

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**DETERMINAÇÃO BIOECONÔMICA DA PRODUÇÃO PARA
MANEJO EM ALTO FUSTE DE POVOAMENTOS
MONOCLONAIS DE *Eucalyptus saligna* Sm.**

TESE DE DOUTORADO

Cláudio Thomas

Santa Maria, RS, Brasil.

2013

**DETERMINAÇÃO BIOECONÔMICA DA PRODUÇÃO PARA
MANEJO EM ALTO FUSTE DE POVOAMENTOS MONOCLONAISS
DE *Eucalyptus saligna* Sm.**

Cláudio Thomas

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),
como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. Paulo Renato Schneider

Santa Maria, RS, Brasil.

2013

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Thomas, Cláudio

Determinação bioeconômica do manejo em alto fuste de
povoamentos monoclonais de *eucalyptus saligna* sm. /
Cláudio Thomas. -2013.

196 p.; 30cm

Orientador: Paulo Renato Schneider

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2013

1. Estruturação da produção 2. Desbaste 3. Sortimentos
4. Avaliação econômica I. Schneider, Paulo Renato II.
Título.

©2013

Todos os direitos autorais reservados a Cláudio Thomas. A reprodução de partes ou do
todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrita do autor.
Endereço eletrônico: claudiothomas@utfpr.edu.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**DETERMINAÇÃO BIOECONÔMICA DA PRODUÇÃO PARA MANEJO EM
ALTO FUSTE DE POVOAMENTOS MONOCLONAIOS DE
Eucalyptus saligna Sm.**

elaborado por
Cláudio Thomas

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA

Paulo Renato Schneider, Dr. (UFSM)
(Presidente/ Orientador)

Jorge Antonio de Farias, Dr. (UFSM)

Solon Jonas Longhi, Dr. (UFSM)

Eduardo Pagel Floriano, Dr. (UNIPAMPA)

Luciano Farinha Watzlawick, Phd. (UNICENTRO)

Santa Maria, 30 de janeiro de 2013.

AGRADECIMENTO

Neste momento percebi que o trabalho que iniciei em Agosto de 2009 aproxima-se do final. Nesta manhã de Abril de 2013, com temperatura agradável, céu limpo e na companhia de um chimarrão bem cevado, mais uma vez encontro-me em um momento daqueles importantes. Encontro-me a pensar nos amigos, família, conquistas e na agradável sensação da realização de sonhos.

É verdade que investi muito esforço e dedicação para que este trabalho chegasse a uma conclusão, e não poderia ser diferente. Precisei da ajuda e do apoio de muitas pessoas, e estas não me negaram a mão. Grandes pessoas. Ajudar, apoiar, compreender, acreditar, são virtudes que só grandes pessoas possuem e felizmente estou rodeado delas. Sem mais de longas agradeço:

Ao meu orientador e sempre professor Paulo Renato Schneider, por me ensinar, apoiar e indicar o caminho correto no estudo e pesquisa. Por seu exemplo de pessoa e pesquisador, pelos concelhos pessoais. Muito obrigado.

Aos coorientadores, César Augusto Guimarães Finger e Frederico Dimas Fleig, por suas valiosas contribuições para o trabalho e concelhos pessoais. Muito Obrigado.

A família, obrigado Pai, obrigado mãe, obrigado aos irmãos Anselmo, Edmar e Cerlene. Por apoiar, acreditar e incentivar, por dar bons exemplos e concelhos. A pessoa que sou foi formada em uma família fantástica e sólida. Muito obrigado.

A minha noiva Jozana, por apoiar, acreditar, incentivar, compreender. Foi e é muito importante ter seu apoio. Muito obrigado.

Aos meus amigos, não vou nomeá-los aqui por correr o risco de esquecer algum, que sintam-se lembrados todos os que consideram a minha amizade. Por acreditar, apoiar, por lembrar-se de mim nos convites para churrascos, pescarias, mesas de bar, boas conversas, mateadas, acampamentos, rápidas prosas, por apenas sentar comigo sem falar nada quando olhando para um braseiro o pensamento ia longe. Por me dar a honra da confiança nos momentos difíceis. Muito obrigado.

Aos colegas de Pós-graduação e laboratório, pela contribuição com este trabalho e aos que considerarem minha amizade por favor enquadrem-se no parágrafo anterior.

Aos colegas de trabalho, pela contribuição para o bom desenvolvimento do meu trabalho e aos que considerarem minha amizade por favor enquadrem-se no parágrafo direcionado aos amigos. Muito obrigado.

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DETERMINAÇÃO BIOECONÔMICA DA PRODUÇÃO PARA MANEJO EM ALTO FUSTE DE POVOAMENTOS MONOCLONAIS DE *Eucalyptus saligna* Sm.

AUTOR: CLÁUDIO THOMAS
ORIENTADOR: Dr. PAULO RENATO SCHNEIDER
Local e Data da Defesa de Tese: Santa Maria, 30 de Janeiro de 2013.

O objetivo deste trabalho foi a estruturação dinâmica da produção em sistema alto fuste conduzido com desbaste para povoamentos monoclonais de *Eucalyptus saligna*, com a determinação do regime de manejo de maior retorno econômico. Este estudo foi baseado em dados provenientes de medições em experimento de desbaste e inventário permanente de florestas comerciais, com idades de 60 à 186 meses, e ainda de cubagem rigorosa de 199 árvores. O índice de sítio foi descrito e as curvas formadas pelo modelo de Gram, representando um feixe de 9 curvas, sendo o menor índice de sítio o 34 e 50 o maior. A estruturação da produção foi realizada para todos os índices de sítio da área e para 3 densidades de povoamento, controlada pelo método do índice de espaçamento relativo (S%), para 16%, 20% e 22%. Para obter maior controle dos povoamentos a produção foi classificada em 5 sortimentos, que tiveram os volumes individualmente estimados pelo polinômio de quinto grau. Além da classificação e estimativa de sortimentos, a distribuição de frequência permitiu estimar o número de indivíduos por classe de diâmetro. A função Weibull demonstrou ser adequada para a prognose da produção dos povoamentos, para os quais estimou-se a redução do número de árvores e o deslocamento horizontal à direita no forma de aumento de diâmetro médio com o aumento da idade. A distribuição de frequência e a formação de sortimentos florestais aliados à informações do povoamento estruturado na forma de tabelas de produção, permitiu que a floresta seja avaliada não apenas pelo volume total produzido, mas também que se faça uma avaliação econômica comparativa de simulações de diferentes regimes de manejo, identificando-se desta forma a opção de maior retorno econômico. O regime de manejo de maior retorno econômico, em local de alta capacidade produtiva ($IS = 48$) é o de rotação de 14 anos com 2desbastes para sistema alto fuste de manejo, tendo resultado um VPL de 17.175,31 R\$/ha, VAE de 1.791,03 R\$/ha/ano e uma TIR de 21,24% a.a. Os povoamentos localizados em sítios bons antecipam a rotação de maior retorno econômico, em relação aos piores sítios.

Palavras chave: Estruturação da produção. Desbaste. Sortimentos. Avaliação econômica.

ABSTRACT

Doctorade Thesis
Post Graduation Program of Forest Engineering
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brazil.

PRODUCTIVE BIOECONOMIC EVALUATION OF THINNED MONOCLONAL *Eucalyptus saligna* Sm. STANDS

AUTHOR: CLÁUDIO THOMAS
ADVISOR TEACHER: Dr. PAULO RENATO SCHNEIDER
Place and Date of Thesis Defense: Santa Maria, January 30rd, 2013.

Dynamic structuring of thinned stands conducted with thinning for monoclonal *Eucalyptus saligna* stands was performed for productive purposes along with an economic evaluation to determine the management that results in higher economical return. This study was based in data from experimental thinning measurements, permanent inventory of commercial forests (aged from 60 to 186 months) and the rigorous cubage of 199 trees. The site index was described and the curves, representing one bundle of 9 curves, were formed by Gram model, and the results showed 34 to the lowest and 50 to the highest site index. Structuring was performed for all site indexes of the area and for 3 stand densities, controlled according the relative spacing index method (S%), to 16%, 20% and 22%. In order to obtain better control of stands, production was classified in 5 assortments, with their volumes individually estimated by the fifth grade polynomial. Beyond the classification and estimative of assortments, the frequency distribution allowed to estimate the number of individuals per diameter class. Weibull function demonstrated to be adequate for the stand production prognosis, for which were estimated the reduction of the number of trees and the horizontal displacement to the left as a way to increase the average diameter according to the age. Distribution of frequency and forest assortments formation allied to the information about structured stand presented in production tables, not only allowed to evaluate the forest about the total volume produced, but also allowed a comparative economical evaluation, from simulations of different management systems, identifying the option of higher economical return. The thinned stand system of 14 years of rotation with two thinning in a high productive capacity (IS=48) area presented the higher economical return. Economical results were Net Present Value (VPL) of 17.175,31 R\$/ha, Economic Value Added (VAE) 1.791,03 R\$/ha/year and Internal Rate of Return (TIR) 21,24% year and still, the stands that were placed in good sites anticipated the higher economical return rotation, when compared to the worst sites.

Key words: Productive structuring. Thinning. Assortments. Economical evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Forma de crescimento temporal de seres vivos, DANIEL et al. 1979.....	30
Figura 2 -	Distribuição geográfica do <i>Eucalyptus saligna</i> Sm. New South Vales, Austrália.....	59
Figura 3 -	Distribuição dos resíduos de altura dominante da equação de Gram.	93
Figura 4 -	Valores estimados e observados de altura dominante.....	93
Figura 5 -	Curvas monomórficas de índice de sítio para povoamentos monoclonais de <i>Eucalyptus saligna</i> para a mesorregião metropolitana de Porto Alegre.	94
Figura 6 -	Distribuição dos resíduos para altura dominante.....	96
Figura 7 -	Altura média estimada plotada sobre a observada.....	97
Figura 8 -	Distribuição dos resíduos do diâmetro médio para a equação de Pretesch.....	98
Figura 9 -	Valores estimados de diâmetro médio plotados sobre os dados observados.....	99
Figura 10 -	Distribuição de resíduos para estimativa de diâmetro à 30% da altura....	102
Figura 11 -	Distribuição de resíduos para estimativa do diâmetro à 50% da altura.	103
Figura 12 -	Distribuição de resíduos para equação de fator de forma para volume total com casca.	104
Figura 13 -	Distribuição de resíduos para equação de fator de forma para volume comercial sem casca.....	105
Figura 14 -	Aumento do diâmetro médio com o aumento do peso de desbaste.	106
Figura 15 -	Redução do número de árvores com o aumento do espaçamento relativo.....	106
Figura 16 -	Aumento do diâmetro médio com a melhora da qualidade de sítio para S% = 20.....	107
Figura 17 -	Incremento médio anual de povoamento com espaçamento relativo 16%.	109
Figura 18 -	Incremento médio anual de povoamento com espaçamento relativo 20%.	109
Figura 19 -	Incremento médio anual de povoamento com espaçamento relativo 22%.	109
Figura 20 -	Distribuição de resíduos da equação 4, polinômio de quinto grau para o ajuste da forma de tronco.....	112
Figura 21 -	Perfil longitudinal da forma de tronco estimada pela equação 5, polinômio de quinto grau.....	113
Figura 22 -	Probabilidade da distribuição de frequência diamétrica do povoamento: (a) 61 meses, ou 5,08 anos; (b) 73 meses ou 6,08 anos; (c) 85 meses ou 7,08 anos; (d) 97 meses ou 8,08 anos; (e) 109 meses ou 9,08 anos; (f)	

121 meses ou 10,08 anos; (g) 131 meses ou 10,9 anos; (h) 135 meses ou 11,25 anos; (i) 147 meses ou 12,25 anos; (j) 159 meses ou 13,25 anos; (k) 170 meses ou 14,2 anos; (l) 186 meses ou 15,5 anos.	120
Figura 23 - Distribuição de frequência pela função Weibull para IS = 36 e S% = 20.....	125
Figura 24 - Distribuição de frequência pela função Weibull para IS = 42 e S% = 20.....	127
Figura 25 - Distribuição de frequência pela função Weibull para IS = 48 e S% = 20.....	129
Figura 26 - Distribuição de frequência para as idades de 12, 14, 16 e 18 anos nos três índices de sítio, 36, 42 e 48.	130
Figura 27 - Distribuição de frequência para a idade de 16 anos nas três classes de índices de sítio trabalhados, 36, 42 e 48.....	131
Figura 28 - Comportamento dos sortimentos com o aumento da idade para IS= 36 e S%=20.....	1365
Figura 29 - Comportamento dos sortimentos com o aumento da idade para IS= 42 e S%=20.....	139
Figura 30 - Comportamento dos sortimentos com o aumento da idade para IS= 48 e S%=20.....	142
Figura 31 - Comportamento do indicador econômico VAE para as simulações de regime de manejo.	153

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos a serem testados para altura dominante	63
Tabela 2 - Modelos a serem testados para altura média.....	64
Tabela 3 - Modelos a serem testados para diâmetro médio	65
Tabela 4 - Modelos a serem testados número de árvores aos 4 anos.....	66
Tabela 5 - Modelos testados para estimativa de forma de tronco.....	75
Tabela 6 - Primeira derivada da variável dependente transformada.....	83
Tabela 7 - Regimes de manejo avaliados.....	88
Tabela 8 - Estatísticas das equações de altura dominante para <i>Eucalyptus saligna</i>	91
Tabela 9 - Ranqueamento das equações testadas para altura dominante	92
Tabela 10 – Estatísticas dos modelos testados para altura média	95
Tabela 11 - Ranqueamento das equações testadas para altura média.....	95
Tabela 12 – Estatísticas das equações testadas para diâmetro médio	97
Tabela 13 – Ranqueamento das equações testadas para diâmetro médio	98
Tabela 14 – Coeficientes das equações testadas para forma de tronco	110
Tabela 15 - Critérios estatísticos das equações testadas para forma de tronco	111
Tabela 16 - Ranqueamento para os critérios estatísticos das equações ajustadas para forma de tronco.....	111
Tabela 17 - Testes de Aderência e ordem de ranqueamento das funções de distribuição analisadas.....	115
Tabela 18 - Parâmetros de escala e forma da função Weibull.....	122
Tabela 19 – Parâmetros estimados da função Weibull para as idades e índice de sítio de interesse.....	123
Tabela 20 - Distribuição de frequência pela função Weibull para índice de sítio (IS)36 e índice de espaçamento relativo (S%)20%.....	124
Tabela 21 - Distribuição de frequência pela função Weibull para índice de sítio (IS) 42 e índice de espaçamento relativo (S%) 20%.....	126
Tabela 22 - Distribuição de frequência pela função Weibull para índice de sítio (IS) 48 e índice de espaçamento relativo (S%) 20%.....	128
Tabela 23 - Sortimentos para povoamento remanescente de <i>Eucalyptus saligna</i> para IS= 36 e S%=20.....	135
Tabela 24 - Sortimentos para povoamento remanescente de <i>Eucalyptus saligna</i> para IS= 42 e S%=20.....	138

Tabela 25 - Sortimentos para povoamento remanescente de <i>Eucalyptus saligna</i> para IS= 48 e S%=20.....	141
Tabela 26 - Tabela de produção utilizada na formação das receitas do IS 36.....	145
Tabela 27 - Tabela de produção utilizada na formação das receitas do IS 42.....	146
Tabela 28 - Tabela de produção utilizada na formação das receitas do IS 48.....	146
Tabela 29 - Avaliação econômica dos 5 regimes de manejo simulados para o IS 36....	149
Tabela 30 - Avaliação econômica dos 5 regimes de manejo simulados para o IS 42....	150
Tabela 31 - Avaliação econômica dos 5 regimes de manejo simulados para o IS 48....	151
Tabela 32 - Comparação da avaliação econômica das simulações de regimes de manejo para produção de <i>Eucalyptus saligna</i> em sistema alto fuste com desbaste.....	152

LISTA DE SIGLAS, SIMBOLOS OU ABREVIATURAS

N_r=número de árvores remanescentes;

G= área basal por hectare;

d₁=diâmetro na extremidade mais grossa de uma secção;

d₂= diâmetro na extremidade mais fina de uma secção;

l= comprimento das secções;

V_r = volume rigoroso por Smalian;

V_t=Volume da tora, em metros cúbicos

v₀= volume da cepa;

v_s = volume por secção;

v_c = volume do cone (ápice da árvore);

f= fator de forma;

f_{vtcc}=fator de forma para volume total com casca;

f_{vcsc}=fator de forma para volume comercial sem casca;

f(x)=frequênciapor unidade de área;

d_i=Diâmetro relativo a uma altura relativa h_i;

h_i= altura na posição i;

d_i/d = diâmetro relativo;

h_i/h= alturas relativas;

R² _{aj.}=Coeficiente de determinação ajustado;

R²=Coeficiente de determinação;

S_{yx}= Erro padrão da estimativa;

X²= Qui-quadrado;

E= Eficiência, tendênciabsoluta;

W-Sq= Cramer-von Misses;

A-Sq= Anderson-Darling;

Continua...

Continuação

Ni/ha= número inicial de árvores por hectare;

S1, S2, S3, S4, S5= sortimentos de madeira;

h_{100(m)} = altura dominante em metros;

h_(m) = altura média em metros;

$d_{(cm)}$ = diâmetro médio em centímetros;

$N_{(ha)}$ = número de árvores por hectare;

$G_{(m^2/ha)}$ = área basal em m^2 por hectare;

$f_{(vtcc)}$ = fator de forma para volume total com casca;

$f_{(vcsc)}$ = fator de forma para volume comercial sem casca;

$VT_{cc/ha}$ = volume total com casca por hectare;

$VC_{sc/ha}$ = volume comercial sem casca por hectare;

Ni/ha = número inicial de árvores por hectare;

DAP= Diâmetro a altura do peito;

TIR=taxa interna de retorno;

EM=espaçamento médio;

EMD=espaço médio desejado;

IMA_{sd}=incremento médio anual para povoamento sem desbaste;

IPA=incremento periódico anual;

QM_{res.} =Quadrado médio do resíduo;

CV% = Coeficiente de variação;

IF = Índice de Furnival;

IF% = Índice de Furnival em percentual;

VPL=valor presente líquido;

VAE=valor anual equivalente;

IS= Índice de sítio;

h_8 =Comprimento do fuste, em metros, ate o diâmetro de 8,0 cm com casca;

v_8 =Volume ate a altura com diâmetro de 8,0 cm com casca, em metros cúbicos;

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Tabelas de produção para Índice de Espaçamento Relativo 16% e Índices de Sítio 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50.....	171
Apêndice B – Tabelas de produção para Índice de Espaçamento Relativo 20% e Índices de Sítio 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50.....	176
Apêndice C – Tabelas de produção para Índice de Espaçamento Relativo 22% e Índices de Sítio 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50.....	181
Apêndice D – Sortimentos por classe de diâmetro para árvores individuais.....	186

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Rendimentos operacionais e Custos por hectare para implantação e condução de povoamentos de <i>Eucalyptus saligna</i> para IS 36, IS 42 e IS 48.....	195
--	-----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	25
1.1 Objetivos.....	26
1.1.1 Geral	26
1.1.2 Específicos	27
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
2.1 Incremento e crescimento das árvores.....	29
2.2 Crescimento em diâmetro e altura.....	31
2.3 Densidade, competição e desbaste.....	33
2.4 Capacidade produtiva dos Sítios Florestais.....	42
2.5 Distribuição de frequência.....	44
2.6 Estruturação da produção florestal	46
2.7 Sortimento florestal.....	47
2.8 Forma de tronco.....	48
2.8.1 Modelos de forma de tronco	49
2.9 Modelagem da produção florestal	52
2.10 Modelos de crescimento e produção para povoamento	52
2.10.1 Modelos de produção por classe de diâmetro.....	53
2.11 Avaliação econômica de povoamentos florestais.....	55
2.11.1 Critérios de avaliação econômica	56
3 MATERIAL E MÉTODOS	59
3.1 Espécie estudada	59
3.2 Obtenção dos dados.....	60
3.3 Localização da área de estudo.....	61
3.4 Características climáticas	62
3.5 Características edáficas.....	62
3.6 Construção de tabelas de produção	62
3.6.1 Altura dominante e Classificação de sítios Florestais	62
3.6.2 Determinação da altura média (h_m)	64
3.6.3 Determinação do Diâmetro Médio (d_m)	64
3.6.4 Estimativa e cálculo do número de árvores por hectare (N)	65

3.6.5	Índice de Espaçamento Relativo (S%).....	66
3.6.6	Determinação da Área basal por hectare (G)	67
3.6.7	Fator de Forma (f)	67
3.6.8	Cálculo de volume remanescente por hectare (V)	69
3.6.9	Volume a ser desbastado.....	69
3.6.10	Fator de regulação dos desbastes (K)	70
3.6.11	Determinação do número de árvores do desbaste	71
3.6.12	Produção total na tabela de produção	71
3.6.13	Incremento médio anual (IMA).....	72
3.6.14	Incremento Periódico Anual (IPA)	72
3.7	Distribuição de frequência diamétrica	72
3.7.1	Função Normal.....	73
3.7.2	Função Weibull com dois parâmetros;.....	73
3.8	Forma de tronco e sortimento de madeira	74
3.8.1	Sortimentos florestais.....	75
3.8.2	Sortimentos por classe de diâmetro para árvores individuais.....	80
3.8.3	Sortimentos para o povoamento:	80
3.9	Critérios estatísticos utilizados para seleção de modelos.....	81
3.9.1	Coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$)	81
3.9.2	Erro padrão de estimativa (S_{yx})	81
3.9.3	Índice de Furnival (IF).....	82
3.9.4	Distribuição gráfica dos resíduos.	83
3.9.5	Valor ponderado (VP)	84
3.10	Teste de validação de modelos de regressão.....	84
3.10.1	Eficiência.....	84
3.10.2	Qui-quadrado (X^2).....	85
3.11	Critérios econômicos de avaliação.....	85
3.11.1	Valor Presente Líquido (VPL)	85
3.11.2	Taxa Interna de Retorno (TIR)	86
3.11.3	Valor Anual Equivalente (VAE)	86
3.12	Regimes de Manejo a serem avaliados economicamente.....	87
3.12.1	Custos de plantio e condução.....	88
3.13	Processamento dos dados	89

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91
4.1 Determinação e classificação de índices de sítio (IS).....	91
4.2 Altura média (hm).....	94
4.3 Diâmetro médio (dm)	97
4.4 Tabelas de produção	99
4.4.1 Análise da produção total	105
4.4.2 Análise do número de árvores.....	106
4.4.3 Análise do diâmetro médio (d_m).....	107
4.4.4 Análise do incremento médio anual (IMA)	108
4.5 Forma de tronco.....	110
4.6 Distribuição de frequência.....	114
4.6.1 Distribuição pela função Weibull	121
4.7 Sortimentos florestais.....	131
4.7.1 Sortimentos para árvores individuais.....	132
4.7.2 Sortimentos para o povoamento	133
4.7.2.1 Produção em sortimentos para povoamento no IS= 36 e S%=20.....	134
4.7.2.2 Produção em sortimentos para povoamento no IS= 42 e S%=20.....	137
4.7.2.3 Produção em sortimentos para povoamento no IS= 48 e S%=20.....	140
4.8 Avaliação econômica	143
4.8.1 Volumes de madeira utilizados na avaliação econômica	144
4.8.2 Custos e receitas utilizados na avaliação econômica.....	148
4.8.3 Avaliação econômica para as simulações de regime de manejo.....	152
4.8.4 Análise da resposta econômica das simulações de regime de manejo	152
5 CONCLUSÕES.....	157
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	159
7 APÊNDICES.....	171
8 ANEXOS.....	195

1 INTRODUÇÃO

A maior demanda de produtos advindos do setor florestal e o desejo da grande maioria dos empreendimentos florestais de manter um suprimento contínuo de madeira leva à procura da sustentabilidade da área florestada, e consequentemente à manutenção do funcionamento das empresas ou a continuidade dos lucros dos silvicultores. A manutenção do suprimento contínuo de madeira depende de planos de condução adequados baseados na dinâmica do crescimento das florestas, permitindo que a produção seja gerenciada de forma adequada.

O planejamento criterioso da produção florestal, pela adoção de regimes de manejo adequados para cada espécie e sítio contribui para a obtenção de produtos de melhor qualidade e maior aceitação no mercado madeireiro. Este controle pode ser alcançado pela utilização de sistemas de predição do crescimento e da produção (Arcebi Jr. W. F. et al. 2002).

Na condução de florestas para diferentes sortimentos de madeira, de maneira sustentável e economicamente viável, os conhecimentos empíricos ou práticos de produção são insuficientes. As florestas de produção devem ser conduzidas por planos de condução que levam em consideração os sortimentos que se deseja obter nos desbastes e no corte final. Para que estes modelos sejam confiáveis e eficientes, eles devem ser desenvolvidos e testados por meio da pesquisa científica, preferencialmente com base em dados de parcelas permanentes.

Para atingir a manutenção da produção, a estruturação da produção florestal baseada no sistema tabular e em modelos que levam em consideração a distribuição da densidade por classe diamétrica no tempo passa a ter grande importância. Isto porque, a distribuição de frequência permite identificar o número de indivíduos ocorrentes em cada classe de diâmetro, sendo que desta forma pode-se ter um maior controle da floresta, orientando de forma mais eficaz os desbastes. O controle da floresta torna-se ainda mais eficiente se, além de determinar o número de indivíduos por classe de diâmetro, for estimado os diferentes produtos obtidos por árvore e povoamento. Para que seja possível a classificação de vários produtos recorre-se à técnica de sortimentos florestais, onde é possível obter o volume por diâmetro na ponta fina e número de toras por sortimento.

O manejo de uma floresta no sistema alto fuste é uma tarefa difícil por envolver um horizonte de planejamento muito longo. As decisões técnicas de intervenção na floresta devem ser embasadas no maior número de informações possível, para evitar que uma intervenção mal executada comprometa anos de condução bem sucedida, diminuindo ou retardando o rendimento econômico da floresta. A análise econômica de diferentes regimes de manejo no sistema alto fuste permite definir ou orientar de forma segura quanto à rotação mais adequada, diminuindo assim os riscos dos investimentos florestais de longa duração.

A definição do melhor regime de manejo para cada espécie e sítio florestal é uma decisão que preferencialmente deve ser embasada na análise de vários cenários simulados. Os sistemas de predição com a utilização de modelos possibilitam identificar a opção de regime de manejo mais adequada para obter um determinado produto final de interesse (Scolforo, 1999).

Neste trabalho buscou-se interligar métodos de estruturação da produção e avaliação econômica para encontrar uma resposta segura para condução de povoamentos de eucalipto, almejando ser uma orientação confiável de gerenciamento florestal.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

O objetivo deste estudo é controlar a produção utilizando métodos conjuntos de estruturação de povoamentos, por prognose de regimes de manejo, embasando a tomada de decisão para a correta condução de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus saligna* Sm., com propósito de obter maior retorno econômico.

1.1.2 Específicos

- a) Determinar a classificação dos índices de sítio para o local de estudo;
- b) Definir uma função de densidade de probabilidade para prognose de distribuição de frequência;
- c) Definir a forma do tronco das árvores para formação dos sortimentos de madeira;
- d) Analisar a dinâmica da formação dos sortimentos florestais com o aumento da idade em diferentes índices de sítio;
- e) Estruturar a produção dos povoamentos por idade e índice de sítio;
- f) Avaliar economicamente sistemas de manejo em alto fuste, considerando a capacidade produtiva do sítio;
- g) Determinar o regime de manejo de maior retorno econômico;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Incremento e crescimento das árvores

O crescimento das árvores pode ser definido como o aumento de qualquer uma das dimensões da árvore em um determinado espaço de tempo, considerando as características da espécie e sua interação com o ambiente (VANCLAY, 1994). É resultado da atividade cambial, sendo inicializado e mantido pelos hormônios reguladores de crescimento, estes, produzidos no ápice caulinar e pelas folhas (KOZLOWSKI; 1997). De acordo com Huschet al. (1982), o crescimento das árvores consiste no alongamento e engrossamento das raízes, do fuste e dos galhos.

O crescimento em altura se produz pela atividade da gema apical ou terminal, através da divisão celular. Este crescimento é também chamado de crescimento primário, produzindo a modificação mais notável do crescimento, especialmente na idade juvenil onde as taxas elevadas resultam grandes modificações em curtos períodos de tempo (ENCINAS et al., 2005).

A determinação do crescimento pode ser realizada considerando variáveis como altura total média, altura média das árvores dominantes, diâmetro médio ou quadrático, ou também, número de árvores por hectare. A evolução do crescimento é dependente de fatores como a disponibilidade de recursos ambientais (luz, água, nutrientes) e espaço físico (competição), tamanho e constituição genética da árvore, bem como sua história de desenvolvimento, podendo cada um destes afetar sozinho ou em conjunto o crescimento das árvores (POORTER ; BONGERS, 1993).

Segundo Daniel et al. (1979), em condições normais de desenvolvimento, o crescimento de qualquer organismo vivo, relacionado à idade, pode ser descrito por uma curva sigmoidal, a qual representa três fases distintas de crescimento: juvenil, adulta e senil (Figura 1-a). As variações da curva de crescimento são explicadas pelas oscilações nas taxas de incremento, apresentadas como curvas de incremento, corrente (IC) e médio (IM), (Figura 1-b).

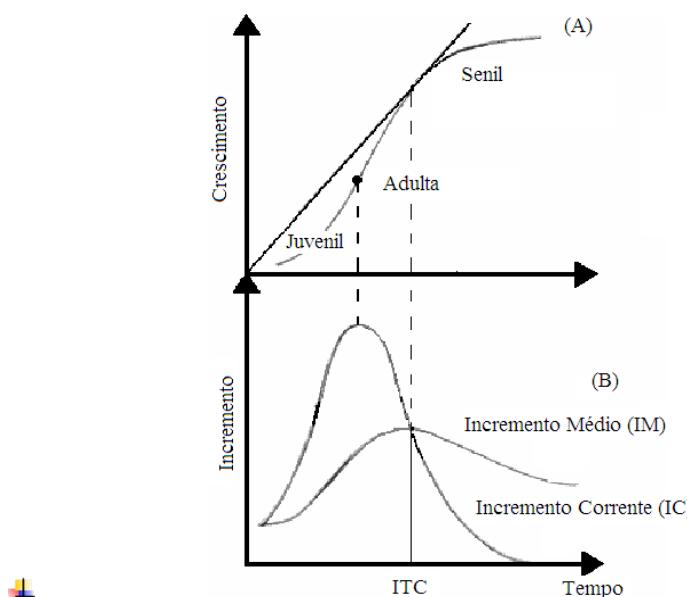


Figura 1 – Forma de crescimento temporal de seres vivos, DANIEL et al. 1979.

O incremento corrente (IC) corresponde ao valor do aumento da produção para um determinado período de tempo, sendo geralmente calculado considerando o período de um ano (DAVIS; JOHNSON, 1987). Em sítios de qualidade moderadas até boas o crescimento em altura do eucalipto varia de 1,5 a 2 m ano^{-1} , o incremento em diâmetro entre 1,5 a 2 cm ao ano e o incremento médio anual em volume (IMA) pode oscilar de 15 a 30 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (LAMPRECHT, 1990). Em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* foram encontrados valores de produção entre 20-25, 25-30 e 2-10 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$ em regiões da Argentina, Turquia e Portugal, respectivamente (LAMPRECHT, 1990).

As curvas de incremento descritas por Assmann (1970), determinam exatamente as três fases que compõem a curva de crescimento. Nesta, fica definido como término da fase juvenil de crescimento e início da fase adulta o momento onde o incremento corrente (IC) é máximo, ponto onde a curva de crescimento passa de côncava para convexa (ponto de inflexão). Também se verifica o momento onde as curvas de incremento médio (IM) e incremento corrente (IC) se encontram, definido como a idade técnica de corte (ITC) ou início da fase senil de crescimento, ponto onde uma reta partindo da origem tangencia a curva de crescimento (CAMPOS; LEITE, 2002). O comportamento dessas três curvas segue o padrão apresentado, tanto em florestas mistas inequianas como em povoamentos homogêneos equianas, porém, sua dinâmica

pode ser alterada de acordo com a diversidade de espécies, em florestas inequianas, e o tipo de manejo aplicado.

Em povoamentos homogêneos equianas, onde as condições de solo e clima tendem a ser controladas, para um mesmo sítio, as taxas de incremento encontram-se diretamente relacionadas às peculiaridades genéticas da espécie, densidade do povoamento e, por consequência, aos níveis de competição em cada fase de crescimento.

No Brasil, espécies como o eucalipto encontram excelentes condições de crescimento, podendo alcançar, nos primeiros anos do povoamento, taxas de incremento médio anual de $77 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, até o momento onde se dá início a competição entre as copas e raízes (STAPE et al. 2010).

2.2 Crescimento em diâmetro e altura

Considerando suas evoluções no tempo, variáveis como diâmetro e altura, quando referidas em um mesmo indivíduo, tendem a apresentar comportamentos levemente distintos. O incremento em diâmetro é resultado da multiplicação celular que ocorre no meristema secundário, localizado abaixo da casca, e suas taxas tornam-se maiores quanto menores forem os níveis de competição entre as árvores. Os resultados de pesquisas em plantios comerciais têm mostrado que o diâmetro é uma característica diretamente influenciada pelo espaçamento, enquanto que o efeito sobre a altura é controverso, ocorrendo casos em que a altura média das plantas aumenta e casos em que diminui com o aumento do espaçamento (BOTELHO, 1997).

De acordo com Schneider; Schneider (2008), as árvores têm um padrão inerente de crescimento em altura, determinado por fatores genéticos do indivíduo e da espécie. Os mesmos autores também afirmam que as taxas de incremento e a altura total alcançada são, em grande parte, determinadas pela qualidade do sítio em que cresce a árvore de uma determinada espécie. Assmann (1970), analisando curvas de crescimento em altura observou que há uma relação direta entre a altura das árvores e a capacidade produtiva do local. A avaliação do comportamento dessas dimensões pode ser realizada pela relação entre as mesmas, relação h/d , a qual, segundo Finger (1992), poderá ser maior ou menor dependendo à qual estrato da floresta a árvore pertence. O padrão do

crescimento em altura varia entre diferentes grupos de solos e também dentro de um mesmo grupo (CARMEAN, 1970).

Com o crescimento das árvores e consequente aumento da competição, são verificadas menores taxas de incremento em altura e diâmetro, sendo este decréscimo mais pronunciado no incremento em diâmetro. Refletida na forma das árvores dominantes (por classe de copa), o menor crescimento relativo da altura em relação ao diâmetro, explica a pior forma dos indivíduos em relação aos demais (SCOLFORO; FIGUEREDO FILHO, 1998).

O efeito da densidade sobre a forma dos fustes de árvores foi analisado por Friedl (1989) o qual concluiu que a evolução da forma do fuste para uma forma cilíndrica tem relação positiva com o aumento da densidade do povoamento e com a diminuição do comprimento da copa das árvores.

Quanto ao desenvolvimento radial ou diamétrico, este varia significativamente entre e dentro das espécies arbóreas e de acordo com a idade, estação do ano e condições microclimáticas (HIGUCHI et al., 2003). O crescimento diametal da árvore individual é normalmente afetado pela densidade e, consequentemente, pelos desbastes. Seu comportamento determina o grau de aproveitamento da madeira, sendo, por isso, muito importante para o silvicultor (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008). Tal variável serve de parâmetro no planejamento e condução de povoamentos, caracteriza a evolução da floresta no tempo, apresentando comportamentos distintos em floresta homogênea equiânea e mista inequiânea. Em seu local de origem, no ambiente australiano, o eucalipto pode alcançar diâmetros acima de 50 cm, porém, em rotações de pelo menos 30 anos, resultando em significativo aumento dos custos (LEGGATE et al., 1998).

Quando obtido em inventários florestais, os diâmetros são divididos em classes, as quais descrevem a magnitude da floresta em área basal e a distribuição diamétrica da mesma. Segundo Machado e Figueiredo Filho (2003), a distribuição diamétrica caracteriza o tipo florestal ou estoque em desenvolvimento, servindo de base no planejamento da exploração de madeira e para a tomada de decisões quanto ao manejo florestal. A previsão da distribuição de diâmetros em povoamentos florestais é de grande importância para o planejamento, permitindo efetuar a prognose de multiprodutos da madeira (RENNOLLS et al., 1985) e simular desbastes. Souza et al. (1993) também puderam comparar as taxas de crescimento para todas as idades de um

povoamento, onde observaram maiores taxas de crescimento quanto maior a classe diamétrica, independente da classe de produtividade.

2.3 Densidade, competição e desbaste

A quantificação da produção de um povoamento é determinada pelo volume de madeira produzida por hectare, onde a competição por espaço, nutrientes e luz aparece como principal causa na diminuição das taxas de crescimento e aumento das taxas de mortalidade. Os espaçamentos iniciais determinam a projeção da competição e dos tratos silviculturais. Em plantios de eucalipto os espaçamentos medem em geral 2 x 2 até 3 x 3, sendo que para a produção de massa e papel as rotações variam de 7 a 12 anos, normalmente sem desbastes, por outro lado, para a obtenção de madeira para serraria as rotações oscilam de 10 a 20 anos, com intervenções de desbastes em intervalos de 3 a 5 anos e resultando na permanência de 100 a 200 árvores no corte final (LAMPRECHT, 1990).

A competição é consequência da maior densidade observada por área, podendo ser expressa nas formas absoluta e relativa (área basal, volume, número de árvores por hectare), conforme Scheneider (1993), representa o grau de aproveitamento do solo pelas árvores.

Segundo Avery e Burkhart (1994), as medições absolutas de densidade são determinadas diretamente, sem referência a outro povoamento qualquer, enquanto a densidade relativa baseia-se em uma selecionada densidade padrão. Também pode ser destacada como preditora da produção, sendo uma grandeza importante para a condução do crescimento diamétrico. A densidade do povoamento é o segundo fator em importância, depois da capacidade produtiva do sítio, para a determinação da produtividade de um local, sendo o principal fator silvicultural que possibilita ao manejador interferir no desenvolvimento da floresta direcionando a produção segundo o volume, qualidade da madeira e sortimento objetivo (SCHNEIDER, 1993).

Segundo Lamprecht (1990), em povoamentos de eucalipto destinados a produção de madeira comercial o espaçamento recomendado seria 2,0 m x 2,0 m, resultando num povoamento com densidade de 2500 árvores/ha. O mesmo autor indica a execução de

desbastes aos 7, 12 e 20 anos, com a manutenção de 1500, 1000 e 500 árvores após cada respectivo desbaste, sendo o corte final executado entre 25 e 30 anos.

Em relação à tamanho e qualidade da madeira, Sanquetta (2003), avaliou plantações de *Pinus* sp. e observou que nos povoamentos com menores densidades ocorre um significativo aumento no DAP e variáveis a ele relacionadas, porém, verificou também menor quantidade de fustes livres de galhos e, consequentemente, de nós.

Em povoamentos de eucaliptos normalmente verifica-se aumento de volume e biomassa com o aumento do grau de estocagem, porém ocorrem indivíduos com menores dimensões (SCHÖNAU; COETZEE, 1989). Para o autor o volume do povoamento aumenta significativamente até 1200 árvores por hectare, com menores incrementos subsequentes.

Em outra avaliação sobre o efeito da densidade, Carvalho (2003) constatou menores médias de diâmetro relacionadas às maiores densidades, em povoamentos de canafistula. Por outro lado, Reinstorf (1970) estudando a influência da densidade populacional no crescimento de *Pinus elliottii*, verificou maior produção em povoamentos de alta densidade quando comparados com povoamentos de menor densidade, e também, que a qualidade do sítio influencia a produção, pois sítios mais produtivos, para atingir todo o seu potencial, necessitam de um número maior de árvores por unidade de área do que os sítios menos produtivos.

Em povoamentos de *Eucalyptus saligna*, implantados com 1495 árvores por hectare e avaliados sob diferentes graus de desbaste, Cassidy et al.(2012) encontraram maiores volumes individuais por fuste com a manutenção de 87, 125 e 250 árvores ha⁻¹. Nos tratamentos com manutenção de 125 árvores por hectare, os indivíduos do povoamento remanescente com DAP entre 50,0 cm e 59,0 cm, representavam 17% e 67% do total, aos 26 e 36 anos de idade.

No estabelecimento do plantio, para diferentes índices de densidade, o efeito da competição e a taxa de mortalidade são mínimos, porém, como consequência do crescimento, a competição e a taxa de mortalidade atingem seu valor máximo, momento em que ocorre a redução do volume e da área basal do povoamento (RENNOLS; PEACE, 1986). Neste sentido Silva (1990), afirmou existir uma tendência de aumento da mortalidade em plantios mais densos. Em melhores sítios, onde se observam as maiores taxas de crescimento, o efeito da mortalidade pode ser retardado com a execução do

plantio em maiores espaçamentos, pois a competição entre as copas, resultado do fechamento do dossel, não ocorre de imediato (BOTELHO, 1997).

Maiores espaçamentos iniciais também precisam ser devidamente avaliados, pois, na teoria, os povoamentos em espaçamentos amplos permanecem subestocados até que as copas e os sistemas radiculares se fechem, havendo, portanto, perda de produção devido ao maior espaço de tempo entre o estabelecimento do plantio e a plena ocupação da área, mesmo que no final a produção volumétrica seja a mesma (SILVA, 2009).

Avaliando o efeito do espaçamento sobre a copa e o povoamento de *Eucalyptus nitens*, Pinkard e Nielsen (2003) constataram que o volume médio das árvores individuais diminuiu de 0,31 m³ para 0,15 m³ de uma densidade de 500 para 1667 fustes por hectare, respectivamente. O volume do fuste por árvore foi substancialmente maior nos menores graus de estocagem.

Quando iniciado o processo de competição, a copa passa a ser diretamente afetada e, considerando que a mesma é o órgão responsável pela fotossíntese e que sua dimensão determina o crescimento do fuste da árvore, o resultado desta concorrência entre as copas aparece como um déficit na taxa de crescimento (SPIECKER, 1981).

Durlo (2001) afirma que a concorrência é o elemento determinante quanto à posição sociológica que uma árvore ocupará no extrato da floresta, pois, o fechamento do espaço aéreo pelas copas acarretará no processo de diferenciação entre as classes sociológicas, com alguns indivíduos se sobressaindo do dossel da floresta, e outros sendo dominados por seus vizinhos. Segundo Botelho (1997), a porcentagem de árvores dominadas e mortas aumenta com a idade, resultado do aumento da competição entre as mesmas. Conforme Baldwin et al. (2000), em povoamentos mais densos, com maiores índices de competição, as árvores tendem a ser mais cilíndricas, pois com o aumento da concorrência, os anéis de crescimento vão aumentando em largura da base para o topo da árvore. As vezes esta relação pode ser o dobro.

A densidade populacional pode ser determinada por diferentes métodos, sendo que um dos primordiais foi o método ocular, neste, os primeiros técnicos florestais europeus consideravam a máxima densidade como equivalente do máximo crescimento e faziam as estimativas oculares da densidade pelo dossel de copas e o desenvolvimento geral de copas (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

Spurr (1952) comenta que o número de árvores por unidade de área poderia ser um bom método preditor da densidade se combinado com uma variável que indicasse a idade do povoamento, como por exemplo, o diâmetro médio ou a altura total.

