10	0,05	0,01
40/80	24,50	33,33	33,33	50,00	58,33
	21,50	20,00	20,00	33,33	66,67
	18,50	11,76	17,65	35,29	41,18
	15,50	06,25	06,25	12,50	43,75
	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
40/90	14,50	33,33	50,00	66,67	75,00
	21,50	20,00	33,33	53,33	66,67
	18,50	11,76	29,41	35,29	47,06
	15,50	12,50	18,75	25,00	43,75
	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
b/c	24,50	25,00	33,33	41,67	58,33
	21,50	26,67	33,33	40,00	53,33
	18,50	11,76	11,76	23,53	47,06
	15,50	06,25	06,25	06,25	18,75
	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50

ANEXO 10 - Resultados em porcentagem do número de vezes que ocorreu a não significância, resultantes da comparação entre as distribuições do número de árvores real e o prognosticado, para *E. urophylla*.

Pares de Percentis	Índice de Sítio	Níveis de Significância			
		0,20	0,10	0,05	0,01
20/70	24,50	16,67	16,67	16,67	100,00
	24,50	12,50	25,00	37,50	62,50
	18,50	10,00	40,00	40,00	70,00
	15,50	22,22	22,22	22,22	66,67
	12,50	00,00	00,00	00,00	25,00
20/80	24,50	16,67	16,67	66,67	100,00
	21,50	12,50	37,50	62,50	62,50
	18,50	20,00	40,00	50,00	70,00
	15,50	22,22	22,22	55,55	77,78
	12,50	00,00	00,00	00,00	25,00
20/90	24,50	33,33	50,00	66,67	83,33
	21,50	37,50	62,50	75,00	75,00
	18,50	40,00	50,00	60,00	60,00
	15,50	22,22	44,44	55,55	88,89
	12,50	00,00	00,00	00,00	50,00
30/70	24,50	33,33	50,00	66,67	83,33
	21,50	37,50	62,50	62,50	62,50
	18,50	10,00	30,00	30,00	70,00
	15,50	22,22	22,22	44,44	66,67
	12,50	00,00	00,00	00,00	25,00
30/80	24,50	16,67	50,00	83,33	83,33
	21,50	50,00	62,50	62,50	62,50
	18,50	20,00	30,00	40,00	60,00
	15,50	22,22	22,22	44,44	77,78
	12,50	00,00	00,00	00,00	25,00
30/90	24,50	16,67	50,00	66,67	83,33
	21,50	37,50	50,00	62,50	62,50
	18,50	20,00	30,00	60,00	60,00
	15,50	33,33	44,44	55,55	88,89
	12,50	00,00	00,00	00,00	25,00
40/70	24,50	33,33	50,00	66,67	83,33
	21,50	37,50	62,50	62,50	62,50
	18,50	20,00	30,00	50,00	70,00
	15,50	33,33	55,55	55,55	66,67
	12,50	00,00	00,00	00,00	25,00

Continua...

## Continuação

Pares de Percentis	Índice de Sítio	Níveis de Significância			
		0,20	0,10	0,05	0,01
40/80	24,50	33,33	50,00	83,33	100,00
	21,50	50,00	62,50	62,50	62,50
	18,50	20,00	30,00	40,00	70,00
	15,50	33,33	55,55	55,55	77,78
	12,50	00,00	00,00	00,00	25,00
40/90	24,50	16,67	50,00	66,67	66,67
	21,50	37,50	50,00	62,50	75,00
	18,50	20,00	30,00	40,00	60,00
	15,50	33,33	55,55	55,55	88,89
	12,50	00,00	00,00	00,00	25,00
b/c	24,50	16,67	50,00	50,00	66,67
	21,50	37,50	62,50	62,50	75,00
	18,50	20,00	40,00	50,00	50,00
	15,50	33,33	55,55	55,55	77,78
	12,50	00,00	00,00	00,00	25,00

ANEXO 11. Prognose da produção de *Eucalyptus grandis* para diferentes números de árvores.

PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
1	20	20,5	1000,0	865,2	30,0	0,4	0,8	13,1	2,59	6,70	3,3
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	1	86,6	4,58	6,87	0,14						
6 - 9	1	413,2	13,35	20,03	1,83						
9 - 12	1	326,0	18,54	27,81	2,82						
12 - 15	1	38,9	6,76	10,13	0,56						
			865,1	43,23	64,84	5,35					
PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
2	20	20,5	1000,0	786,1	40,0	0,4	0,8	16,2	2,99	7,70	3,5
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	2	30,0	4,17	6,26	0,05						
6 - 9	2	241,7	10,75	16,12	1,07						
9 - 12	2	373,3	24,70	37,05	3,23						
12 - 15	2	133,4	16,17	24,25	1,91						
15 - 18	2	7,6	4,91	7,36	0,16						
			786,1	60,69	91,03	6,42					
PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
3	20	20,5	1000,0	742,2	50,0	0,4	0,8	18,7	2,99	8,43	3,3
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	3	25,1	4,16	6,24	0,04						
6 - 9	3	183,8	9,88	14,81	0,81						
9 - 12	3	319,1	24,32	36,48	2,76						
12 - 15	3	183,3	23,29	34,94	2,62						
15 - 18	3	29,8	8,58	12,87	0,64						
			742,2	70,23	105,34	6,91					

Continua...

## Continuação

PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
4	20	20,5	1000,0	714,2	60,0	0,4	0,8	20,5	2,99	9,05	3,0
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	4	24,9	4,18	6,28	0,04						
6 - 9	4	154,2	9,41	14,11	0,68						
9 - 12	4	268,6	22,78	34,17	2,33						
12 - 15	4	198,8	27,01	40,52	2,85						
15 - 18	4	60,7	14,43	21,64	1,30						
18 - 21	4	6,7	5,49	8,24	0,20						
		714,2	83,31	124,96	7,40						
PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
5	20	20,5	1000,0	694,9	70,0	0,4	0,8	21,9	2,99	9,63	2,8
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	5	26,5	4,23	6,34	0,04						
6 - 9	5	137,0	9,12	13,68	0,61						
9 - 12	5	228,8	21,07	31,61	1,98						
12 - 15	5	194,0	27,97	41,96	2,78						
15 - 18	5	86,8	19,98	29,97	1,86						
18 - 21	5	19,6	8,96	13,43	0,59						
21 - 24	5	2,1	4,59	6,88	0,08						
		694,9	95,91	143,87	7,94						

Cont inua...

## Continuação

PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
1	20	20,5	1200,0	1024,6	30,0	0,4	0,8	13,1	2,42	6,86	3,4
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	1	106,0	4,74	7,11	0,17						
6 - 9	1	487,8	15,07	22,60	2,15						
9 - 12	1	384,8	21,19	31,78	3,33						
12 - 15	1	45,4	7,24	10,86	0,65						
			1024,4	48,23	72,34						6,31
PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
2	20	20,5	1200,0	936,2	40,0	0,4	0,8	16,2	2,83	7,93	3,4
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	2	39,6	4,27	6,40	0,06						
6 - 9	2	283,9	11,95	17,92	1,25						
9 - 12	2	432,7	28,01	42,01	3,75						
12 - 15	2	167,9	19,35	29,02	2,40						
15 - 18	2	12,0	5,51	8,27	0,26						
			936,2	69,09	103,63						7,72
PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
3	20	20,5	1200,0	886,8	50,0	0,4	0,8	18,7	2,99	8,71	3,2
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	3	28,1	4,19	6,29	0,04						
6 - 9	3	202,5	10,49	15,73	0,89						
9 - 12	3	365,7	27,31	40,97	3,17						
12 - 15	3	238,1	29,10	43,65	3,41						
15 - 18	3	49,8	11,75	17,62	1,06						
18 - 21	3	2,6	4,44	6,66	0,08						
			886,8	87,28	130,92						8,66

Continua...