Considerando a análise de povoados equiâneos, Schneider (1993) afirma que a área basal total da floresta é função do diâmetro médio das árvores e da densidade populacional, sendo que maiores densidades acarretam valores maiores de área basal até o momento em que o povoamento entra em competição. Este fato resulta na redução do incremento diamétrico e por consequência do incremento em área basal.

Spurr (1952) cita que a área basal pode dar uma ideia sobre toda a densidade, mas sem esclarecer se o povoamento em questão é composto por muitas árvores pequenas ou um menor número de grandes árvores. O autor considera que a solução para a dúvida pode ser obtida se a área basal for desmembrada pelo diâmetro da árvore de área basal média ou pelo número de árvores por unidade de área.

Hart-Becking (1953) propôs um índice de densidade baseado no conceito de que uma árvore de determinada idade deveria ter suficiente espaço para seu diâmetro de copa. O índice de Hart-Becking, também conhecido como índice de espaçamento relativo (S%), é definido a partir da variável altura dominante, que manifesta a produtividade do sítio, e espaço médio entre as árvores do povoamento.

Em uma avaliação sobre a eficiência do S% na predição de desbastes, Finger e Schneider (1999) observaram, em povoados de *Eucalyptus grandis*, uma relação positiva entre o S% e a altura dominante, para qualquer área basal mantida após o desbaste. Os autores comprovaram a eficiência do S% na predição de desbastes, obtendo diminuição da magnitude do S% com o aumento da área basal mantida após o desbaste, para uma mesma altura dominante.

O S% corresponde a um determinado tratamento do povoamento, sendo obtido pela seguinte fórmula, proposta por Hart-Backing (1953):

$$S\% = EM / h_{100} \cdot 100,$$

Sendo: S% = índice de Hart Becking; EM = espaçamento médio entre as árvores; h_{100} = altura dominante.

O índice de espaçamento relativo, de grande aplicação em povoamentos florestais, estima o espaço necessário para o desenvolvimento de uma árvore, com dimensão estabelecida pela altura dominante, sendo utilizado como ferramenta na orientação de planos de desbaste, por meio do índice de espaçamento desejado (S%).

FISHWICK (1975) avaliando a utilização do S% em povoamentos de *Pinus elliottii* observou máxima produção em área basal aos 8 e 9 anos de idade, quando S% alcançou 12%. O autor citou também que quando S% = 16%, ocorreu severa competição entre as árvores e 25% implica em perda do incremento potencial, concluindo que um desbaste que eleve o S% para 21% é o recomendado para povoamentos em idade de primeiro desbaste. Também Sheeren et al. (2004) avaliando os efeitos de diferentes S% sobre a produção de povoamentos de *Eucalyptus saligna* Sm. observaram que o volume individual dos tratamentos com desbaste, em relação ao volume individual da testemunha, aumentou consideravelmente nos tratamentos com maior peso de desbaste, atingindo um aumento de até 168% no tratamento com desbastes mais pesados (S% = 33). Os autores também verificaram que nos tratamentos desbastados, a diferença máxima ocorreu entre o tratamento com desbaste mais leve (S% = 16) e mais pesado (S% = 33), chegando-se a uma diferença de 66% em volume individual.

Em estudo realizado em povoamento de *Eucalyptus grandis* com 189 meses de idade, foi encontrada menor perda de produção, em torno de 15,4%, em tratamentos com menor peso de desbaste e manutenção de 60% da área basal da testemunha. Por outro lado, o tratamento com maior intensidade de desbaste e manutenção de 40% da área basal da testemunha, a perda de produção chegou a 29,2% (SCHNEIDER et al., 1998). Em avaliação de povoamento de *Eucalyptus saligna* Sm. os resultados obtidos em experimento indicaram a manutenção de índices de espaçamento relativo entre 16% e 23%, por ocasionarem menor perda de produção total e ganho significativo em diâmetro médio (DAP). Na mesma ocasião, os tratamentos com desbastes apresentaram ganho significativo no diâmetro médio em relação à testemunha sem desbaste, sendo esse ganho de 30% para o tratamento com desbastes mais leves (S% = 16), chegando até 72,8% para o tratamento com desbastes mais pesados (S% = 33) (SCHEEREN et al., 2004).

A densidade populacional também pode ser controlada de forma quantitativa, onde ações de desbaste, com intensidade pré-definidas, modificam a condição do povoamento, pura e simplesmente pela porcentagem de extração. Os desbastes são a

principal ferramenta do silvicultor para direcionar a produção final e, independentemente da maneira como é definida sua abrangência, são orientados de acordo com as características do povoamento e o objetivo da produção (FINGER; SCHNEIDER, 1999).

De maneira simples a ação de desbaste é entendida como a extração de indivíduos com características não desejáveis (EVANS, 1984) e tem a finalidade de proporcionar melhores condições de crescimento, obtendo maiores taxas de incremento nas árvores do povoamento remanescente (SCHULTZ, 1969). De acordo com Forrester et al. (2009), povoamentos de eucalipto cultivados para a produção de madeira sólida são geralmente estabelecidos com 1000 a 1500 árvores por hectare. Os autores citam que os desbastes influenciam as futuras distribuições de tamanho e os produtos fornecidos pelo povoamento, logo, os desbastes são também definidos pela demanda do mercado.

Em geral os desbastes em eucalipto devem ocorrer mais cedo e ser pesados o suficiente para eliminar as árvores suprimidas e as de pior forma (SCHÖNAU; COETZEE, 1989). Os mesmo autores verificaram que as respostas do incremento em diâmetro (dap) para várias práticas de desbaste são baixas, sendo mais limitadas ainda para a altura média.

As ações de desbaste são definidas a partir da situação atual e da dinâmica sucessional do povoamento, sendo que o objetivo das intervenções pode ser o de estimular a regeneração natural da floresta (talhadia simples), com a manutenção das espécies objetivo, como também, simplesmente concentrar maiores volumes de madeira nos melhores indivíduos (alto fuste) (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2009).

Ferreira et al. (1998), avaliando o efeito dos desbastes sobre a taxa de crescimento em diâmetro, em uma floresta semidecidual secundária de transição com o cerrado, no sudeste do Brasil, verificou um aumento na taxa de incremento das árvores remanescentes, e também, um aumento no número de árvores que ingressaram nas maiores classes de diâmetro no povoamento.

Segundo Schneider (1993), os desbastes permitem aumentar o espaço disponível a cada árvore, propiciando o desenvolvimento equilibrado da copa e do sistema radicular e elevando a produtividade comercial dos sortimentos desejados devido ao aumento da dimensão das toras. Seu peso e ciclo devem ser determinados a partir da caracterização técnica e econômica de cada seção da floresta, pois uma intervenção mal

executada pode comprometer a produção futura, levando, inclusive, à perda de produtividade.

A explicação para este prejuízo na produtividade explica-se pelo fato de que as árvores possuem uma capacidade limitada de utilizar todo o espaço que lhes é oferecido no interior do povoamento (BERTOLOTI et al., 1983), e também, que para cada sítio, espécie e idade serão encontradas diferentes taxas de crescimento após o desbaste.

A escolha da intensidade e intervalos apropriados de desbaste leva a diâmetros maiores e à melhoria da qualidade de madeira sem perdas significativas de volume. Ainda avaliando os efeitos dos desbastes sobre os povoamentos, verificou que as árvores remanescentes aumentavam rapidamente o incremento, devido ao melhor aproveitamento dos fatores ambientais, e denominou esta observação como efeito de aceleração do crescimento (ASSMANN, 1970).

Em povoamentos de *Corymbia citriodora* não desbastados, Bergemann et al. (1995) identificaram que a altura média das 5 maiores árvores foi de 20,95 m e 26,24 m, aos 7 e 14,5 anos, respectivamente. Nos mesmos povoamentos, em parcelas submetidas a desbastes de 80% de intensidade, a altura aos 7 anos foi de 22,32 m e aos 24,5 anos foi de 28,54 m. A variável diâmetro (DAP) foi definida pela média aritmética, sendo encontrado o menor valor de 11,8 cm, aos 7 anos, em parcelas sem desbaste, e o maior valor de 24,8 cm, aos 14,5 anos, em parcelas com intensidade de desbaste de 90%.

Avaliando a funcionalidade dos desbastes sobre a forma das árvores, deve-se considerar que no estabelecimento do povoamento, quando as árvores não sofrem concorrência, as maiores taxas de incremento são observadas na base das árvores, estas apresentando então formas mais cônicas (ANDRADE et al., 2007). Avaliando povoamentos de *Pinus taeda* manejados sob regime de alto fuste, Nogueira et al. (2008) observaram que maiores espaçamentos iniciais resultam em maior conicidade das árvores, em relação aos menores espaçamentos. Considerando a forma do fuste entre as diferentes classes de copa, verifica-se, em geral, formas mais cônicas com o aumento da classe, efeito explicado por menores índices de concorrência.

As árvores dominantes, que crescem livre de concorrência, normalmente apresentam uma copa mais vigorosa e maior conicidade na forma (FIGUEIREDO FILHO, 1991). Neste sentido, Friedl (1989) analisando o efeito da densidade sobre a forma dos fustes das árvores, observou que maiores densidades associadas a menores comprimentos de copa resultam em fustes com formas mais cilíndricas. Com o passar do

tempo e aumento da concorrência, os incrementos vão se deslocando para as porções superiores do fuste, logo, estes indivíduos gradativamente vão alterando sua forma, tornando-se mais cilíndricas.

Em geral, árvores com menor índice de concorrência possuem maior conicidade nos fustes, de forma que, com o decréscimo da classe de copa e consequente aumento da concorrência, há uma melhora na forma das árvores, efeito explicado pelo menor crescimento relativo da altura em relação ao diâmetro, nas árvores dominantes, observado por Scolforo e Figueiredo (1998). Em plantios mais adensados, as árvores tendem a ser mais cilíndricas (BALDWIN et al., 2000).

Os desbastes executados em povoamentos homogêneos equiâneos ou mistos inequiâneos, além de todas as particularidades até agora discutidas, diferem entre si segundo o sistema de silvicultura aplicado, o qual é definido de acordo com a finalidade da produção final. Os sistemas silviculturais definem o processo de condução da floresta, exploração e regeneração, estabelecendo diferentes regimes de manejo, de acordo com o produto final objetivo (MATTHEWS, 1996).

O crescimento de árvores individuais em resposta aos desbastes geralmente é maior à medida que aumenta a intensidade do desbaste, apesar de haver uma intensidade acima da qual o desbaste não conduzirá a aumento de crescimentos das árvores para o corte final (FORRESTER et al., 2009).

BEIG (1991) recomendou espaçamentos maiores que 3,0 m x 1,5 m para plantios de *Eucalyptus* sp. manejados para a produção de madeira serrada, de forma a atrasar o ponto inicial de concorrência, tendo o autor então realizado experimento onde o primeiro desbaste ocorreu aos 3 anos.

Em floresta homogênea equiânea o sistema silvicultural aplicado com o objetivo de produzir toras com grandes diâmetros, retilíneos, livre de nós, e consequentemente, de maior valor agregado, desenvolve-se com ações de desbaste seletivo. Segundo Sixel (2008), a produção de madeira com alto valor agregado é possível quando a floresta é manejada adequadamente, através das práticas de desrama e desbaste. Nestes povoamentos, em geral, a produção é direcionada para sortimentos para serraria e postes, e o objetivo da produção define os espaçamentos iniciais, os quais refletirão diretamente no número de ações de desbaste necessárias.

Em povoamentos de *Eucalyptus urophylla* a avaliação do efeito do espaçamento sobre o comportamento da floresta teve como resultado, aos 49 meses de idade, a

obtenção de maiores alturas das árvores em espaçamentos mais reduzidos (3,0 m x 2,0 m), devido à maior competição entre as árvores e consequente busca por luz (ASSIS et al., 1999). Beig (1991), considerando a primeira ação de desbaste, em povoamento com produção para serraria, recomendou espaçamento de plantio maior que 3,0 m x 1,5 m, de forma a atrasar o ponto inicial de concorrência. Como o objetivo das intervenções é a direcionar os incrementos para um menor número de árvores, recomenda-se a aplicação de desbastes por baixo, ou seja, a seleção das árvores a serem retiradas deve priorizar os indivíduos dominados e que apresentem pior forma e sanidade.

A intervenção feita desta forma acarretará em maiores diâmetros médio e máximo no povoamento remanescente, quanto maior o número de árvores desbastadas, como observaram Campos e Turnbull (1981) em povoamentos desbastados de *Pinus patula*. Por outro lado, para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, Bertoloti et al. (1983) observaram que os desbastes permitiram duplicar ou triplicar o número de indivíduos com diâmetro superior a 25 cm, em relação à testemunha, porém, sem alterações na produção volumétrica total. Sobre isto Schönauf e Coetze (1989), o primeiro desbaste deve ser cedo e pesado, para eliminar árvores dominadas e de forma ruim, embora isto não possa ser generalizado para qualquer situação de manejo.

Ferreira et al., (1986), manejando florestas de *Eucalyptus saligna* para a produção de madeira para serraria, através do sistema de árvores remanescentes, identificou que até a idade de 15 anos não ocorreu competição entre árvores remanescentes, mesmo para tratamentos com permanência de 200/ha, também constatou que houve forte interferência das árvores remanescentes no desenvolvimento da brotação adjacente com o aumento do número de árvores remanescentes/ha, e concluiu que o sistema aplicado não é adequado para sítios de baixa capacidade produtiva.

Schonau apud Bertolani (1976), considerou que para um manejo econômico para serraria, o índice de sítio deve ser maior ou igual a 32. Nestes sítios, em espaçamento de plantio de 2,74 x 2,74m, o primeiro desbaste deve ocorrer antes dos cinco anos, quando se deseja a otimização de produção em volume.

2.4 Capacidade produtiva dos Sítios Florestais

O termo sítio é aplicado a um local que possui características físicas e ambientais consideradas homogêneas. Na área florestal, o termo sítio é usualmente utilizado para referir-se a um local que pode sustentar, com certo potencial, uma determinada taxa de incremento (SKOVSGAARD; VANCLAY, 2008). Davis (1966) citou a definição de sítio dada pela Sociedade Americana de Engenheiros Florestais, como uma área considerada segundo os seus fatores ecológicos em relação à sua capacidade de produzir florestas ou outra vegetação sob a combinação de condições biológicas, climáticas e edáficas.

Essa capacidade pode ser expressa de modo empírico (alta, média e baixa), ou por meio de índices quantitativos, como as curvas de índices de sítio. Para Carmean (1970), o índice de sítio é uma expressão da qualidade do local baseada na altura das árvores dominantes e codominantes em uma determinada idade índice. Para o estabelecimento desta idade, recomenda-se o uso da idade de rotação ou uma idade próxima a esta.

Segundo Schneider (193), entre os principais objetivos da avaliação da qualidade de sítio pode-se destacar: estimativa do rendimento global dos povoamentos; planejamento e execução de trabalhos de pesquisa, por exemplo, desbaste; programação e execução de trabalhos de manutenção das plantações existentes e; execução da classificação da qualidade do sítio em áreas a serem plantadas, para seleção adequada de espécies.

As curvas de índice de sítio constituem-se atualmente no método mais prático e difundido para classificar a produtividade florestal, uma vez que utiliza uma variável (altura dominante) que é a resposta aos fatores ambientais inter-relacionados, sendo altamente correlacionada com a produção volumétrica, sofrendo pouca influência dos tratamentos silviculturais e da competição (TONINI et al., 2002).

Na classificação de índices de sítio, a altura dominante é a variável dendrométrica que melhor se enquadra aos requisitos propostos por Burger (1976), que são: facilidade de determinação a campo; possuir boa correlação com a produção volumétrica; indicar a qualidade do sítio para todas as idades do povoamento; ser independente da densidade do povoamento. Esse último requisito explica a preferência do uso da altura dominante ao invés da altura média do povoamento, uma vez que a altura média pode ser alterada

não somente pelo crescimento, mas também pelo desbaste por baixo, sem que haja uma melhoria da qualidade do sítio.

Diversas são as definições de altura dominante presentes na literatura, sendo que a definição mais usual no meio florestal é a altura média das cem árvores mais grossas por hectare (h_{100}), proposta por Assmann (1970).

Os povoamentos eleitos a fim de que se possa utilizar a altura dominante como indicadora das condições de sítio, devem atender aos seguintes pré-requisitos, conforme Girardin e Broquen (1995): a população a ser amostrada não deve encontrar-se no estado juvenil de crescimento, pois, nesse estágio, o crescimento é muito variável e pode ser afetado por outros fatores que não a qualidade do sítio; as densidades não devem ser extremas, devendo estar entre 900 e 2500 árvores por hectare, de forma que garanta que não afetem a altura dominante; práticas silviculturais que tenham removido árvores dominantes não devem ter sido realizadas e; o estado sanitário deve ser bom, e as árvores dominantes não podem ter sofrido danos severos.

Segundo Clutteret al. (1983) os dados para o desenvolvimento de equações de índice de sítio são obtidos basicamente de três fontes: medições de alturas em parcelas temporárias; medições de alturas em parcelas permanentes; reconstrução da relação altura/idade para árvores individuais mediante técnicas de análise de tronco.

Parcelas temporárias são locadas na população de interesse e a altura de árvores apropriadas em uma determinada idade são medidas em cada parcela. Esse método é considerado o mais barato de obtenção de dados para a confecção de curvas de índice de sítio, porém, o uso destes dados envolvem o pressuposto que todos os índices de sítio estão representados em todas as classes de idade, o que geralmente é falso, pois sítios bons produzem volume mais rapidamente do que sítios ruins e, portanto, atingem um determinado volume mais cedo, o que implica em uma rotação mais curta e uma super-representação dos piores sítios nas maiores classes de idade (TONINI et al., 2002).

As remedicações de parcelas permanentes e a análise de tronco proporcionam dados com praticamente a mesma qualidade, sendo que a análise de tronco apresenta a vantagem de disponibilizar os dados imediatamente, o mesmo não acontecendo com as parcelas permanentes onde os dados ficam disponíveis somente após um determinado período de tempo a partir da instalação das parcelas (CLUTTER et al., 1983).

O emprego da altura dominante como expressão da qualidade do sítio pode, segundo o método amostral que for usado para a obtenção dos dados, definir dois tipos

de curvas: as curvas monomórficas e as polimórficas. Para Davis e Johnson (1987), curvas monomórficas se caracterizam por apresentar um crescimento em altura relativo e constante para todos os sítios, permitindo que todas as curvas sejam paralelas entre si. Já nas curvas polimórficas, se tem uma curva com forma específica para cada índice de sítio.

Para se elaborar curvas do tipo monomórficas ajusta-se uma única função para todo conjunto de dados, obtendo-se uma curva guia. Após, é adicionado uma série de curvas paralelas, com intercepto variável, acima e abaixo deste, as quais têm a mesma forma, diferindo somente em amplitude por uma porcentagem fixa (ALDER, 1980; CLUTTER et al., 1983).

Para curvas polimórficas, segundo Clutter et al. (1983), o processo de construção exige medições repetidas em intervalos de tempo sucessivos (parcelas permanentes), ou através de análise de tronco de espécies que apresentam anéis de crescimento visíveis. Com estes dados ajusta-se uma função para cada árvore, sítio natural ou parcela amostrada.

Segundo Cieszewski e Bella (1989), os modelos lineares são menos flexíveis e geralmente requerem um grande número de parâmetros para descrever os dados. Já os modelos não lineares são mais flexíveis e podem ter base biológica. Para Selle (1993), entre os mais utilizados estão os de Prodan, Backman e Richards (com dois e três coeficientes).

2.5 Distribuição de frequência

A utilização de funções para estimativa presente e futura da distribuição são imprescindíveis para definir antecipadamente estratégias de manejo, sendo possível desta forma, prognosticar o crescimento e a produção florestal para o total ou para sortimentos madeireiros (SCOLFORO; THIERSCHI, 1998).

Modelos de distribuição diamétrica, vinculados com outras fontes de informação como tabelas de produção e modelos de taper derivados para cálculos de volumes por secção do fuste permitem calcular o volume florestal por sortimentos e possibilitam cálculos de estimativa de desbastes (BURKHART et al., 1981). Conhecendo o volume dos

povoamentos por sortimentos e classe de diâmetro ajustados no tempo é possível fazer avaliações econômicas de diferentes simulações de manejo.

Esta função de densidade foi desenvolvida por Fisher e Tippet(1928), e posteriormente usada por Weibull,(1939), na resistência de materiais. Na área florestal foi aplicada pela primeira vez em um trabalho de simulação de distribuições diamétricas por Bailey e Dell(1973). A distribuição Weibull é comumente parametrizada como uma função de densidade de probabilidade (f.d.p.) com a expressão de três parâmetros como segue:

$$f(x) = \left(\frac{\beta}{\sigma}\right) * \left(\frac{x - \alpha}{\sigma}\right)^{\beta-1} * \exp\left[-\left(\frac{x - \alpha}{\sigma}\right)^\beta\right]$$

Onde:

α = parâmetro que indica posição inicial da distribuição, o diâmetro mínimo.

σ = valor de escala.

β = valor de forma da distribuição.

X = variável aleatória observada.

F(x) = freqüência por unidade de área.

A distribuição de Weibull pode ser utilizada com dois parâmetros, neste caso o parâmetro de posição não é utilizado e a função é assim descrita:

$$f(x) = \left(\frac{\beta}{\sigma}\right) * \left(\frac{x}{\sigma}\right)^{\beta-1} * \exp\left(-\left(\frac{x}{\sigma}\right)^\beta\right)$$

O parâmetro de forma deve ser entendido como a inclinação da distribuição ou seja, a inclinação da linha de um gráfico de probabilidade. Alguns valores do parâmetro de forma farão com que a distribuição de densidade de probabilidade de Weibull assuma outras formas, a citar por exemplo, quando $\beta=3,6$ a f.d.p. passa a descrever uma forma normal. O parâmetro β é um número puro, adimensional. A variação no parâmetro da escala (σ) tem o mesmo efeito na distribuição que uma mudança na escala da abscissa. Desta forma, aumentando o valor da escala, mantendo constante o valor da área sob a curva e o valor de forma, o pico da curva de f.d.p. diminuirá, pois a curva esticará para o lado. O valor da escala possui a mesma unidade da variável em estudo (THE MAGAZINE FOR THE RELIABILITY PROFESSIONAL, 2005, p. 1-7).

2.6 Estruturação da produção florestal

O estudo de produção compreende a análise da relação entre alguma medida de produção do povoamento por unidade de área (volume e/ou peso, usualmente) como variável dependente e variáveis que descrevam a condição do povoamento (idade, densidade e qualidade do sítio), como variáveis independentes (SPURR, 1952), sendo o uso de tabelas de produção, organizadas por idade e índice de sítio, a forma mais tradicional de estruturar a produção florestal (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

De acordo com Scolforo (1998) a tabela de produção nada mais é do que a apresentação tabelar da característica de interesse, normalmente volume ou peso, por unidade de área, em função da idade, sítio e uma medida de densidade.

As primeiras tabelas de produção que forneciam os volumes médios de povoamentos em várias idades, crescendo em vários sítios, foram desenvolvidas na Europa, particularmente na Alemanha, no final do século XVIII (SPURR, 1952).

Nos Estados Unidos (EUA), as tabelas de produção do tipo normal e empírica foram muito utilizadas como instrumentos de planejamento florestal até que Mackinney e Chaiken (1939) introduziram a técnica de regressão múltipla no meio florestal. O advento desta, e de outras técnicas em computadores, possibilitaram o ajuste de modelos em forma de equações ou sistemas de equações lineares (SANTANA, 2008).

As tabelas de produção do tipo normal são de dupla entrada, onde o volume por unidade de área é função da idade e do sítio, fornecendo estimativas do crescimento líquido e da produção de povoamentos puros de mesma idade e completamente estocados (SCOLFORO, 1998).

As tabelas de produção empíricas baseavam-se em dados de unidades amostrais coletadas em área de estoque médio, sendo a prognose expressa para densidade média do povoamento (HUSCH et al., (1983).

De acordo com Schneider e Schneider (2008), a estrutura da tabela de produção depende de manejo empregado na condução do povoamento. Num povoamento manejado em sistema de alto fuste, portanto, com desbaste, a tabela de produção deve ser estruturada para o povoamento remanescente ou atual, desbastes e produção total. Para povoamentos manejados só em corte raso, ou seja, com densidade completa, o próprio estoque real representa a produção total.

Para a obtenção das tabelas de produção são efetuados uma série de cálculos, onde cada variável estimada através das equações de regressão, é diretamente relacionada a outra(s) variável(eis) de fácil medição, determinada(s) previamente, sendo a variável de partida a altura dominante, por representar o comportamento dos sítios florestais.

2.7 Sortimento florestal

O conceito de multiprodutos (sortimentos) florestais, segundo Soares et al. (2003b), advém da possibilidade de se extrair de um mesmo fuste de uma árvore, madeira para laminação, serraria, fabricação de papel e celulose e, ainda, aproveitar os resíduos da madeira para fabricação de chapas de fibras e geração de energia, entre outros produtos, sendo essa, provavelmente, a opção que apresente maior possibilidade de remuneração do produto advindo de povoamentos florestais.

A variedade de sortimentos produzidos nas florestas depende, principalmente, do regime de manejo ao qual a floresta foi ou está sendo submetida, ao tipo de intervenção silvicultural e é consequência direta das decisões de médio e longo prazo que os administradores da produção tomaram no passado (ARCE, 2000). Assim, o emprego de técnicas silviculturais mais apuradas, possivelmente com rotações mais longas, com a aplicação de podas e desbastes, permitirá a produção de toras de melhor qualidade, apropriadas a múltiplos usos.

Segundo Arce (2000), a avaliação prévia do sortimento por classes diamétricas nos plantios florestais permite, em determinadas circunstâncias, planejar os tipos de produtos a serem obtidos de maneira a otimizar o valor econômico da madeira em pé. Para Bailey e Dell (1973), a distribuição dos diâmetros é a ferramenta mais poderosa para analisar a estrutura de um povoamento florestal. Quando a distribuição diamétrica está associada a uma função hipsométrica e outra de afilamento é possível estimar a produção de produtos florestais por classe diamétrica.

2.8 Forma de tronco

O afilamento do fuste das árvores pode ser definido como o decréscimo natural do diâmetro ao longo do tronco em direção ao ápice. Essa redução do diâmetro, também conhecida como forma do fuste ou “*taper*”. Segundo Schneider (1993), varia com a espécie e em função de vários fatores, como o sítio, a densidade do povoamento, a intensidade do vento que age sobre a copa das árvores e as intervenções silviculturais aplicadas aos povoamentos, como os desbastes e as desramas.

A forma do fuste também varia com a idade, quer como um fenômeno evolutivo natural, ou como resultado das várias fases de concorrência relativas às árvores vizinhas (LARSON, 1964). Nas idades jovens a mudança da forma é bastante rápida, enquanto que nas idades avançadas a forma das árvores muda lentamente tendendo a estabilizar. A taxa de mudança de forma da árvore devido à idade pode variar entre as diferentes classes de copas ou posições sociológicas dentro do mesmo povoamento (FRIEDL, 1989).

De acordo com Scolforo e Figueiredo Filho (1998) a conicidade das árvores tende a ser menor nas idades mais adultas. Esses mesmos autores afirmam que, muitas vezes, árvores jovens, de crescimento livre, têm longas copas e consequentemente forte afilamento; e quando em competição sua copa tende a reduzir, o tronco livre tende a aumentar logo cedo, melhorando a forma do tronco principal.

Outras influências na distribuição natural do incremento ao longo do fuste podem ser causadas pela poda, adubação e mesmo pelos poluentes. De acordo com Kramer (1988), a poda verde alta e a ação dos poluentes irão influenciar negativamente o crescimento mais na porção inferior do tronco do que junto à copa. Já a adubação deslocará o incremento em diâmetro mais para a parte da base da árvore.

O espaço vital é a única variável, dentre as que atuam sobre o crescimento em diâmetro, que pode ser controlada eficientemente pelo silvicultor, desempenhando função importante na qualidade e no valor da matéria-prima produzida nos povoamentos sob manejo adequado (SCHNEIDER, 1993). Árvores que crescem em espaçamento aberto ou árvores emergentes apresentam maior incremento em diâmetro nas partes inferiores do tronco, diminuindo esta taxa ao longo do mesmo à medida que aumenta a altura de observação. Por conseguinte são gerados troncos de base maior e

de maior estabilidade. Ao contrário, quando o povoamento fecha o dossel e as copas concorrem entre si, o máximo incremento se desloca para cima, dando origem a troncos com tendência cilíndrica (ASSMANN, 1970).

Segundo Husch et al. (1993), os fustes de árvores no sentido base-ápice se assemelham a sólidos geométricos do tipo neilóide, parabolóide ou cones. Contudo, ao considerar o fuste da árvore como um todo, raramente eles apresentam algumas dessas formas geométricas em seu todo. Para Assmann (1970), os fustes, tanto de coníferas como de folhosas, diferem sua forma ao longo do mesmo do seguinte modo:

a) A base do tronco é convexa ao eixo longitudinal, com um ponto de inflexão variável em função da espécie, o qual se assemelha a um sólido geométrico do tipo neilóide;

b) A partir desse ponto de inflexão até a base da copa compreendendo a seção mediana do fuste, o traçado apresenta-se côncavo ao referido eixo. Em coníferas essa porção do tronco poderia ser descrita por um parabolóide, enquanto que nas folhosas, uma parte dessa seção seria parabolóide e a parte terminal até a base da copa seria descrita por um tronco de cone;

c) A parte terminal das coníferas, que vai da base da copa até o ápice, apresenta seção levemente côncava ao eixo da árvore, podendo ser representado por um parabolóide quadrático ou cone.

Na prática, ao considerar que os fustes das árvores são compostos por vários sólidos, torna-se difícil a determinação dos pontos de transição ou limites desses sólidos ao longo do fuste. Contudo, para Figueiredo Filho et al. (1996) apresentam grande valor teórico, uma vez que, são utilizados na definição de expressões matemáticas que descrevem a forma do fuste.

2.8.1 Modelos de forma de tronco

A necessidade de boas estimativas de volumes comerciais nos cultivos florestais e a importância de direcionar a matéria-prima para multiusos tem despertado o interesse pelo uso de modelos de afilamento, uma vez que, para Husch et al. (1993), essas funções ou modelos de afilamento são ferramentas valiosas para estimar o diâmetro para

qualquer altura do tronco, a altura comercial relativa a um diâmetro mínimo, bem como estimar o volume parcial ou total do fuste, via integração da área das seções do tronco.

No mesmo sentido, Soares (2002) salienta que o uso de equações de afilamento em inventário e planejamento florestal resulta em informações sobre o número de toras vinculadas às dimensões mínimas de cada produto a ser obtido do povoamento, permitindo um planejamento de produção e logística de transporte e comercialização de madeira. Dessa forma, ao contabilizar receitas e custos em cada alternativa de conversão de árvores em produtos florestais, pode-se determinar a de maior retorno financeiro.

Segundo Lima (1986), vários são os modelos de afilamento utilizados. O melhor ou o pior desempenho desses modelos está na dependência das características da população para a qual se pretende empregá-los e das pressuposições básicas para as quais foi desenvolvido o modelo. Dentre os vários tipos de modelos existentes, merecem destaque os modelos polinomiais, os sigmoidais e os compatíveis.

Nos modelos polinomiais são empregadas técnicas de regressão no ajuste dos modelos, em que normalmente a variável dependente é dada pela razão entre os diâmetros superiores e o diâmetro medido a 1,30 m do solo (di/dap). As variáveis independentes são expressas, principalmente, por razões de alturas comerciais e totais (hi/h). Pode-se citar como modelos polinomiais mais difundidos no meio florestal o polinômio do 5º grau proposto por Schöepfer (1966), o modelo de Kozak et al. (1969) e o polinômio de potências inteiras e fracionárias proposto por Hradetzky (1976).

Os modelos sigmoidais são fundamentados no fato das funções permitirem pontos de inflexão, bem como apresentarem característica de grande flexibilidade no ajuste dos dados observados de diferentes relações biológicas. Rios (1997) salienta que os modelos sigmoidais utilizam transformações de variáveis de modo que o modelo se assemelhe à forma natural dos fustes. Trata-se de expressões que geram um perfil semelhante a uma curva sigmoidal. Dentre os mais conhecidos, destacam-se os modelos sigmoidais de Ormerod (1973) e de Biging (1984).

Já os modelos compatíveis são assim chamados em razão da compatibilidade nas estimativas entre equações de afilamento do fuste e equações de volume. A compatibilidade é verificada integrando-se as áreas seccionais ao longo do fuste, produzindo estimativas semelhantes àquelas obtidas pela equação de volume, da qual a equação de afilamento foi derivada. Um procedimento compatível com as equações de volume de Shumacher e Hall (1933) foi desenvolvido por Demaerschalk (1972).

Todos esses modelos de afilamento já citados são classificados como não-segmentados, sendo que podem ser encontrados ainda os modelos ditos segmentados, ou seja, são modelos que representam cada porção do tronco por uma função polinomial, em vez de representá-lo por um único modelo. Dentre esses, destacam-se os modelos segmentados de Max e Burkhart (1976), Parresol et al. (1987) e Clark et al. (1991).

Diversos trabalhos com o intuito de avaliar a forma do fuste do gênero *Eucalyptus* já foram realizados no Brasil. Em estudo desenvolvido por Schneider et al. (1996) com *Eucalyptus grandis* no Rio Grande do Sul, verificaram que o polinômio do 5º grau (Schöepfer) foi, entre as equações de forma de tronco testadas, o que apresentou melhor precisão estatística e permitiu estimar o número de toras e o volume relativo dos sortimentos de madeira da espécie.

Ferreira (1999), ao estudar a forma dos fustes de *Eucalyptus cloeziana*, comparou a acuracidade de oito modelos polinomiais segmentados e não-segmentados para estimar o diâmetro ao longo dos fustes. Como resultados, o modelo mais acurado foi o de Clark et al. (1991), seguido pelo modelo segmentado de Max e Burkhart (1976) e pelo modelo proposto por Hradetzky (1976).

Mendonça et al. (2007), ao avaliar funções de afilamento visando a otimização de fustes de *Eucalyptus* sp. para multiprodutos, verificou que o modelo de Ormerod foi o que apresentou melhores estimativas de volume e o modelo de Schöepfer obteve melhores resultados de altura.

Miguel et al. (2011) avaliando a acuracidade dos modelos polinomiais propostos por Schöepfer (1966), Kozak et al. (1969) e Hradetzky (1976), para estimativa de diâmetros e volumes ao longo do fuste de *Eucalyptus urophylla*, em plantio localizado no estado do Goiás, verificaram que o modelo proposto por Hradetzky (1976) gerou as melhores estatísticas para a estimativa dos diâmetros ao longo do fuste. Já para a estimativa do volume total com e sem casca, o polinômio do 5º grau proposto por Schöepfer (1966) foi um pouco superior.

2.9 Modelagem da produção florestal

Existem diversos tipos de modelos capazes de prever o crescimento e a produção, como os ecofisiológicos, os modelos de árvores individuais, de distribuição diamétrica e os modelos em nível de povoamento. Estes dois últimos são os mais estudados e empregados no gerenciamento florestal no Brasil.

Segundo Dias et al. (2005), uma alternativa para quantificar o efeito do desbaste sobre a produção de madeira consiste no emprego de modelos de crescimento e produção florestal, sendo os seguintes tipos que podem ser utilizados:

- a) Modelos do tipo povoamento total ou sistemas de predição explícita: são sistemas de equações que compreendem estimativas de volume por unidade de área;
- b) Modelos de distribuição de diâmetros ou sistemas de predição implícita: são sistemas que requerem informações básicas da produção e da estrutura do povoamento.

2.10 Modelos de crescimento e produção para povoamento

Nos Estados Unidos (EUA), as tabelas de produção do tipo normal e empírica foram muito utilizadas como instrumentos de planejamento florestal até que Mackinney e Chaiken (1939) introduziram a técnica de regressão múltipla no meio florestal. O advento desta, e de outras técnicas em computadores, possibilitaram o ajuste de modelos em forma de equações ou sistemas de equações lineares. A produção total do povoamento passou a ser estimada em função de três ou mais variáveis independentes e as primeiras tabelas de produção de densidade variável foram elaboradas.

Na maioria dos estudos sobre a projeção do crescimento e produção de povoamentos florestais, os parâmetros são modelados de forma explícita mediante modelos lineares ou não lineares com variáveis preditoras que utilizam parâmetros do povoamento como: densidade, diâmetro médio, altura dominante, índice de sítio e idade. Nesse procedimento de cálculo de parâmetros, embora as relações lineares dos modelos tenham fundamento biológico, em alguns casos, a precisão gerada tem sido baixa (CAO; BURKHART, 1984; CAO, 2004).

Segundo Scheeren (2003), modelos em nível de povoamento diferem entre si pela inclusão ou não das variáveis independentes, índice de sítio e área basal. Esses modelos podem ser classificados em modelos que incluem apenas a idade, modelos que incluem a idade e o índice de sítio e modelos que relacionam a idade, o índice de sítio e a área basal como variáveis independentes.

Os modelos em nível de povoamento são inflexíveis para analisar simulações de desbastes (BURKHART et al., 1981). Esses modelos não fornecem elementos necessários para avaliação econômica de multiprodutos da madeira, sendo aplicados quando se desejam apenas estimativas gerais da população. No entanto, devido à simplicidade, aos custos envolvidos e à natureza do manejo praticado no Brasil, a maioria dos trabalhos seguem este caminho (CAMPOS et al., 2001).

Dentre os modelos em nível de povoamento, o modelo de Clutter (CLUTTER, 1963) é largamente utilizado na ciência florestal. No entanto, este não apresenta capacidade de representar tendências diferentes pós-desbaste, quando utilizado da maneira tradicional. O desbaste aplicado na época e na intensidade adequada pode ocasionar alteração na tendência de crescimento pós-desbaste, em comparação com a tendência pré-desbaste. Por exemplo, uma intervenção mal executada pode comprometer a produção futura, levando, inclusive, à perda de produtividade (CAMPOS; LEITE, 2006).

2.10.1 Modelos de produção por classe de diâmetro

A predição ou projeção do crescimento e da produção dos povoamentos florestais nas classes de diâmetro é essencial para a definição da quantidade dos diversos produtos que serão produzidos pelo povoamento (GUIMARÃES, 1994; DEMOLINARI et al., 2007).

Tanto em sistemas com ou sem desbastes, é imprescindível dominar uma metodologia que permita estimativas precisas das densidades populacionais por classe diamétrica, para fins de determinação de sortimentos de madeira para povoamentos, avaliação de estoque, prognose de produção e de avaliações econômicas (SCHNEIDER et al., 2008).

Para Burkhart et al. (1981), os modelos de distribuição diamétrica possibilitam a avaliação econômica de multiprodutos da floresta, além de serem flexíveis para analisar simulações de desbaste. Esses modelos permitem estimar o crescimento e a produção por classes de tamanho (diâmetro) e têm como característica comum o uso de uma função de densidade de probabilidade (f.d.p.).

A modelagem usualmente é realizada em dois estágios: primeiro, uma função de densidade de probabilidade é ajustada aos dados de distribuição de diâmetros de cada parcela e em cada medição; e, em seguida, os parâmetros da f.d.p. são correlacionados com os atributos do povoamento (CAMPOS; LEITE, 2006).

Existem muitas funções de densidade de probabilidade comumente utilizadas para descrever a distribuição de diâmetros em povoamentos florestais, como: Normal, Log-normal, Gamma, Johnson's, SB, Gram-Charlier, Beta e Weibull (BAILEY; DELL, 1973; SCHNEIDER, 2008).

Segundo Guimarães (1994), existe um consenso sobre a superioridade da função de densidade de probabilidade Weibull em relação às demais funções empregadas, caso estas sejam aplicadas em amostras de distribuições diamétricas de florestas equiâneas. A popularidade da f.d.p. Weibull se baseia na relativa simplicidade de uso, pela sua flexibilidade e pela facilidade de correlacionar os seus parâmetros, de forma significativa, com algumas características importantes do povoamento (BAILEY; DELL, 1973).

Em parte, isso ocorre devido ao fato de os plantios equiâneos apresentarem distribuições diamétricas assimétricas à direita, em razão de as árvores maiores apresentarem maiores taxas de crescimento que as menores (suprimidas). Isso gera uma configuração que coincide com as condições ideais para o ajuste dessa função (GUIMARÃES, 1994).

Para obtenção dos parâmetros da distribuição de Weibull, podem ser empregados diferentes métodos de ajuste, sendo os mais utilizados o método da máxima verossimilhança, descritos em Bailey e Dell (1973); método dos momentos, descritos por Burk e Newberry (1984); e o método de percentis utilizado por Bailey e Dell (1973) e Cao (2004).

No Brasil, diversos estudos sobre distribuição diamétrica têm sido divulgados para povoamentos de *Eucalyptus* spp. (LEITE et al., 2005; NOGUEIRA et al., 2005;

SANTANA, 2008; BINOTI et al., 2010; MIGUEL et al., 2010; RETSLAFF et al., 2012). Em todos esses estudos a eficiência e flexibilidade da função Weibull foi comprovada.

Definida a função de distribuição de frequência e conhecendo-se o volume dos povoamentos por sortimentos e classe de diâmetro ajustados no tempo é possível fazer avaliações econômicas de diferentes simulações de manejo.

2.11 Avaliação econômica de povoamentos florestais

A avaliação econômica merece fundamental importância no planejamento de projetos florestais, uma vez que se refere à viabilidade do projeto quanto ao lucro ou retorno do capital investido e, assim, auxilia a tomada de decisão quanto à possibilidade de investimento.

A idade econômica de corte, ou seja, a idade de rotação do povoamento florestal que resulta na maior receita é o principal meio de se quantificar a viabilidade econômica do projeto florestal. Para Soares et al. (2003a), existem vários fatores que podem influenciar a idade econômica de corte, como: o horizonte de planejamento, os custos envolvidos na produção, o preço da madeira, a produtividade do local e a taxa de desconto utilizada.

O horizonte de planejamento é o período de tempo relevante para a análise de uma atividade, ou seja, nem tão longo que passe a ser mera especulação e nem tão curto que não permita a avaliação de seus resultados econômicos, sociais e ambientais (JOHNSTON et al., 1977). Para a análise econômica comparativa entre dois ou mais investimento só há sentido realizá-la dentro de um mesmo período de tempo ou de igual horizonte de planejamento.

A determinação da taxa de desconto sempre acarreta grande dificuldade, uma vez que ela varia de acordo com as características do projeto, da empresa, da conjuntura econômica, entre outros. Segundo Schneider (2008), na economia florestal a taxa de juro, onde sempre se supõe o princípio do sustentado, é geralmente inferior a taxa de juro comum, ao rendimento de capitais no mercado. No entanto, existem várias razões que justificam o investimento em florestas que se pode dar ao luxo de ter baixas taxas de juro, sendo as principais:

a) A produção florestal dá-se em longo prazo e, devido a isto, depende muito menos do clima, etc., do que, por exemplo, a agricultura que apresenta maiores riscos de produção;

b) A madeira é uma matéria-prima usada há séculos, cuja demanda aumenta continuamente, com pequeno risco na venda, porém, sensível à conjuntura, substituição e modificações de consumo;

c) O volume de madeira fica armazenado na floresta, estando disponível a qualquer momento;

d) O capital investido na floresta está pouco sujeito a crises econômicas, políticas, desvalorização da moeda, etc.

Diversos métodos são aplicáveis com a finalidade de avaliar economicamente um projeto. Estes podem ser classificados de acordo com a variação do capital no tempo, ou seja, sob o efeito de uma taxa de juros fixa e positiva (SILVA et al., 2005).

2.11.1 Critérios de avaliação econômica

Na área florestal, segundo Rezende e Oliveira (2001), cinco métodos que consideram a variação do capital no tempo podem ser aplicados: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Benefício Periódico Equivalente (BPE) ou Valor Anual Equivalente (VAE), Relação Benefício/Custo (B/C) e Custo Médio de Produção (CMP). Destes, os três primeiros merecem destaque principal na área florestal.

a) Valor Presente Líquido (VPL): Segundo Silva et al. (2005) o VPL de um projeto de investimento pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado. Em outras palavras, é a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos.

Este é o principal método de avaliação econômica, e conduz a resultados corretos quando se trata de comparação de projetos com o mesmo horizonte de planejamento.

Os projetos são considerados viáveis economicamente quando o VPL for positivo e são inviáveis quando apresentam valores negativos, ou até mesmo resultados próximos a zero. Sua regra de decisão diz que o projeto que apresente maior valor positivo de VPL deve ser preferido em relação aos demais.

O principal limitante é que o VPL não deve ser utilizado diretamente para a comparação de projetos com horizontes de planejamento diferentes, pois não leva em consideração a replicação do investimento em séries infinitas.

b) Taxa Interna de Retorno (TIR): A TIR pode ser definida como a medida da taxa de crescimento periódico do projeto, em percentagem.

A TIR permite a comparação da rentabilidade de projetos diferentes, floresta e agricultura, por exemplo. A TIR é representada pela rentabilidade gerada pelo próprio projeto, sendo independente das taxas de interesse, escolhidas arbitrariamente, e é definida como sendo a taxa de interesse que iguala o valor presente dos retornos esperados futuros com o valor presente dos custos esperados futuros (WILLIAMS, 1988).

Dessa forma, a TIR permite verificar se o custo do capital é maior, igual ou menor que a rentabilidade de um determinado projeto, possibilitando avaliar a sua viabilidade econômica. A regra de decisão indica que somente se terá vantagem investindo no projeto considerado se a TIR calculada for maior que a taxa de juros no mercado financeiro, sendo que quanto maior for a TIR mais desejável é o investimento.

c) Valor Anual Equivalente (VAE): O VAE é a parcela periódica e constante necessária ao pagamento de uma quantia igual ao VPL da opção de investimento em análise, ao longo de seu horizonte de planejamento (SOARES et al., 2003a). Salientam ainda que este critério consiste em determinar a renda, ou benefício, se for positivo, ou o custo, se for negativo, equivalente por período de vida útil do projeto.

O projeto será considerado economicamente viável se apresentar VAE positivo, indicando que os benefícios periódicos são maiores que os custos periódicos. Quanto à seleção de opções, deve ser escolhida a que apresentar maior VAE, para determinada taxa de desconto (REZENDE; OLIVEIRA, 2001). A relevância do VAE está em possibilitar a comparação de projetos com horizontes de planejamento diferentes (SCHNEIDER, 2006), caso em que o VPL não é apropriado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Espécie estudada

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae e conta com cerca de 600 espécies e grande número de variedades e híbridos. Especificamente o *Eucalyptus saligna* encontra-se naturalmente na Austrália, ocupando uma faixa costeira extensa, porém, descontínua e fragmentada, desde 36º S de latitude, ao sul de Sydney, até 21º S, a oeste de Mackay, Queensland. Os povoamentos, que no sul ocorrem a partir do nível do mar, vão subindo gradativamente até atingir a região norte, a mais de 1000 m de altitude. O clima da área é temperado ao sul e subtropical ao norte, sendo que o regime de distribuição de chuvas varia desde o tipo uniforme ao tipo periódico. A espécie não tolera temperaturas elevadas nem condições de seca pronunciada. Por isso, na região subtropical norte, os povoamentos naturais ocorrem apenas nas montanhas, em razão de não suportarem o clima quente e a seca dos locais de baixa altitude (GUTIÉREZ, 1976). A distribuição geográfica natural do *Eucalyptus saligna* Sm. pode ser observada na figura 2.

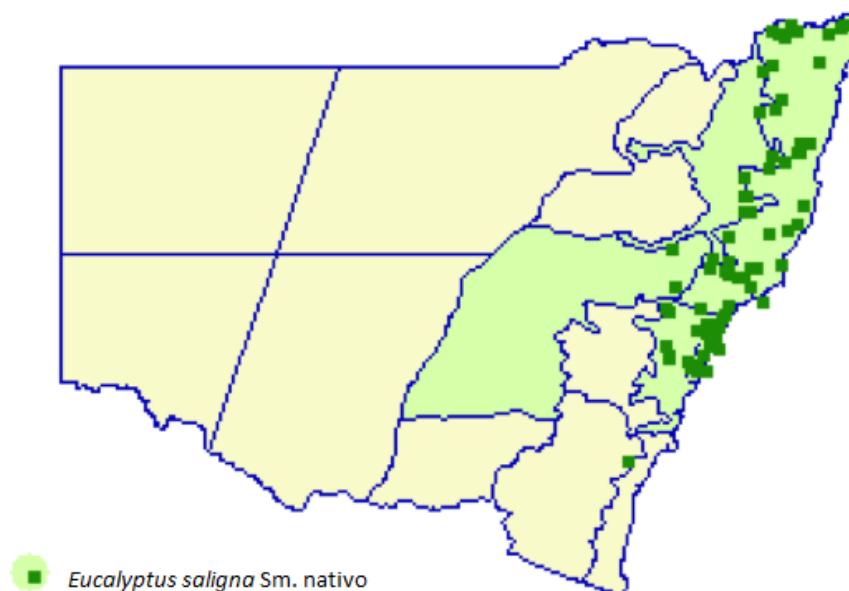


Figura 2 - Distribuição geográfica do *Eucalyptus saligna* Sm. New South Wales, Austrália.
Fonte: (NSW FLORA ONLINE, 2011).

As árvores podem atingir 50m de altura, de casca lisa com presença de pó branco ou acinzentado sendo muitas vezes perciante na forma de fitas ou blocos nas partes inferiores do tronco. As folhas juvenis são disjuntas, oval brilhante, com cores variando de verde mais claro até verde escuro. As folhas adultas são disjuntas, lanceoladas, com 10-17 cm de comprimento por 2-3 cm de largura, verde escuro, brilhante, diferentes cores nas duas superfícies da folha, peninérveas (NSW FLORA ONLINE, 2011).

O gênero *Eucalyptus* é o mais plantado no mundo devido ao grande número de espécies, a sua habilidade de adaptar-se aos diferentes sítios e à possibilidade de utilização da madeira para diferentes usos. O *Eucalyptus saligna* Sm. possui características adequadas para todos os usos da madeira, desde a geração de energia, produção de papel, aglomerados e produção de toras de grandes dimensões em rotações mais longas de regimes de manejo, com o objetivo de fornecer produtos à construção civil ou produção de móveis. Esta ampla possibilidade de uso faz com que seja uma das espécies mais plantadas do gênero. Segundo a ABRAF (2012), ano base de cálculos 2011, a área ocupada com florestas plantadas no Brasil com o gênero *Eucalyptus* em 2011 era de 4.873.952 ha.

3.2 Obtenção dos dados

O presente estudo foi realizado com dados originados de povoamentos comerciais monoclonais manejados em sistema alto fuste, experimento de desbaste e cubagem rigorosa de 199 árvores de *Eucalyptus saligna* Sm. Foram utilizados dados de um experimento instalado pela Universidade Federal de Santa Maria para estudo de incremento e densidade populacional. A pesquisa que exigiu a instalação do experimento analisou-o e está concluída, permanecendo a possibilidade de realização de novos trabalhos com análise da grande quantidade de dados gerados, encontrando mais respostas para contribuir com o conhecimento para o manejo de florestal plantadas. O controle da densidade do experimento foi baseado no índice de espaçamento relativo, tendo uma testemunha e quatro tratamentos com manutenção de diferentes densidades populacionais. Os dados utilizados neste trabalho são de parcelas com os tratamentos 2, 3 e 4 do experimento, com manutenção da densidade de 16%, 22% e 28% em índice de

espaçamento relativo. O experimento foi instalado em três blocos para permitir o controle da capacidade produtiva local ou, sítios. As medições foram realizadas dos 5 aos 16 anos do experimento.

O povoamento comercial formado com o mesmo clone do experimento, *Eucalyptus saligna* Sm., enriqueceu o banco de dados deste trabalho com medições repetidas de inventário contínuo. As parcelas utilizadas foram selecionadas com base na densidade populacional, de forma que sua densidade se enquadra-se dentro dos limites das densidades do experimento, de 12 a 27 % em índice de espaçamento relativo. Os dados utilizados são uma fração retirada de um conjunto de dados maior, nas idades de 4 a 18 anos. As variáveis utilizadas foram a altura (h) e o diâmetro (d), medidas em todas árvores das parcelas e destas, derivadas todas as demais variáveis de interesse, como diâmetro médio (d_m), altura média (h_m) e altura dominante H_{100} .

Foi utilizado dados de cubagem de 199 árvores, sendo que estas foram derrubadas e seus diâmetros medidos com casca e sem casca, a partir do nível do solo, nas posições de 0,10m, 0,30m, 1,3m e a partir deste ponto a cada 1 metro até o limite superior mínimo de 6 cm de diâmetro. Também foram medidos diâmetros com casca e sem casca a 30% e 50% da altura total. A cubagem foi realizada pela metodologia proposta por Smalian. As árvores cubadas abrangearam uma amplitude desde 9,0 até 32 cm de DAP e foram realizadas nas idades de 66 meses (5,5 anos), 91 meses (7,6 anos), 99 meses (8,25 anos), 107 meses (8,9 anos) e 138 meses (11,5 anos).

3.3 Localização da área de estudo

Os dados utilizados para a realização deste estudo foram medidos em plantios comerciais e um experimento, ambos localizados na mesorregião denominada de metropolitana de Porto Alegre, que engloba as microrregiões; Lagoa dos patos, Montenegro, Gramado, Canela, Porto Alegre, Osório e Camaquã, (IBGE, 1986).

3.4 Características climáticas

Conforme a classificação de Köppen, o clima geral da região é caracterizado como do tipo Cfa, ou seja, mesotérmico subtropical, com verões quentes e sem estação seca (MORENO, 1961).

Para esta região a precipitação média anual é de 1.500 mm, com máxima precipitação nos meses de julho, agosto e setembro. A temperatura média anual é de 16 °C, com temperatura média do mês mais quente de 20 °C e do mês mais frio de 10 °C.

3.5 Características edáficas

Conforme a classificação de solos existente para as áreas da empresa os solos encontrados na região Sudeste são os Cambissolos e os Neossolos, podendo ocorrer Neossolos, Gleissolos e Planossolos, característicos da região litorânea (STRECK,2008).

3.6 Construção de tabelas de produção

As tabelas de produção foram construídas, baseadas em ajustes de modelos estatísticos e cálculos matemáticos. Elas são divididas em três campos de informação, o primeiro com informações de povoamento remanescente, o segundo referente aos desbastes e o terceiro para produção total.

3.6.1 Altura dominante e Classificação de sítios Florestais

O método utilizado para determinação da capacidade produtiva foi baseado na altura de árvores dominantes, em relação à idade do povoamento. Como altura

dominante (h_{100}) considera-se a média aritmética das árvores de maior diâmetro (DAP) por parcela, segundo o conceito de Assmann (1970).

Inicialmente foram testados dez modelos matemáticos para realizar a classificação da capacidade produtiva. Os modelos podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Modelos a serem testados para altura dominante.

Equação	Modelo	Autor
1	$\ln h_{100} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{t}$	Schumacher
2	$\ln h_{100} = b_0 + b_1 \cdot \ln t + b_2 \cdot \ln^2 t$	Backman
3	$\ln h_{100} = b_1 \cdot \ln t + b_2 \cdot \ln^2 t$	Backman mod.
4	$h_{100} = \frac{t^2}{b_b + b_1 \cdot t + b_2 \cdot t^2}$	Prodan
5	$h_{100} = \frac{t^2}{b_1 \cdot t + b_2 \cdot t^2}$	Prodan mod.
6	$\ln h_{100} = b_0 + b_1 \cdot t^{-1} + b_2 \cdot \ln t$	Hoerl
7	$\ln h_{100} = b_0 + b_1 \cdot t + b_2 \cdot t^2 + b_3 \cdot t^3$	Moissev
8	$\ln h_{100} = b_0 + b_1 \cdot \ln t + b_2 \cdot t$	Gram
9	$h_{100} = b_0 \cdot (1 - \exp(-b_1 \cdot t))^{b_2}$	Chapman-Richards
10	$h_{100} = A \cdot (1 - e^{(-k \cdot t)})$	Mitscherlich

Em que: h_{100} = altura dominante; t = idade; \ln = logaritmo neperiano; b_0, b_1, b_2, b_3, A, k = coeficientes dos modelos.

Fonte: Schneider e Schneider (2008); Prodan (1965); Loetsch et al. (1973); Richards (1959).

Após a seleção do melhor modelo por critérios estatísticos, projetou-se um feixe de curvas de Índice de sítio composto de um número suficiente para abranger a dispersão de pontos gerados pela ralação da altura dominante e idade dos povoamentos analisados. A idade de referência para a formação do feixe de curvas é 18 anos e o intervalo de classe das curvas de índice de sítio é dois metros.

3.6.2 Determinação da altura média (h_m)

Utilizando dados observados de altura média foram testados os modelos apresentados na Tabela 2. Os modelos possuem associação entre a altura média, variável dependente, com a altura dominante e idade, variáveis independentes.

Tabela 2 - Modelos a serem testados para altura média.

Equação	Modelo	Autor
1	$h_m = b_0 + b_1 \cdot h_{100} + b_2 \cdot h_{100}^2$	-
2	$h_m = b_1 \cdot h_{100} + b_2 \cdot h_{100}^2$	-
3	$\ln h_m = b_0 + b_1 \cdot \ln h_{100} + b_2 \cdot \ln^2 h_{100}$	Backman
4	$\ln h_m = b_1 \cdot \ln h_{100} + b_2 \cdot \ln^2 h_{100}$	Backman mod.
5	$\ln h_m = b_0 + b_1 \cdot \left(\frac{1}{h_{100}} \right) + b_2 \cdot \left(\frac{1}{t} \right) + b_3 \cdot \frac{1}{(h_{100} \cdot t)}$	Curtis

Em que: hm = altura média; h_{100} = altura dominante; t = idade; \ln = logaritmo neperiano; b_0 , b_1 , b_2 , b_3 = coeficientes do modelo.

Fonte: Prodan (1965); Schneider (1984).

3.6.3 Determinação do Diâmetro Médio (d_m)

Os dados utilizados no ajuste da equação estimativa de diâmetro médio, que representa o diâmetro da árvore de área basal média, são uma fração retirada de um conjunto de dados maior, formado por medições de parcelas permanentes instaladas em povoamentos comerciais e um experimento formado por blocos e tratamentos.

Foram testados três modelos para a verificação do melhor ajuste. Para o caso do diâmetro médio, os modelos devem ter a sensibilidade de estimar maiores diâmetros quando os desbastes forem mais pesados, expressando desta forma a reação do maior incremento em diâmetro para maiores espaçamentos de crescimento. Desta forma, o modelo deve incluir variáveis independentes sensíveis a estas mudanças, neste caso, principalmente o número de árvores por hectare e também a altura média, que é

alterada quando do desbaste por baixo. Os modelos testados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Modelos a serem testados para diâmetro médio.

Equação	Modelo	Autor
1	$d = \frac{1}{b_0 \cdot h_{100} + b_1 \cdot N^{b^2}}$	Kira mod.
2	$d = \frac{h_m}{e^{b_0 + b_1 \cdot \ln hm + b_2 \cdot \ln^2 hm + b_3 \cdot \ln N}}$	Pretesch
3	$d = e^{b_1 \cdot \ln h_{100} + b_2 \cdot \ln^2 h_{100}}$	Backman mod.

Em que: d= diâmetro médio; h_{100} = altura dominante; N = número de árvores; \ln = logaritmo neperiano; b_0 , b_1 , b_2 , b_3 = coeficientes do modelo.

Fonte: Prodan (1965); Schneider (1984).

3.6.4 Estimativa e cálculo do número de árvores por hectare (N)

Para a estimativa do número de indivíduos por hectare para a idade de quatro anos foram testados modelos matemáticos. Esta estimativa refere-se à mortalidade ocorrida neste período, causado por estiagem, ataque de pragas ou problemas de mudas ou plantio e não um efeito de competição ou desbastes realizados por intervenção silvicultural.

Os modelos testados tem como variável dependente o número de árvores por hectare e como variáveis independentes a idade, altura dominante e índice de espaçamento relativo. Na Tabela 4 são apresentados os modelos testados.

Tabela 4 - Modelos a serem testados número de árvores aos 4 anos.

Equação	Modelo	Autor
1	$N = e^{b_0 + b_1 \ln h_{100} + b_2 \ln t}$	Hradetzki
2	$N = e^{b_0 + b_1 \ln h_{100} + b_2 \ln^2 t}$	Backman
3	$N = e^{b_0 + b_1 \cdot h_{100}}$	Sterba
4	$\ln N = b_0 + b_1 \cdot S + b_2 \cdot \frac{1}{S} + b_3 \cdot h_{100} + b_4 \cdot h_{100}^2$	Stepwise
5	$N = N_i \cdot \left(1 - b_0 \cdot e^{-b_1/h_{100}}\right)$	Kira

Em que: N= número de árvores; h_{100} = altura dominante; t= idade; S = índice de espaçamento relativo; \ln = logaritmo neperiano, b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 = coeficientes do modelo.

Fonte: Schneider (1984); Prodan (1965).

O número de árvores após os quatro anos foi calculado, com base na altura dominante, Índice de Espaçamento Relativo e corrigido para distribuição espacial hexagonal, de acordo com a equação matemática apresentada a seguir.

$$N/h = \frac{10,000}{\left(\frac{h_{100} \cdot S\%}{100}\right)^2 * \frac{\sqrt{3}}{2}}$$

Em que: N/h =número de árvores por hectare; $\frac{\sqrt{3}}{2}$ = correção para espaçamento hexagonal; h_{100} =altura dominante; S% = índice de espaçamento relativo.

3.6.5 Índice de Espaçamento Relativo (S%).

O método do Índice de Espaçamento Relativo é baseado na altura dominante (h_{100}) e no espaçamento médio linear entre indivíduos, conforme demonstrado na fórmula.

$$S\% = \frac{EM}{h_{100}} * 100$$

Em que: S% = índice de espaçamento relativo, EM = espaçamento médio, h_{100} = altura dominante.

Para a obtenção do número de árvores por hectare foi determinado espaço médio desejado (EMD), que proporciona conhecer o número de indivíduos remanescentes do desbaste e consequentemente, reflete no número de árvores por hectare a desbastar. As fórmulas referentes são demonstradas abaixo:

$$EMD = \frac{h_{100} * S\%}{100}$$

$$N_r = \frac{10.000}{EMD^2 * \frac{\sqrt{3}}{2}}$$

Em que: EMD=espaço médio desejado, N_r =número de árvores remanescentes; $\frac{\sqrt{3}}{2}$ = correção para espaçamento hexagonal; S% = índice de espaçamento relativo; h_{100} =altura dominante.

3.6.6 Determinação da Área basal por hectare (G)

A área basal por hectare foi calculada utilizando o diâmetro médio, já estimado, e o número de árvores por hectare, de acordo com a equação matemática descrita a seguir

$$G = \frac{\pi * (d_m)^2}{40000} * N$$

Em que: G= área basal por hectare; d_m = diâmetro médio; N= número de árvores por hectare.

3.6.7 Fator de Forma (f)

O fator de forma é um redutor do volume do cilindro, para ajustar este ao volume real da árvore. Para a determinação do fator de forma foram utilizados dados de cubagem rigorosa e volume do cilindro. As medições das variáveis de interesse como os diâmetros relativos foram obtidas às alturas fixas de; 0,3m, 0,5m, 1,3m e a partir desta altura a cada metro até a altura total. Com estas variáveis foi possível calcular o volume rigoroso pelo método de Smalian, de acordo com a fórmula seguinte.

$$V_r = v_0 + \sum_1^n v_s + v_c$$

$$V_0 = \left(\frac{\pi * (d)^2}{4} \right) * l V_s = \left(\frac{\left(\frac{\pi * (d_1)^2}{4} + \frac{\pi * (d_2)^2}{4} \right)}{2} \right) * l V_c = \left(\left(\frac{\pi * (d)^2}{4} \right) * l \right) * \frac{1}{3}$$

Em que: d_1 =diâmetro na extremidade mais grossa de uma secção, d_2 = diâmetro na extremidade mais fina de uma secção, l = comprimento das secções, V_r = volume rigoroso por Smalian, v_0 = volume da sepa, v_s = volume por secção, v_c = volume do cone (ápice da árvore).

Para este estudo foram utilizadas cubagens de 198 árvores distribuídas por classe de diâmetro, as quais tiveram o volume rigoroso dividido pelo volume do cilindro de diâmetro igual ao DAP da respectiva árvore, de acordo com a seguinte formula.

$$f = \frac{V_r}{V_{cil}}$$

Em que: f = fator de forma; V_r = Volume rigoroso, V_{cil} = Volume do cilindro de diâmetro igual ao DAP.

Para estimar o fator de forma com maior precisão foi utilizado os valores de diâmetro a 30% e 50% da altura total da árvore. Estes valores devem ser estimados por regressão. O fator de forma e os diâmetros à 30% e 50% são estimados por regressão no procedimento Stepwise, separadamente. O fator de forma foi estimado para as idades de interesse tendo os modelos de estimativa de diâmetros a 30% e 50% embutidos dentro do modelo de fator de forma.

As variáveis dependentes $d_{0,3h}$ e $d_{0,5h}$ foram estimadas tendo por variáveis independentes; $DAP, h, h_c, \frac{1}{DAP}, \frac{1}{DAP^2}, \frac{1}{DAP^2.h}, \frac{1}{DAP.h}, \frac{1}{DAP.h_c}$.

As variáveis dependentes fator de forma para volume total com casca(f_{vtcc}) e fator de forma para volume comercial sem casca(f_{vcsc}), foram estimadas por equações definidas pelo procedimento estepwise do pacote estatístico SAS, as variáveis independentes a serem testadas no ajuste do modelo são; $DAP, h, h_c, d_{0,3h}, d_{0,5h}, \frac{1}{DAP}, \frac{1}{DAP^2}, \frac{1}{DAP^2.h}, \frac{1}{DAP.h_c}, \frac{d_{0,3h}.d_{05h}}{DAP}, \frac{d_{0,3h}.d_{05h}}{DAP^2}$.

3.6.8 Cálculo de volume remanescente por hectare (V)

A tabela de produção apresenta duas informações de volume, total com casca (VTcc) e o comercial sem casca (VCsc). O VTcc foi calculado multiplicando a área basal por hectare (G) pela altura média e pelo fator de forma para volume total (f_{vtcc}), de acordo com a fórmula seguinte:

$$V_{tcc} = G * h_m * f_{vtcc}$$

Em que: V_{tcc} =volume total com casca, G =área basal por hectare, h_m =altura média, f_{vtcc} =fator de forma para volume total com casca.

O volume comercial sem casca foi calculado da mesma forma que o volume total com casca, porém utilizando o fator de forma para volume comercial sem casca (f_{vcsc}), de acordo com a fórmula.

$$V_{csc} = G * h_m * f_{vcsc}$$

Em que: V_{csc} =volume comercial sem casca, G =área basal por hectare, h_m =altura média, f_{vcsc} =fator de forma para volume comercial sem casca.

3.6.9 Volume a ser desbastado

O volume a ser removido na intervenção de desbaste foi obtido pelo produto do valor médio de volume para V_t e V_{t+n} do povoamento remanescente, do número de árvores removidas no desbaste e do K de Magin, de acordo com a fórmula.

$$V_{desb.} = \left[\frac{\left(\frac{V_t}{N_t} + \frac{V_{t+n}}{N_{t+n}} \right)}{2} \right] * N_{desb.} * K$$

Em que: V_t =volume na idade t, N_t =número de árvores na idade t, V_{t+n} =volume em uma idade, N_{t+n} =número de árvores em uma idade, n =intervalo em anos entre intervenções de desbaste, $N_{desb.}$ =número de árvores desbastadas, K =fator de correção de Magin.

O volume total com casca e o volume comercial sem casca dos desbastes foram obtidos pelo mesmo procedimento.

3.6.10 Fator de regulação dos desbastes (K)

O fator de regulação dos desbastes foi determinado pela relação entre o volume da árvore de área basal média desbastada e o volume da árvore de área basal média remanescente. O fator é calculado pela fórmula seguinte:

$$K = \frac{Vdg_{desb.}}{Vdg_r}$$

Em que: K =fator K de Máguin, $Vdg_{desb.}$ =volume da árvore de área basal média desbastada, Vdg_r =volume da árvore de área basal média remanescente.

Esse fator de correção foi utilizado devido a que em desbastes por baixo são retiradas as menores árvores, quando o volume da árvore de área basal média do desbaste é menor que o volume da árvore de área basal média remanescente. Sem essa correção as árvores desbastadas tem o mesmo volume das árvores remanescentes, o que não acontece em desbastes.

Todas as informações referentes a desbaste contidas na tabela de produção foram obtidas por meio de cálculos, com base no povoamento remanescente. O número de árvores desbastas foi obtido, subtraindo do número de árvores existentes no ano n-1 o número de árvores existentes no ano n. O mesmo procedimento foi executado para todos os anos de desbaste.

Os volumes total com casca e volume comercial sem casca por hectare foram obtidos para os desbastes calculando o volume médio por árvore do povoamento remanescente na idade do desbaste multiplicando pelo número de árvores desbastadas e pelo fator de regulação K-magin. A utilização do fator de regulação foi necessário pois se refere, neste caso, à desbaste por baixo e portanto, as árvores removidas possuem volume inferior às árvores remanescentes. O método utilizado para calcular os volumes dos desbastes é expresso pela fórmula abaixo:

$$Vtcc_{desb.} = \left(\frac{\frac{Vtcc_{n-4}}{N} + \frac{Vtcc_n}{N}}{2} \right) \cdot N_{desb.} \cdot K_{Magin}$$

O volume comercial sem casca (Vcsc) desbastado, foi calculado da mesma forma que o volume total com casca (Vtcc) desbastado, demonstrado anteriormente. O fator de regulação K-Magin não foi calculado neste trabalho, por não se dispor de dados dimensionais das árvores desbastadas. Para contornar o problema, foi utilizado o K-Magin calculado por Scheeren (2003), para a mesma espécie e região. A Produção total apresenta valores de volume de madeira produzida no povoamento, incluindo o estoque do povoamento remanescente e os volumes retirados nos desbastes.

3.6.11 Determinação do número de árvores do desbaste

Foi obtido pela diferença entre o N do ano t e o N do ano t+4 do povoamento remanescente.

$$N_{desb.} = N_t - N_{t+4}$$

Em que: $N_{desb.}$ = número de árvores a desbastar; N_t = número de árvores na idade t; N_{t+4} = número de árvores em na idade 4 anos a frente da idade t.

3.6.12 Produção total na tabela de produção

O volume total com casca e o volume comercial sem casca foram obtidos na tabela de produção somando o remanescente com os desbastes, gerando desta forma a produção total por hectare.

3.6.13 Incremento médio anual (IMA)

O incremento médio anual foi obtido pela razão entre o volume produzido até um determinado momento e o tempo que este volume demora para ser produzido. No caso da determinação de IMA para povoamentos desbastados, o volume dos desbastes foram somados ao volume remanescente, ou seja, a razão da produção do sítio em questão pelo tempo, de acordo com a fórmula abaixo:

$$IMA_{sd} = \frac{V_{total}}{t}$$

$$IMA_{cd} = \frac{V_{total} + \sum_{i=1}^t D}{t}$$

Em que: IMA_{sd} =incremento médio anual para povoamento sem desbaste, IMA_{cd} =incremento médio anual para povoamentos com desbaste, V_{total} =volume total, t =idade, $\sum_{i=1}^t D$ =somatório do volume de todos os desbastes.

3.6.14 Incremento Periódico Anual (IPA)

O incremento periódico anual foi obtido pela diferença de volume do final de um período e o início do mesmo período, dividido pelo período, de acordo com a fórmula.

$$IPA = \frac{V_{t+a} - V_t}{a}$$

Em que: IPA =incremento periódico anual, V_{t+a} =volume no final do período, V_t =volume no início do período, a =período de tempo entre as duas em avaliação.

3.7 Distribuição de frequência diamétrica

Para a análise de distribuição de frequência por classe diamétrica dos povoamentos em estudo, foi utilizado o procedimento CAPABILITY do pacote estatístico

SAS. Por este procedimento foi realizado simultaneamente o ajuste das funções de densidade de probabilidade Normal e Weibull. A saída do procedimento fornece histogramas por classe de diâmetro e curvas de distribuição para cada modelo de distribuição, assim como também testes estatísticos de aderência, que possibilitam a seleção do modelo que melhor ajusta a distribuição por idade.

3.7.1 Função Normal

Os parâmetros da distribuição Normal foram obtidos pelo procedimento capability baseados nos povoamentos analisados. A probabilidade de densidade em número de árvores por classe de diâmetro é calculada pela equação da distribuição Normal, dada a seguir;

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

3.7.2 Função Weibull com dois parâmetros;

Os parâmetros de escala e forma da função Weibull foram gerados pelo procedimento capability, sendo obtidos valores de forma e escala por idade, em que para cada idade, se dispunha de aproximadamente 300 linhas de dados que geram um valor de forma e um valor de escala por idade. Assim foram gerados valores de forma e escala para as 12 idades disponíveis, desde os 61 meses, até os 186 meses.

$$f(x) = \left(\frac{\beta}{\sigma}\right) \left(\frac{x}{\sigma}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{\sigma}\right)^\beta\right)$$

Em que: $f(x)$ =frequência por unidade de área; x = variável aleatória observada; σ = valor de escala; β =forma da distribuição;

Para a estimativa dos parâmetros da função recorreu-se à equações de regressão, ajustadas pelo método dos mínimos quadrados ordinários. Este procedimento foi importante por possibilitar melhor sensibilidade do modelo às alterações de diâmetro e idade.

As variáveis independentes dos modelos estimadores dos parâmetros ' σ ' e ' β ' são definidas pelo procedimento stepwise do pacote estatístico SAS. A definição das variáveis independentes foram baseadas na significância estatística e na sua relação biológica com variável dependente.

$$\sigma = b_1 * d$$

$$\beta = b_0 + b_1 * \frac{1}{t}$$

Em que: σ = parâmetro de escala a ser estimado do modelo Weibull, β =parâmetro de forma a ser estimado para a função Weibull, d = diâmetro médio por idade; t = idade.

A distribuição densidade de probabilidade acumulada por classe de diâmetro da função de Weibull é expressa por;

$$f(x) = 1 - \exp \left\{ \left[\frac{x-a}{b} \right]^c \right\}$$

Sendo: a , b , e c = parâmetros da função; x = variável aleatória, no caso o centro da classe de diâmetro; $f(x)$ = frequência ou volume por unidade de área

3.8 Forma de tronco e sortimento de madeira

As equações de forma de tronco foram ajustadas com dados de árvores que tiveram diâmetros medidos à alturas relativas e volume obtido por cubagem rigorosa. As árvores cubadas abrangearam uma amplitude desde 9,0 até 32 cm de DAP.

As funções de forma de tronco apresentadas na Tabela 5 foram as selecionadas para serem testadas a fim de ser escolhida a que melhor descreve a forma de tronco de árvores de *Eucalyptus saligna*.

Tabela 5 - Modelos testados para estimativa de forma de tronco.

Número Modelo	Modelo	Autor
1	$\frac{d_i^2}{d^2} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h} \right) + b_2 \left(\frac{h_i^2}{h^2} \right)$	—
2	$\frac{d_i^2}{d^2} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h - 1,3} \right) + b_2 \left(\frac{h_i^2}{(h - 1,3)^2} \right)$	—
3	$\frac{d_i}{d} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h - 1,3} \right)$	Munro, 1966
4	$\frac{d_i}{d} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h} \right) + b_2 \left(\frac{h_i}{h} \right)^2 + b_3 \left(\frac{h_i}{h} \right)^3$	—
5	$\frac{d_i}{d} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h} \right) + b_2 \left(\frac{h_i}{h} \right)^2 + b_3 \left(\frac{h_i}{h} \right)^3 + b_4 \left(\frac{h_i}{h} \right)^4 + b_5 \left(\frac{h_i}{h} \right)^5$	—

Em que: d= diâmetro a altura do peito, em centímetros; d_i =Diâmetro relativo a uma altura relativa h_i , em centímetros; h= altura total da árvore, em metros; h_i = altura na posição i, em metros; $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ = Coeficientes; l_n = logaritmo natural.

Fonte: Schneider e Schneider (2008).

3.8.1 Sortimentos florestais

Os sortimentos foram calculados pela integração da função de forma de tronco selecionada, definida pela função polinomial de quinto grau. A função de forma de tronco integrada gera o volume estimado de todo o fuste ou de partes dele, de acordo com o diâmetro na ponta fina informado.

Os sortimentos foram classificados por diâmetro na ponta fina e comprimento de tora. Para dar um aproveitamento adequado para as toras produzidas nos povoamentos, elas foram divididas em 5 sortimentos, tendo cada um valor de mercado específico. Os indivíduos e o povoamento foram divididos nos seguintes sortimentos:

S1= Comprimento de 5,6m e diâmetro $\geq 40\text{cm}$ na ponta fina,

S2= Comprimento de 2,8m e diâmetro $\geq 40\text{cm}$ na ponta fina,

S3= Comprimento de 5,6m e diâmetro $\geq 30\text{cm}$ na ponta fina,

S4= Comprimento de 2,8m e diâmetro $\geq 20\text{cm}$ na ponta fina,

S5= Comprimento de 2,8m e diâmetro $\geq 8\text{ cm}$ na ponta fina.

O volume total do fuste é obtido quando a altura superior, na ponta fina, refere-se a toda a altura estimada do fuste. O volume de um sortimento é obtido subtraindo o volume correspondente ao inicio da secção do volume correspondente ao final da mesma secção.

Segundo Schneider e Schneider (2008), os diâmetros relativos em função das alturas relativas são obtidos pela função polinomial de quinto grau, expressa por;

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X + b_2 \cdot X^2 + b_3 \cdot X^3 + b_4 \cdot X^4 + b_5 \cdot X^5$$

Em que: $Y = d_i/d$ = diâmetro relativo; $X = h_i/h$ = alturas relativas.

Substituindo as variáveis dependentes e independentes, a equação original fica expressa da seguinte forma:

$$\frac{d_i}{d} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h} \right) + b_2 \left(\frac{h_i}{h} \right)^2 + b_3 \left(\frac{h_i}{h} \right)^3 + b_4 \left(\frac{h_i}{h} \right)^4 + b_5 \left(\frac{h_i}{h} \right)^5$$

Isolando-se d_i a equação fica assim expressa:

$$d_i = b_0 \cdot d + b_1 \cdot d \left(\frac{h_i}{h} \right) + b_2 \cdot d \left(\frac{h_i}{h} \right)^2 + b_3 \cdot d \left(\frac{h_i}{h} \right)^3 + b_4 \cdot d \left(\frac{h_i}{h} \right)^4 + b_5 \cdot d \left(\frac{h_i}{h} \right)^5$$

E prosseguindo no desenvolvimento da equação:

$$d_i = b_0 \cdot d + \frac{(b_1 \cdot d \cdot h_i)}{h} + \frac{(b_2 \cdot d \cdot h_i^2)}{h^2} + \frac{(b_3 \cdot d \cdot h_i^3)}{h^3} + \frac{(b_4 \cdot d \cdot h_i^4)}{h^4} + \frac{(b_5 \cdot d \cdot h_i^5)}{h^5}$$

Para definir os novos parâmetros da equação procede-se em partes, assim:

$$a = b_0 \cdot d ; a_1 = b_1 \cdot \left(\frac{d}{h} \right); a_2 = b_2 \left(\frac{d}{h^2} \right); a_3 = b_3 \left(\frac{d}{h^3} \right); a_4 = b_4 \left(\frac{d}{h^4} \right); a_5 = b_5 \left(\frac{d}{h^5} \right)$$

Então a equação de forma de tronco passa a ser:

$$d_i = a_0 + a_1 \cdot h_i + a_2 \cdot h_i^2 + a_3 \cdot h_i^3 + a_4 \cdot h_i^4 + a_5 \cdot h_i^5$$

É possível obter o volume absoluto integrando a função acima entre a posição zero (0), que corresponde à base da árvore, até uma altura h_i .

$$V = K \cdot \int_0^{h_i} Y^2 \cdot d_{h_i}$$

Em que: V = Volume em metros cúbicos, $K = (\pi/4)/10000$ = Constante, $Y= d_i$ = Função de forma redefinida, h_i = altura relativa, correspondente ao comprimento da tora.

Substituindo-se o Y da função acima pela função anterior obtém-se;

$$V = K \cdot \int_0^{h_i} (a_0 + a_1 \cdot h_i + a_2 \cdot h_i^2 + a_3 \cdot h_i^3 + a_4 \cdot h_i^4 + a_5 \cdot h_i^5)^2 \cdot d_{h_i}$$

A solução desta integral permite a obtenção dos volumes dos sortimentos, da seguinte forma:

$$V = K \cdot \left[a_0^2 \cdot h_i + \frac{a_1^2 \cdot h_i^3}{3} + \frac{a_2^2 \cdot h_i^5}{5} + \frac{a_3^2 \cdot h_i^7}{7} + \frac{a_4^2 \cdot h_i^9}{9} + \frac{a_5^2 \cdot h_i^{11}}{11} + \right. \\ \left. + a_0 \cdot a_1 \cdot h_i^2 + \frac{2 \cdot a_0 \cdot a_2 \cdot h_i^3}{3} + \frac{a_0 \cdot a_3 \cdot h_i^4}{2} + \frac{2 \cdot a_0 \cdot a_4 \cdot h_i^5}{5} + \frac{a_0 \cdot a_5 \cdot h_i^6}{3} + \right. \\ \left. + \frac{a_1 \cdot a_2 \cdot h_i^4}{2} + \frac{2 \cdot a_1 \cdot a_3 \cdot h_i^5}{5} + \frac{a_1 \cdot a_4 \cdot h_i^6}{3} + \frac{2 \cdot a_1 \cdot a_5 \cdot h_i^7}{7} + \frac{a_2 \cdot a_3 \cdot h_i^6}{3} + \right. \\ \left. + \frac{2 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot h_i^7}{7} + \frac{a_2 \cdot a_5 \cdot h_i^8}{4} + \frac{a_3 \cdot a_4 \cdot h_i^8}{4} + \frac{2 \cdot a_3 \cdot a_5 \cdot h_i^9}{9} + \frac{a_4 \cdot a_5 \cdot h_i^{10}}{5} \right]_0^{h_i}$$

A obtenção do volume dos sortimentos é possível pela subtração, do volume obtido da integração da base da árvore até a ponta fina (final) do sortimento de interesse, do volume obtido pela integração da base da árvore até o início da secção do mesmo sortimento, como mostra a função seguinte;

$$V_t = K \cdot \left(\int_0^{X_2} Y^2 \cdot d_{X_2} - \int_0^{X_1} Y^2 \cdot d_{X_1} \right)$$

Em que: V_t = Volume da tora em metros cúbicos, $K = (\pi/4)/10000$ =Constante, X_1 = altura no início da tora em metros, X_2 = altura no final da tora em metros.

A sequência de cálculos apresentada é referente ao procedimento descrito anteriormente.

Volume até a altura das toras de sortimento S1:

$$V_{S1} = K \int_0^{h_{tS1}} f(y)^2 d_{h_{tS1}}$$

- a) Obtenção do volume até a altura do comprimento da tora S1 mais a altura da tora de S2 mais a altura das toras de sortimento S3:

$$V_{S3} = K \int_0^{h_{tS1S2S3}} f(y)^2 d_{h_{tS1S2S3}}$$

- b) Volume de sortimento S3:

$$V_{S3-S1} = K \int_0^{h_{tS1S2S3}} f(y)^2 d_{h_{tS1S2S3}} - K \int_0^{h_{tS1}} f(y)^2 d_{h_{tS1}}$$

Em que: V_{S1} volume até a altura referente ao final da tora ou o somatório das alturas das toras do sortimento S1, h_{tS1} ; altura referente ao final da tora ou o somatório das alturas das toras do sortimento S1, V_{S3} ; Volume até a altura do comprimento da tora S1 mais a altura da tora de S2 mais a altura das toras de sortimento S3, $h_{tS1S2S3}$; altura do comprimento da tora S1 mais a altura da tora de S2 mais a altura das toras de sortimento S3, $d_{h_{tS1}}$, $d_{h_{tS1S2S3}}$; diâmetro do fuste na posição h_{tS1} , $d_{h_{tS1S2S3}}$; diâmetro do fuste na posição $h_{tS1S2S3}$, $f(y)$; função de forma de tronco, $k = (\pi/4)/10.000$.

O volume total do fuste foi obtido quando a altura superior, na ponta fina, corresponde a altura total estimada do fuste. O volume de um sortimento é obtido subtraindo o volume correspondente ao início da secção do volume correspondente ao final da mesma secção.

O volume obtido por integração é sempre de uma secção, assim, o volume total do fuste está compreendido entre o topo e a base da árvore, da mesma forma o volume de um sortimento está compreendido entre o final e o início de sua secção.

No desenvolvimento dos cálculos para obtenção do número de toras e volume por sortimento, realizou-se a estimativa da altura relativa até o diâmetro

correspondente ao diâmetro mínimo do sortimento, fez-se a contagem do número de toras de comprimento inteiro do sortimento possíveis de serem obtidas até a altura estimada. Calculou-se o volume pela integração parcial da equação de forma ajustada até a altura correspondente ao somatório do comprimento das toras, enquadradas até a altura estimada.

Os demais sortimentos são calculados por integração parcial até a altura relativa correspondente, ao comprimento utilizado em sortimento 1 com o somatório do comprimento das toras de comprimentos inteiros que se enquadram do final do sortimento anterior (1) até a posição superior do diâmetro de interesse do sortimento atual (2). A altura (comprimento) do sortimento de interesse foi encontrada subtraindo dele as alturas já calculadas e localizadas em posições inferiores do fuste. Este mesmo procedimento foi realizado até atingir a posição superior de diâmetro mínimo de interesse na ponta do fuste.