## Continuação

PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
4	20	20,5	1200,0	855,3	60,0	0,4	0,8	20,5	2,99	9,38	3,0
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	4	27,8	4,22	6,33	0,04						
6 - 9	4	169,9	9,97	14,96	0,75						
9 - 12	4	305,0	25,34	38,02	2,64						
12 - 15	4	247,8	32,72	49,07	3,55						
15 - 18	4	90,6	19,63	29,44	1,94						
18 - 21	4	13,5	7,14	10,71	0,40						
			855,3	99,02	148,53						9,35
PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
5	20	20,5	1200,0	833,6	70,0	0,4	0,8	21,9	2,99	10,00	2,8
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	5	29,6	4,27	6,41	0,05						
6 - 9	5	151,3	9,67	14,50	0,67						
9 - 12	5	258,9	23,33	35,00	2,24						
12 - 15	5	235,4	33,12	49,69	3,37						
15 - 18	5	119,9	26,13	39,20	2,56						
18 - 21	5	33,3	12,49	18,74	0,99						
21 - 24	5	4,8	5,51	8,26	0,19						
			833,6	114,53	171,80						10,09

Continua...

## Continuação

PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
1	20	20,5	1400,0	1178,0	30,0	0,4	0,8	13,1	2,30	6,89	3,4
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	1	132,0	4,95	7,43	0,21						
6 - 9	1	571,5	16,99	25,48	2,52						
9 - 12	1	427,4	23,10	34,66	3,70						
12 - 15	1	46,2	7,30	10,96	0,66						
			1177,5	52,35	78,53	7,10					
PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
2	20	20,5	1400,0	1082,3	40,0	0,4	0,8	16,2	2,67	8,00	3,4
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	2	52,9	4,40	6,61	0,08						
6 - 9	2	338,3	13,49	20,24	1,49						
9 - 12	2	490,3	31,23	46,84	4,25						
12 - 15	2	187,0	21,11	31,67	2,68						
15 - 18	2	13,7	5,75	8,63	0,29						
			1082,3	75,99	113,99	8,80					
PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
3	20	20,5	1400,0	1028,7	50,0	0,4	0,8	18,7	2,98	8,83	3,2
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	3	32,3	4,24	6,36	0,05						
6 - 9	3	228,4	11,34	17,00	1,01						
9 - 12	3	415,7	30,52	45,77	3,60						
12 - 15	3	282,9	33,85	50,77	4,05						
15 - 18	3	65,3	14,20	21,30	1,40						
18 - 21	3	4,1	4,77	7,15	0,12						
			1028,7	98,91	148,37	10,23					

Continua...

## Continuação

PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
4	20	20,5	1400,0	994,5	60,0	0,4	0,8	20,5	2,99	9,54	3,0
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	4	31,4	4,27	6,40	0,05						
6 - 9	4	190,3	10,70	16,05	0,84						
9 - 12	4	345,0	28,16	42,24	2,99						
12 - 15	4	291,5	37,80	56,71	4,17						
15 - 18	4	115,4	23,94	35,91	2,47						
18 - 21	4	19,6	8,62	12,93	0,58						
			994,5	113,49	170,24	11,15					
PROG	IDADE	SÍTIO	NARV	NEST	I PROJ	P1	P2	HDEST	A	B	C
5	20	20,5	1400,0	970,7	70,0	0,4	0,8	21,9	2,99	10,19	2,7
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	5	33,4	4,32	6,49	0,05						
6 - 9	5	169,4	10,36	15,55	0,75						
9 - 12	5	292,2	25,84	38,75	2,53						
12 - 15	5	274,0	37,92	56,88	3,92						
15 - 18	5	148,2	31,39	47,08	3,17						
18 - 21	5	45,3	15,60	23,41	1,35						
21 - 24	5	7,5	6,44	9,65	0,30						
			970,7	131,87	197,80	12,10					

ANEXO 12. Prognose da produção de *Eucalyptus urophylla* para diferentes números de árvores