Um exemplo pode ser utilizado para esclarecer o procedimento descrito acima. Uma árvore com DAP de 45cm e altura total de 44m possui diâmetro relativo de 40cm à altura relativa de 7,62m. O sortimento S1 foi formado por toras de 5,6m de comprimento, ocorrendo então que até a altura de 7,62m teremos 1,361 toras, uma sobra de 2,02m até atingir a ponta fina de 40cm do S1. Neste caso, o aproveitamento de S1 será de uma (1) tora e, portanto, o cálculo de volume por integração parcial até 5,6m, sendo os 2,02m restantes aproveitados para um sortimento de menores dimensões. No caso deste exemplo não existe o sortimento S2, pois este foi formado por toras de 2,8m de comprimento, sendo os 2,02m insuficientes para formá-lo. Neste caso, a sobra de S1 passa a agregar volume no sortimento S3. O sortimento S3 foi formado por toras de 5,6m de comprimento e diâmetro de 30cm na ponta fina. O diâmetro relativo de 30cm ocorre à altura relativa de 20,57m, contando do nível do solo, no entanto, até a altura de 5,6m o fuste está reservado para o S1, sendo a diferença de altura relativa do final do S3, (20,57m) a altura até o final de S1 (5,6m), direcionado ao S3 (14,97m). O comprimento do fuste reservado ao S3 é de 14,97m, porém apenas 11,2m poderão ser aproveitados neste sortimento, pois duas toras de S3 equivalem a 11,2m ($5,6m + 5,6m = 11,2m$), restando então 3,77m a serem direcionados à S4. O volume de S3 foi obtido subtraindo do volume encontrado do somatório da altura até o final de S3 ($S1 = 5,6m + S2 = 0m + S3 = 11,2m, = 16,8m$) , o volume encontrado até o final da altura do S1 ($S1 = 5,6m$), sendo possível desta forma obter o volume de sortimento S3 da referida árvore.

3.8.2 Sortimentos por classe de diâmetro para árvores individuais.

Os sortimentos para árvores individuais foram determinados utilizando o software excel e informações obtidas das tabelas de produção e podem contemplar diferentes densidades e índices de sítio. Para conseguir essa dinâmica de atuação foi atribuído para cada diâmetro médio cinco alturas diferentes, sendo uma a altura média correspondente ao diâmetro médio dos povoamentos e ainda mais duas alturas maiores, 10% e 15% acima da média e mais 10% e 15% abaixo da média. Com este procedimento é possível fazer com que as tabelas tenham condição para abranger diferentes condições de povoamentos florestais, com indivíduos com fator de forma desde mais baixo até mais alto.

3.8.3 Sortimentos para o povoamento:

Utilizando o sortimento para árvores individuais juntamente com a distribuição de frequência e as tabelas de produção é possível obter o volume por sortimento para o povoamento, ou seja, os volumes dos sortimento por hectare. Os sortimentos para povoamento foram calculados para três classes de IS, identificados por IS 36, 42 e 48. O povoamento estimado corresponde a uma densidade em Índice de espaçamento relativo de 20% e nas idades de 4, 8, 12, 14, 16, 18 e 20 anos.

A distribuição de frequência informa sobre as classes de diâmetros existentes no povoamento, por índice de sítio, idade e ,também, o número de árvores existentes dentro de cada classe de diâmetro. O volume total de madeira de interesse econômico, por classe de diâmetro, é obtido multiplicando o número de árvores da classe pelo seu volume individual. O somatório, do volume total de madeira de interesse econômico de todas as classes de diâmetro, produz o volume total do povoamento na idade referida.

O número de toras e o volume de cada sortimento por árvore é fornecido pela tabela de sortimentos individuais, e estes multiplicados pelo número de árvores por hectare, distribuídas em classes de diâmetro, produzem o número de toras e o volume dos sortimentos por hectare.

O percentual do volume de cada sortimento é a relação do volume do sortimento com o volume total do povoamento.

3.9 Critérios estatísticos utilizados para seleção de modelos

3.9.1 Coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$)

O coeficiente de determinação expressa o quanto o modelo pode explicar da variação total. O coeficiente de determinação aumenta à medida que se inclui uma nova variável independente ao modelo, por este motivo optou-se por usar o Coeficiente de determinação ajustado, para comparar modelos com número diferente de coeficientes de regressão.

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

Em que: $R^2_{aj.}$ =Coeficiente de determinação ajustado, R^2 =Coeficiente de determinação, K =número de coeficientes do modelo, N = número de observações.

Quanto mais próximo de 1 for o valor do coeficiente de determinação, melhor será o ajuste do modelo aos dados observados.

3.9.2 Erro padrão de estimativa (S_{yx})

O erro padrão de estimativa indica a dispersão entre os valores estimados pela regressão em relação a média da variável dependente, quanto menor o valor menor a dispersão e mais adequado é o modelo. Este critério estatístico pode ser utilizado para medir a precisão de um modelo e é utilizado como comparador para modelos que apresentam variável dependente com a mesma unidade de medida. Meyer em 1941

desenvolveu o coeficiente de variação (CV%), também conhecido como erro padrão de estimativa em percentagem, pode servir como comparador de modelos com variável dependente com diferentes unidades de medida.

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

$$CV\% = \frac{S_{yx}}{\bar{Y}} * 100$$

Em que: S_{yx} = Erro padrão da estimativa, \bar{Y} = média da variável dependente, $QM_{res.}$ =Quadrado médio do resíduo, $CV\%$ = Coeficiente de variação.

3.9.3 Índice de Furnival (IF)

É utilizado para comparar modelos logarítmicos, que possuem a variável dependente transformada, com modelos aritméticos. O Índice de Furnival de modelos logarítmicos deve ser comparado com o Erro padrão da estimativa de modelos aritméticos e o Índice de Furnival relativo de modelos logarítmicos deve ser comparado com o coeficiente de Variação de modelos aritméticos (SCHNEIDER,2009).

O Índice de Furnival permite a comparação entre modelos com variável dependente transformada para logaritmo neperiano, e o Índice é calculado como apresentado abaixo (FURNIVAL, 1961).

As equações do IF e do IF% são mostradas a seguir:

$$IF = \exp \left[\frac{\sum_{i=1}^n \ln(Y_i)}{n} \right] \cdot S_{yx}$$

$$IF\% = \frac{IF}{\bar{y}} \cdot 100$$

Em que: IF = Índice de Furnival, IF% = Índice de Furnival em percentual, Y= variável dependente (não logarítmico), n = número de dados com que se está trabalhando, \ln = logaritmo natural, \bar{y} = média da variável dependente.

Segundo Aleixo da Silva e Bailey (1991), há a necessidade de fazer uma correção no Índice de Furnival para o caso da variável dependente ser ou não da mesma natureza. A correção ocorre multiplicando o Índice por:

$$\exp\left(\frac{n-p}{2.n}\right)$$

A equação de Furnival passa a ser então expressa pela equação a seguir, e a primeira derivada da variável dependente pode ser observada na Tabela 6.

$$IF = \exp\left[\frac{\sum_{i=1}^n \log(Y)}{n}\right] \cdot S_{yx} \cdot \exp\left(\frac{n-p}{2.n}\right)$$

Em que: IF = Índice de Furnival, IF% = Índice de Furnival em percentual, Y= variável dependente (não logarítmico), n = número de dados com que se está trabalhando, Ln = logaritmo natural, \bar{y} = média da variável dependente, p=número de parâmetros da equação.

Tabela 6 - Primeira derivada da variável dependente transformada.

Variável depend. transformada	Primeira derivada ($f'(Y)^{-1}$)	Cálculo IF
Sem	1	$\log(1) = 0$ (nulo)
$\log(Y)$	2,3026	$\log(Y) \cdot 2,3026$
$\ln(Y)$	Y	$\log(Y)$
Y^k	$1/(K.Y^{k-1})$	$\log(1/(K.Y^{k-1}))$
Y/W	W	$\log(W)$
$1/Y$	$-Y^2$	$\log(-Y^2)$
\sqrt{Y}	$2.\sqrt{Y}$	$\log(2.\sqrt{Y})$

Fonte: ALDER(1980).

3.9.4 Distribuição gráfica dos resíduos.

A distribuição dos resíduos é um dos elementos mais importantes para análise do desempenho de uma função de regressão, por ele é possível identificar possíveis tendências das estimativas. O modelo a ser selecionado não deve apresentar tendências para superestimar ou subestimar os valores observados. Os resíduos são delineados em

um sistema de eixos ortogonais, sendo distribuídos para toda a amplitude da variável dependente estimada na abscissa e esta centrada no ponto zero do eixo das ordenadas de forma a serem visualizados valores positivos e negativos.

3.9.5 Valor ponderado (VP)

Para facilitar a análise e o processo de seleção do modelo mais adequado foi utilizado o critério de ponderação dos resultados estatísticos conforme Thiersch (1997). Este critério consiste em atribuir pesos aos resultados estatísticos de forma a ordená-los de acordo com sua eficiência, sendo atribuído peso 1 ao modelo mais eficiente e pesos crescentes para os demais modelos (Ranking). O modelo mais adequado é o que apresentar o menor somatório dos critérios estatísticos utilizados.

3.10 Teste de validação de modelos de regressão.

3.10.1 Eficiência.

A eficiência ou viés é uma medida de tendência que corresponde à média das diferenças absolutas entre o valor real e o estimado. Ou pode ser entendido como o desvio sistemático da estimativa em relação à referência padrão. A importância do viés está em demonstrar se a equação superestima ou subestima a estimativa dos valores observados e a amplitude desta em média. Quanto mais próximo de zero for o valor do viés, menor o erro médio e melhor o desempenho do modelo. O viés é calculado de acordo com a fórmula abaixo.

$$E = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)}{n}$$

Em que; E= Eficiência, y_i = valor observado, \hat{y}_i = valor estimado, n = número de observações.

3.10.2 Qui-quadrado (X^2)

Este teste objetiva verificar se a frequência absoluta observada de uma variável é significativamente diferente da distribuição de frequência absoluta esperada. Quanto menor o valor do qui-quadrado, mais significante é a relação entre a variável dependente e a independente. O cálculo do qui-quadrado é realizado de acordo com a fórmula abaixo.

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{\hat{y}_i}$$

Em que; X^2 = Qui-quadrado, y_i = valor observado, \hat{y}_i = valor estimado, n = número de observações.

3.11 Critérios econômicos de avaliação.

Os métodos utilizados na avaliação dos diferentes projetos de investimento consideram a variação do capital no tempo.

3.11.1 Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido é definido como a diferença entre as receitas e despesas, descapitalizadas para o ano zero (0). Ele determina o valor atual de um fluxo de caixa futuro, e é expresso pela fórmula:

$$VPL = \frac{R_r + \sum D_j * (1+i)^{r-j} - C * (1+i)^r - \frac{a+t}{i} * [(1+i)^r - 1]}{(1+i)^r}$$

Em que; VPL =valor presente líquido, R_r =receita do corte final na idade r , D_j =receita do desbaste realizado no ano j , C =custo de implantação, a =custo de administração anual, r =rotação em anos, t =custo anual do arrendamento ou do capital terra, i =taxa de juros ao ano.

Um investimento é economicamente viável quando o VPL é maior que 0 (zero), positivo, sendo que quanto mais alto o valor, mais lucrativo é o investimento. Na comparação entre projetos, o melhor é o que apresentar o maior VPL.

3.11.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

É a taxa que iguala o valor presente das receitas ao valor presente dos custos. Um investimento é considerado viável economicamente se sua TIR for maior que uma taxa de desconto alternativa de remuneração. Na avaliação de projetos será considerado o melhor o que apresentar a maior TIR. Sua forma de cálculo é de acordo com a seguinte fórmula.

$$R_r + \sum D_j * (1 + i)^{r-j} = C * (1 + i)^r + \frac{a + t}{i} * (1 + i)^r - 1$$

Em que; R_r =receita do corte final na idade r, D_j =receita do desbaste realizado no ano j, C =custo de implantação, a =custo de administração anual, r =rotação em anos, t =custo anual do arrendamento ou do capital terra, i =taxa de juros ao ano.

3.11.3 Valor Anual Equivalente (VAE)

A importância do VAE está em permitir a comparação de projetos de investimento que possuem horizontes de planejamento diferentes. Ele faz com que o fluxo de caixa repita-se perpetuamente, tornando o infinito o horizonte comum para todas as alternativas de investimento. A fórmula para a obtenção do VAE é apresentada a seguir:

$$VAE = \frac{VPL * i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Em que: VAE =valor anual equivalente, VPL =valor presente líquido, i =taxa de juro ao ano, n =tempo do projeto com maior duração, em anos.

3.12 Regimes de Manejo a serem avaliados economicamente.

Os regimes de manejo foram prognosticados para 5 situações distintas, com diferentes rotações e número de intervenções de desbaste. Para que a análise fosse feita em situações de baixa, média e alta capacidade produtiva as prognoses foram construídas para três classes de índice de sítio, estes locais foram representados pelos índices de sítio 36, 42 e 48. A combinação das 5 situações de prognose nos 3 índices de sítio gerou 15 combinações, sendo possível verificar a economicamente melhor para cada potencial produtivo. Na Tabela 7 pode ser observado os cinco regimes de manejo prognosticados.

Tabela 7 - Regimes de manejo avaliados.

Ano da intervenção	REGIMES DE MANEJO				
	1	2	3	4	5
6	Desbaste 1	Desbaste 1	Desbaste 1	Desbaste 1	Desbaste 1
10	Desbaste 2	Desbaste 2	Desbaste 2	Desbaste 2	Desbaste 2
14			Desbaste 3	Desbaste 3	Desbaste 3
18					Desbaste 4
Corte raso	12 anos	14 anos	16 anos	18 anos	20 anos

O regime de manejo 1 tem rotação de 12 anos, conduzido com 2 desbastes, sendo o primeiro aos 6 anos e o segundo aos 10 anos, com corte raso executado no final da rotação, aos 12 anos.

O regime de manejo 2 tem rotação de 14 anos, conduzido com 2 desbastes, sendo o primeiro aos 6 anos e o segundo aos 10 anos, com corte raso executado ao final da rotação, aos 14 anos. Este regime de manejo possui rotação mais longa que o regime de manejo 1, mas mantém o mesmo número de árvores.

O regime de manejo 3, tem rotação de 16 anos e 3 intervenção de desbaste, aos 6 anos, 10 anos, 14 anos, com corte raso executado no final da rotação, na idade de 16 anos.

O regime de manejo 4 tem rotação de 18 anos e 3 intervenções de desbaste, aos 6 anos, 10 anos e 14 anos, com corte raso executado no final da rotação, aos 18 anos. Este regime de manejo possui rotação mais longa que o regime de manejo 3 mas mantém o mesmo número de árvores.

O regime de manejo 5 é o mais longo, com rotação de 20 anos e 4 intervenções de desbaste, nos 6 anos, 10 anos, 14 anos e 18 anos, com corte raso executado no final da rotação, quando o povoamento atinge 20 anos. A avaliação econômica de todos os regimes de manejo foram simulados para as três classes de índice de sítio.

3.12.1 Custos de plantio e condução

Os cálculos econômicos foram desenvolvidos baseado-se em valores médios de custos de implantação, tratos culturais e manejo. Os custos de administração, implantação, manutenção, tratos culturais e técnicas de manejo adotados, foram os mesmos para todos os sítios avaliados. Para a implantação dos povoamentos assumindo-se valor de clone de 0,48 R\$/muda, somando 586,56 R\$/hectare para plantio e replantio. Assumiu-se para adubação a aplicação de fosfato no momento da subsolagem e uma adubação de arranque. O valor de arrendamento foi diferenciado, sendo considerado a capacidade produtiva do local, onde valores maiores foram atribuídos aos melhores sítios e valores menores para sítios com capacidade produtiva limitada. Para o sítio 36 atribuiu-se 160 R\$/ha/ano, para o sítio 42 atribuiu-se 320 R\$/ha/ano e para o sítio 48 foi atribuído o valor de 400R\$/ha/ano de arrendamento. Os demais custos admitidos para a avaliação estão discriminados no Anexo 1.

3.13 Processamento dos dados

O processamento dos dados e ajuste das funções biométricas foram realizadas pelo pacote estatístico SAS. As tabelas de produção, distribuição de frequência, sortimentos e cálculos econômicos foram realizados com auxílio do software excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Determinação e classificação de índices de sítio(IS)

Todas as equações testadas apresentaram boa precisão para povoamentos de *Eucalyptus saligna*, demonstrando que as equações usuais para determinação de altura dominante são coerentemente formadas e suas variáveis independentes são adequadas. Para a comparação das equações testadas e identificação da que melhor ajustou-se aos dados deste trabalho foi utilizado o coeficiente de determinação ajustado, índice de Furnival, qui-quadrado e distribuição de resíduos como critérios estatísticos. Com os critérios estatísticos utilizados foi possível comparar a precisão das equações aritméticas com equações logarítmicas. Os coeficientes e parâmetros estatísticos dos modelos analisados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Estatísticas das equações de altura dominante para *Eucalyptus saligna*.

Número Equação	Coeficientes				$R^2_{aj.}$	IF	χ^2
	b_0	b_1	b_2	b_3			
1	3,89169	-44,45483			0,8695	2,212578	118,214447
2	-1,30772	1,52294	-0,10746		0,8938	2,147078	96,604744
3		0,94054	-0,04313		0,9994	2,154483	98,853282
4	-3,0469	1,8006	0,0147		0,8729	4,068555	96,212518
5		1,734024	0,014983		0,8731	4,065593	96,230985
6	1,94947	-16,68154	0,35645		0,8935	2,147901	97,025159
7	2,17502	0,02127	-0,000106	1,929E-7	0,8909	2,153214	98,286450
8	0,05947	0,78255	-0,00235		0,8940	2,146420	96,354777
9	51.44581	0,007699	0,819395		0,8732	4,068554	95,989564
10	46,8619	0,01092			0,8715	4,093920	98,287984

Em que: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 = coeficientes dos modelos; $R^2_{aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; IF = índice de Furnival; χ^2 = Qui quadrado. As equações podem ser vistas na Tabela 1.

As equações testadas apresentaram ajuste estatístico semelhante, sendo que não houve uma equação que se destacou como superior em todos os critérios utilizados. A equação 3, Backman modificado, apresentou o melhor valor para coeficiente de determinação ajustado, igual a 0,9994, enquanto que as demais apresentaram

valores adequados, porém mais baixos e muito próximos entre si para este critério. O menor valor do índice de Furnival representa a equação mais adequada, sendo representado pela equação 8, modelo de Gram, a mais adequada por este critério, com valor (IF=2,146420). O χ^2 é o critério que verifica a validação das equações testadas e quanto menor o valor, mais adequada é a equação. Apenas a equação 1 teve este critério distanciado e inferior às demais, enquanto que para todas as outras equações os valores foram semelhantes, sendo que o modelo 9 foi o que teve o menor valor, igual a 95,9895 para o qui-quadrado.

O valor ponderado de escores estatísticos foi utilizado para sintetizar os resultados estatísticos na avaliação dos modelos e pode ser visualizado na Tabela 9. Por esta metodologia todos os critérios de seleção tem o mesmo peso, sendo que o menor valor de somatório identifica a equação de melhor ajuste aos dados.

Tabela 9 - Ranqueamento das equações testadas para altura dominante.

Equação Número	Escore dos parâmetros estatísticos			Somatório Valor Ponderado
	R ² aj.	IF	χ^2	
1	10	6	10	26
2	3	2	5	10
3	1	4	9	14
4	8	9	2	19
5	7	8	3	18
6	4	3	6	13
7	5	5	7	17
8	2	1	4	7
9	6	7	1	14
10	9	10	8	27

Em que: R²aj= coeficiente de determinação ajustado; IF= índice de Furnival; χ^2 = Qui quadrado.

No caso, o valor ponderado é o somatório dos pesos atribuídos às estatísticas utilizadas, sendo que o menor valor encontrado é 7, indicando que a equação 8 foi a que melhor se ajustou aos dados de altura dominante. Por isto a equação selecionada foia de Gram, e utilizada para a construção das curvas monomórficas de índice de sítio.

Para verificação se o modelo selecionado não apresentava estimativas tendenciosas, utilizou-se a análise da distribuição dos resíduos para sua verificação, como pode ser observado na Figura 3.

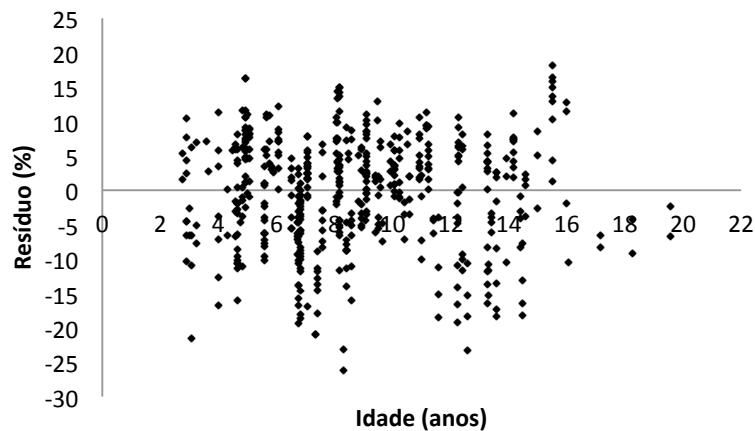


Figura 3 - Distribuição dos resíduos de altura dominante da equação de Gram.

Observa-se que a equação apresenta uma distribuição dos resíduos sem tendências. A variação residual concentra-se desde -20% até 20%, sendo que fora destes percentuais encontram-se poucos valores. Desta forma, a equação de Gram é adequada e portanto foi utilizada para a construção das curvas de Índice de sítio.

Na Figura 4 pode ser observada a curva guia, gerada pela equação de Gram, em que a mesma representa a média dos valores, não apresentando tendência da dispersão de pontos por idade.

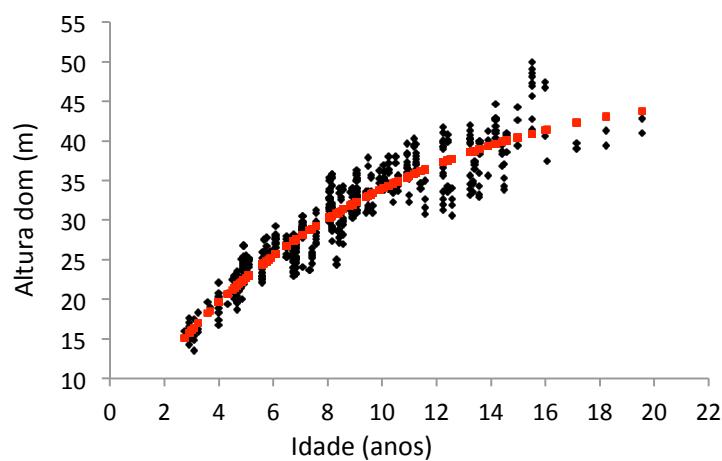


Figura 4 - Valores estimados e observados de altura dominante.

Após ter sido escolhido a equação que melhor ajustou-se aos dados, foi construído o conjunto de curvas monomórficas de índices de sítio para cada 2 metros na idade índice, fixada aos 18 anos, o que resultou em 9 curvas variando do índice de sítio 34 ao 50, necessários para abranger a dispersão de alturas conforme Figura 5.

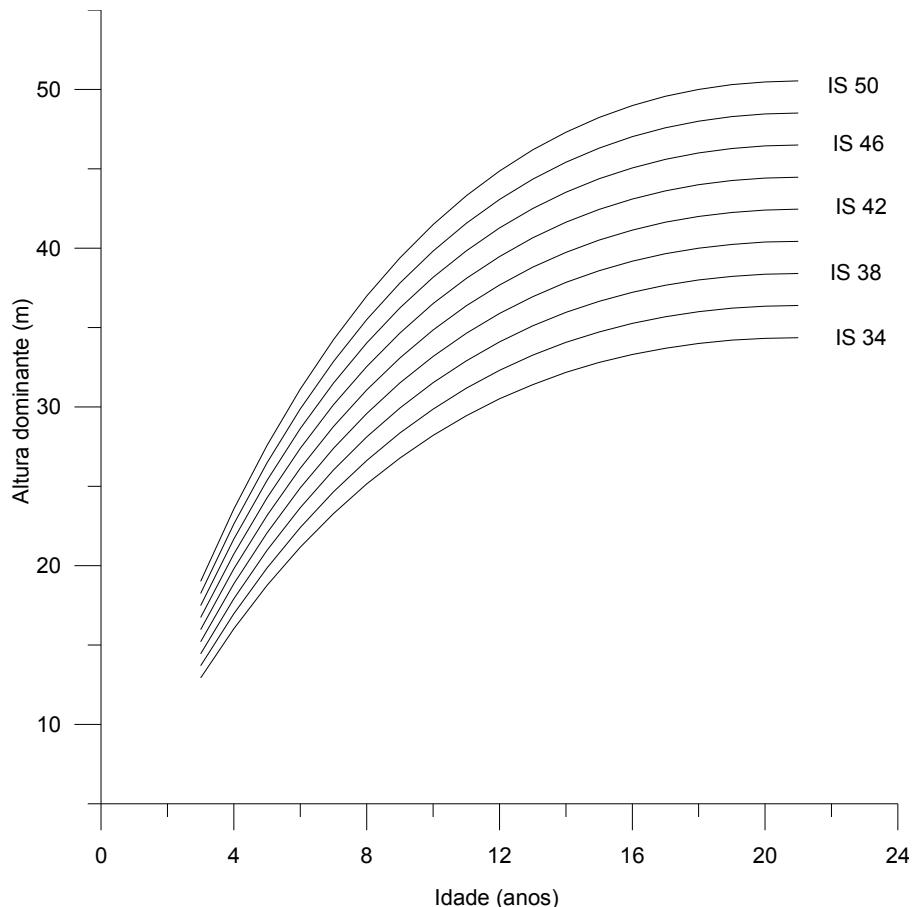


Figura 5 - Curvas monomórficas de índice de sítio para povoamentos monoclonais de *Eucalyptus saligna* para a mesorregião metropolitana de Porto Alegre.

4.2 Altura média (hm)

A altura média é uma variável que permite, juntamente com o diâmetro obter valores de volume para o povoamento, sem superestimativas de produção. Os modelos testados tem como variável independente a altura dominante e idade. Os coeficientes e parâmetros estatísticos estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Estatísticas dos modelos testados para altura média.

Número Equação	Coeficientes				R ² _{aj.}	IF	X ²
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃			
1	0,22643	0,82204	0,00377	-	0,9485	2,797747	51,63916
2	-	0,83689	0,00354	-	0,9967	2,794952	51,72802
3	0,32920	0,65320	0,06817	-	0,9437	2,042724	53,73704
4	-	0,85170	0,03841	-	0,9996	2,042559	53,74411
5	4,64966	-35,84726	-32,12398	664,4560	0,9382	2,061177	60,13537

Em que: b₀, b₁, b₂, b₃= coeficientes do modelo; IF= índice de Furnival; R²_{aj.}= coeficiente de determinação ajustado; X²= Qui quadrado. As equações podem ser vistas na Tabela 2.

Analizando os critérios estatísticos verifica-se que todos os modelos se ajustam bem aos dados, e que nenhum deles se destaca estatisticamente em relação aos outros. Observa-se que a equação 4, possui o maior valor para R²_{aj.} sendo portanto, por este critério o melhor. Isto também acontece para o IF, com o melhor valor de todas as equações analisadas. Para o critério qui-quadrado (X²), o modelo 4 ficou em quarta posição. Porém, verifica-se que os valores deste critério para todas as equações são muito próximos, ocorrendo uma diferença de apenas 2,10495 da quarta posição para a primeira para os valores reais de 53,74411 para a quarta, e 51,63916 para a primeira posição, e que, portanto, este critério também confirma a equação 4.

Pelo ranqueamento dos critérios estatísticos de todos os modelos utilizados, é possível visualizar a equação 4 de forma mais clara, como o melhor modelo, conforme é apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Ranqueamento das equações testadas para altura média.

Equação Número	Escore dos parâmetros estatísticos			Somatório Valor Ponderado
	R ² _{aj.}	IF	X ²	
1	3	5	1	9
2	2	4	2	8
3	4	2	3	11
4	1	1	4	6
5	5	3	5	13

Em que: IF= índice de Furnival; R²_{aj.}= coeficiente de determinação ajustado; X²= Qui quadrado.

A equação 4, Backman modificado apresenta o menor somatório, sendo portanto a equação mais adequada e selecionada para a estimativa da variável altura média, como uma função da altura dominante.

O ajuste da equação 4 em toda a amplitude dos dados observados de altura média é demonstrado na Figura 6 pela distribuição dos resíduos.

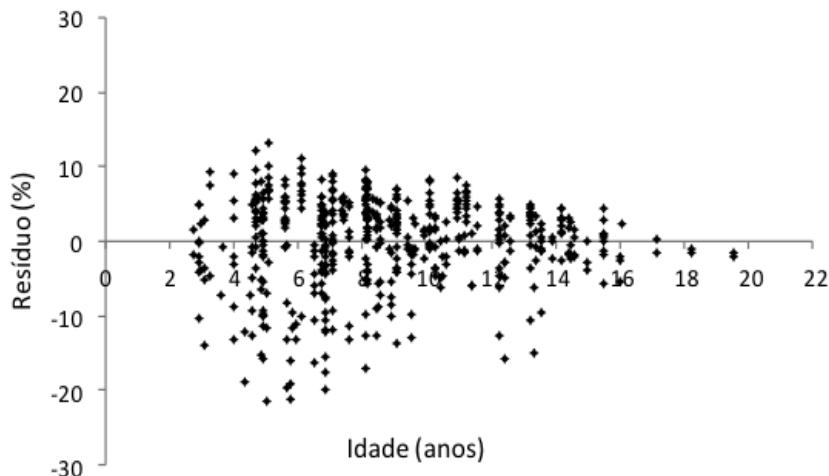


Figura 6- Distribuição dos resíduos para altura dominante.

A análise gráfica da distribuição dos resíduos entre a variável dependente observada e estimada permite verificar visualmente que não existe tendenciosidade no ajuste do modelo, fortalecendo a decisão de utilizar o modelo na estimativa da altura média na construção das tabelas de produção.

A boa eficiência do modelo pode ser observada também plotando os valores de altura média estimados sobre os dados de altura média observados, como pode ser visualizado na Figura 7.

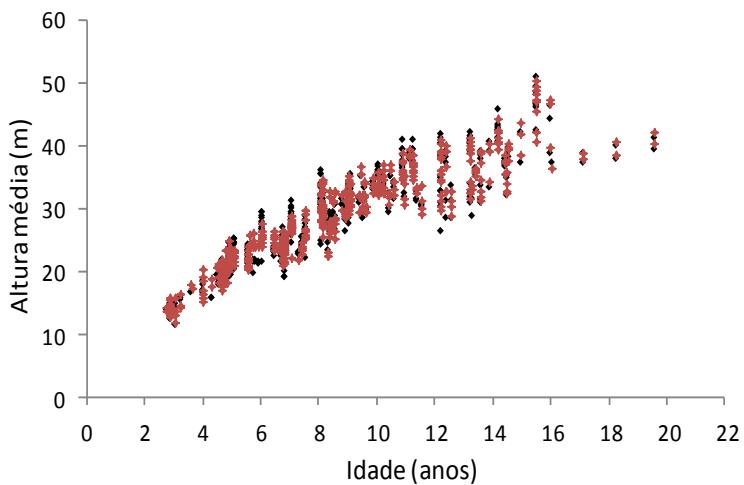


Figura 7 – Altura média estimada plotada sobre a observada.

Na Figura 7 pode ser observado que os valores de altura média estimados sobrepõem os valores observados, indicando a boa eficiência e confiabilidade da equação selecionada.

4.3 Diâmetro médio (dm)

Os coeficientes dos modelos ajustados, juntamente com os critérios estatísticos utilizados para a verificação do ajustamento aos dados são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Estatísticas das equações testadas para diâmetro médio.

Número Equação	Coeficientes				$R^2_{aj.}$	IF	χ^2
	b_0	b_1	b_2	b_3			
1	-0,00089	0,038077	0,099158		0,8858	5,6104	160,725417
2	-6,16698	3,213133	-0,47148	0,148586	0,9335	4,2769	85,549448
3	-	0,44152	0,14374	-	0,9971	6,6395	214,687349

Em que: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 = coeficientes do modelo; IF= índice de Furnival; $R^2_{aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; χ^2 = Qui quadrado.

O ranqueamento das equações de diâmetro médio testadas pelos critérios estatísticos é apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 – Ranqueamento das equações testadas para diâmetro médio.

Equação Número	Escore dos parâmetros estatísticos			Somatório Valor Ponderado
	R ² _{aj.}	IF	χ ²	
1	3	2	2	7
2	2	1	1	4
3	1	3	3	7

Em que: IF= índice de Furnival; R²_{aj.}= coeficiente de determinação ajustado; χ²= Qui quadrado.

De acordo com a metodologia adotada para o ranqueamento das equações testadas, o menor valor de somatório dos escores estatísticos indica a mais adequada. A equação 2, de Pretesch, foi a selecionada com sua distribuição de resíduos apresentada na Figura 8.

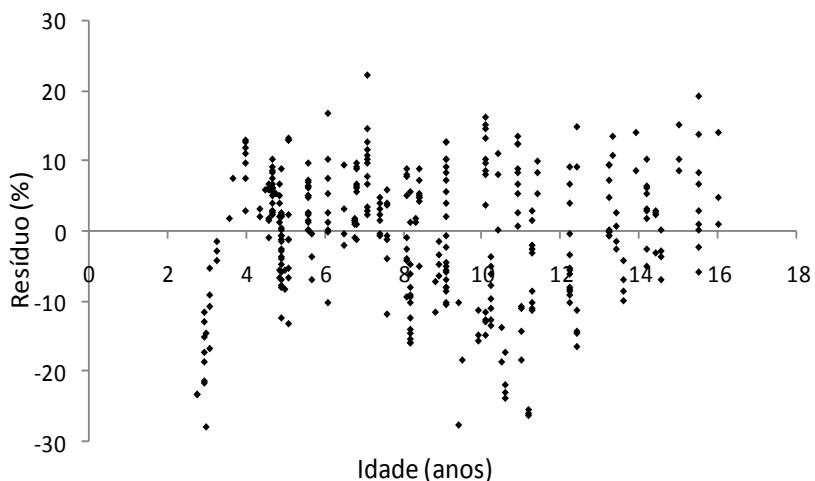


Figura 8 - Distribuição dos resíduos do diâmetro médio para a equação de Pretesch.

Observa-se que a distribuição dos resíduos desta equação é levemente tendenciosa para a idade de 3 anos, porém isto não é entendido como um problema, pois a estimativa é realizada a partir dos 4 anos. A partir da idade de interesse a distribuição

não apresenta tendenciosidade sendo que a equação é adequada para a estimativa dos diâmetros médios, para toda a amplitude de dados analisados.

A Figura 9 mostra os valores de diâmetro médio estimados plotados sobre os valores observados evidenciando claramente a boa eficiência do modelo.

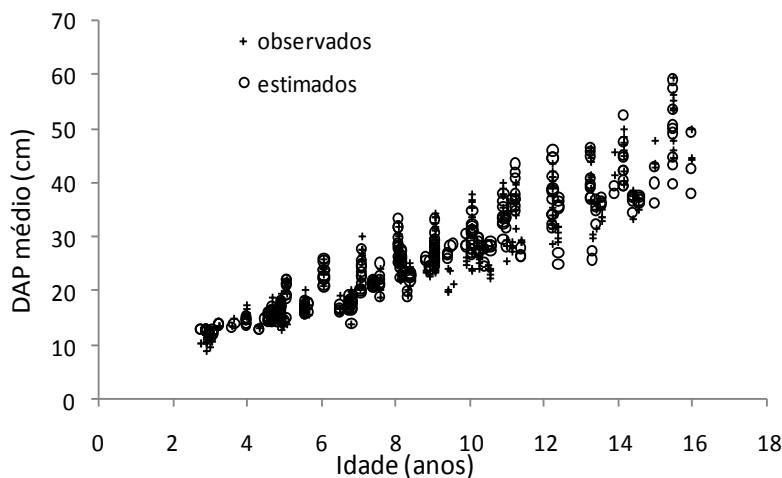


Figura 9 - Valores estimados de diâmetro médio plotados sobre os dados observados.

Como pode ser observado na análise dos resíduos, o modelo subestima os valores para os menores diâmetros, mas estima de maneira adequada para o restante da amplitude dos dados, que é a partir da idade de 4 anos.

4.4 Tabelas de produção

A estruturação da produção na forma de tabelas por índice de Sítio, idade e índice de espaçamento relativo é apresentado em Apêndice. As tabelas de produção foram construídas para três índices de espaçamento relativo, de 16%, 20% e 22%. Cada índice de espaçamento constituiu-se de tabelas de produção referentes a índices de sítio do 34 ao 50, com intervalos de 2 metros de altura dominante.

Na construção das tabelas de produção uma das variáveis mais importantes é a altura dominante (h_{100}), por permitir a diferenciação da floresta e a tabulação de informações separadas por índices de sítio. A altura dominante é a primeira variável a ser estimada e inserida na construção das tabelas, estando relacionada com a idade (t). Sua estimativa é realizada com a seguinte equação ajustada:

$$\ln h_{100} = 0,05947 + 0,78255 \cdot \ln t - 0,00235 \cdot t$$

Para evitar superestimativas das produções foi trabalhado com valores médios das variáveis medidas no povoamento, como altura média (h_m) e diâmetro médio (d_m). A etapa seguinte da construção das tabelas foi a estimativa da altura média (h_m), tendo como variável independente a altura dominante (h_{100}), conforme a equação ajustada demonstrada abaixo:

$$\ln h_m = 0,85170 \cdot \ln h_{100} + 0,03841 \cdot \ln^2 h_{100}$$

Para a estimativa do diâmetro médio (d_m), é necessário antes dispor do número de árvores por hectare (N), pois a estimativa do diâmetro médio tem como variáveis independentes a altura média e o número de árvores.

O número de árvores por hectare foi obtido para a idade de 4 anos por estimativa, por ainda não ter sido realizado desbaste, e a diminuição do número de árvores em relação ao plantio, ser devido a motivos silviculturais. A estimativa do número de árvores por hectare aos 4 anos foi realizado pela equação abaixo e tem como variáveis independentes a altura dominante e o número inicial (plantadas) de árvores por hectare:

$$N = N_i \cdot \left(1 - 0,181441 \cdot e^{-4,217392/h_{100}} \right)$$

Para as demais idades contempladas na tabela de produção o número de árvores foi calculado, mantendo o espaçamento relativo constante em 20%. O cálculo é realizado da seguinte fórmula:

$$N/h = \frac{10.000}{\left(\frac{h_{100} * S\%}{100}\right)^2 * \frac{\sqrt{3}}{2}}$$

Utilizando as variáveis independentes altura média e número de árvores foi estimado o diâmetro médio, pela equação abaixo:

$$d_m = \frac{h_m}{e^{-6,16698 + 3,213133 \ln hm - 0,47148 \ln^2 hm + 0,148586 \ln N}}$$

A área basal por hectare foi calculada utilizando o diâmetro médio, transformado em área basal individual, e esta multiplicada pelo número de árvores por hectare na idade. O cálculo foi realizado pela seguinte fórmula:

$$G = \frac{\pi * (d_m)^2}{40.000} * N/ha$$

O fator de forma para o cálculo do volume total com casca (f_{vtcc}) e volume comercial sem casca (f_{vcsc}) foram obtidos por estimativa como uma função das variáveis independentes, altura média, DAP médio, diâmetro a 30% da altura total ($d_{0,3}$) e diâmetro a 50% da altura total ($d_{0,5}$). Os $d_{0,3}$ e $d_{0,5}$ foram utilizados para melhorar a precisão da estimativa do fator de forma, pois sem essas variáveis a equação apresentava estatísticas inadequadas. Antes do ajuste da equação de fator de forma, foram ajustadas as equações de $d_{0,3}$ e $d_{0,5}$, pelo procedimento stepwise no SAS, como segue:

$$d_{0,3h} = 0,7657 \cdot DAP + 12,11883 \cdot \frac{1}{DAP}$$

A equação para $d_{0,3}$ apresenta bom ajuste estatístico, com R^2 de 0,9988, S_{yx} de 0,59748 e CV% 3,465. O teste de validação demonstra que o modelo é adequado, com um valor de χ^2 igual a 5,0743. Na Figura 10 é apresentado o gráfico de distribuição de resíduos da equação de $d_{0,3}$.

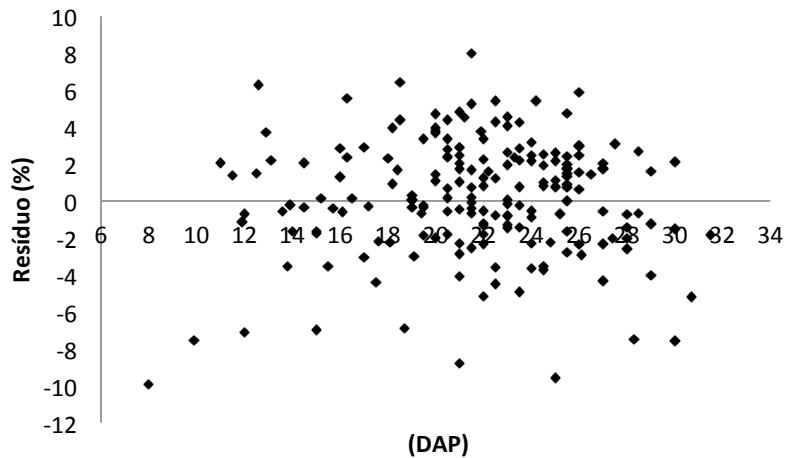


Figura 10 - Distribuição de resíduos para estimativa de diâmetro à 30% da altura.

Como pode ser observado na Figura 9 não ocorreu tendenciosidade para toda a amplitude de diâmetro médio utilizada na estimativa de diâmetro relativo a 30% da altura do fuste, com variação máxima de 8 a -10%.

A equação para estimativa do diâmetro relativo a 50% da altura do fuste, $d_{0,5}$, foi ajustada aos dados e demonstrada a seguir com os respectivos parâmetros:

$$d_{0,5h} = 0,62084 \cdot DAP + 9,66753 \cdot \frac{1}{DAP}$$

Esta equação para $d_{0,5}$ também apresentou bom ajuste estatístico, com R^2 de 0,9978, S_{yx} de 0,67272 e CV% de 4,81352. O teste de validação, igualmente como na equação de $d_{0,3}$, demonstra que a equação $d_{0,5}$ é adequada, com valor baixo de χ^2 , igual a 6,3703. A Figura 11 mostra a distribuição de resíduos para a equação $d_{0,5}$.

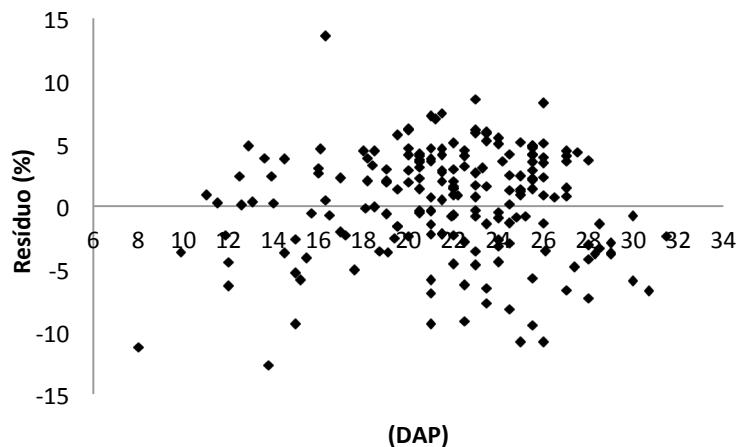


Figura 11 - Distribuição de resíduos para estimativa do diâmetro à 50% da altura.

A dispersão de resíduos da equação ajustada para $d_{0,5}$ ocorreu de -12 à 13%, sem tendenciosidade para toda a amplitude de dados, sendo que a maior parte dos resíduos concentra-se de -8 à 8% de dispersão.

Com as equações de $d_{0,3}$ e $d_{0,5}$ ajustadas foi possível estimar com boa precisão os fator de forma para volume total com casca (f_{vtcc}), e fator de forma para volume comercial sem casca (f_{vcsc}). A equação ajustada para f_{vtcc} é apresentada abaixo com seus coeficientes:

$$f_{vtcc} = 0,09129 - 94,24156 \cdot \left(\frac{1}{DAP^2 \cdot h_t} \right) + 0,6585 \cdot \left(\frac{1}{DAP} \right) + 0,5616 \cdot \left(\frac{d_{0,3h} \cdot d_{0,5h}}{DAP^2} \right)$$

Esta equação apresenta um bom ajuste estatístico com R^2 de 0,9210, S_{yx} de 0,00867 e CV% igual a 1,92670. Também para o teste de validação a equação mostrou-se adequada, com valor de χ^2 igual a 0,055752. A análise da distribuição dos resíduos ocorreu sem tendenciosidade para toda a amplitude de diâmetros, tendo os valores variado de -8 à 8%. O gráfico da distribuição dos resíduos relativos é apresentado na Figura 12.

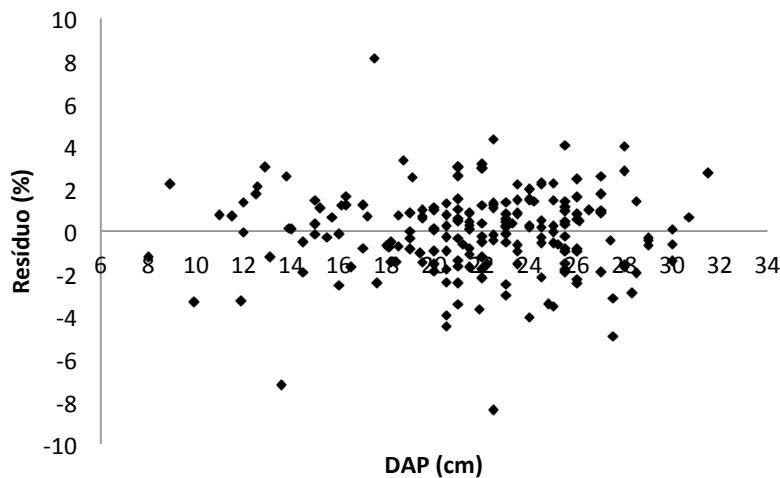


Figura 12 - Distribuição de resíduos para equação de fator de forma para volume total com casca.

A equação de estimativa de fator de forma apresentada abaixo foi ajustada aos dados de cubagem e permite a obtenção do volume comercial sem casca pela multiplicação de seu resultado pelo volume do cilindro do indivíduo de mesmo DAP. A equação de fator de forma para volume comercial sem casca(f_{vcsc}) é assim apresentada abaixo com seus coeficientes.

$$f_{vcsc} = 0,17094 - 0,00209 \cdot (DAP) - 24,86736 \cdot \left(\frac{1}{DAP \cdot h_m} \right) + 0,60267 \cdot \left(\frac{d_{0,3h} \cdot d_{0,5h}}{DAP^2} \right)$$

Verificou-se bom ajuste da equação para os valores dos critérios estatísticos, sendo para o R^2 da equação valor igual a 0,8812, o S_{yx} é igual a 0,00979 e CV% valor de 2,49055. A análise de validação pelo critério de qui-quadrado apresentou um valor baixo e, portanto adequado, igual a 0,095658. A distribuição de resíduos produzidos pela equação possibilitou verificar um ajuste sem tendenciosidade para toda a amplitude de análise, com valores variando de -7 até 10%. A distribuição de resíduos para f_{vcsc} pode ser observada na Figura 13.

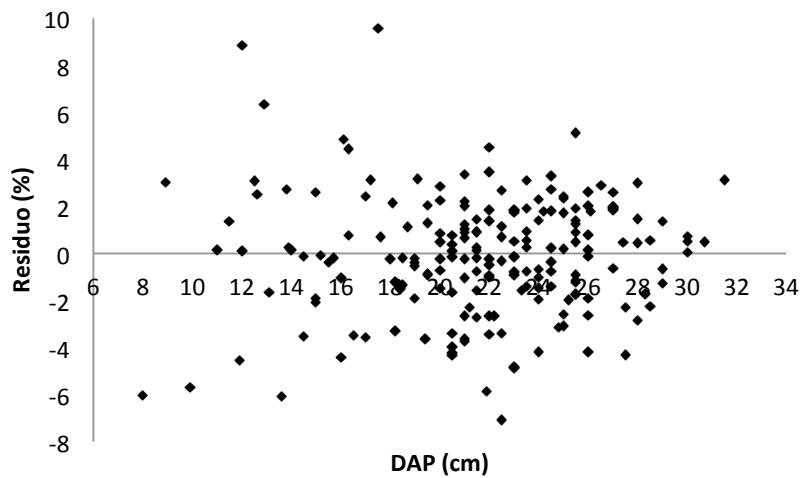


Figura 13 -Distribuição de resíduos para equação de fator de forma para volume comercial sem casca.

4.4.1 Análise da produção total

Com a análise da produção total para diferentes densidades do povoamento em espaçamentos relativos (S%) para um mesmo índice de sítio (IS), verificou-se um aumento de diâmetro médio com o aumento do espaçamento, porém com redução da produção total. No IS 42 ocorreu redução da produção total de 125,38 m³/ha ou 16,97% quando aumentou-se o S% de 16% para 20% e 163,63 m³/ha ou 22,15% quando elevou-se o S% para 22%. Em contrapartida à redução da produção volumétrica, verificou-se um ganho em diâmetro médio de 6,85% no povoamento com espaçamento relativo 20%, e de 9,92% de aumento em diâmetro médio para o povoamento com espaçamento relativo de 22% em relação ao diâmetro médio do povoamento com espaçamento 16%, como pode ser observado na Figura 14.

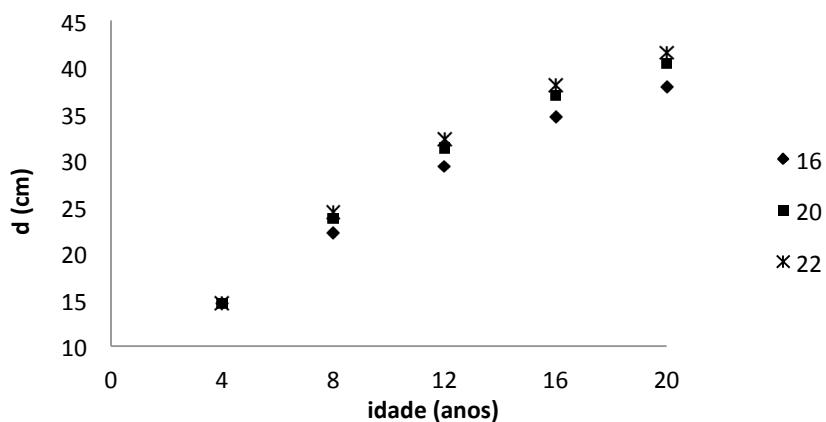


Figura 14 - Aumento do diâmetro médio com o aumento do peso de desbaste.

4.4.2 Análise do número de árvores

A perda de produção volumétrica esta diretamente relacionada com o número de árvores por hectare (N), ocorrendo redução de 36% do número de árvores para o S% 20 e 47% do número de árvores para o S% 22, ambos em relação ao menor peso de desbaste praticado, de 16%. A redução do número de árvores por hectare com o aumento do peso de desbaste, para o índice de sítio 42 é demonstrado na Figura 15.

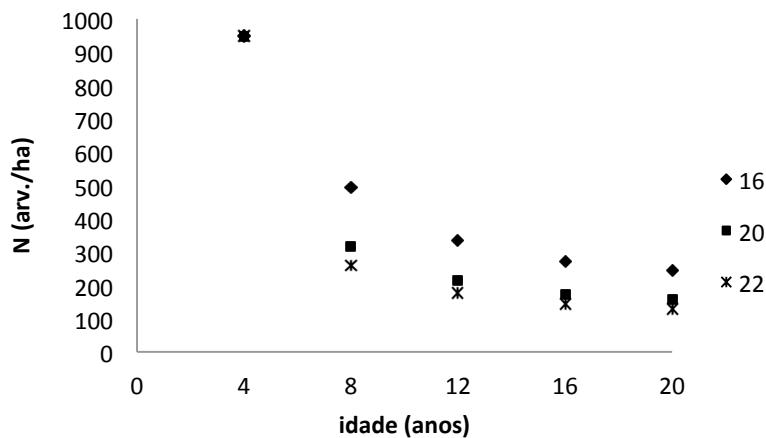


Figura 15 - Redução do número de árvores com o aumento do espaçamento relativo.

Por outro lado, verificou-se que com a manutenção do mesmo S% ocorreu um aumento da produção total e do diâmetro médio com a melhora da qualidade do sítio, de modo contrário, ocorre redução do número de árvores remanescentes. A redução no N é explicada pelo fato de o espaçamento entre indivíduos ser um percentual da altura dominante e, portanto diretamente proporcional a esta variável, consequentemente torna o N inversamente proporcional ao espaçamento.

4.4.3 Análise do diâmetro médio (d_m)

Observa-se que mesmo havendo uma progressiva redução do número de árvores por hectare com a melhora da capacidade produtiva do sítio, ocorreu um aumento da produção total, indicando que os melhores sítios tem capacidade de responder com maiores incrementos por indivíduo. Esta resposta ocorreu e a relação foi verdadeira enquanto as árvores remanescentes possuíam capacidade de ocupar todo o espaço reservado ao indivíduo, o espaço aumentado além do limite de expansão de copa das árvores remanescentes, não contribuiu com maiores incrementos em diâmetro, passando a ser espaço desperdiçado, implicando em não aproveitamento adequado da área de produção. O aumento do diâmetro médio com a melhora da qualidade do índice de sítio, para um mesmo índice de espaçamento relativo pode ser observado na Figura 16.

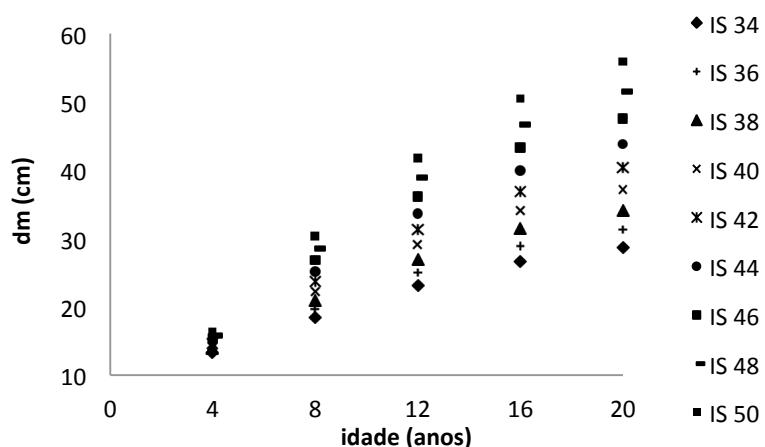


Figura 16 - Aumento do diâmetro médio com a melhora da qualidade de sítio para S% = 20.

4.4.4 Análise do incremento médio anual (IMA)

Analizando o incremento médio anual(IMA) para a produção total com casca, verifica-se uma tendência inicial crescente até atingir um ponto máximo de incremento e em seguida uma tendência decrescente até o final da rotação, de acordo com o comportamento normal do incremento em produção.

Para o S% 16, o máximo IMA ocorreu aos 12 anos para todos os índices de sítio. Observa-se que aos 12 anos o IMA do IS 34 é muito similar ao IMA dos 8 anos, e que quanto mais alto o índice de sítio, maior é a diferença de IMA entre as duas idades, indicando o aumento da taxa de incremento, atingindo o máximo IMA sempre aos 12 anos e, a partir desta idade decresce até o final da rotação. Para os melhores sítios observa-se uma pequena redução da taxa de incremento entre as idades de 12 e 16 anos, indicando que os melhores sítios mantém por mais tempo maiores taxas de incremento. A manutenção do mesmo S% nas idades de 8 a 12 anos no IS 34, implica em redução de um menor número de árvores, se comparado com a redução necessária do número de árvores para manutenção do mesmo S% nas idades de 8 e 12 anos no IS 50, mantendo desta forma um maior número de árvores nos IS mais baixos. A relação entre número de árvores e a capacidade de resposta dos diferentes IS para a variável diâmetro médio, faz com que nos IS mais baixos o IMA seja maior em povoamentos mais jovens e com maior número de árvores, enquanto que os melhores IS mantém o IMA alto, mesmo com a redução do número de árvores pois, tem capacidade de manter altas taxas de incremento por maior período de tempo. O comportamento do incremento médio anual para os espaçamentos relativos 16%, 20% e 22% pode ser visualizado nas Figuras 17, 18 e 19.

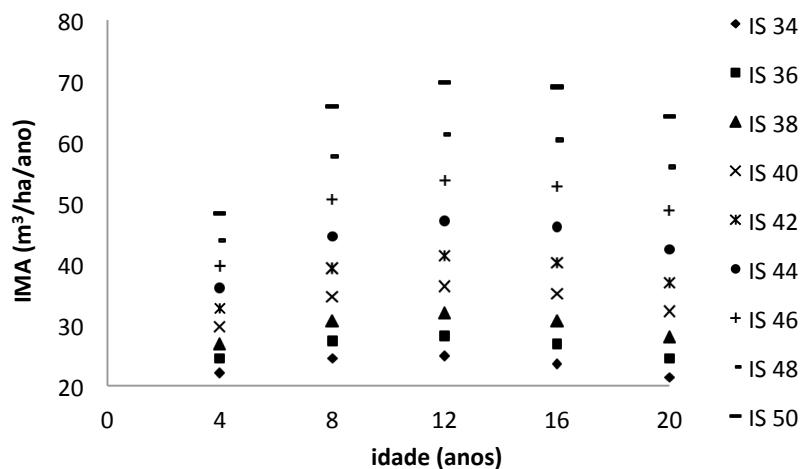


Figura 17 - Incremento médio anual de povoamento com espaçamento relativo 16%.

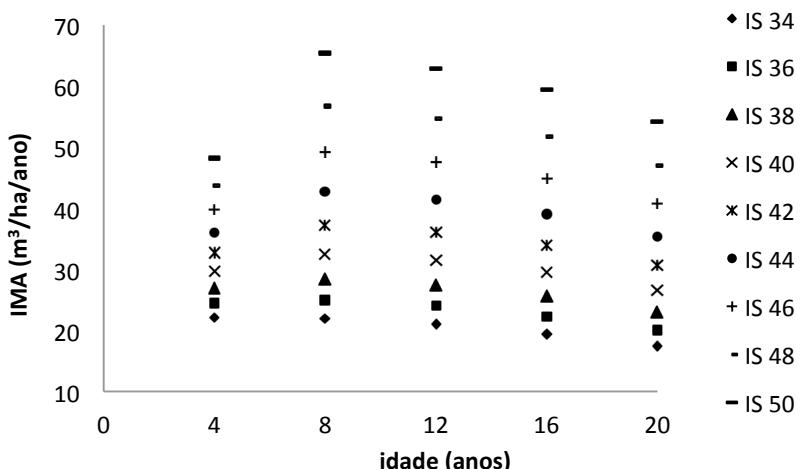


Figura 18 - Incremento médio anual de povoamento com espaçamento relativo 20%.

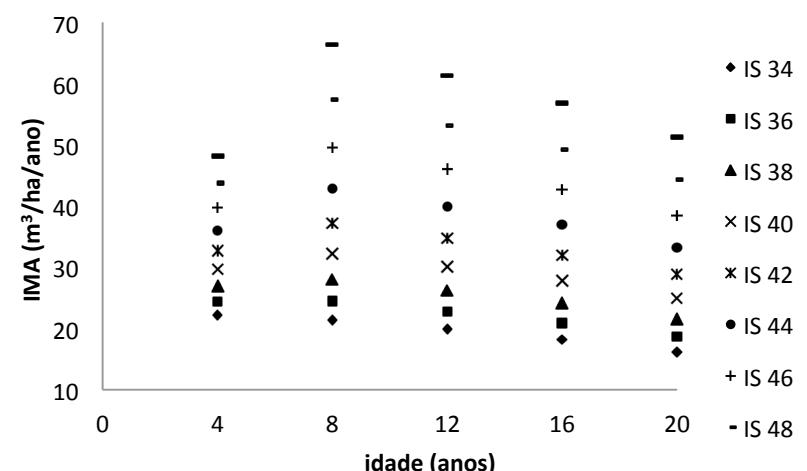


Figura 19 - Incremento médio anual de povoamento com espaçamento relativo 22%.

Para as tabelas de produção construídas com maior peso de desbaste, índice de espaçamento relativo de 20% e 22%, ocorreu antecipação do máximo IMA para 4 anos no IS 34 e para os 8 anos nos demais IS analisados. A antecipação para os 4 anos de idade no IS 34 é explicada pelo número de árvores ainda elevado. A redução drástica do N nos 8 anos e pela baixa capacidade de incremento em sítios ruins faz o volume ficar baixo, com consequente redução do IMA. Os sítios com maior capacidade produtiva respondem com elevado incremento em diâmetro ao maior espaço fornecido às árvores, acarretando em maior incremento anos oito anos de idade. A partir da idade de máximo, ocorre redução gradativa do IMA até o final da rotação.

4.5 Forma de tronco

No estudo da forma de tronco vários modelos foram testados e ajustados aos dados de cubagem para o conjunto total de dados. Seus coeficientes e critérios estatísticos podem ser observados nas Tabelas 14 e 15.

Tabela 14 – Coeficientes das equações testadas para forma de tronco.

Número Equação	Coeficientes					
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
1	1,21369	-2,24077	1,12810	-	-	-
2	1,21360	-2,14305	1,03181	-	-	-
3	1,08178	-0,86936	-	-	-	-
4	1,13848	-1,79028	2,51305	-1,86915	-	-
5	1,19364	-3,92416	17,66829	-41,5992	43,75713	-17,1707

Veja equações na Tabela 5.

Tabela 15 - Critérios estatísticos das equações testadas para forma de tronco.

Número Equação	Critérios estatísticos			
	R ² _{aj.}	S _{yx}	IF	χ ²
1	0,9190	0,10318	0,17007	529,6396
2	0,9185	0,10355	0,17068	672,8471
3	0,9513	0,05510	0,09083	437,6835
4	0,9651	0,04664	0,07687	384,4295
5	0,9740	0,04030	0,06641	306,3847

Em que: IF= índice de Furnival; S_{yx}= Erro padrão da estimativa; R²_{aj}= coeficiente de determinação ajustado; χ²= qui-quadrado.

Com a análise dos critérios estatísticos é possível identificar que os modelos que melhor ajustaram-se aos dados foram o 4 e o 5. Pelo ranqueamento dos escores estatísticos, na Tabela 16, foi possível visualizar de forma mais clara os melhores modelos.

Tabela 16 - Ranqueamento para os critérios estatísticos das equações ajustadas para forma de tronco.

Equação Número	Escore dos parâmetros estatísticos				Somatorio valor ponderado
	R ² _{aj}	S _{yx}	IF	χ ²	
1	4	4	3	4	15
2	5	5	4	5	19
3	3	3	5	3	17
4	2	2	2	2	8
5	1	1	1	1	4

Em que: IF= índice de Furnival; S_{yx}= Erro padrão da estimativa; R²_{aj}= coeficiente de determinação ajustado; χ²= Qui quadrado.

A menor soma dos escores estatísticos, com valor 4, referente ao modelo 5, representado pelo polinômio de quinto grau, que apresenta um R²_{aj} de 0,9740, S_{yx} de 0,104030, IF de 0,06641e χ² de 306,3847. Os valores de χ² gerados pelas equações podem parecer altos, como o valor 306,3847 da equação de melhor ajuste, mas levando em consideração os 5658 dados utilizados no ajuste da equação e que a forma de obtenção do χ² envolve um somatório, entende-se ser um valor baixo, e na análise comparativa deste critério quanto mais baixo o valor, melhor o ajuste da equação.

Para complementar a análise do ajuste do modelo é apresentado na Figura 20 o gráfico de distribuição relativa de resíduos de forma de tronco.

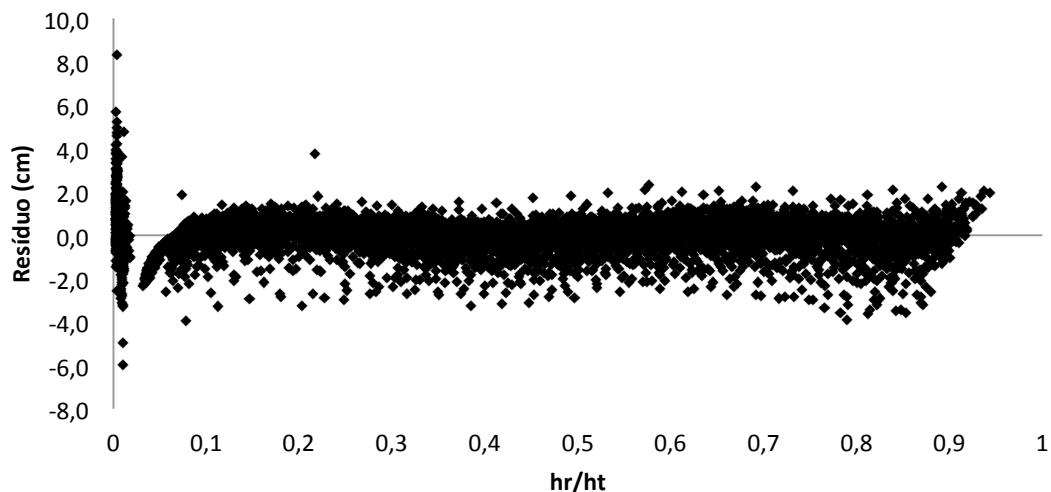


Figura 20 – Distribuição de resíduos da equação 4, polinômio de quinto grau para o ajuste da forma de tronco.

A distribuição dos resíduos ocorreu sem tendenciosidade para toda a distribuição dos dados, exceto para dados localizados abaixo de 0,3 m de altura, local em que ocorre um engrossamento natural do fuste, dando origem à base da árvore. Nesta posição o modelo matemático foi menos preciso, gerando resíduos maiores do que nas posições mais elevadas do fuste. Estes maiores resíduos podem ser observados no gráfico próximo da posição zero das alturas relativas. Na altura do tronco, próximo da posição 0,0 de hr/ht, os diâmetros relativos possuem valores maiores que 1, chegando em alguns casos a 1,4, tornando-se difícil para o modelo estimar diâmetros precisos.

O mesmo modelo, polinômio de quinto grau, de estimativas de diâmetros relativos à alturas relativas, foi selecionado por Müller (2004), no seu estudo de forma de tronco para *Eucalyptus saligna*. O autor fez um estudo de ajuste do modelo inicialmente com todo o conjunto de dados, com diâmetros de 8 cm até 74 cm e posteriormente dividiu os dados em classes diamétricas, sendo elas abaixo de 20 cm, de 20 a 30 cm e acima de 30 cm de diâmetro. O polinômio de quinto grau tendo como variável dependente os diâmetros relativos e variáveis independentes as alturas relativas foi selecionado por Müller (2004) como o mais adequado tanto para o conjunto completo de dados, como para as diferentes classes diamétricas.

A forma de tronco estimada pelo modelo é apresentada na Figura 21 na forma de um perfil longitudinal. O gráfico ilustra valores estimados sobrepostos a valores observados, a linha vermelha representa os valores estimados pela equação de forma de tronco selecionada e os pontos pretos os valores observados. Os diâmetros relativos são corretamente estimados para qualquer altura relativa, o que deixa a equação altamente eficiente.

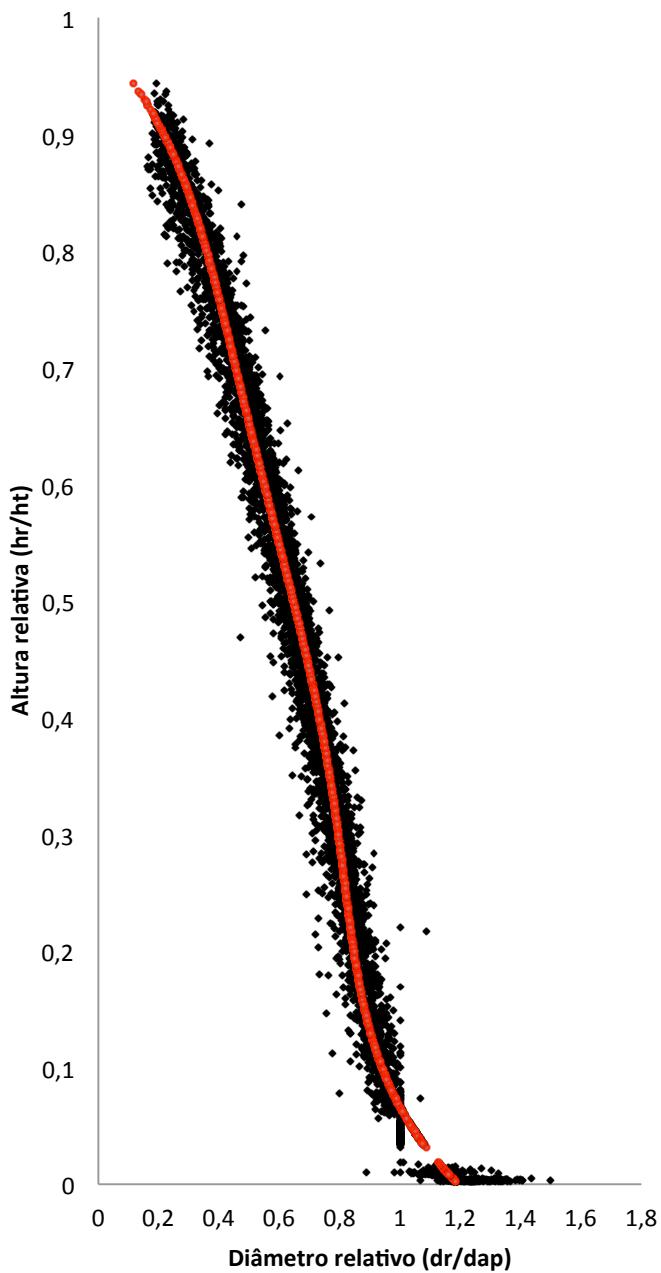


Figura 21 - Perfil longitudinal da forma de tronco estimada pela equação 5, polinômio de quinto grau.

O ajuste da função de forma de tronco é essencial para o cálculo dos sortimentos florestais. Os sortimentos são obtidos pela integração desta função de forma de tronco.

4.6 Distribuição de frequência

A distribuição de frequência por classe de diâmetro foi ajustada para os dados observados dos povoamentos pelo procedimento CAPABILITY do programa estatístico SAS. Foi calculado simultaneamente a distribuição de frequência para as Funções Normal e Weibull.

A escolha do modelo que melhor descreve a distribuição das árvores por classe de diâmetro foi pelo procedimento de análise dos testes de aderência. Os testes utilizados foram o W-Sq, A-Sq e Qui-quadrado. Com base nos testes de aderência verificou-se que a função Normal foi a que melhor se ajustou estatisticamente à distribuição do povoamento. Na Tabela 17 são apresentados os valores dos testes de aderência e o ranqueamento da função em cada idade.

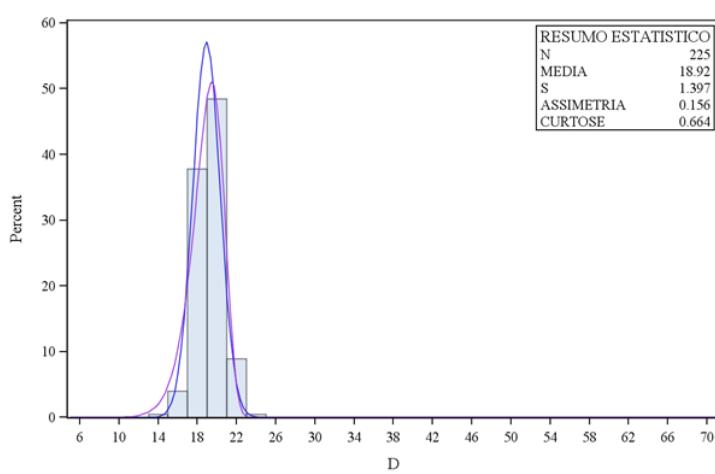
Tabela 17 - Testes de Aderência e ordem de ranqueamento das funções de distribuição analisadas.

Idade (meses)	Função	Teste de aderência			Ranqueamento
		W-Sq	A-Sq	Qui	
61	Normal	0,38406 1	2,01141 1	13,0006 1	3
	Weibull	0,80634 2	4,86504 2	45,9952 2	6
73	Normal	0,14405 1	0,803826 1	5,67966 1	3
	Weibull	0,27756 2	1,952008 2	17,94414 2	6
85	Normal	0,149725 1	0,829387 1	6,273616 1	3
	Weibull	0,203525 2	1,558183 2	24,1777 2	6
97	Normal	0,165754 2	0,944968 1	10,126878 1	4
	Weibull	0,155513 1	1,141243 2	11,3347 2	5
109	Normal	0,351157 1	1,860627 1	17,853209 1	3
	Weibull	0,335578 2	1,915182 2	19,36885 2	6
121	Normal	0,259539 2	1,451312 1	17,029594 1	4
	Weibull	0,249593 1	1,474614 2	19,762679 2	5
131	Normal	0,303942 1	1,738259 2	19,777985 1	4
	Weibull	0,313431 2	0,779838 1	20,463199 2	5
135	Normal	0,157271 1	0,882126 1	15,80658 2	4
	Weibull	0,160011 2	0,916873 2	15,49089 1	5
147	Normal	0,109376 2	0,656707 1	9,761968 1	4
	Weibull	0,106197 1	0,68077 2	10,337577 2	5
159	Normal	0,1185408 2	0,698368 1	7,722974 1	4
	Weibull	0,114853 1	0,727554 2	7,746245 2	5
170	Normal	0,0786769 1	0,479529 1	4,748989 1	3
	Weibull	0,098073 2	0,628936 2	5,403385 2	6
186	Normal	0,0606112 1	0,352242 1	11,980773 1	3
	Weibull	0,087615 2	0,549936 2	12,277608 2	6

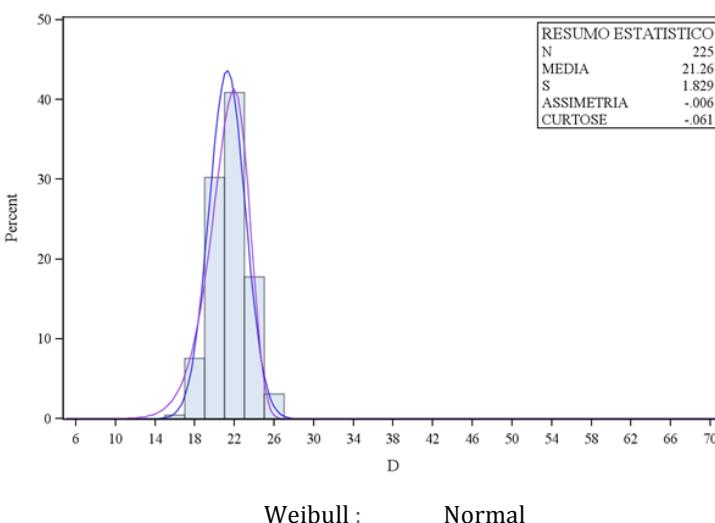
Em que: W-Sq= Cramer-von Misses; A-Sq= Anderson-Darling; χ^2 = qui-quadrado.

A função que melhor se ajusta aos dados observados foi a que apresentou o menor valor de somatório dos escores estatísticos. Na Figura 22 é apresentado os gráficos das distribuições de diâmetros dos dados observados e as curvas das funções Normal e Weibull para todas as idades analisadas, dos 61 aos 186 meses. As colunas mostram a distribuição das árvores em percentual por classe de diâmetro e as linhas descrevem as funções de distribuição. A linha rocha mostra a distribuição probabilística da função Weibull e a linha azul a distribuição pela função Normal.

(a)

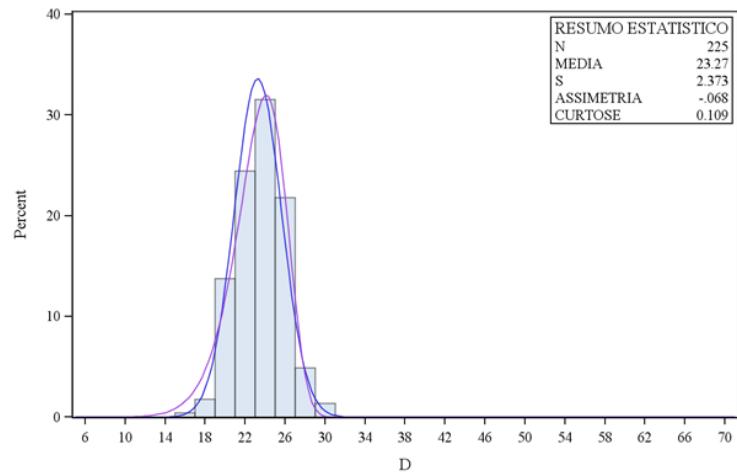


(b)

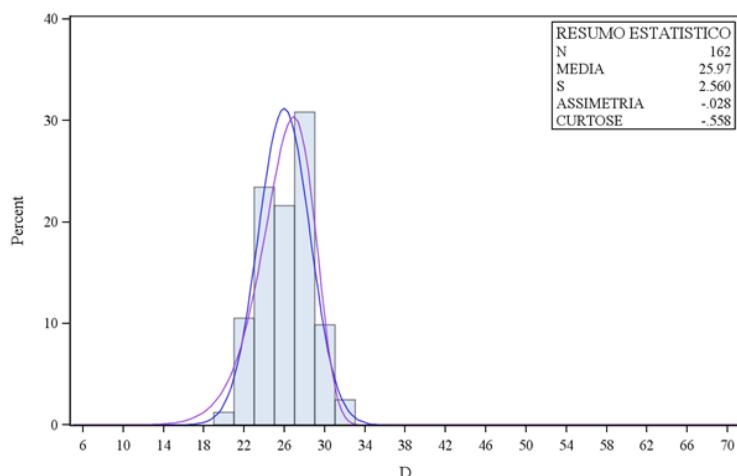


Continua...

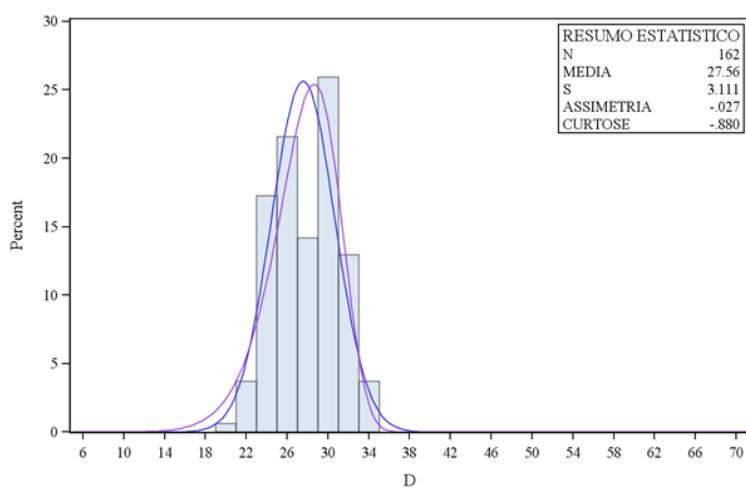
(c)



(d)



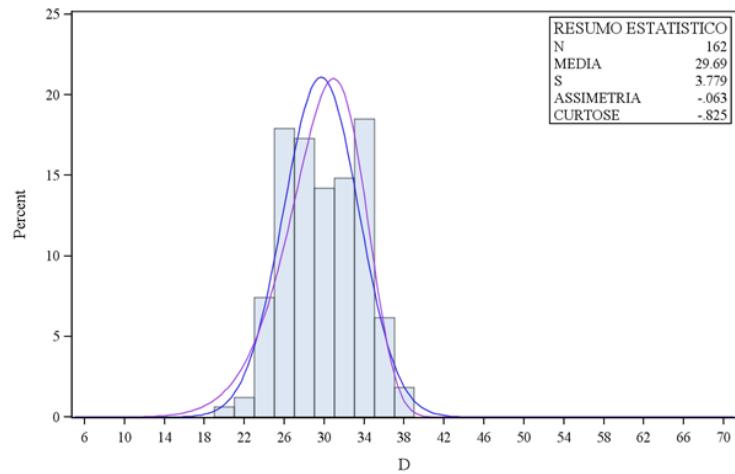
(e)



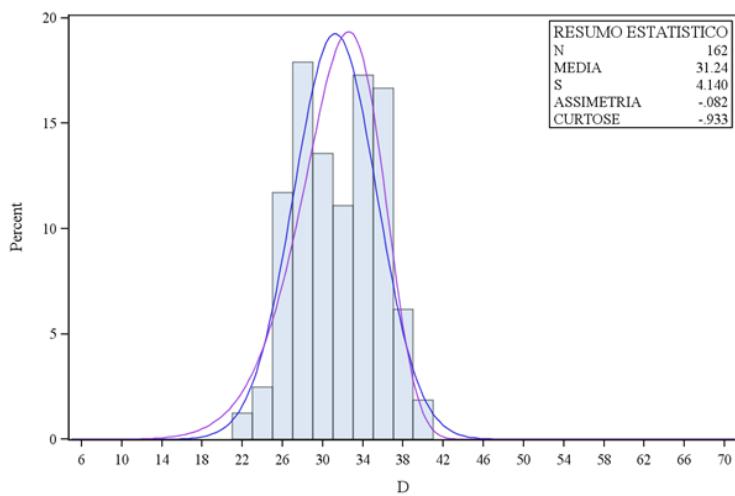
Weibull ; Normal

Continuação

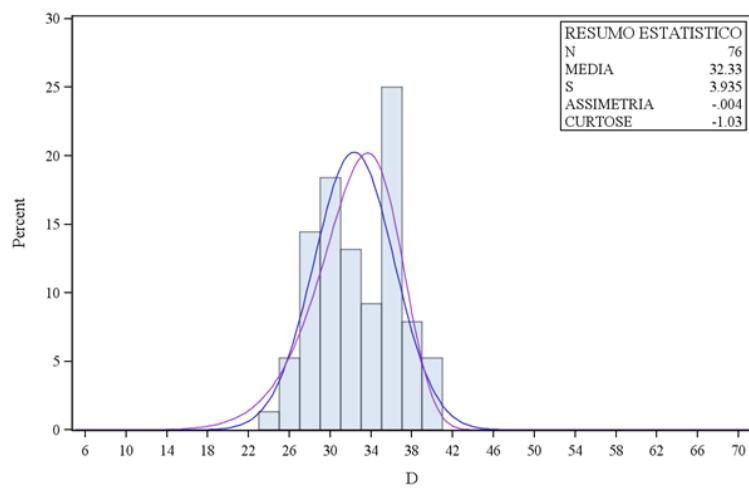
(f)



(g)



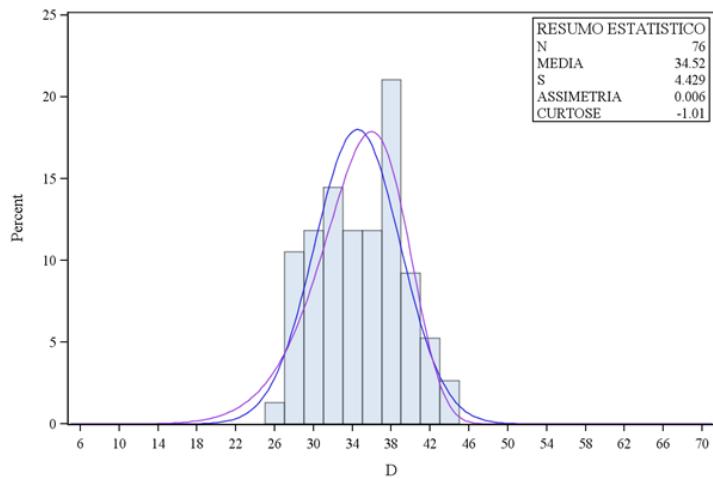
(h)



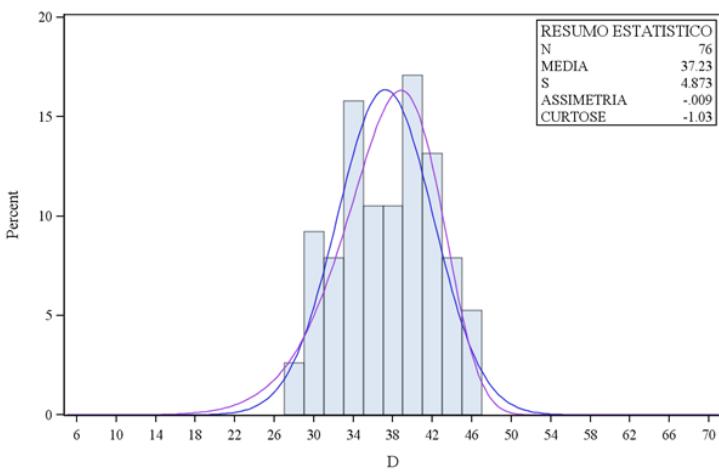
— Weibull ; — Normal

Continuação

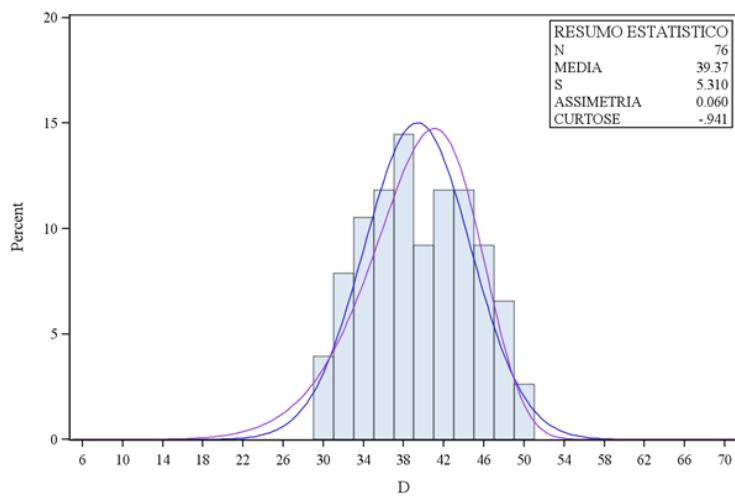
(i)



(j)



(k)



— Weibull ; — Normal

Continuação

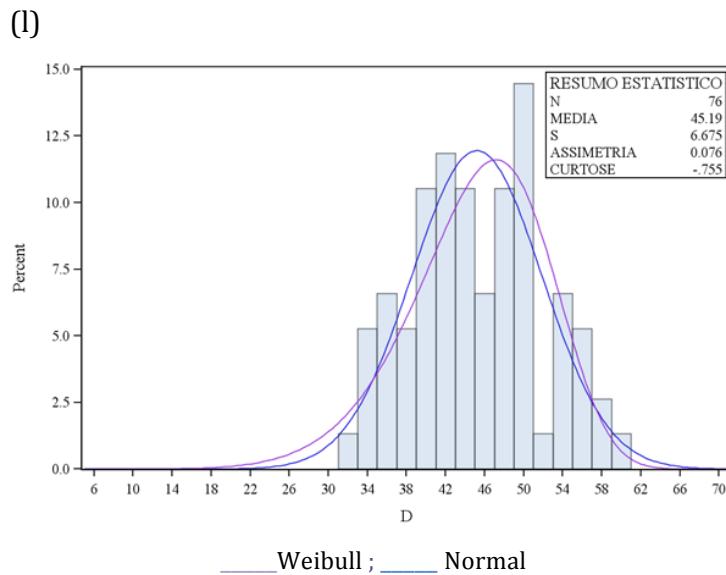


Figura 22 - Probabilidade da distribuição de frequência diamétrica do povoamento: (a) 61 meses, ou 5,08 anos; (b) 73 meses ou 6,08 anos; (c) 85 meses ou 7,08 anos; (d) 97 meses ou 8,08 anos; (e) 109 meses ou 9,08 anos; (f) 121 meses ou 10,08 anos; (g) 131 meses ou 10,9 anos; (h) 135 meses ou 11,25 anos; (i) 147 meses ou 12,25 anos; (j) 159 meses ou 13,25 anos; (k) 170 meses ou 14,2 anos; (l) 186 meses ou 15,5 anos.