PROG	IDADE	IPROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
1	20	30	18,5	1000	931	0,3	0,8	11,8	2,9	5,7	2,3
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	1	197,2	5,33	7,99	0,31						
6 - 9	1	447,5	13,08	19,62	1,98						
9 - 12	1	241,1	13,60	20,40	2,09						
12 - 15	1	42,7	6,72	10,07	0,61						
15 - 18	1	2,5	4,11	6,17	0,05						
			931,1	42,8	64,2						
PROG	IDADE	IPROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
2	20	40	18,5	1000	962	0,3	0,8	14,8	3,0	6,0	2,1
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	2	204,4	5,77	8,65	0,33						
6 - 9	2	410,7	14,50	21,75	1,81						
9 - 12	2	458,6	17,00	25,50	2,24						
12 - 15	2	76,4	10,28	15,41	1,09						
15 - 18	2	11,4	5,29	7,94	0,24						
			962,5	52,8	79,3						
PROG	IDADE	IPROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
3	20	50	18,5	1000	1009	0,3	0,8	17,0	3,0	6,5	2,1
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	3	188,4	5,88	8,82	0,30						
6 - 9	3	392,8	15,55	23,32	1,74						
9 - 12	3	287,8	20,64	30,96	2,49						
12 - 15	3	111,6	14,61	21,92	1,60						
15 - 18	3	24,9	7,44	11,16	0,53						
18 - 21	3	3,3	4,52	6,78	0,10						
			1009,0	68,6	103,0						

Continua...

## Continuação

PROG	IDADE	IPROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
4	20	60	18,5	1000	1067	0,3	0,8	18,5	3,0	7,1	2,1
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	4	160,7	5,74	8,61	0,26						
6 - 9	4	376,3	16,07	24,10	1,66						
9 - 12	4	323,3	24,41	36,62	2,80						
12 - 15	4	154,0	20,04	30,06	2,20						
15 - 18	4	44,1	10,79	16,19	0,94						
18 - 21	4	7,8	5,58	8,37	0,23						
			1067,2	82,6	123,9			8,13			
PROG	IDADE	IPROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
5	20	70	18,5	1000	1136	0,3	0,8	19,6	3,0	7,9	2,2
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	5	129,3	5,46	8,19	0,21						
6 - 9	5	352,5	15,95	23,92	1,56						
9 - 12	5	357,6	27,89	41,84	3,10						
12 - 15	5	205,5	26,69	40,03	2,94						
15 - 18	5	72,4	15,88	23,82	1,55						
18 - 21	5	16,0	7,57	11,35	0,48						
21 - 24	5	2,2	4,55	6,82	0,09						
			1135,7	104,0	156,0			9,92			

Continua...

## Continuação

PROG	IDADE	I PROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
1	20	30	18,5	1100	1024	0,3	0,8	11,8	2,9	5,6	2,4
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	1	223,0	5,52	8,28	0,35						
6 - 9	1	501,2	14,19	21,28	2,21						
9 - 12	1	257,4	14,26	21,39	2,23						
12 - 15	1	40,6	6,57	9,86	0,58						
15 - 18	1	1,9	4,05	6,08	0,04						
			1024,1	44,6	66,9			5,42			
PROG	IDADE	I PROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
2	20	40	18,5	1100	1059	0,3	0,8	14,8	3,0	6,0	2,2
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	2	216,1	5,88	8,82	0,34						
6 - 9	2	457,3	15,71	23,57	2,02						
9 - 12	2	290,8	18,63	27,94	2,52						
12 - 15	2	82,6	10,80	16,19	1,18						
15 - 18	2	11,2	5,27	7,90	0,24						
			1058,7	56,3	84,4			6,33			
PROG	IDADE	I PROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
3	20	50	18,5	1100	1110	0,3	0,8	17,0	3,0	6,6	2,1
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	3	193,6	5,94	8,90	0,31						
6 - 9	3	433,1	16,75	25,12	1,91						
9 - 12	3	327,4	22,95	34,43	2,83						
12 - 15	3	125,8	15,98	23,98	1,80						
15 - 18	3	26,5	7,68	11,52	0,57						
18 - 21	3	3,1	4,49	6,74	0,09						
			1109,9	73,8	110,7			7,53			

Continua...