Tanto a função Normal quanto a Weibull se ajustam bem à distribuição observada, porém os testes de aderência revelam que a função Normal é levemente mais adequada. É possível observar que para todas as idades analisadas a função Weibull inicia e termina a distribuição antes que a Normal, possuindo desta forma a sua base deslocada mais à esquerda que a função Normal. Este fato pode ser observado para o início da distribuição, com maior intensidade, até os 121 meses, significando que a função está estimando árvores para as menores classes, que são árvores pequenas e de pequena relevância econômica. Para a outra extremidade da distribuição, maiores classe, observa-se pouca diferença entre as duas funções, não sendo de importância econômica. Na idade de 159 meses as duas funções apresentam exatamente a mesma altura, no entanto a Weibull apresenta uma inclinação do topo para a direita, deixando-a mais fiel que a Normal aos dados observados para as maiores classes de diâmetro. O lado direito da linha de distribuição da função Weibull é puxada para o lado direito pelo maior número de árvores representado pelas barras mais altas nas maiores classes de diâmetros e termina estimando aproximadamente 1% do número total de árvores para um inexistente centro de classe, de 48 cm.

Analisando a distribuição Normal para o mesmo local e idade, percebe-se uma subestimativa do número de árvores para o lado direito da curva, desde o início da caída até o penúltimo centro de classe observado (44 cm). A mesma função Normal superestima e prolonga o final da distribuição, estimando aproximadamente 2% para o centro de classe 48 cm e 1% para o centro de classe 50 cm, sendo que para este centro de classe não existem dados observados. Estes percentuais representam poucas árvores para populações pouco adensadas, mas é um comportamento que deve ser levado em consideração, pois passa e ter importância para grandes povoamentos. A inclinação do topo da função Weibull ocorre para todas as distribuições que apresentam um número de árvores elevado para os maiores centros de classe, demonstrando ter sensibilidade e flexibilidade suficientes para ajustar-se às distribuições observadas.

Estatisticamente a função Normal mostrou-se levemente mais adequada, no entanto, analisando os gráficos de distribuição pode ser observado que a distribuição Weibull é mais adequada por ajustar-se melhor aos centros de classe maiores e mais importantes em povoamentos em sistema alto fuste. Somando-se a observação acima deduzida com o já concretizado bom desempenho da função Weibull em prognoses de produção, decidiu-se trabalhar com esta função de probabilidade da densidade para estimativas de distribuição de frequência prognosticadas no tempo.

4.6.1 Distribuição pela função Weibull

A função Weibull ajusta-se bem à distribuição observada do número de árvores por classe de diâmetro, e pela sua grande versatilidade, esta função apresenta comportamento superior na prognose de distribuições diamétricas no tempo, pois demonstra maior sensibilidade em entender as mudanças de tendência das classes de diâmetro com a evolução do povoamento em idade. Observação semelhante é encontrada em Schneider et al.(2002), onde expressa a preferência desta função por sua grande flexibilidade de ajuste aos dados e facilidade para correlacionar seus parâmetros com variáveis importantes do povoamento.

A prognose da distribuição de frequência de indivíduos por classe diamétrica é realizado de forma adequada por esta função, devido a sua sensibilidade às alterações

em número de árvores e diâmetro. Com base na análise da distribuição de frequência dos povoamentos estudados, obtém-se os parâmetros da escala e forma apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Parâmetros de escala e forma da função Weibull.

Idade	Weibull		
	Parâmtros	Escala (σ)	Forma (β)
61 meses ou 5,08 anos		19,5719	13,5341
75 meses ou 6,25 anos		22,0928	12,3595
85 meses ou 7,08 anos		24,3326	10,5215
97 meses ou 8,08 anos		27,1249	11,1392
109 meses ou 9,08 anos		28,9440	9,9545
121 meses ou 10,08 anos		31,3447	8,8949
131 meses ou 10,9 anos		33,0461	8,6356
135 meses ou 11,25 anos		34,0684	9,3078
147 meses ou 12,25 anos		36,4657	8,8096
159 meses ou 13,25 anos		39,3651	8,6764
170 meses ou 14,2 anos		41,6937	8,2939
186 meses ou 15,5 anos		48,0766	7,5174

Os parâmetros da função de distribuição probabilística de Weibull são reestimados no tempo por uma função de regressão específica para cada parâmetro pelo método dos mínimos quadrados. As funções de regressão utilizadas na reestimativa dos parâmetros no tempo tiveram suas variáveis independentes selecionadas pelo procedimento Stepwise do pacote estatístico SAS. Os parâmetros de escala e forma da Função Weibull foram estimados com as equações ajustadas abaixo.

$$\sigma = 1,05514 * d \quad \beta = 5,14499 + 42,74226 * \frac{1}{i}$$

Em que: σ = parâmetro de escala a ser estimado do modelo Weibull, d = diâmetro médio por idade, β =parâmetro de forma a ser estimado da função Weibull, i = idade.

A estimativa dos parâmetros da função Weibull foi realizada para as idades e diâmetros de interesse, isto possibilitou a utilização da mesma função de distribuição para todos os índices de sítio com boa precisão, visto que ela ajustou-se para cada

situação. Abaixo segue a Tabela 19 com os parâmetros estimados e utilizados na distribuição de frequência para a prognose dos regimes de manejo.

Tabela 19 – Parâmetros estimados da função Weibull para as idades e índice de sítio de interesse.

Idade	Parâmetros Weibull					
	IS 36		IS 42		IS48	
	Escala (σ)	Forma (β)	Escala (σ)	Forma (β)	Escala (σ)	Forma (β)
4	14,349904	15,830555	15,299530	15,830555	16,671212	15,830555
8	20,680744	10,487773	24,901304	10,487773	30,071490	10,487773
12	26,378500	8,706845	33,025882	8,706845	41,044946	8,706845
14	28,172238	8,198009	35,642629	8,198009	44,769590	8,198009
16	30,493546	7,816381	39,040180	7,816381	49,327795	7,816381
18	31,706957	7,519560	40,707301	7,519560	51,807374	7,519560
20	33,025882	7,282103	42,627656	7,282103	54,339710	7,282103

Em que: IS= índice de sítio; β = parâmetro estimado de forma; σ = parâmetro estimado de escala.

Nas Tabelas 20, 21 e 22 são apresentadas as distribuições de frequência pela função de Weibull, em número de árvores por hectare por classe de diâmetro e percentual deste em relação do total.

Tabela 20 - Distribuição de frequência pela função Weibull para índice de sítio (IS)36 e índice de espaçamento relativo (S%)20%.

Emplit. Classe	C. C. (cm)	IDADE (anos)/ Probabilidade													
		4		8		12		14		16		18		20	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
5 - 6,99	6	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7 - 8,99	8	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
9 - 10,99	10	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
11 - 12,99	12	0	0,01	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
13 - 14,99	14	3	0,32	0	0,04	0	0,02	0	0,02	0	0,01	0	0,01	0	0,01
15 - 16,99	16	51	5,40	1	0,28	0	0,08	0	0,07	0	0,05	0	0,05	0	0,05
17 - 18,99	18	414	43,44	6	1,33	1	0,30	1	0,23	0	0,16	0	0,15	0	0,13
19 - 20,99	20	481	50,47	21	4,90	3	0,88	2	0,64	1	0,42	1	0,37	1	0,32
21 - 22,99	22	4	0,37	61	14,24	7	2,25	5	1,55	2	0,97	2	0,82	1	0,69
23 - 24,99	24	0	0,00	128	29,74	15	5,06	10	3,34	5	2,02	4	1,67	3	1,36
25 - 26,99	26	0	0,00	149	34,70	29	10,02	19	6,49	9	3,87	7	3,12	5	2,50
27 - 28,99	28	0	0,00	60	13,91	49	16,94	33	11,23	16	6,76	13	5,39	9	4,26
29 - 30,99	30	0	0,00	4	0,85	67	23,05	49	16,86	25	10,74	20	8,55	14	6,75
31 - 32,99	32	0	0,00	0	0,00	66	22,79	61	20,94	36	15,15	29	12,33	21	9,89
33 - 34,99	34	0	0,00	0	0,00	41	13,95	58	19,89	43	18,38	38	15,82	28	13,19
35 - 36,99	36	0	0,00	0	0,00	12	4,20	38	12,91	43	18,19	41	17,46	33	15,68
37 - 38,99	38	0	0,00	0	0,00	1	0,45	14	4,90	32	13,66	37	15,80	34	16,11
39 - 40,99	40	0	0,00	0	0,00	0	0,01	3	0,88	17	7,05	26	11,00	29	13,71
41 - 42,99	42	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,06	5	2,20	13	5,42	19	9,14
43 - 44,99	44	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,35	4	1,70	9	4,45
45 - 46,99	46	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,02	1	0,30	3	1,45
47 - 48,99	48	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,02	1	0,28
49 - 50,99	50	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,03
51 - 52,99	52	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
53 - 54,99	54	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
55 - 56,99	56	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
57 - 58,99	58	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
59 - 60,99	60	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
61 - 62,99	62	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
63 - 64,99	64	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
65 - 66,99	66	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Em que: c.c. = centro de classe, N = número de árvores, % = percentual do número de árvores.

As Figuras 23, 24 e 25 apresentam a distribuição de frequência da função Weibull na forma gráfica, para os IS 36, 42 e 48.

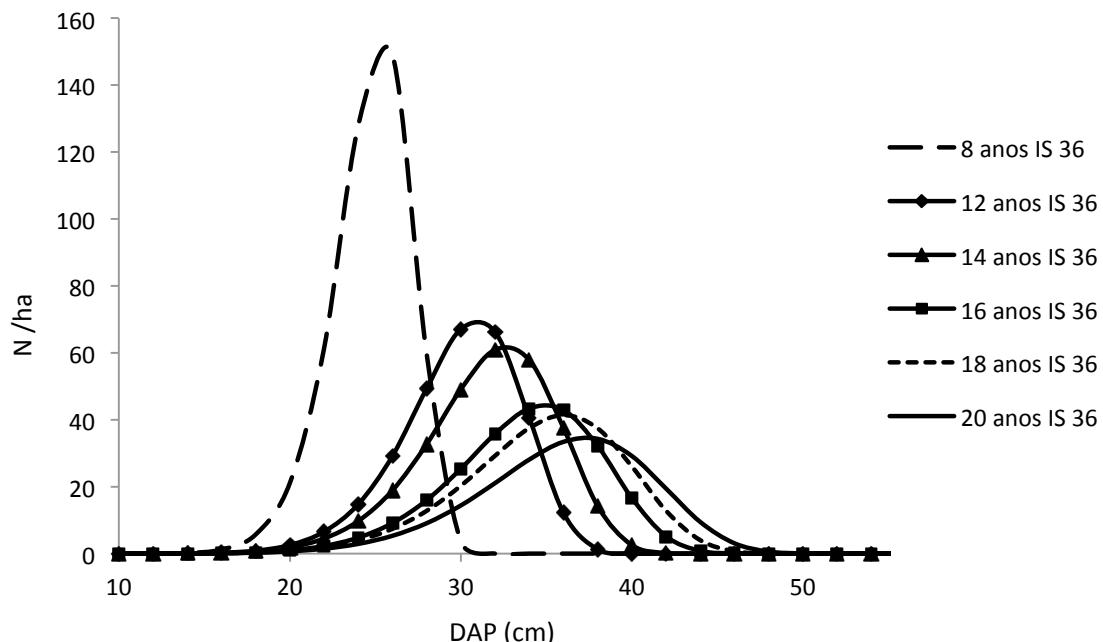


Figura 23 - Distribuição de frequência pela função Weibull para IS = 36 e S% = 20.

A curva de distribuição dos 8 anos está mais afastada em relação às demais porque está prognosticada com uma diferença de idade de 4 anos da curva mais próxima, dos 12 anos, enquanto que a prognose da distribuição para as demais idades ocorre em intervalos de 2 anos. A prognose para intervalos de 2 anos foi realizada para um período de possibilidade de encontrar a rotação econômica ótima, captando desta forma a rotação mais próxima do ideal.

Tabela 21 - Distribuição de frequência pela função Weibull para índice de sítio (IS) 42 e índice de espaçamento relativo (S%) 20%.

Empl. Classe	C. C. (cm)	IDADE (anos) / Probabilidade											
		4		8		12		14		16		18	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
5 - 6,99	6	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7 - 8,99	8	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
9 - 10,99	10	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
11 - 12,99	12	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
13 - 14,99	14	1	0,12	0	0,01	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
15 - 16,99	16	19	2,00	0	0,04	0	0,01	0	0,01	0	0,01	0	0,01
17 - 18,99	18	187	19,64	1	0,19	0	0,04	0	0,03	0	0,02	0	0,02
19 - 20,99	20	619	65,13	2	0,72	0	0,12	0	0,09	0	0,06	0	0,05
21 - 22,99	22	125	13,12	7	2,31	1	0,32	0	0,23	0	0,14	0	0,11
23 - 24,99	24	0	0,00	20	6,28	2	0,76	1	0,50	1	0,30	0	0,22
25 - 26,99	26	0	0,00	45	14,32	3	1,61	2	1,02	1	0,59	1	0,40
27 - 28,99	28	0	0,00	80	25,43	7	3,15	4	1,94	2	0,89	1	0,71
29 - 30,99	30	0	0,00	95	29,95	12	5,70	7	3,42	3	1,88	3	1,51
31 - 32,99	32	0	0,00	55	17,48	20	9,43	12	5,66	5	3,09	4	2,44
33 - 34,99	34	0	0,00	10	3,18	30	14,01	19	8,69	8	4,81	7	3,76
35 - 36,99	36	0	0,00	0	0,09	39	18,07	26	12,24	12	7,07	10	5,52
37 - 38,99	38	0	0,00	0	0,00	41	19,20	33	15,45	17	9,73	13	7,66
39 - 40,99	40	0	0,00	0	0,00	33	15,56	36	16,92	22	12,39	17	10,00
41 - 42,99	42	0	0,00	0	0,00	19	8,66	33	15,34	25	14,32	21	12,14
43 - 44,99	44	0	0,00	0	0,00	6	2,86	23	10,82	25	14,65	23	13,48
45 - 46,99	46	0	0,00	0	0,00	1	0,47	12	5,47	22	12,82	23	13,40
47 - 48,99	48	0	0,00	0	0,00	0	0,03	4	1,79	16	9,19	20	11,61
49 - 50,99	50	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,33	9	5,11	15	8,47
51 - 52,99	52	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,03	4	2,06	9	4,98
53 - 54,99	54	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,56	4	2,25
55 - 56,99	56	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,73	4	2,67
57 - 58,99	58	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,01	0	0,16
59 - 60,99	60	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,02
61 - 62,99	62	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
63 - 64,99	64	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,01
65 - 66,99	66	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Em que: c.c. = centro de classe, N = número de árvores, % = percentual do número de árvores.

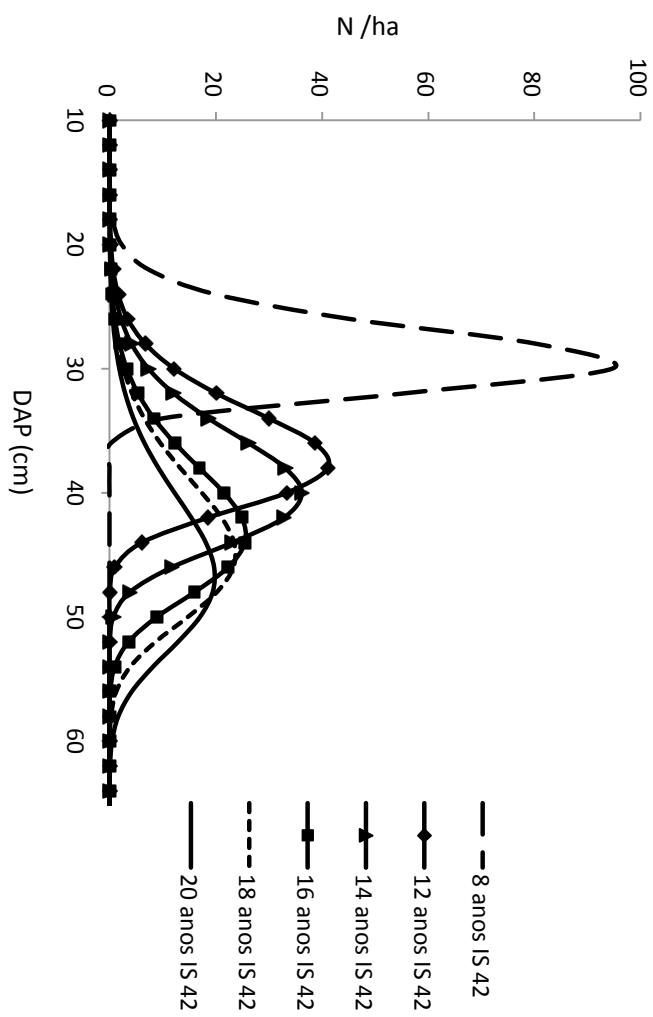


Figura 24 - Distribuição de frequência pela função Weibull para IS = 42 e S% = 20.

Tabela 22 - Distribuição de frequência pela função Weibull para índice de sítio (IS) 48 e índice de espaçamento relativo (S%) 20%.

Emplit. Classe	C. C. (cm)	IDADE (anos) / Probabilidade											
		4		8		12		14		16		18	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
5 - 6,99	6	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7 - 8,99	8	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
9 - 10,99	10	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
11 - 12,99	12	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
13 - 14,99	14	0	0,03	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
15 - 16,99	16	5	0,52	0	0,01	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
17 - 18,99	18	52	5,56	0	0,03	0	0,01	0	0,01	0	0,00	0	0,00
19 - 20,99	20	326	34,55	0	0,10	0	0,02	0	0,01	0	0,01	0	0,01
21 - 22,99	22	528	55,90	1	0,33	0	0,05	0	0,04	0	0,02	0	0,02
23 - 24,99	24	33	3,45	2	0,92	0	0,11	0	0,08	0	0,05	0	0,04
25 - 26,99	26	0	0,00	6	2,32	0	0,25	0	0,16	0	0,10	0	0,07
27 - 28,99	28	0	0,00	13	5,26	1	0,49	1	0,31	0	0,18	0	0,12
29 - 30,99	30	0	0,00	26	10,58	2	0,93	1	0,55	0	0,31	0	0,21
31 - 32,99	32	0	0,00	44	18,15	3	1,66	2	0,96	1	0,52	1	0,41
33 - 34,99	34	0	0,00	60	24,60	5	2,80	3	1,58	1	0,84	1	0,66
35 - 36,99	36	0	0,00	56	23,03	7	4,50	4	2,49	2	1,31	1	1,00
37 - 38,99	38	0	0,00	29	12,01	11	6,82	6	3,77	3	1,97	2	1,49
39 - 40,99	40	0	0,00	6	2,53	16	9,69	9	5,47	4	2,87	3	2,14
41 - 42,99	42	0	0,00	0	0,14	21	12,69	12	7,54	5	4,03	4	3,00
43 - 44,99	44	0	0,00	0	0,00	25	15,00	16	9,82	7	5,46	5	4,06
45 - 46,99	46	0	0,00	0	0,00	25	15,51	20	11,93	9	7,10	7	5,32
47 - 48,99	48	0	0,00	0	0,00	22	13,46	22	13,30	12	8,82	9	6,74
49 - 50,99	50	0	0,00	0	0,00	15	9,28	22	13,32	14	10,38	11	8,19
51 - 52,99	52	0	0,00	0	0,00	8	4,73	19	11,65	15	11,45	13	9,50
53 - 54,99	54	0	0,00	0	0,00	3	1,63	14	8,60	16	11,67	14	10,43
55 - 56,99	56	0	0,00	0	0,00	1	0,34	8	5,13	14	10,82	14	10,74
57 - 58,99	58	0	0,00	0	0,00	0	0,04	4	2,34	12	8,93	14	10,24
59 - 60,99	60	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,77	9	6,40	12	9,67
61 - 62,99	62	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,17	5	3,87	9	6,95
63 - 64,99	64	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,02	3	1,90	6	4,76
65 - 66,99	66	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,73	4	2,79
67 - 68,99	68	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,21	2	1,36
69 - 70,99	70	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,54	3	2,09
71 - 72,99	72	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,01	0	0,16	1	1,03

Em que: c.c. = centro de classe, N = número de árvores, % = percentual do número de árvores.

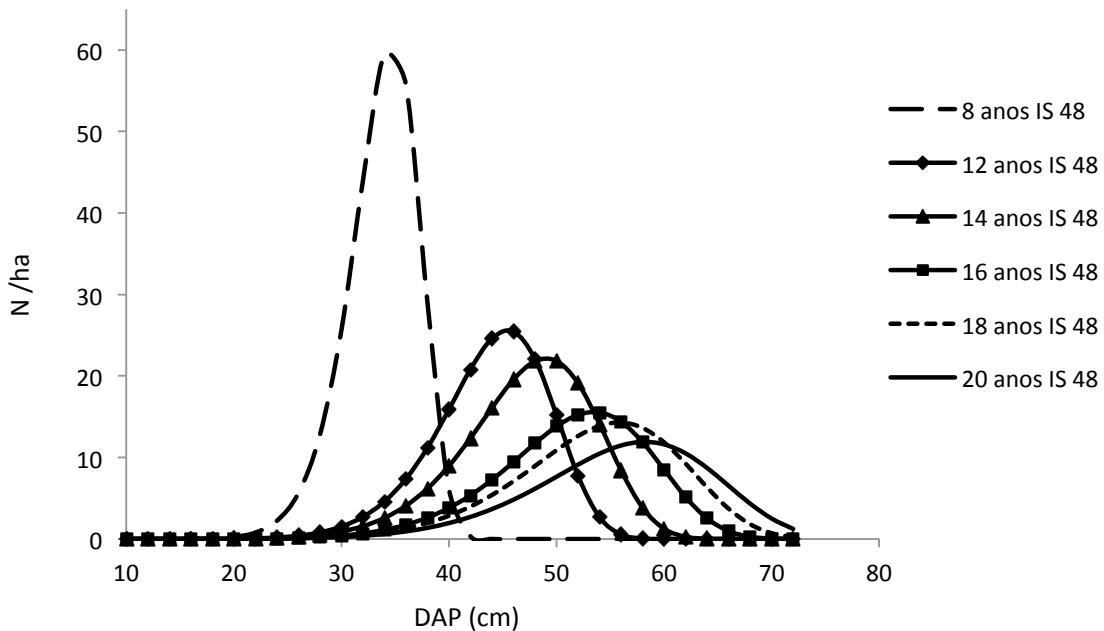


Figura 25 - Distribuição de frequência pela função Weibull para IS = 48 e S% = 20.

Para verificar o comportamento da função Weibull foi construído um gráfico com a distribuição de frequência para as idades de 12, 14, 16 e 18 anos nos três índices de sítio trabalhados, 36, 42 e 48, mantendo o mesmo espaçamento relativo, 20%, para os três índices de sítio. Conforme o esperado, as curvas de distribuição demonstram a diminuição do número de árvores com a melhora do sítio e o aumento dos diâmetros com a diminuição do número de árvores.

A diminuição do número de árvores nos melhores sítios é devido à possibilidade de aplicação de desbastes mais pesados, e a resposta destes é, devido ao maior espaço de crescimento, produzir árvores de maiores dimensões. O comportamento das curvas de distribuição da função Weibull pode ser observado na Figura 26.

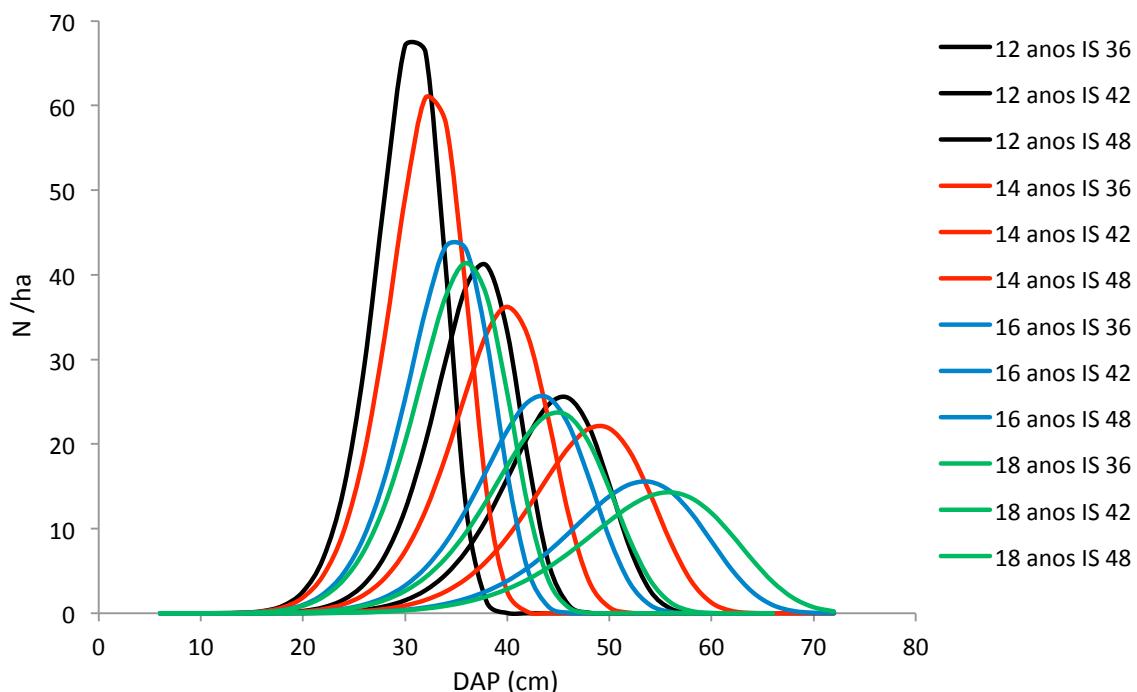


Figura 26 - Distribuição de frequência para as idades de 12, 14, 16 e 18 anos nos três índices de sítio, 36, 42 e 48.

A função Weibull estimou a distribuição de frequência diamétrica em número de árvores de forma adequada para todas as idades e índices de espaçamento relativos analisados. A boa eficiência da função Weibull também foi verificada por Schneider et al. (2008), em seu estudo de densidade de árvores por classe diamétrica para povoamentos desbastados de *Pinus taeda*. O autor concluiu que a função estudada descreve com alta precisão a distribuição diamétrica e sua dinâmica no tempo para diferentes situações de manejo.

A Figura 27 mostra de maneira isolada, para melhor visualização, a prognose da função de densidade probabilística de Weibull aos 16 anos.

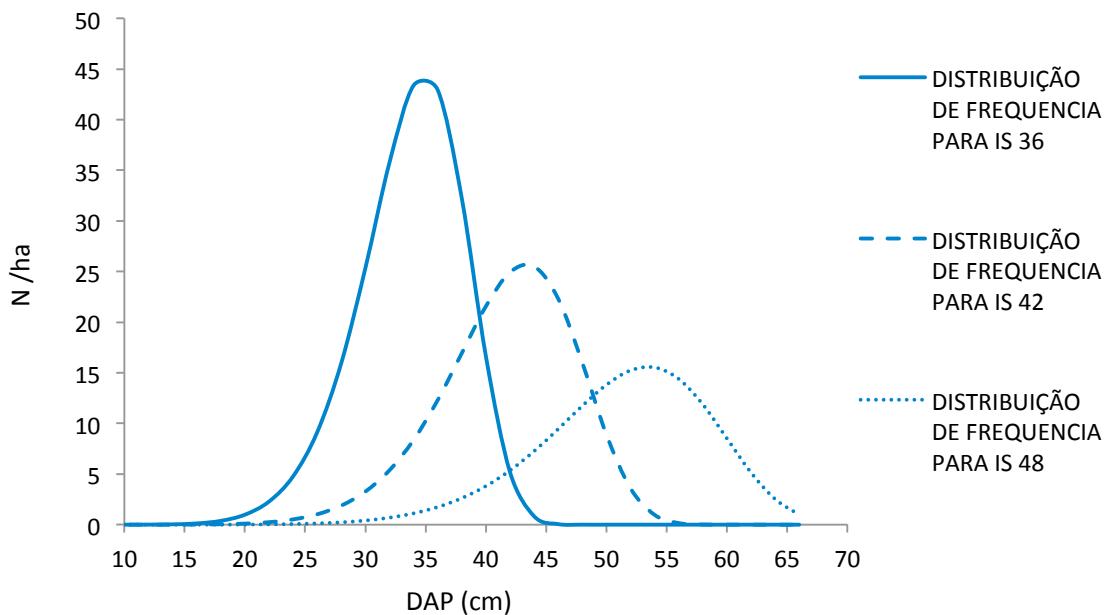


Figura 27 - Distribuição de frequência para a idade de 16 anos nas três classes de índices de sítio trabalhados, 36, 42 e 48.

O menor número de árvores nos melhores sítios é explicado por ser mantido o mesmo espaçamento relativo para todos os índices de sítio e este é um percentual da altura dominante. Ou seja, índices de sítio mais baixos, são alturas dominantes menores e consequentemente espaçamentos lineares menores entre indivíduos, quando comparado com índices de sítio mais elevados.

4.7 Sortimentos florestais

Os sortimentos foram calculados pela integração da função de forma de tronco selecionada, neste caso a função polinomial de quinto grau. A função de forma integrada gerou o volume estimado de todo o fuste ou de partes dele, de acordo com o diâmetro na ponta fina informado.

4.7.1 Sortimentos para árvores individuais.

O procedimento para a estimativa das alturas relativas correspondentes aos diâmetros nas pontas finas dos sortimentos, foi realizado pela equação abaixo;

$$\frac{h_i}{h} = 1,29797 - 3,49686 \cdot \left(\frac{d_i}{d}\right) + 11,10222 \cdot \left(\frac{d_i}{d}\right)^2 - 19,51244 \cdot \left(\frac{d_i}{d}\right)^3 + 14,31414 \cdot \left(\frac{d_i}{d}\right)^4 - 3,64111 \cdot \left(\frac{d_i}{d}\right)^5$$

As alturas relativas foram obtidas para os diâmetros de 8 cm com casca, correspondente ao diâmetro mínimo aproveitável, e para 20 cm, 30 cm e 40 cm em uma tabela de sortimentos calculados para fustes de árvores individuais com DAP de 10 cm até 64 cm.

A mesma equação foi utilizada por Müller (2004) em seu estudo da forma de tronco com *Eucalyptus grandis*. O autor encontrou boa precisão com o polinômio de quinto grau tanto para ajuste com todo o conjunto de árvores, quanto para ajustes da equação por classes de diâmetro. Müller (2004) optou por utilizar o modelo de forma individualizada por classe diamétrica, buscando trabalhar com a melhor precisão possível, mas analisando os valores de coeficiente de determinação e erro padrão da estimativa encontrados para todo o conjunto de dados e comparando com os valores encontrados por classe diamétrica percebe-se precisão de ajuste similar. Por este resultado entende-se que a equação ajusta-se bem aos dados, não sofrendo grande perda de precisão se ajustado com todo o conjunto de dados.

Os volumes dos sortimentos foram calculados utilizando o polinômio de quinto grau para estimar diâmetros relativos, iniciando pela base da árvore com o sortimento 1 (S1) e avançando em altura, obtendo S2, S3, S4, até atingir porção superior da árvore com S5. O desenvolvimento da função polinomial de quinto grau ocorre pela redefinição de seus coeficientes, abaixo demonstrados:

$$a = 1,1936 \cdot (d); \quad a_1 = -3,92416 \cdot \left(\frac{d}{h}\right); \quad a_2 = 17,66829 \cdot \left(\frac{d}{h^2}\right); \quad a_3 = -41,59926 \cdot \left(\frac{d}{h^3}\right); \\ a_4 = 43,75713 \cdot \left(\frac{d}{h^4}\right); \quad a_5 = -17,17076 \cdot \left(\frac{d}{h^5}\right)$$

A equação de forma de tronco, estimativa de diâmetros relativos à alturas relativas agora é assim descrita;

$$d_i = a_0 + a_1 \cdot h_i + a_2 \cdot h_i^2 + a_3 \cdot h_i^3 + a_4 \cdot h_i^4 + a_5 \cdot h_i^5$$

O polinômio de quinto grau ajustou-se frequentemente melhor aos dados que outros modelos em estudos ou trabalhos que necessitam de estimativas da forma do fuste. Este mesmo modelo foi utilizado por Schneider (1996), na descrição da forma do fuste de *Eucalyptus grandis* Maiden sem divisão dos dados em classes diamétricas. Segundo o mesmo autor, o polinômio de quinto grau é adequado para estimar o número de toras e volumes relativos de sortimentos, além de poder ser utilizado com segurança em inventários florestais da espécie, tanto para estimar volume como sortimentos de madeira.

A tabela de sortimentos para árvores individuais apresenta informações de número de toras para cada sortimento (n), volume das toras do sortimento (m^3), percentual do volume do sortimento em relação ao volume do fuste até a ponta fina de 8cm (%8) e percentual do volume do sortimento em relação ao volume total do fuste (%t). Os sortimentos para árvores individuais são apresentados no Apêndice D.

4.7.2 Sortimentos para o povoamento

Utilizando-se dos sortimentos das árvores individuais, juntamente com a distribuição de frequência e as tabelas de produção, foi possível obter o volume por sortimento para povoamentos, ou seja, os volumes por sortimento por hectare. Os sortimentos para povoamento foram calculados para três classes de IS: 36, 42 e 48. O povoamento estimado corresponde a uma densidade em Índice de espaçamento relativo de 20% e para as idades de 4, 8, 12, 14, 16, 18 e 20 anos.

4.7.2.1 Produção em sortimentos para povoamento no IS= 36 e S%=20.

Na Tabela 23 é apresentada a produção por sortimento para povoamento, os valores são correspondentes a um hectare.

Tabela 23 - Sortimentos para povoamento remanescente de *Eucalyptus saligna* para IS= 36 e S% =20.

		Povoamento Remanescente										Sortimentos										
t (anos)	VTcc/ha	VCsc/ha	S1					S2					S3					S4				
			%	v(m³/ha)	n/ha	%	v(m³/ha)	n/ha	%	v(m³/ha)	n/ha	%	v(m³/ha)	n/ha	%	v(m³/ha)	n/ha	%	v(m³/ha)	n/ha		
4	97,63	74,23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,16	0,16	4	90,92	88,76	5193		
8	137,43	117,98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49,29	67,74	1024	47,09	64,72	2227		
12	181,96	160,18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,43	15,33	48	65,25	118,73	1297		
14	202,00	178,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,26	38,91	130	59,27	119,72	1414		
16	219,31	193,58	0,25	0,55	1	0,65	1,42	5	30,97	67,92	196	51,04	111,94	1160	15,70	34,42	953					
18	233,30	205,70	1,11	2,58	5	1,64	3,84	15	36,11	84,25	263	45,97	107,24	1205	13,93	32,49	974					
20	243,72	214,72	3,18	7,74	13	2,68	6,53	23	37,74	91,98	251	42,83	104,37	1030	12,45	30,34	803					

Sendo: IS= Índice de sítio, S% =espacamento relativo, Ni/ha= número inicial de árvores por hectare; t = idade; VTcc/ha= volume total com casca por hectare; VCsc/ha=volume comercial sem casca por hectare; S1,S2,S3,S4,S5= sortimentos de madeira; % = percentual do volume do sortimento em relação ao volume total; v(m³/ha)=volume com casca por hectare do sortimento; n/ha=número de toras do sortimento.

Representando a classe baixa de capacidade produtiva, a Tabela 22 mostra a produção de um povoamento remanescente no sistema alto fuste e índice de sítio 36. Até os 8 anos existe produção apenas de sortimentos 4 e 5, referentes a fustes com diâmetro máximo de 20 centímetros na ponta fina.

A contribuição de cada sortimento na formação da produção total e a migração de volumes entre eles pode ser visualizada na Figura 28.

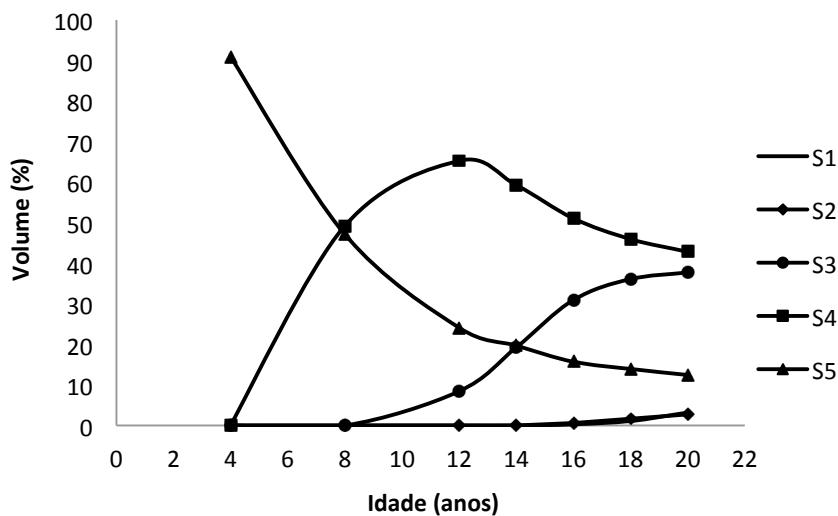


Figura 28 - Comportamento dos sortimentos com o aumento da idade para IS= 36 e S% = 20.

Observa-se, também, que o sortimento S5 diminui assentuadamente sua participação no volume total até os 12 anos, apartir da qual a taxa de decréscimo passa a ser menor. O S4 ao contrário aumenta assentuadamente de forma linear sua participação até os 8 anos, e dos 8 aos 12 anos diminui a taxa de acréscimo por ter parte de seu volume enquadrado no início da participação do S3. Aos 12 anos este índice de sítio passa a produzir 8,43% de S3, percentual que mantém-se baixo até os 14 anos, quando atinge 19,26% do volume total por hectare, utilizando para isso volume que antes se enquadrava no S4, e fazendo com que este mude sua característica, até então de acréscimo para decréscimo, diminuindo sua participação para dar lugar a um sortimento maior e desejável por ter maior comprimento. São produzidos S1 e S2 apenas aos 16 anos, sendo que o S1 nesta idade é representado por uma tora apenas e S2 por 5 toras, suas representações continuam baixas para os 18 e 20 anos, indicando que locais com baixa capacidade produtiva, como IS 36, não produzem grandes quantidades de toras de

grandes dimensões e que o volume produzido concentra-se nos sortimentos S3 e S4 que somam 82% do volume total. O S3 passa a representar 19,23% do volume aos 14 anos e ultrapassa os 30% a partir dos 16 anos, atingindo 37,7% nos 20 anos, indicando ser possível produzir em locais com baixa capacidade produtivatoras em escala comercial, de 5,6m de comprimento com diâmetro de 30 centímetros na ponta fina, e que para estes locais o limitante é o incremento em diâmetro.

4.7.2.2 Produção em sortimentos para povoamento no IS= 42 e S%=20.

Na Tabela 24 é apresentada a produção por sortimento para povoamento, os valores são correspondentes a um hectare. A contribuição de cada sortimento na formação da produção total e a migração de volumes entre os sortimentos pode ser visualizada na Figura 29.

Tabela 24 - Sortimentos para povoamento remanescente de *Eucalyptus saligna* para IS= 42 e S% =20.

IS=42		S% = 20		Ni/ha = 1111		Povoamento Remanescente												
t (anos)	VTcc/ha	VCsc/ha	S1			S2			S3			S4			S5			SORTIMENTOS
			%	v (m ³ /ha)	n /ha	%	v (m ³ /ha)	n /ha	%	v (m ³ /ha)	n /ha	%	v (m ³ /ha)	n /ha	%	v (m ³ /ha)	n /ha	
4	130,75	104,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,44	5,80	125	88,17	115,28	5478
8	170,25	149,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,44	5,80	125	88,17	115,28	5478
12	243,32	214,37	1,63	3,97	7	2,33	5,66	20	39,39	95,83	269	43,24	105,20	1064	12,30	29,93	812	
14	305,90	266,40	8,29	25,36	41	4,51	13,79	49	40,76	124,68	329	35,90	109,81	1046	9,68	29,60	762	
16	305,90	266,38	19,48	59,58	92	5,84	17,87	67	38,07	116,46	302	28,47	87,08	821	7,54	23,08	595	
18	329,60	285,30	25,44	83,84	129	5,81	19,15	74	35,86	118,18	309	25,56	84,24	805	6,84	22,54	589	
20	347,47	299,38	32,45	112,74	161	5,51	19,15	71	33,32	115,78	286	22,17	77,02	698	6,15	21,37	528	

Sendo: IS= Índice de sítio, S% =espacamento relativo, Ni/ha= número inicial de árvores por hectare; t = idade; VTcc/ha= volume total com casca por hectare; VCsc/ha=volume comercial sem casca por hectare; S1, S2, S3, S4, S5= sortimentos de madeira; % = percentual do volume do sortimento em relação ao volume total; v(m³/ha)=volume com casca por hectare do sortimento; n/ha=número de toras do sortimento.

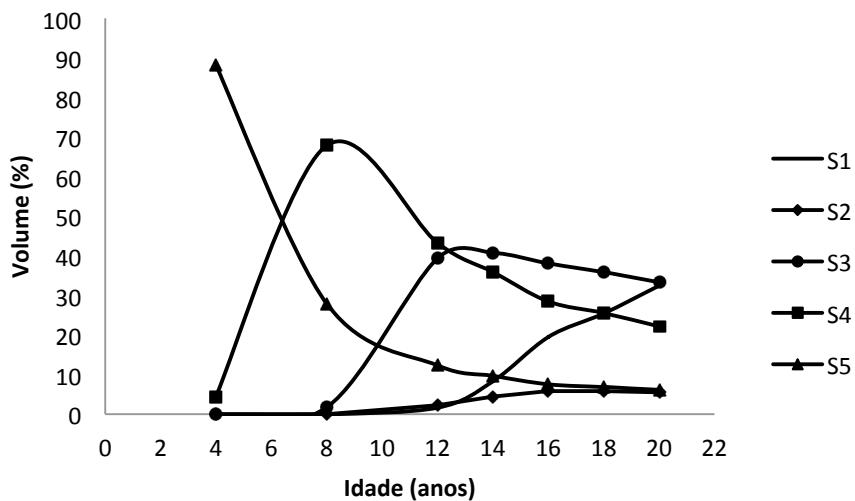


Figura 29 - Comportamento dos sortimentos com o aumento da idade para IS= 42 e S% = 20.

Analizando a produção de sortimentos da espécie no sistema alto fuste, para o povoamento remanescente para o IS 42, verifica-se que aos 8 anos é produzido 1,72% do volume total em S3, constituído de 10 toras de 5,6m de comprimento e 30cm de diâmetro na ponta fina. Ainda na mesma idade a maior parte da produção é de S4, 67,89% ou 1357 toras de 2,8m de comprimento e 20 cm de diâmetro na ponta fina, sendo direcionado para serraria na produção de paletes. O volume de S4 cresce rapidamente até os 8 anos, quando passa a diminuir rapidamente pois grande parte da madeira classificada em seu sortimento migra para S3. Este fato pode ser explicado porque até esta idade as árvores incrementam mais em altura e mantêm diâmetros reduzidos nas porções intermediárias do fuste, e dos 8 anos em diante atingem 30cm de diâmetro nos 5,6m de altura de fuste, passando a existir dimensões suficientes e volume para o próximo sortimento, o S3. Aos 12 anos o povoamento produz madeira em todos os sortimentos, sendo 1,63% do volume total de S1 e 2,33% de S2, valores que expressam a boa capacidade produtiva do local pois referem-se à toras com 40cm de diâmetro na ponta fina. O volume de madeira produzida aos 12 anos fica concentrada nos sortimentos S3 e S4, que juntos acumulam 82,6%, sendo 39,39% do S3 e 43,24% do S4. Vale o comparativo dos mesmos sortimentos com o IS 36, onde a soma de seus volumes

representou 82% do volume total aos 16 anos, mesmo valor que os sortimentos atingiram no IS 42 aos 12 anos, indicando uma antecipação da produção destes sortimentos em 4 anos.

A partir dos 14 anos observa-se um progressivo acúmulo de madeira no sortimento S1, passando de 8,29% nos 14 anos para 32,45% nos 20 anos. Enquanto que o sortimento S2 manteve-se praticamente estável até o final da rotação, indo de 4,51% nos 14 anos para 5,51% nos 20 anos. Isto pode ser explicado pelo fato de que é dado prioridade para a formação de sortimento S1, e por conta disto o sortimento S2 é formado somente quando a partir do final da última tora de sortimento S1 o fuste prolonga-se por mais 2,8m e mantém o diâmetro mínimo de 40cm. Ou seja, se não existir comprimento suficiente para formar S1, forma-se S2, se existir comprimento e diâmetro suficiente, forma-se mais uma tora S1. O sortimento S3 mantém o maior volume de madeira a partir dos 14 anos, acumulando 40,76% nos 14 anos e diminuindo gradualmente até chegar aos 20 anos com 33,32% do volume total. Ao final da rotação no IS 42 o maior percentual da produção, 65,77%, é de toras compridas, sendo 32,45% de S1 e 33,32% de S3.

4.7.2.3 Produção em sortimentos para povoamento no IS= 48 e S%=20.

Na Tabela 25 é apresentada a produção por sortimento para povoamento, os valores são correspondentes a um hectare. A contribuição de cada sortimento na formação da produção total e a migração de volumes entre eles pode ser visualizada na Figura 30.

Tabela 25 - Sortimentos para povoamento remanescente de *Eucalyptus saligna* para IS= 48 e S% =20.

IS= 48		S% = 20		Ni/ha = 1111		Povoamento Remanescente																					
t (anos)	VTcc/ha	VCsc/ha	S1					S2					S3					S4					S5				
			%	v(m³/ha)	n/ha	%	v(m³/ha)	n/ha	%	v(m³/ha)	n/ha	%	v(m³/ha)	n/ha	%	v(m³/ha)	n/ha	%	v(m³/ha)	n/ha	%	v(m³/ha)	n/ha				
4	175,00	144,81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,98	31,46	594	76,81	134,42	5569					
8	215,12	189,91	0	0	0	0	0	0	0	28,43	61,16	186	54,25	116,71	1251	15,94	34,28	989									
12	329,48	285,24	22,60	74,45	108	6,20	20,42	73	37,44	123,36	300	26,40	86,99	769	6,85	22,58	549										
14	383,10	326,70	39,10	149,80	226	5,27	20,20	81	31,03	118,87	313	18,86	72,25	700	5,43	20,79	548										
16	430,16	361,71	42,38	182,30	206	4,96	21,34	65	29,76	128,01	257	17,19	73,96	546	5,14	22,13	443										
18	468,90	389,50	58,20	272,89	347	3,20	15,02	55	22,55	105,74	258	10,88	51,03	458	3,93	18,44	447										
20	498,24	409,97	54,32	270,63	270	3,82	19,02	54	24,55	122,32	231	12,82	63,85	442	4,32	21,54	403										

Sendo: IS= Índice de sítio, S% =espacamento relativo, Ni/ha= número inicial de árvores por hectare; t= idade; VTcc/ha= volume total com casca por hectare; VCsc/ha=volume comercial sem casca por hectare; S1, S2, S3, S4, S5= sortimentos de madeira; % = percentual do volume do sortimento em relação ao volume total; v(m³/ha)=volume com casca por hectare do sortimento; n/ha=número de toras do sortimento.

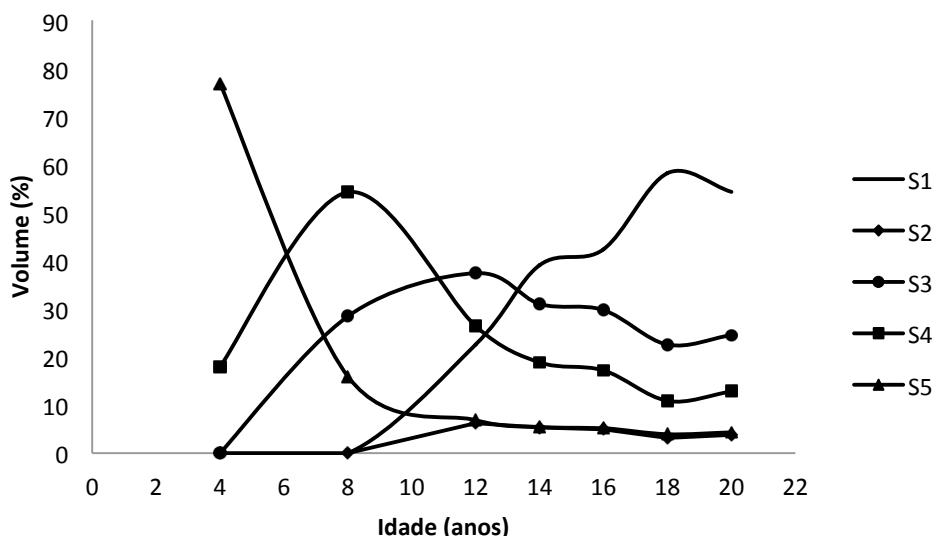


Figura 30 - Comportamento dos sortimentos com o aumento da idade para IS= 48 e S% = 20.

A análise da produção florestal para sistema alto fuste no povoamento remanescente na classe alta de capacidade produtiva, representada pelo IS 48, mostra que os sortimentos surgem nos mesmos anos que ocorrem no IS 42, com a diferença de serem produzidos volumes maiores nos sortimentos S1 e S2. Aos 4 anos o povoamento produz 17,98% de S4, sortimento com destino à serraria para construção de paletes e S5 com 76,81% do volume total, para geração de energia. A produção de S3 apresenta aos 8 anos um percentual de 28,43%, com destino a serraria, acumulando o S3 ao S4 dos 8 anos, perfazendo 82,68% de todo o volume com destino à serraria e apenas 15,94% de S5 com destinado à energia. Novamente, pode ser feita a análise comparativa do percentual do volume acumulado dos sortimentos S3 e S4, que atingem 82,68% do volume total aos 8 anos, valor muito próximo do encontrado para o IS 42 aos 12 anos, e no IS 36 aos 16 anos, indicando claramente que ocorre antecipação dos sortimentos com a melhoria da capacidade produtiva do local.

A produção de sortimento S1 aos 12 anos é de 22,6% do volume total e a participação deste sortimento cresce rapidamente, de modo que aos 14 anos passa a concentrar o maior percentual do volume do povoamento, atingindo o percentual máximo de participação aos 18 anos, com 58,2%. A partir da participação máxima tende

a decrescer, passando a 54,32% de participação nos 20 anos. Um comportamento contrário pode ser observado nos sortimentos S3 e S4, que após um período de acréscimo, atingindo o máximo aos 12 anos no S3 e aos 8 anos no S4, diminuem sua participação, atingindo percentuais mínimos de 22,55% para S3 e 10,88% para S4 nos 18 anos, e aumentando a participação nos 20 anos em 2% para ambos os sortimentos. Observa-se que, enquanto o sortimento S1, localizado na secção inferior do fuste, diminui dos 18 para os 20 anos, todos os demais sortimentos, localizados nas secções superiores do fuste, apresentam tendência de aumento na participação. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de que as árvores aos 18 e 20 anos passaram a incrementar em diâmetro proporcionalmente mais nas posições superiores do fuste, enquanto o incremento em altura diminui, favorecendo os sortimentos localizados nas partes superiores do fuste, aumentando sua participação no volume total em percentagem e consequentemente diminuindo a proporção de sortimento S1.

4.8 Avaliação econômica

A avaliação foi realizada levando em consideração a taxa de juros praticada por programas atuais de financiamento florestal, de 5,5% ao ano. A análise foi realizada utilizando os resultados encontrados nos cálculos do VPL, TIR e VAE. O VPL e a TIR foram utilizados como indicadores de rentabilidade das simulações de investimentos servindo para obter o rendimento financeiro e a comparação de projetos na mesma rotação, não sendo utilizados como indicadores decisivos para a escolha do melhor projeto em diferentes horizontes de planejamento. O VAE foi utilizado para a comparação econômica dos regimes de manejo com diferentes horizontes de planejamento.

4.8.1 Volumes de madeira utilizados na avaliação econômica

A avaliação econômica para este estudo considera um plantio de 1.111 mudas por hectare, em espaçamento de 3x3m, manejado em Sistema Alto Fuste com desbaste. A avaliação econômica considera uma densidade populacional com um índice de espaçamento relativo de 20%, nos índices de sítio 36, 42 e 48 em rotações de 12, 14, 16, 18 e 20 anos. Os volumes de madeira utilizados na avaliação econômica são obtidos das tabelas de produção nos IS mencionados anteriormente e podem se visualizadas nas Tabelas 26, 27e 28.

Tabela 26 - Tabela de produção utilizada na formação das receitas do IS 36.

IS 36		Povoamento Remanescente							Desbaste				
S% =	20	Ni/ha =	1111										
Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc/ha m ³ /ha	VCsc/ha m ³ /ha	N/ha	VTcc/ha m ³ /ha	VCsc/ha m ³ /ha	
4	17,0	15,0	13,61	954	13,9	0,4701	0,3575	97,6	74,2	524	62,04	51,78	
8	25,9	23,5	19,64	430	13,0	0,4499	0,3863	137,4	118,0	139	44,09	38,49	
12	31,5	29,1	25,01	291	14,3	0,4379	0,3855	182,0	160,2				
14	33,4	31,0	26,70	291	16,3	0,4352	0,3844	220,0	194,3	54	31,12	27,44	
16	34,9	32,5	28,95	237	15,6	0,4321	0,3814	219,3	193,6				
18	36,0	33,7	30,05	237	16,8	0,4307	0,3801	243,9	215,2	24	19,08	16,82	
20	36,8	34,5	31,33	213	16,5	0,4293	0,3782	243,7	214,7				

Em que: t= idade; h_{100(m)} = altura dominante em metros; h_(m) = altura média em metros; d_(cm)= diâmetro médio em centímetros; N_(ha)= número de árvores por hectare; G_(m²/ha)= área basal em m² por hectare; f_(vtcc)= fator de forma para volume total com casca; f_(vcsc)= fator de forma para volume comercial sem casca; VT_{cc/ha}= volume total com casca por hectare; VC_{sc/ha}= volume comercial sem casca por hectare; Ni/ha= número inicial de árvores por hectare; S% = índice de espaçamento relativo em percentual.

Tabela 27 - Tabela de produção utilizada na formação das receitas do IS 42.

IS 42		Povoamento Remanescente							Desbaste			
S% =	20	Ni/ha =	1111									
Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc/ha m ³ /ha	VCsc/ha m ³ /ha	N/ha	VTcc/ha m ³ /ha	VCsc/ha m ³ /ha
4	19,9	17,6	14,58	948	15,8	0,46847	0,3741	130,7	104,4	632	127,72	110,01
8	30,2	27,8	23,69	316	13,9	0,44037	0,3864	170,3	149,4	102	62,13	54,67
12	36,7	34,5	31,30	214	16,4	0,42931	0,3782	243,3	214,4			
14	39,0	36,8	33,78	214	19,2	0,42688	0,3748	301,5	264,7	40	46,48	40,66
16	40,7	38,6	36,94	174	18,7	0,42426	0,3695	305,9	266,4			
18	42,0	40,0	38,58	174	20,3	0,42310	0,3668	344,3	298,5	17	29,44	25,49
20	42,9	41,0	40,39	157	20,1	0,42193	0,3635	347,5	299,4			

Em que: t= idade; h_{100(m)}= altura dominante em metros; h_(m)= altura média em metros; d_(cm)= diâmetro médio em centímetros; N_(ha)= número de árvores por hectare; G_(m²/ha)= área basal em m² por hectare; f_(vtcc)= fator de forma para volume total com casca; f_(vcsc)= fator de forma para volume comercial sem casca; VT_{cc/ha}= volume total com casca por hectare; VC_{sc/ha}= volume comercial sem casca por hectare; Ni/ha= número inicial de árvores por hectare; S% = índice de espaçamento relativo em percentual.

Tabela 28 - Tabela de produção utilizada na formação das receitas do IS 48.

IS 48		Povoamento Remanescente							Desbaste			
S% =	20	Ni/ha =	1111									
Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc/ha m ³ /ha	VCsc/ha m ³ /ha	N/ha	VTcc/ha m ³ /ha	VCsc/ha m ³ /ha
4	22,7	20,3	15,81	944	18,5	0,46427	0,3842	175,0	144,8	702	238,61	208,37
8	34,6	32,2	28,52	242	15,4	0,43260	0,3819	215,1	189,9	78	88,46	77,05
12	42,0	40,0	38,92	164	19,5	0,42286	0,3661	329,5	285,2			
14	44,6	42,8	42,43	164	23,2	0,42077	0,3601	417,4	357,2	30	69,66	59,24
16	46,5	44,9	46,75	133	22,9	0,41864	0,3520	430,2	361,7			
18	48,0	46,5	49,10	133	25,2	0,41767	0,3477	489,2	407,2	13	45,42	37,73
20	49,0	47,6	51,58	120	25,1	0,41674	0,3429	498,2	410,0			

Em que: t= idade; h_{100(m)} = altura dominante em metros; h_(m) = altura média em metros; d_(cm)= diâmetro médio em centímetros; N_(ha)= número de árvores por hectare; G_(m²/ha)= área basal em m² por hectare; f_{vtcc}= fator de forma para volume total com casca; f_{vcsc}= fator de forma para volume comercial sem casca; VT_{cc/ha}= volume total com casca por hectare; VC_{sc/ha}= volume comercial sem casca por hectare; Ni/ha= número inicial de árvores por hectare; S% = índice de espaçamento relativo em percentual.

Verifica-se que nas idades de 14 e 18 anos o volume total com casca por hectare ($V_{tcc/ha}$) da tabela de sortimento para povoamento é diferente do $V_{tcc/ha}$ utilizado para os cálculos econômicos. Os valores diferentes nestas idades tem por motivo a diferença do número de árvores. O número de árvores (N) da tabela de sortimentos é obtido por cálculo para todas as idades, inclusive para 14 e 18 anos para manter o espaçamento relativo (S) em 20%, enquanto que as receitas utilizadas para a avaliação econômica são geradas de volumes obtidos de um número de árvores não calculado nas idades de 14 e 18 anos, e sim mantido constante em relação à idade anterior. A manutenção do N nos 14 anos igual ao N dos 12 anos é explicada pela formação da simulação de regime de manejo 2, com seus desbastes aos 6 e 10 anos e corte raso aos 14 anos. Portanto, não havendo desbaste entre 12 e 14 anos o N deve manter-se constante. O mesmo fato ocorre nas idades de 16 e 18 anos, neste caso o número de árvores é mantido o mesmo nas duas idades para que o regime de manejo 4 seja formado, com desbastes aos 6 anos, 10 anos e 14 anos, com corte raso aos 18 anos. Como não há desbaste entre 16 e 18 anos o número de árvores deve permanecer o mesmo nestas idades.

4.8.2 Custos e receitas utilizados na avaliação econômica

As receitas foram obtidas com preços médios de venda para madeira em pé de diversas regiões e específicos por sortimento, praticados em 2012. Desta forma, os custos da colheita, tanto de desbastes quanto de corte raso não são envolvidos nos cálculos. Para o sortimento S1, S2 e S3 o valor é de R\$ 109 / m³, para o sortimento S4 o valor de R\$ 45 /m³ e para o sortimento S5 é R\$ 25 /m³.

Os custos por atividade, presente e capitalizados para as rotações simuladas, e as receitas capitalizadas dos desbastes estão apresentados de forma resumida para as classes de índice de sítio 36, 42 e 48 nas Tabelas 29, 30 e 31. Os custos detalhados são apresentados no Anexo 1.

Tabela 29 - Avaliação econômica dos 5 regimes de manejo simulados para o IS 36.

Ano	Atividade	Custos	CUSTOS CAPITALIZADOS				RECEITAS DOS DESBASTES CAPITALIZADOS				Corte	ANÁLISE ECONÔMICA			
			20 anos	18 anos	16 anos	14 anos	12 anos	20 anos	18 anos	16 anos	14 anos	VPL	VAE	TIR	
0	Arrendamento	160,00	5578,93	4716,99	3942,58	3246,81	2621,69								
0	Administrado	110,00	3835,51	3242,93	2710,53	2232,18	1802,41								
0	Implantação	2431,15	7093,51	6373,18	5726,00	5144,54	4622,12								
1	Manutenção	7997	221,17	198,71	178,53	160,40	144,11								
2	Manutenção + Desrama	408,00	1069,56	960,95	863,37	775,69	696,92								
3	Manutenção	30,00	74,54	66,97	60,17	54,06	48,57								
4	Manutenção + Desrama	543,00	1278,91	1149,04	1032,36	927,52	833,33								
5	Manutenção	30,00	66,97	60,17	54,06	48,57	43,64								
6	Mantenção + Desbaste	30,00	63,48	57,04	51,24	46,04	41,37	2995,05	2690,91	2417,65	2172,15	1951,57			
7	Manutenção + Desbrota	112,80	226,25	203,28	182,63	164,09	147,43								
8	Manutenção	30,00	57,04	51,24	46,04	41,37	37,16								
9	Manutenção	30,00	54,06	48,57	43,64	39,21	35,23								
10	Manutenção + Desbrote	30,00	51,24	46,04	41,37	37,16	33,39	2557,68	2297,96	2064,61	1854,95	1666,58			
11	Manutenção+ Desbrota	112,80	182,63	164,09	147,43	132,45	119,00								
12	Manutenção	30,00	46,04	41,37	37,16	33,39	30,00								
13	Manutenção	30,00	43,64	39,21	35,23	31,65									
14	Manutenção + Desbaste	30,00	41,37	37,16	33,39	30,00	1911,83	1717,69	1543,26						
15	Manutenção+ Desbrota	112,80	147,43	132,45	119,00										
16	Manutenção	30,00	37,16	33,39	30,00										
17	Manutenção	30,00	35,23	31,65											
18	Manutenção + Desbaste	30,00	33,39	30,00		1308,40									
19	Manutenção	30,00	31,65												
20	Corte Final	30,00	30,00	20299,72	17684,44	15334,73	13145,15	11266,39	8772,96	6706,56	6025,52	4027,10	3678,15		
	soma														

Em que: Custos capitalizados= capitalização dos valores até o final da rotação, Receitas capitalizadas= capitalização dos valores até o final da rotação, VPL=valor presente líquido (R\$/ha), VAE= valor anual equivalente (presente, em R\$/ha/ano), TIR= taxa interna de retorno (%a.a.).

Tabela 30 - Avaliação econômica dos 5 regimes de manejo simulados para o IS 42.

Ano	Atividade	Custos	CUSTOS CAPITALIZADOS				RECEITAS DOS DESBASTES CAPITALIZADOS				Corte	AVALIAÇÃO ECONÔMICA			
			20 anos	18 anos	16 anos	14 anos	12 anos	20anos	18 anos	16 anos	14 anos	VPL	VAE	TIR	
0	Arrendamento	320,00	11157,86	9433,99	7885,16	6493,62	5243,39								
0	Administração	110,00	3835,51	3242,93	2710,53	2232,18	1802,41								
0	Inplantariação	2431,15	7093,51	6373,18	5726,00	5144,54	4622,12								
1	Manutenção	79,97	221,17	198,71	178,53	160,40	144,11								
2	Manutenção + Desrama	408,00	1069,56	960,95	863,37	775,69	696,92								
3	Manutenção	30,00	74,54	66,97	60,17	54,06	48,57								
4	Manutenção + Desrama	543,00	1278,91	1149,04	1032,36	927,52	833,33								
5	Manutenção	30,00	66,97	60,17	54,06	48,57	43,64								
6	Mantençao + Desbaste	30,00	63,48	57,04	51,24	46,04	41,37	6499,32	5839,33	5246,36	4713,61	4234,95			
7	Manutenção + Desbrota	112,80	226,25	203,28	182,63	164,09	147,43								
8	Manutenção	30,00	57,04	51,24	46,04	41,37	37,16								
9	Manutenção	30,00	54,06	48,57	43,64	39,21	35,23								
10	Manutenção + Desbaste	30,00	51,24	46,04	41,37	37,16	33,39	4181,87	3757,21	3375,68	3032,89	2774,90			
11	Manutenção+ Desbrota	112,80	182,63	164,09	147,43	132,45	119,00								
12	Manutenção	30,00	46,04	41,37	37,16	33,39	30,00								
13	Manutenção	30,00	43,64	39,21	35,23	31,65									
14	Manutenção + Desbaste	30,00	41,37	37,16	33,39	30,00	4471,68	4017,59	3609,61						
15	Manutenção+ Desbrota	112,80	147,43	132,45	119,00										
16	Manutenção	30,00	37,16	33,39	30,00										
17	Manutenção	30,00	35,23	31,65											
18	Manutenção + Desbaste	30,00	33,39	30,00		2745,71									
19	Manutenção	30,00	31,65												
20	Corte Final	30,00	30,00	2587,65	22401,43	19277,31	16391,96	13878,09	17898,58	13614,14	12231,65	7746,49	6959,86		
	soma														

Em que: Custos capitalizados= capitalização dos valores até o final da rotação, Receitas capitalizadas= capitalização dos valores até o final da rotação, VPL=valor presente líquido (R\$/ha), VAE= valor anual equivalente (presente, em R\$/ha/ano), TIR= taxa interna de retorno (%a.a).

Tabela 31 - Avaliação econômica dos 5 regimes de manejo simulados para o IS 48.

Ano	Atividade	Custos	CUSTOS CAPITALIZADOS				RECEITAS DOS DESBASTES CAPITALIZADOS				Corte	AVALIAÇÃO ECONÔMICA			
			20 anos	18 anos	16 anos	14 anos	20 anos	18 anos	16 anos	14 anos		12 anos	Raso	VPL	VAE
0	Arrendamento	400,00	13947,33	11792,48	9856,46	8117,03	6554,24								
0	Administrado	110,00	3835,51	3242,93	2710,53	2232,18	1802,41								
0	Inplantariação	2431,15	7093,51	6373,18	5726,00	5144,54	4622,12								
1	Manutenção	79,97	221,17	198,71	178,53	160,40	144,11								
2	Manutenção + Desrama	408,00	1069,56	960,95	863,37	775,69	696,92								
3	Manutenção	30,00	74,54	66,97	60,17	54,06	48,57								
4	Manutenção + Desrama	543,00	1278,91	1149,04	1032,36	927,52	833,33								
5	Manutenção	30,00	66,97	60,17	54,06	48,57	43,64								
6	Mantenção + Desbaste	30,00	63,48	57,04	51,24	46,04	41,37	13784,54	12384,75	11127,11	9997,18	8981,99			
7	Manutenção + Desbrote	112,80	226,25	203,28	182,63	164,09	147,43								
8	Manutenção	30,00	57,04	51,24	46,04	41,37	37,16								
9	Manutenção	30,00	54,06	48,57	43,64	39,21	35,23								
10	Manutenção + Desbaste	30,00	51,24	46,04	41,37	37,16	33,39	8975,89	8064,41	7245,49	6509,73	5848,68			
11	Manutenção + Desbrote	112,80	182,63	164,09	147,43	132,45	119,00								
12	Manutenção	30,00	46,04	41,37	37,16	33,39	30,00								
13	Manutenção	30,00	43,64	39,21	35,23	31,65									
14	Manutenção + Desbaste	30,00	41,37	37,16	33,39	30,00	8241,14	7404,27	6652,39						
15	Manutenção + Desbrote	112,80	147,43	132,45	119,00										
16	Manutenção	30,00	37,16	33,39	30,00										
17	Manutenção	30,00	35,23	31,65											
18	Manutenção + Desbaste	30,00	33,39	30,00		4712,05									
19	Manutenção	30,00	31,65												
20	Corte Final	30,00	30,00												
	soma		28668,12	24759,93	21248,60	18015,36	15188,93	35713,62	27853,43	25024,99	16506,90	14830,67			

Em que: Custos capitalizados= capitalização dos valores até o final da rotação, Receitas capitalizadas= capitalização dos valores até o final da rotação, VPL=valor líquido (R\$/ha), VAE= valor anual equivalente (presente, em R\$/ha/ano), TIR= taxa interna de retorno (%a.a.).

4.8.3 Avaliação econômica para as simulações de regime de manejo.

Na avaliação econômica foram determinados os indicadores VPL, VAE e TIR, para os diferentes regimes de manejo. Os resultados são apresentados na Tabela 32.

Tabela 32 –Comparação da avaliação econômica das simulações de regimes de manejo para produção de *Eucalyptus saligna* em sistema alto fuste com desbaste.

		Comparativo da avaliação econômica				
S% = 20	IS	Idade (anos)				
		12	14	16	18	20
VPL (R\$/ha)	36	246,16	1164,81	1784,53	1999,25	1888,64
	42	5291,05	6534,08	7890,06	7766,93	7887,16
	48	14680,86	17175,31	18626,32	19139,09	18812,10
VAE (R\$/ha/ano)	36	28,56	121,47	170,57	177,77	158,04
	42	613,92	681,37	754,15	690,64	659,99
	48	1703,41	1791,03	1780,35	1701,85	1574,18
TIR (% a.a.)	36	6,07	7,55	8,10	8,02	7,66
	42	13,62	13,46	13,41	12,47	11,88
	48	22,25	21,24	20,22	19,09	18,05

Em que: S%; índice de espaçamento relativo, IS; índice de sítio, VPL; valor presente líquido, VAE; valor anual equivalente, TIR; taxa interna de retorno.

4.8.4 Análise da resposta econômica das simulações de regime de manejo

Uma análise dos valores encontrados na avaliação econômica para povoamento de eucalipto em sistema alto fuste com desbaste permite verificar que, este sistema é economicamente viável para todas as simulações realizadas. Os valores de VAE variaram de R\$ 28,56/ha/ano em rotação de 12 anos no povoamento de IS 36, até R\$ 1791 /ha/ano para o IS 48 na rotação economicamente ótima. Nos melhores sítios percebe-se que a rotação economicamente ótima ocorre mais cedo que nos piores sítios.

O índice de sítio 42 produz aos 12 anos um VAE de R\$ 613,92 ha/ano, e aos 16 anos atinge o valor máximo para locais com esta capacidade produtiva, de R\$ 754,15 /ha/ano, um aumento de R\$ 140,23 /ha/ano, com aumento de 4 anos em idade. Levando em consideração apenas as rotações simuladas, fica claro que 16 anos é a rotação

economicamente ótima, pois rotações maiores de 18 e 20 anos geram retorno econômico menor que aos 16 anos.

O índice de sítio 48 atinge a rotação economicamente ótima ainda mais cedo, aos 14 anos produz um VAE de R\$ 1791,03 /ha/ano. Em rotações maiores que 14 anos os valores de VAE são menores, atingindo uma redução de R\$ 216,85/ha/ano se o corte raso for prolongado até 20 anos. Diante dos valores do VAE verifica-se que não é atrativo manter rotações maiores que 14 anos em sítios de alta capacidade produtiva, como é o caso do IS 48. O valor anual equivalente pode ser visualizado na Figura 31 para todas as simulações de regime de manejo analisadas.

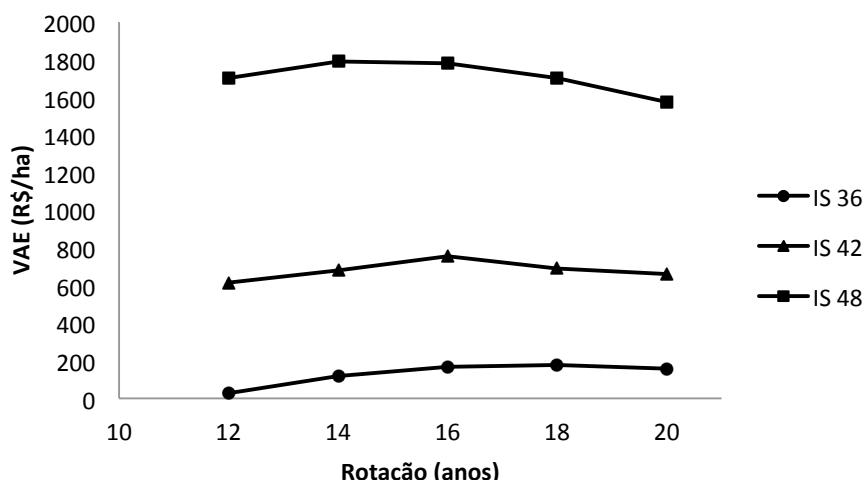


Figura 31 – Comportamento do indicador econômico VAE para as simulações de regime de manejo.

A indicação de que em melhores sítios o retorno econômico ocorre relativamente mais cedo, não significa que é nessa idade que o povoamento atinge a máxima capacidade produtiva. Este fato indica que a partir desta idade ocorre uma elevação dos custos maior que o aumento da receita pelo incremento em madeira.

Para os três IS analisados observou-se um aumento crescente do VPL com o aumento da capacidade produtiva do local, de modo que o maior valor está para o IS 48, isso pode ser explicado pelo maior volume de madeira produzida por área e principalmente pela maior concentração do volume de madeira com maiores diâmetros nos sortimentos de maior valor econômico. O VPL pode ser utilizado para comparar a

viabilidade econômica de diferentes sítios no mesmo horizonte de planejamento, desta forma fica evidenciada a maior rentabilidade para locais de maior capacidade produtiva, independentemente da idade analisada. Analisando os valores de VPL para a rotação de 14 anos, rotação economicamente ótima para a classe de produção mais alta, observa-se o aumento relatado acima, com valor de R\$ 1.164,81 /ha da classe de sítio mais baixa, R\$ 6.534,08 /ha para a classe de sítio intermediária e VPL de R\$ 17.175,31 /ha para a melhor classe de sítio analisada.

Os valores de VPL encontrados neste estudo podem ser comparados com os valores encontrados no trabalho de viabilidade econômica para eucalipto, realizado por Volkweis et. al. (2009), em rotação de 15 anos conduzido com dois desbastes, com objetivo de produzir madeira para serraria, na região oeste do Paraná. Os autores trabalharam com taxa mínima de atratividade de 7,2% ao ano e encontraram valores de VPL de R\$ 10.476,69 /ha para investimento em área própria, e R\$ 16.112,96 /ha para terra arrendada. O valor de VPL para área arrendada pode ser comparado ao encontrado nas simulações de regime de manejo deste trabalho com rotação de 12 anos e 14 anos, com seus valores de VPL de R\$ 14.680,86 /ha e R\$ 17.175,3 /ha na melhor classe de sítio analisada.

Da mesma forma, valores altos de VPL foram encontrados por Baena, (2005), na região de Águas de Santa Bárbara e Cerqueira César, SP, para povoamentos manejados para produção de toras de grandes dimensões, em rotação de 13 anos e conduzidos com três desbastes, sendo encontrado valores para VPL de R\$ 5.741,02/ha e TIR de 31,84% a.a, trabalhando com uma taxa de juros de 14%a.a.

Em um estudo de viabilidade econômica referente à condução de florestas para obter toras de grandes dimensões e de produção classificada em sortimentos, conduzido com desbaste e rotação de 21 anos no Rio Grande do Sul, realizado por Pavan, et. al. (2010), foi encontrado VPL de R\$ 6.420,12 /ha e TIR de 20,3%a.a., equivalente a 10,92% a mais do que o custo de oportunidade do capital.

Levando em consideração a TIR, todas as simulações de regimes de manejo podem ser aprovados, pois apresentam valores que superam o custo de capital de 5,5%. Comparando os projetos para diferentes IS nas idades equivalentes, obtém-se a mesma resposta que no VPL, quanto maior a capacidade produtiva maior a segurança e rentabilidade do projeto. Tomando por base novamente a rotação economicamente ótima para a melhor classe de sítio, de 14 anos, verifica-se a diferença positiva da TIR em

relação ao custo de oportunidade de 2,05% para o IS36, ganho de 7,96% para o IS 42 e, de 15,74% para o IS 48.

O investimento para produção de toras de grandes dimensões, pela condução de florestas no sistema alto fuste torna-se mais atrativo para locais com alta capacidade produtiva. O investimento em eucalipto no sistema alto fuste para a produção de toras de grandes dimensões deve ser analisado com precaução para locais com capacidade produtiva limitada, como é o caso do IS 36, pois apresenta valores baixos para rotações curtas de 12 anos, tornando-se mais atrativo em rotações longas, próximas de 16 anos. Baena, (2005), analisando a rentabilidade econômica de plantios de eucalipto em talhadia simples aos 6 anos, na região de Águas de Santa Bárbara e Cerqueira César, SP, encontrou valores para VPL de R\$ 1.085,94 /ha e TIR de 18,88%a.a, valores bem mais atrativos e de retorno mais rápido que o analisado neste trabalho no IS 36 com rotação mínima de 12 anos.

O rendimento econômico discreto de povoamentos no sistema alto fuste localizados em locais de baixa capacidade produtiva deve-se a três fatores, a baixa densidade de árvores, incremento lento frente ao aumento de espaço de crescimento gerado pelos desbastes e ao efeito da taxa de juros sobre os custos em rotações longas.

A baixa densidade só é justificada quando as condições do local, juntamente com as características da espécie possibilitam um grande incremento em volume por indivíduo, de forma que a produção por área não seja diminuída, ou que a diminuição seja justificada ou compensada por aumento de valor econômico ao produto. Se as condições do local não possibilitam incrementar grandes volumes por indivíduo, como é o caso de índices de sítio baixos, a alta produtividade por área deve ser obtida por baixo incremento individual em um grande número de indivíduos de menores dimensões. Como pode ser observado na tabela de produção do IS 36 e S=20%, onde aos 8 anos o povoamento remanescente conta apenas com 430 indivíduos, e esta baixa densidade é explicada pelo desbaste de 524 árvores que ocorreu aos 6 anos, necessário para manter o espaçamento relativo em 20%. O incremento em diâmetro reage à liberação dos desbastes de forma mais expressiva nos melhores sítios, não havendo justificativa para desbastes intensos em sítios ruins, pois nestes casos não ocorre expressivo incremento volumétrico e perde-se produção por não aproveitamento do espaço disponível. Para locais com capacidade produtiva baixa o S% deve ser menor e o povoamento manejado em rotações mais curtas. A maior densidade populacional possibilita a maior produção

por área e rotações mais curtas. Horizontes de planejamento mais curtos diminuem o efeito da taxa de juros no aumento dos custos, podendo desta forma, obter maior rentabilidade.

Em sítios de capacidade produtiva mais elevada, caso do IS 42, os fatores econômicos analisados demonstram uma atratividade alta para o sistema alto fuste com desbaste, pois desde a rotação mais curta, de 12 anos, já é obtida alta rentabilidade econômica. Para o IS 42 é mantido, igualmente como no IS 36, o espaçamento 20%, para todo o tempo da simulação do empreendimento, mas neste caso a capacidade produtiva do local faz com que ocorra uma elevada taxa de incremento em diâmetro, produzindo fustes de grandes dimensões para a rotação mais curta analisada. Para casos como este, em que existe ocupação da área disponível do local por indivíduos de rápido crescimento e grandes dimensões, é justificável e recomendado a condução do povoamento em rotações mais longas, pois existe aumento de valor por serem indivíduos de maiores dimensões e grande volume de madeira classificados nos melhores sortimentos. Esse processo é desejável, pois quanto maior for o volume do sortimentos de maior valor, mais elevando será a rentabilidade do empreendimento.

A mesma interpretação pode ser feita para o IS 48, mas de forma mais acentuada, pois sendo este um local com capacidade produtiva ainda maior que o IS 42, maior o incremento em diâmetro e mais rapidamente ocorre a concentração de volume de madeira nos sortimentos de maior valor econômico.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem as seguintes conclusões:

- a) O modelo que melhor se ajustou à estimativa da altura dominante e utilizado para a construção das 9 curvas monomórficas de índice de sítio foi o de Gram.
- b) A função de densidade probabilística de Weibull demonstrou eficiência na prognose da distribuição diamétrica em número de árvores.
- c) A função Polinomial de quinto grau estimou adequadamente a forma de tronco, sendo utilizada para calcular os sortimentos de madeira.
- d) Construiu-se tabelas de sortimentos para povoamento remanescente, em 3 classes de IS, 36, 42 e 48, no índice de espaçamento relativo de 20% e para as idades de 4, 8, 12, 14, 16, 18 e 20 anos.
- e) Toras de grandes dimensões podem ser produzidas com rotações mais curtas em locais de alta capacidade produtiva.
- f) Locais com baixa capacidade produtiva podem produzir toras em escala comercial, com comprimento de até 5,6 m de comprimento, mas com a limitação de atingir 30 cm de diâmetro na ponta fina.
- g) Regimes de manejo com rotação de 14 anos e conduzido com 2 desbastes, implantados em local com alto potencial produtivo (IS 48), produziram um VAE de R\$ 1.791,03 /ha/ano, um VPL de R\$ 17.175,31 /ha e uma TIR de 21,24% a.a.
- h) A baixa densidade populacional só é justificada quando as condições do local, juntamente com as características da espécie possibilitam um grande incremento individual em volume.

- i) Povoamentos de *Eucalyptus saligna* devem ser conduzidos por rotações curtas e com densidade populacional mais elevada em locais com baixo potencial produtivo.
- j) Povoamentos de *Eucalyptus saligna* devem ser conduzidos por rotações mais longas e densidades populacionais menores em locais com alta capacidade produtiva, para fins de produção de toras de grandes dimensões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF, ano base 2011...** Brasília: 2012. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp> Acesso em 10 jan. 2013.

ALDER, D. Forest volume estimation and yield prediction. **FAO Forestry Paper**, Rome, v.2, n.22, p. 194, 1980.

ALEIXO DA SILVA, J.A; BAILLEY R. L. Considerações teóricas sobre o uso correto do índice de Furnival na seleção de equações volumétricas. **Revista árvore**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 323-327, set/dez. 1991.

ANDRADE, C. M. et al. Variação do incremento anual ao longo do fuste de *Pinus taeda* l. em diferentes idades e densidades populacionais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 239-246, 2007.

ARCE, J. E. **Um sistema de análise, simulação e otimização do sortimento florestal em função da demanda por multiprodutos e dos custos de transporte.** 2000. 129 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ASSIS, R.L. et al. Produção de biomassa de S.T. Blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, n.2, p. 151- 156, 1999.

ASSMANN, E. **Principles of forest yield study.** New York: Pergamon Press, 1970, 506 p.

AVERY, T.E.; BURKHART, H.E. **Forest measurements.** 4.ed. Boston: McGraw-Hill, 1994, p. 400.

BAILEY, R. L.; DELL, T. R. Quantifying diameter distributions with the Weibull functions. **Forest Science**, Washington, v. 19, n. 2, p. 97-104, jun. 1973.

BALDWIN JR, V. C. et al. The effects of spacing and thinning on stand and tree characteristics of 38-year-old Loblolly Pine. **Forest Ecology and Management**, v.137, n.1/3, p.91-102, 2000.

BERTOLOTI, G. et al. Efeitos de diferentes métodos e intensidades de desbaste na produtividade de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* Barr. et Golf. IPEF, Piracicaba, v.24, p. 47-54, 1983.

BIGING, G. S. Taper equations for second mixed-conifers of Northean California. **Forest Science**, Washington, v. 30, n. 4, p. 1103-1117, dez. 1984.

BINOTI, D. H. B. et al. Uso da função Weibull de três parâmetros em um modelo de distribuição diamétrica para plantios de eucalipto submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 147-156, jan./fev. 2010.

BOTELHO, S.A. Espaçamento. In: SCOLFORO, J.R.S. **Manejo florestal**. Lavras: Ed. UFV, 1997, 436 p.

BURGER, D. **Ordenamento Florestal I**. 2.ed. Curitiba: UFPR, 1976.

BURK, T.; NEWBERRY, J. A simple algorithm for moment-based recovery of Weibull distribution parameters. **Forest Science**, Washington, v. 30, n. 2, p. 329-332, jun. 1984.