## Continuação

PROG	IDADE	IPROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
4	20	60	18,5	1100	1174	0,3	0,8	18,5	3,0	7,3	2,2
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	4	160,7	5,74	8,61	0,26						
6 - 9	4	408,7	17,12	25,67	1,81						
9 - 12	4	368,2	27,27	40,90	3,19						
12 - 15	4	177,7	22,54	33,81	2,54						
15 - 18	4	49,6	11,65	17,48	1,06						
18 - 21	4	8,2	5,65	8,48	0,24						
		1173,9	90,0	134,9	9,13						
PROG	IDADE	IPROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
5	20	70	18,5	1100	1249	0,3	0,8	19,6	3,0	8,1	2,3
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	5	125,5	5,41	8,12	0,20						
6 - 9	5	375,0	16,72	25,08	1,66						
9 - 12	5	404,2	31,02	46,53	3,50						
12 - 15	5	239,9	30,51	45,76	3,43						
15 - 18	5	84,4	17,87	26,80	1,80						
18 - 21	5	17,8	8,00	12,00	0,53						
21 - 24	5	2,3	4,56	6,84	0,09						
		1249,3	114,1	171,1	11,22						

Continua...

## Continuação

PROG	IDADE	IPROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
1	20	30	18,5	1200	1117	0,3	0,8	11,8	2,8	5,6	2,4
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	1	251,7	5,73	8,59	0,40						
6 - 9	1	556,0	15,32	22,98	2,46						
9 - 12	1	270,3	14,78	22,17	2,34						
12 - 15	1	37,7	6,38	9,57	0,54						
			1117,1	42,2	63,3	5,77					
PROG	IDADE	IPROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
2	20	40	18,5	1200	1155	0,3	0,8	14,8	3,0	6,0	2,2
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	2	228,4	5,99	8,99	0,36						
6 - 9	2	504,7	16,94	25,41	2,23						
9 - 12	2	322,4	20,24	30,36	2,79						
12 - 15	2	87,9	11,25	16,87	1,26						
15 - 18	2	10,8	5,22	7,83	0,23						
			1155,0	59,6	89,5	6,89					
PROG	IDADE	IPROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
3	20	50	18,5	1200	1211	0,3	0,8	17,0	3,0	6,6	2,2
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	3	198,9	5,99	8,99	0,32						
6 - 9	3	473,2	17,94	26,91	2,09						
9 - 12	3	367,6	25,29	37,94	3,18						
12 - 15	3	139,9	17,34	26,01	2,00						
15 - 18	3	28,0	7,89	11,83	0,60						
18 - 21	3	3,0	4,46	6,69	0,09						
			1210,8	78,9	118,4	8,28					

Continua...

## Continuação

PROG	IDADE	IPROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
4	20	60	18,5	1200	1281	0,3	0,8	18,5	3,0	7,4	2,2
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	4	160,5	5,74	8,61	0,26						
6 - 9	4	439,6	18,12	27,18	1,94						
9 - 12	4	413,7	30,16	45,24	3,58						
12 - 15	4	202,3	25,12	37,69	2,90						
15 - 18	4	55,1	12,52	18,78	1,18						
18 - 21	4	8,5	5,72	8,58	0,25						
			1280,6	97,4	146,1	10,14					
PROG	IDADE	IPROJ	SÍTIO	NARV	NEST	P1	P2	HDEST	A	B	C
5	20	70	18,5	1200	1363	0,3	0,8	19,6	3,0	8,2	2,4
CDIAM	PROG	FEST	VESM3	VESMST	GEST.						
3 - 6	5	121,9	5,37	8,05	0,19						
6 - 9	5	395,3	17,41	26,12	1,75						
9 - 12	5	450,4	34,13	51,19	3,90						
12 - 15	5	275,9	34,50	51,76	3,95						
15 - 18	5	97,2	19,99	29,98	2,08						
18 - 21	5	19,8	8,45	12,67	0,59						
21 - 24	5	2,3	4,57	6,86	0,09						
			1362,8	124,4	186,6	12,55					