BURKHART, H. E.; CAO, Q. V.; WARE, K. D. **A comparison of growth and yield prediction models for loblolly pine**. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University, School of Forestry and Wildlife Resources, 1981. 59 p. (Publ., FWS-2).

CAMPOS, J. C. C. et al. Estimação de diferentes volumes comerciais utilizando um modelo do tipo povoamento total. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 223-230, abr./jun. 2001.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**: perguntas e respostas. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 470p.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal**: Perguntas e Respostas. 2ed. Viçosa, MG, 2006. 407 p.

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

CAO, Q. V. Predicting parameters of a Weibull function for modeling diameter distribution. **Forest Science**, Washington, v. 50, n. 4, p. 682-685, out. 2004.

CAO, Q.; BURKHART, H. A segmented distribution approach for modeling diameter frequency data. **Forest Science**, Washington, v. 30, n. 1. p. 129-137, mar. 1984.

CARMEAN, W.H. **Tree-Growth patterns in relation to soil and site.** In: Tree growth and forest soils. USA: Oregon State University, USA, 1970, p. 527.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1v. p. 10-39 (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras).

CASSIDY M. et al. Stocking and intensity of thinning affect log size and value in *Eucalyptus pilularis*. **Forest Ecology and Management**. v. 264 p. 220-227, 2012.

CIESZEWSKI, C. J.; BELLA, I.E. Polymorphic height and site index curves for lodgepole pine in Alberta. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.19, p. 1151-1160, set. 1989.

CLARK, A.; SOUTER, R. A.; SCHLAEDEL, B. E. **Stem profile equations for Southern tree species.** USDA: Southeastern Forest Experiment Station, 1991. 113 p. (Research Paper, SE 282).

CLUTTER, J. L. Compatible growth and yield for loblolly pine. **Forest Science**, Washington, v. 9, n. 3, p. 354-371, set. 1963.

CLUTTER, J. L. et al. **Timber management:** a quantitative approach. New York: John Wiley & Sons, 1983. 333 p.

DANIEL, T. W.; HELMS, J. A.; BAKER, F. **Principles of silviculture.** New York: McGraw-Hill, 1979, p.500.

DAVIS, L. S.; JOHNSON, K. M. **Forest management.** New York: McGraw-Hill Book Company, 1986. 790p.

DAVIS, L. S.; JOHNSON, K. N. **Forest management,** 3ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1987, p. 790.

DEMAERSCHALK, J.P. Converting volume equations to compatible taper equations.

DEMOLINARI, R. A. et al. Crescimento de plantios clonais de eucalipto não desbastados na região de Monte Dourado (PA). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 503-512, mai./jun. 2007.

DIAS, A. N. et al. Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamentos desbastados de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 731-739, set./out. 2005.

DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. Santa Maria. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 141-149, jan./jun. 2001.

EVANS, J. **Plantation forestry in the tropics**. Oxford; Oxford University Press, 1984. 472 p.

FERREIRA, M.C.; FERNANDES, P.S.; STAPE, J.L. **Manejo do eucalipto para obtenção simultânea de madeira para serraria e fibras**. Boletim Técnico Instituto Florestal, São Paulo, v. 40A n.1 p. 166-167, Dez 1986.

FERREIRA, R.L.C.; SOUZA, A.L.; JESUS, R.M. Taxa de crescimento de uma floresta secundária de transição. **Revista Árvore**, Viçosa, MG: v.22, n.2, p.451-461, 1998.

FERREIRA, S. O. **Estudo da forma do fuste de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana***. 1999. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade

FIGUEIREDO FILHO, A. **Influência da Resinagem no Crescimento de *Pinus elliottii Engelm. var. elliottii* e sua Avaliação Econômica**. 1991. 138 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B. E.; HITCH, K. L. Taper equations for *Pinus taeda* in Southern Brasil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 83, n. 1/2, p. 39-46, jun. 1996.

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

FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P.R. Determinação do peso do desbaste para florestas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, com base no índice de espaçamento relativo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p. 79- 87, 1999.

FISHWICK, R. W. **Uso do percentual de espaçamento relativo de Hart-Becking para o controle dos desbaste.** Brasilia: Prodepef-IBDF, 1975, P. 7.

FOREST SCIENCE, Washington, v. 18, n. 3, p. 241-245, set. 1972.

FORRESTER, D. I. et al. Growth and physiological responses to silviculture for producing solid-wood products from Eucalyptus plantations: An Australian perspective. **Forest Ecology and Management**, 2010. v. 259. p. 1819-1835.

FRIEDL, R. A. **Dinâmica da forma dos fustes em povoamentos plantados de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze.** 1989. 166p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

FRIEDL, R.A. **Dinâmica da forma dos fustes em povoamentos plantados de Araucária angustifolia (Bert) O Ktze.** Curitiba: UFPR – Setor de Ciências Agrárias, 1989, p. 166.

GIRARDIN, J. L.; BROQUEN, P. El crecimiento de *Pinus ponderosa* Dougl. y *Pseudotsuga menziesii* Mirb. em diferentes condiciones de sitio (Prov. NQN-R.A.). **Bosque**, Valdívia, v. 16, n. 2, p. 57-67, 1995.

GUIMARÃES, D. P. **Desenvolvimento de um modelo de distribuição diamétrica de passo invariante para prognose e projeção da estrutura de povoamentos de eucalipto.** 1994. 160 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

HART-BECKING, J. **Einige Gesichtspunkte fur die Durchfuhrung von vergleichenden Durchforstungsversuchen in Gleichaltrigen Bestanden.** In: Congress of IUFRO, 11., 1953. Proceedings...IUFRO, 1953, p.508-582.

HIGUCHI, N. et al. Uso de bandas metálicas e dendrômetros automáticos para a definição do padrão de crescimento individual das principais espécies arbóreas da floresta primária da região de Manaus, Amazonas, Brasil. In: **Projeto Jacarandá FASE II: Pesquisas florestais na Amazônia Central.** Manaus: 2003. p. 55-68.

HRADETZKY, J. **Analyse und interpretation statistisherabrägerkeiten. (Biometrische Beiträge zu aktuellenforschungsprojekten).** Baden: Württemberg Mitteilungen der FVA, 1976. 146p. (Abt. Biometric und Informatik, 21).

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration.** New York: The Ronald Press, 1993. 410p.

IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Levantamento dos recursos naturais.** Rio de Janeiro, 1986. v. 33.

IMAÑA-ENCINAS, J.; SILVA, G. F. da; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores.** Brasília: UnB, Departamento de Engenharia Florestal, 2005, p. 43 (Comunicações Técnicas Florestais, 7).

JOHNSTON, D. R.; GRAYSON, A. J.; BRADLEY, R. T. **Planeamento florestal.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1977. 798 p.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. H. G. Taper functions and their application in Forest inventory. **The Forestry Chronicle**, Ottawa, v. 45, n. 4, p. 278-283, ago. 1969.

KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. **Growth control in wood plants.** San Diego: Academic Press, 1997. 614p.

KRAMER, H. Waldwachstumslehre. Hamburg: Paul Parey, 1988. 374 p.

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas, possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LARSON, P. R. Some indirect effects of environment on wood formation. In: ZIMMERMANN, M. H. **The Formation Of Wood In Forest Trees.** Academic. New York: p.345-365. 1964.

LEGGATE, W., PALMER, G., WALDUCK, B. **Economic aspects of eucalypt hardwood plantation forestry.** In: Proc. Australian Forest Growers Biennial Conference, November 1998. Lismore, NSW, Australia.

LEITE, H. G. et al. Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 271-280, mar./abr. 2005.

LIMA, F. Análise de funções de “taper” destinadas à avaliação de multiprodutos de árvores de *Pinus elliottii*. 1986. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Münechen: BLU. VerlogsgesselschoftmbH, 1973. 469 p.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 1ed. Curitiba, PR, 2003. p.309.

MACKINNEY, A.L.; CHAIKEN, L.E. **Volume, yield and growth of loblolly pine in the mid-atlantic coastal region**. Washington: USDA Forest Service, 1939. 30p. (Technology Note, 33).

MATTHEWS, J. D. **Silvicultural systems**. Oxford: Clarendon Press, 1996. 284 p. (Oxford Science Publications).

MAX, T. A.; BURKHART, H. E. Segmented polynomial regression applied to taper equations. **Forest Science**, Washington, v. 22, n. 3, p. 283-289, set. 1976.

MENDONÇA, A. R. et al. Avaliação de funções de afilamento visando a otimização de fustes de *Eucalyptus* sp. para multiprodutos. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 71-82, jan./mar. 2007.

MIGUEL, E. P. et al. Modelos polinomiais para representar o perfil e o volume do fuste de *Eucalyptus urophylla* na região norte do estado de Goiás. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 2, p. 355-368, abr./jun. 2011.

MIGUEL, E. P. et al. Using the Weibull function for prognosis of yield by diameter class in *Eucalyptus urophylla* stands. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 94-104, jan./mar. 2010.

NOGUEIRA G. S. et al. Influência do Espaçamento Inicial Sobre a Forma do fuste de árvores de *Pinus Taeda*L. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.5, p.855-860, 2005.

NOGUEIRA, G. S. et al. Modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.4, p.579-589, jul./ago. 2005.

ORMEROD, D. W. A simples bole model. **The Forestry Chronicle**, Ottawa, v. 49, n. 3, p. 136-138, jun. 1973.

PARRESOL, B. R. HOTVEDT, J. E.; CAO, Q. V. Volume and taper prediction system for bald cypress. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 17, n. 3, p. 250-259, mar. 1987.

PAVAN, J. A. ALVES, T. W. Sousa, M. A. Viabilidade econômica da produção de eucaliptos no Rio Grande do Sul. **AB Custos Associação Brasileira de Custos**, v.1 jan./abr. 2010.

PINKARD, E. A.; NEILSEN, W. A. (2003). Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing : implications for thinning. **Forest Ecology and Management**, 2003. ed.172, p.215-227.

POORTER, L.; BONGERS, F. **Ecology of tropical forests**. Wageningen Agricultural University, 1993, p.223.

PRODAN, M. **Holzmesslehre**. Frankfurt, J.D. Sauerländer's Verlag, 1965, 644 p.

REINSTORF, L.O. **The influence of stand density on growth of *Pinus elliottii***. Stellenbosch:Forestry University of Stellenbosch. 1970, p. 62.

RENNOLLS, K.; GEARDY, D. N.; ROLLINSON, T. J. D. Characterizing diameter distributions by the use of the Weibull distribution. **Forestry**, v.58, n.1. p. 57-66.1985.

RENNOLLS, K.; PEACE, A. Flow models of mortality and yield for unthinned forest stands. **Forestry**, v.1. p.47-58, 1986.

RETSLAFF, F. A. S. et al. Prognose do crescimento e da produção em classes de diâmetro para povoamentos desbastados de *Eucalyptus grandis* no sul do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 719-732, jul./ago. 2012.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa: Universidade Federal Viçosa, 2001. 389p.

RIOS, M. S. **A eficiência das funções polinomiais, da função spline cúbica, e razões de volume para representar o perfil da árvore e estimar os sortimentos de *Pinus elliottii*.** 1997. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

RICHARDS, F. J.A. Flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, v.10, p. 290-300, 1959.

SANQUETTA, C. R. Produção de madeira livre de nós em povoamentos de *Pinus taeda* em função da densidade de plantio. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 2, p.129-140, jul./dez. 2003.

SANTANA, C. J. O. **Simulação do crescimento e da produção em plantações desbastadas de *Eucalyptus grandis* com diferentes procedimentos de obtenção dos parâmetros da distribuição Weibull.** 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SCHEEREN, L. W. **Estruturação da produção de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus saligna* Smith manejados em alto fuste.** 2003. 181 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SCHEEREN, L.W.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Crescimento e produção de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus Saligna* Smith manejados com desbaste, na região Sudeste do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 111-122, 2004.

SCHNEIDER, P. R. *Análise da mortalidade de Acácia mearnsi de Wild.* **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p.137-143, abr./jun. 2005.

SCHNEIDER, P. R. et al. Estimativa dos parâmetros da função de densidade probabilística Weibull por regressão aninhada em povoamentos desbastados de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 3, p. 381-392, jul./set. 2008.

SCHNEIDER, P. R. **Betriebswirtschaftliche und estragskundlichegrundlagen der forsteinrichtung in Südbrasilien am Beispil von *Pinus elliottii*.** 1984. 190p. Tese (Doutorado) Freibur: Albert- Ludwigs-Universität.

SCHNEIDER, P. R. et al. Forma do tronco e sortimentos de madeira de *Eucalyptus grandis* Maiden para o estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p.79-88, nov. 1996.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal.** Santa Maria -UFSM/CEPEF-FATEC, 1993. 348 p.

SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal:** planejamento da produção florestal. Santa Maria: UFSM, CCR, DCF, CEPEF, 2008. 500 p.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HOPE, J. M.; DRESCHER, R.; SCHEEREN, L. W.; MAINARDI, G.; FLEIG, F. D. Produção de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8 , n. l, p. 129-140, 1998.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo florestal.** Santa Maria: Ed. FACOS, 2008. 566 p.

SCHÖEPFER, W. **Autimatisierung des Massen, Sorten and Wertberechnungstenender Waalbestande Schriftenreihe Bad.** [S.I.]: Wurtt-Forstl, 1966. n.p

SCHÖNAU, A.P.G.; COETZEE, J S. Initial spacins, stand density and thinning in eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**. ed .29, p. 245-266. 1989.

SCHULTZ, J. P. **Curso de Silvicultura I.** Merida: Universidade de Los Andes, Centro de Estudios de Posgrado, 1969. p.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber – tree volume. **Journal of Agriculture Research**, Washington, v. 47, n. 9, p. 719-734, nov. 1933.

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 443 p.

SCOLFORO, J. R. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria Florestal:** medição e volumetria de árvores. Lavras: UFLA0/FAEPE, 1998. 310. p.

SELLA, G. L. **Classificação de sítios para *Pinus taeda* L., através da altura dominante, para a região de Cambará do Sul, RS, Brasil.** 1993. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.

SILVA, J.F. **Variabilidade genética em progêneres de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e sua interação com espaçamentos.** Viçosa: UFV, 1990. 126. p.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia Florestal**. 2. ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2005. 178 p.

SIXEL, R.M.M.; **Sistemas de Manejo Florestal**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Disponível em:<<http://www.ipef.br/silvicultura/manejo.asp>>.Acesso em: 12 de setembro de 2012.

SKOVSGAARD, J. P.; VANCLAY, J. K. Forest site productivity: a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands. **Forestry**, Oxford, v. 81, n. 1, p. 13-31, out. 2008.

SOARES, T. S. et al. Avaliação econômica de plantações de eucalipto submetidas a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.4, p.481-486, jul./ago. 2003a.

SOARES, T. S. et al. Otimização de multiprodutos em povoamentos florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.6, p.811-820, nov./dez. 2003b.

SOARES, T. S. **Otimização do uso da madeira em povoamentos de eucalipto**. 2002. 49 f. Tese (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

SOUZA, A.L.; ARAUJO, P.A.; CAMPOS, J.C.C. e PAULA NETO, F. Dinâmica de crescimento em diâmetro de uma floresta primária sem interferência: uma análise pelo tempo de passagem entre classes diamétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG: v.17, n.2, p.129-145, 1993.

SPIECKER, H. **Análise do crescimento florestal: a concorrência e sua importância no desbaste**. Curitiba: FUPEF, 1981. 62 p. (SérieTécnica FUPEF).

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

STAPE, J. L. The Brazil Eucalyptus Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1684–1694, 2010.

STRECK, E. V. et al. Solos do Rio Grande do Sul. 2 ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. p. 38-52.

TONINI, H. et al. Índice de sítio para *Pinus elliottii* Engelm, em três unidades de mapeamento de solo, nas regiões da serra do sudeste e litoral, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 61-73, dez. 2002.

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield:** Applications to mixed tropical forests. Copenhagen: CAB international, 1994, 31 p.

VOLKWEIS, R. G. et al. Rentabilidade econômica do eucalipto produzido para produção de madeira serrada no oeste do Estado do Paraná. Encontro científico de Ciências Sociais Aplicadas de Marechal Cândido Rondon, 4, local. UNIOESTE, 2009.

WEIBULL, W. A statistical distribution function of wide applicability. **Journal of Applied Mechanics**, Stockholm, v.18, p. 293-297, nov. 1951

WILLIAMS, M. R. W. **Decision-making in forest management**, 2.ed. Great Yarmouth: Research Studies Press/John Wiley & Sons, 1988.

6 APÊNDICES

Apêndice A - Tabelas de produção para Índice de Espacamento Relativo 16% e Índices de Sítio 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50.

IS 34																	
S%=>	16	N/ha =	1111	Povoamento Remanescente					Desbaste			Produção Total					
Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
4	16,1	14,1	13,36	956	13,4	0,46977	0,3500	88,6	66,0	203	17,31	14,13	0,52	88,62	66,03	22,16	26,71
8	24,5	22,1	17,26	753	17,6	0,45836	0,3870	178,2	150,4	243	51,91	44,88	0,62	195,47	164,57	24,43	25,69
12	29,7	27,3	21,70	510	18,9	0,44505	0,3895	229,0	200,4	95	35,99	31,68	0,69	298,21	259,42	24,85	19,62
16	33,0	30,6	24,94	415	20,3	0,43833	0,3873	271,5	239,9	41	21,83	19,32	0,73	376,69	330,58	23,54	12,37
20	34,7	32,4	26,89	374	21,2	0,43510	0,3852	299,1	264,9					426,19	374,87	21,31	
IS 36																	
S%=>	16	N/ha =	1111	Povoamento Remanescente					Desbaste			Produção Total					
Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
4	17,0	15,0	13,61	954	13,9	0,47014	0,3575	97,6	74,2	282	28,78	23,88	0,53	97,63	74,23	24,41	30,28
8	25,9	23,5	18,38	671	17,8	0,45447	0,3886	190,0	162,4	217	57,99	50,57	0,64	218,74	186,33	27,34	29,73
12	31,5	29,1	23,41	455	19,6	0,44126	0,3886	250,9	221,0	84	41,06	36,28	0,71	337,66	295,40	28,14	23,05
16	34,9	32,5	27,09	370	21,3	0,43480	0,3850	302,0	267,4	37	25,21	22,32	0,75	429,84	378,15	26,87	14,66
20	36,8	34,5	29,32	334	22,5	0,43174	0,3821	335,4	296,9					488,48	429,94	24,42	

Continua....

Continuação.

Tabelas de produção para índice de Espaçamento Relativo 16% e Índices de Sítio 38 e 40.

IS 38		Povoamento Remanescente										Desbaste			Produção Total					
S% =	16	N/ha =	1111	h100 (anos)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMAVt	IPAvt
4	18,0	15,8	13,90	952	14,4	0,46999	0,3639	107,6	83,3	349	42,53	35,79	0,54	107,59	83,31	26,90	34,56			
8	27,4	24,9	19,56	603	18,1	0,45075	0,3895	203,3	175,7	195	64,94	56,98	0,66	245,83	211,45	30,73	34,33			
12	33,2	30,8	25,24	408	20,4	0,43780	0,3870	275,7	243,7	76	46,92	41,51	0,73	383,14	336,47	31,93	27,00			
16	36,8	34,6	29,41	332	22,6	0,43163	0,3820	336,7	298,0	33	29,14	25,75	0,78	491,12	432,29	30,69	17,32			
20	38,8	36,6	31,94	299	24,0	0,42874	0,3783	376,9	332,5	560,38	492,54	492,54	28,02							
IS 40		Povoamento Remanescente										Desbaste			Produção Total					
S% =	16	N/ha =	1111	h100 (anos)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMAVt	IPAvt
4	18,9	16,7	14,23	950	15,1	0,46940	0,3694	118,6	93,3	406	59,05	50,27	0,55	118,60	93,33	29,65	39,67			
8	28,8	26,3	20,83	544	18,5	0,44724	0,3897	218,2	190,1	176	72,85	64,17	0,68	277,28	240,41	34,66	39,55			
12	35,0	32,6	27,20	368	21,4	0,43465	0,3849	303,6	268,8	68	53,67	47,42	0,76	435,47	383,25	36,29	31,55			
16	38,8	36,6	31,90	300	24,0	0,42879	0,3784	376,1	331,9	30	33,70	29,64	0,80	561,65	493,73	35,10	20,40			
20	40,9	38,8	34,77	270	25,6	0,42608	0,3738	424,0	372,0	643,26	563,50	563,50	32,16							

Continua...

Continuação.

Tabelas de produção para índice de Espaçamento Relativo 16% e Índices de Sítio 42 e 44.

IS 42		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total									
S% =	16	N/ha =	1111	Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
4	19,9	17,6	14,58	948	15,8	0,46847	0,3741	130,7	104,4	455	78,87	67,78	0,57	130,75	104,40	32,69	45,75	45,75	313,74	273,74	39,22
8	30,2	27,8	22,17	493	19,0	0,44395	0,3893	234,9	206,0	159	81,86	72,24	0,70	495,61	436,42	41,30	45,47	45,47	642,72	563,28	40,17
12	36,7	34,5	29,29	334	22,5	0,43178	0,3822	334,9	296,4	62	61,43	54,10	0,78	642,72	563,28	40,17	36,78	36,78	738,62	643,68	36,93
16	40,7	38,6	34,57	272	25,5	0,42625	0,3742	420,6	369,2	27	38,98	34,05	0,83	738,62	643,68	36,93	23,97	23,97			
20	42,9	41,0	37,80	245	27,5	0,42370	0,3687	477,5	415,5												
IS 44		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total									
S% =	16	N/ha =	1111	Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
4	20,8	18,5	14,97	946	16,7	0,46727	0,3780	144,1	116,6	497	102,62	88,84	0,58	144,12	116,60	36,03	52,96	52,96			
8	31,7	29,2	23,59	450	19,7	0,44088	0,3885	253,3	223,2	145	92,08	81,24	0,71	355,95	312,06	44,49	52,17	52,17			
12	38,5	36,3	31,52	304	23,7	0,42919	0,3790	370,0	326,6	57	70,34	61,61	0,80	564,65	496,73	47,05	42,78	42,78			
16	42,7	40,7	37,42	248	27,3	0,42397	0,3694	470,7	410,1	25	45,09	39,02	0,85	735,77	641,79	45,99	28,11	28,11			
20	44,9	43,2	41,05	223	29,6	0,42159	0,3630	538,1	463,3												

Continua...

Continuação

Tabelas de produção para índice de Espaçamento Relativo 16% e Índices de Sítio 46 e 48.

IS 46		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total								
S% =	16	N/ha =	1111	h100 (anos)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
4	21,8	19,4	15,38	945	17,5	0,46585	0,3814	158,8	130,0	534	131,00	114,07	0,59	158,83	130,03	39,71	404,76	356,03	50,59	61,48
8	33,1	30,7	25,10	411	20,4	0,43804	0,3872	273,8	242,0	133	103,65	91,28	0,73	643,79	565,02	53,65	59,76			
12	40,2	38,1	33,89	279	25,1	0,42685	0,3752	409,1	359,7	52	80,55	70,01	0,82	842,42	730,17	52,65	49,66			
16	44,6	42,8	40,48	227	29,2	0,42193	0,3640	527,2	454,8	22	52,13	44,59	0,88	973,92	835,32	48,70	32,87			
20	47,0	45,4	44,54	204	31,8	0,41971	0,3566	606,6	515,4											
IS 48		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total								
S% =	16	N/ha =	1111	h100 (anos)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
4	22,7	20,3	15,81	944	18,5	0,46427	0,3842	175,0	144,8	566	164,85	144,12	0,60	175,00	144,81	43,75	71,53			
8	34,6	32,2	26,69	378	21,1	0,43540	0,3855	296,3	262,3	122	116,75	102,42	0,75	461,13	406,42	57,64	68,33			
12	42,0	40,0	36,42	256	26,7	0,42472	0,3711	452,8	395,6	48	92,24	79,37	0,84	734,44	642,17	61,20	57,52			
16	46,5	44,9	43,75	208	31,3	0,42010	0,3581	590,7	503,5	21	60,25	50,81	0,90	964,54	829,38	60,28	38,36			
20	49,0	47,6	48,27	188	34,3	0,41803	0,3496	683,9	572,0											

Continua...

Continuação.

Tabelas de produção para índice de Espaçamento Relativo 16% e Índices de Sítio 50.

S% =	IS 50	16	N/ ha =	1111	Povoamento Remanescente						Desbaste			Produção Total				
					Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	V _{TCC} m ³ /ha	V _{CSC} m ³ /ha	N/ ha	V _{TCC} m ³ /ha	V _{CSC} m ³ /ha	K-Magin
4		23,7	21,3	16,27	942	19,6	0,46258	0,3865	192,7	161,1	594	205,12	179,77	0,61	192,75	161,05	48,19	83,36
8		36,0	33,7	28,38	348	22,0	0,43297	0,3834	321,1	284,3	112	131,54	114,75	0,77	526,19	464,07	65,77	77,99
12		43,7	41,9	39,11	236	28,3	0,42280	0,3664	501,5	434,6	44	105,58	89,77	0,86	838,17	729,16	69,85	66,50
16		48,5	47,0	47,23	192	33,6	0,41847	0,3516	661,9	556,1	19	69,58	57,70	0,92	1104,18	940,43	69,01	44,67
20		51,1	49,9	52,26	173	37,1	0,41653	0,3420	771,1	633,1					1282,87	1075,05	64,14	

Em que: h₁₀₀= altura dominante de Assmann, h = altura média, d= diâmetro médio, N= número de árvores por hectare, G= área basal por hectare, f(vtcc)=fator de forma para volume total com casca, f(vcsc)= fator de forma para volume comercial sem casca, V_{TCC}= volume total com casca, V_{CSC}= volume comercial sem casca, H/ha= número de árvores desbastadas, lMA= incremento médio anual, ICA= incremento periódico anual.

Apêndice B – Tabelas de produção para Índice de Espaçamento Relativo 20% e Índices de Sítio 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50.

IS 34

S% = 20 Ni/ha = 1111

Povoamento Remanescente

Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	Desbaste			Produção Total				
										N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
4	16,1	14,1	13,36	956	13,4	0,46977	0,3500	88,6	66,0	474	46,87	38,52	0,55	88,62	66,03	22,16	21,76
8	24,5	22,1	18,45	482	12,9	0,45343	0,3848	128,8	109,3	156	39,50	34,23	0,65	175,66	147,83	21,96	19,16
12	29,7	27,3	23,19	326	13,8	0,44137	0,3866	166,0	145,4	61	27,30	24,01	0,72	252,31	218,12	21,03	14,59
16	33,0	30,6	26,65	266	14,8	0,43527	0,3840	197,0	173,8	26	16,54	14,59	0,76	310,66	270,57	19,42	9,19
20	34,7	32,4	28,74	239	15,5	0,43233	0,3816	217,2	191,7					347,41	303,10	17,37	

IS 36

S% = 20 Ni/ha = 1111

Povoamento Remanescente

Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	Desbaste			Produção Total				
										N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
4	17,0	15,0	13,61	954	13,9	0,47014	0,3575	97,6	74,2	524	62,04	51,78	0,56	97,63	74,23	24,41	25,46
8	25,9	23,5	19,64	430	13,0	0,44991	0,3863	137,4	118,0	139	44,09	38,49	0,67	199,46	169,77	24,93	22,16
12	31,5	29,1	25,01	291	14,3	0,43793	0,3855	182,0	160,2	54	31,12	27,44	0,74	288,09	250,45	24,01	17,12
16	34,9	32,5	28,95	237	15,6	0,43205	0,3814	219,3	193,6	24	19,08	16,82	0,79	356,56	311,30	22,29	10,87
20	36,8	34,5	31,33	213	16,5	0,42926	0,3782	243,7	214,7					400,06	349,25	20,00	

Continua...

Continuação.

Tabelas de produção para índice de Espaçamento Relativo 20% e Índices de Sítio 38 e 40.

IS 38		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total								
S% =	20	Ni/ha =	1111	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt	IPA vt
4	18,0	15,8	13,90	952	14,4	0,46999	0,3639	107,6	83,3	566	80,18	67,78	0,57	107,59	83,31	26,90	29,94			
8	27,4	24,9	20,90	386	13,2	0,44654	0,3869	147,2	127,5	125	49,34	43,28	0,69	227,35	195,31	28,42	25,56			
12	33,2	30,8	26,97	261	14,9	0,43478	0,3837	200,1	176,5	49	35,54	31,33	0,76	329,58	287,61	27,46	20,04			
16	36,8	34,6	31,42	213	16,5	0,42917	0,3780	244,7	215,5	21	22,04	19,36	0,81	409,73	357,92	25,61	12,84			
20	38,8	36,6	34,14	192	17,5	0,42653	0,3740	274,0	240,2					461,07	401,98	23,05				
IS 40		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total								
S% =	20	Ni/ha =	1111	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt	IPA vt
4	18,9	16,7	14,23	950	15,1	0,46940	0,3694	118,6	93,3	602	101,85	87,01	0,58	118,60	93,33	29,65	35,33			
8	28,8	26,3	22,26	348	13,5	0,44336	0,3869	158,1	138,0	112	55,33	48,66	0,71	259,94	224,98	32,49	29,42			
12	35,0	32,6	29,06	236	15,6	0,43191	0,3812	220,4	194,6	44	40,63	35,72	0,79	377,62	330,24	31,47	23,40			
16	38,8	36,6	34,08	192	17,5	0,42658	0,3741	273,4	239,7	19	25,47	22,24	0,83	471,22	411,13	29,45	15,11			
20	40,9	38,8	37,15	173	18,7	0,42410	0,3691	308,4	268,4					531,68	462,02	26,58				

Continua....

Continuação.

Tabelas de produção para índice de Espaçamento Relativo 20% e Índices de Sítio 42 e 44.

IS 42		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total								
S% =	20	Ni/ha =	1111	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	Ni/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt	IPA vt
4	19,9	17,6	14,58	948	15,8	0,46847	0,3741	130,7	104,4	632	127,72	110,01	0,60	130,75	104,40	32,69	41,81			
8	30,2	27,8	23,69	316	13,9	0,44037	0,3864	170,3	149,4	102	62,13	54,67	0,73	297,97	259,39	37,25	33,80			
12	36,7	34,5	31,30	214	16,4	0,42931	0,3782	243,3	214,4	40	46,48	40,66	0,81	433,17	379,04	36,10	27,26			
16	40,7	38,6	36,94	174	18,7	0,42426	0,3695	305,9	266,4	17	29,44	25,49	0,86	542,22	471,72	33,89	17,75			
20	42,9	41,0	40,39	157	20,1	0,42193	0,3635	347,5	299,4	613,24	530,20	30,66								
IS 44		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total								
S% =	20	Ni/ha =	1111	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	Ni/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt	IPA vt
4	20,8	18,5	14,97	946	16,7	0,46727	0,3780	144,1	116,6	659	158,53	137,42	0,61	144,12	116,60	36,03	49,54			
8	31,7	29,2	25,21	288	14,4	0,43759	0,3853	183,7	161,8	93	69,85	61,36	0,74	342,28	299,23	42,78	38,76			
12	38,5	36,3	33,68	195	17,4	0,42694	0,3747	268,9	236,0	36	53,19	46,20	0,83	497,31	434,80	41,44	31,70			
16	42,7	40,7	39,99	159	19,9	0,42218	0,3642	342,5	295,5	16	34,03	29,13	0,88	624,11	540,51	39,01	20,80			
20	44,9	43,2	43,87	143	21,6	0,42000	0,3573	391,7	333,3	707,32	607,38	35,37								

Continua....

Continuação.

Tabelas de produção para índice de Espaçamento Relativo 20% e Índices de Sítio 46 e 48.

IS 46		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total								
S% =	20	Ni/ha =	1111	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt	IPA vt
4	21,8	19,4	15,38	945	17,5	0,46585	0,3814	158,8	130,0	682	195,16	169,94	0,62	158,83	130,03	39,71	58,75			
8	33,1	30,7	26,82	263	14,9	0,43500	0,3838	198,7	175,3	85	78,58	68,81	0,76	393,83	345,24	49,23	44,37			
12	40,2	38,1	36,22	178	18,4	0,42480	0,3706	297,6	259,6	33	60,87	52,38	0,85	571,30	498,36	47,61	36,78			
16	44,6	42,8	43,26	145	21,3	0,42031	0,3584	383,8	327,3	14	39,33	33,21	0,91	718,42	618,41	44,90	24,32			
20	47,0	45,4	47,59	131	23,3	0,41827	0,3504	441,8	370,1					815,71	694,45	40,79				
IS 48		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total								
S% =	20	Ni/ha =	1111	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt	IPA vt
4	22,7	20,3	15,81	944	18,5	0,46427	0,3842	175,0	144,8	702	238,61	208,37	0,63	175,00	144,81	43,75	69,68			
8	34,6	32,2	28,52	242	15,4	0,43260	0,3819	215,1	189,9	78	88,46	77,05	0,78	453,74	398,28	56,72	50,70			
12	42,0	40,0	38,92	164	19,5	0,42286	0,3661	329,5	285,2	30	69,66	59,24	0,87	656,55	570,66	54,71	42,59			
16	46,5	44,9	46,75	133	22,9	0,41864	0,3520	430,2	361,7	13	45,42	37,73	0,93	826,90	706,37	51,68	28,37			
20	49,0	47,6	51,58	120	25,1	0,41674	0,3429	498,2	410,0					940,40	792,36	47,02				

Continua....

Continuação.

Tabelas de produção para índice de Espaçamento Relativo 20% e Índices de Sítio 50.

IS 50		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total							
S% =	N/ha = 1111	Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	V _{TCC} m ³ /ha	V _{CSC} m ³ /ha	N/ha	V _{TCC} m ³ /ha	V _{CSC} m ³ /ha	K-Magin	V _{TCC} m ³ /ha	V _{CSC} m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
4	23,7	21,3	16,27	942	19,6	0,46258	0,3865	192,7	161,1	720	290,03	253,60	0,64	192,75	161,05	48,19	82,63		
8	36,0	33,7	30,32	223	16,1	0,43039	0,3796	233,2	205,7	72	99,62	86,15	0,80	523,26	459,29	65,41	57,85		
12	43,7	41,9	41,79	151	20,7	0,42111	0,3611	365,0	313,0	28	79,69	66,83	0,90	754,67	652,71	62,89	49,22		
16	48,5	47,0	50,47	123	24,6	0,41714	0,3450	482,2	398,8	12	52,43	42,73	0,96	951,54	805,41	59,47	33,03		
20	51,1	49,9	55,84	111	27,1	0,41536	0,3347	561,9	452,8		1083,65	902,07	54,18						

Em que: h₁₀₀= altura dominante de Assmann, h = altura média, d= diâmetro médio, N= número de árvores por hectare, G= área basal por hectare, f(vtcc)= fator de forma para volume total com casca, f(vcsc)= fator de forma para volume comercial sem casca, V_{TCC}= volume total com casca, V_{CSC}= volume comercial sem casca, H/ha= número de árvores desbastadas, IMA= incremento médio anual, ICA= incremento periódico anual.

Apêndice C – Tabelas de produção para Índice de Espaçamento Relativo 22% e Índices de Sítio 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50.

IS 34		Povoamento Remanescente										Desbaste		Produção Total			
S% =	22	Ni/ha = 1111										N/ha	VTcc	VCsc	IMA vt	IPA vt	
		h100	h (m)	d (cm)	N (ha)	G	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc	VCsc	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha	
(anos)		(m)				(m²/ha)											
4	16,1	14,1	13,36	956	13,4	0,46977	0,3500	88,6	66,0	558	58,98	48,61	0,56	88,62	66,03	22,16	
8	24,5	22,1	18,98	398	11,3	0,45148	0,3839	112,2	95,4	129	35,25	30,57	0,67	171,14	143,98	21,39	
12	29,7	27,3	23,86	270	12,1	0,43991	0,3854	144,7	126,7	50	24,32	21,39	0,74	238,89	205,92	19,91	
16	33,0	30,6	27,41	220	13,0	0,43404	0,3826	171,8	151,4	22	14,72	12,98	0,78	290,37	252,00	18,15	
20	34,7	32,4	29,56	198	13,6	0,43122	0,3801	189,5	167,0					322,76	280,55	16,14	
IS 36																	
IS 36		Povoamento Remanescente										Desbaste		Produção Total			
S% =	22	Ni/ha = 1111										N/ha	VTcc	VCsc	IMA vt	IPA vt	
		h100	h (m)	d (cm)	N (ha)	G	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc	VCsc	m³/ha	m³/ha	m³/ha	m³/ha			
(anos)		(m)				(m²/ha)											
4	17,0	15,0	13,61	954	13,9	0,47014	0,3575	97,6	74,2	598	75,84	63,45	0,58	97,63	74,23	24,41	
8	25,9	23,5	20,20	355	11,4	0,44810	0,3852	119,7	102,9	115	39,34	34,34	0,69	195,56	166,37	24,44	
12	31,5	29,1	25,73	241	12,5	0,43660	0,3841	158,7	139,6	45	27,72	24,42	0,76	273,84	237,39	22,82	
16	34,9	32,5	29,78	196	13,6	0,43096	0,3798	191,3	168,6	19	16,98	14,94	0,80	334,23	290,81	20,89	
20	36,8	34,5	32,23	176	14,4	0,42828	0,3764	212,7	186,9					372,56	324,08	18,63	

Continua...

Continuação.

Tabelas de produção para índice de Espaçamento Relativo 22% e Índices de Sítio 38 e 40.

IS 38		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total					
S% =	22	Ni/ha =	1111							N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
4	18,0	15,8	13,90	952	14,4	0,46999	0,3639	107,6	83,3	633	95,99	81,29	0,59	107,59	83,31	26,90	29,16
8	27,4	24,9	21,51	319	11,6	0,44487	0,3858	128,2	111,2	103	44,01	38,58	0,71	224,23	192,51	28,03	22,56
12	33,2	30,8	27,74	216	13,0	0,43358	0,3822	174,5	153,8	40	31,65	27,85	0,78	314,49	273,69	26,21	17,66
16	36,8	34,6	32,33	176	14,4	0,42818	0,3763	213,5	187,6	17	19,61	17,18	0,83	385,14	335,35	24,07	11,31
20	38,8	36,6	35,12	158	15,3	0,42565	0,3721	239,1	209,0		430,38	373,92	21,52				
IS 40		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total					
S% =	22	Ni/ha =	1111							N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	K-Magin	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
4	18,9	16,7	14,23	950	15,1	0,46940	0,3694	118,6	93,3	662	120,03	102,66	0,60	118,60	93,33	29,65	34,80
8	28,8	26,3	22,89	288	11,8	0,44181	0,3858	137,8	120,3	93	49,33	43,34	0,72	257,82	222,97	32,23	25,96
12	35,0	32,6	29,90	195	13,7	0,43082	0,3796	192,3	169,5	36	36,17	31,72	0,80	361,68	315,46	30,14	20,62
16	38,8	36,6	35,06	159	15,3	0,42569	0,3721	238,6	208,6	16	22,65	19,71	0,85	444,16	386,33	27,76	13,31
20	40,9	38,8	38,22	143	16,4	0,42331	0,3670	269,2	233,4		497,41	430,83	24,87				

Continua....

Continuação.

Tabelas de produção para índice de Espaçamento Relativo 22% e Índices de Sítio 42 e 44.

IS 42		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total					
S% =	22	Ni/ha =	1111	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
4	19,9	17,6	14,58	948	15,8	0,46847	0,3741	130,7	104,4	687	148,68	128,16	0,61	130,75	104,40	32,69	41,59
8	30,2	27,8	24,37	261	12,2	0,43895	0,3851	148,4	130,2	84	55,37	48,64	0,74	297,11	258,38	37,14	29,82
12	36,7	34,5	32,19	177	14,4	0,42832	0,3765	212,3	186,6	33	41,36	36,07	0,82	416,38	363,43	34,70	24,02
16	40,7	38,6	38,00	144	16,3	0,42346	0,3674	267,0	231,7	14	26,18	22,57	0,87	512,46	444,53	32,03	15,63
20	42,9	41,0	41,55	130	17,6	0,42122	0,3612	303,4	260,2	574,99	495,61	495,61	28,75				
IS 44		Povoamento Remanescente							Desbaste			Produção Total					
S% =	22	Ni/ha =	1111	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	N/ha	VTcc m ³ /ha	VCsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha
4	20,8	18,5	14,97	946	16,7	0,46727	0,3780	144,1	116,6	709	182,76	158,45	0,62	144,12	116,60	36,03	49,72
8	31,7	29,2	25,94	238	12,6	0,43627	0,3840	160,2	141,0	77	62,23	54,55	0,76	342,98	299,47	42,87	34,18
12	38,5	36,3	34,65	161	15,2	0,42604	0,3728	234,7	205,4	30	47,32	40,93	0,85	479,71	418,39	39,98	27,92
16	42,7	40,7	41,14	131	17,4	0,42146	0,3619	299,1	256,9	13	30,25	25,76	0,90	591,39	510,79	36,96	18,31
20	44,9	43,2	45,13	118	18,9	0,41936	0,3548	342,1	289,4	664,64	569,12	569,12	33,23				

Continua....

Continuaçāo.

Tabelas de produção para índice de Espaçamento Relativo 22% e Índices de Sítio 48 e 50.

IS 46										IS 48									
S% =	22	Ni/ha =	1111	Povoamento Remanescente						Desbaste				Produção Total					
Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	Vtcc m ³ /ha	Vcsc m ³ /ha	N/ha	Vtcc m ³ /ha	Vcsc m ³ /ha	K-Magin	Vtcc m ³ /ha	Vcsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha		
4	21,8	19,4	15,38	945	17,5	0,46585	0,3814	158,8	130,0	727	223,20	194,30	0,64	158,83	130,03	39,71	59,41		
8	33,1	30,7	27,59	218	13,0	0,43379	0,3824	173,3	152,7	70	70,00	61,12	0,78	396,48	347,03	49,56	39,12		
12	40,2	38,1	37,26	147	16,1	0,42399	0,3686	259,7	225,8	27	54,13	46,36	0,87	552,95	481,22	46,08	32,39		
16	44,6	42,8	44,50	120	18,7	0,41966	0,3559	335,2	284,3	12	34,94	29,33	0,92	682,49	586,03	42,66	21,41		
20	47,0	45,4	48,96	108	20,3	0,41770	0,3477	385,8	321,2	768,12	652,27	38,41							
IS 48										IS 48									
S% =	22	Ni/ha =	1111	Povoamento Remanescente						Desbaste				Produção Total					
Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	Vtcc m ³ /ha	Vcsc m ³ /ha	N/ha	Vtcc m ³ /ha	Vcsc m ³ /ha	K-Magin	Vtcc m ³ /ha	Vcsc m ³ /ha	IMA vt m ³ /ha	IPA vt m ³ /ha		
4	22,7	20,3	15,81	944	18,5	0,46427	0,3842	175,0	144,8	744	271,10	236,55	0,65	175,00	144,81	43,75	70,94		
8	34,6	32,2	29,34	200	13,5	0,43148	0,3803	187,7	165,4	64	78,78	68,37	0,80	458,77	401,96	57,35	44,69		
12	42,0	40,0	40,04	135	17,0	0,42212	0,3639	287,7	248,0	25	61,93	52,37	0,89	637,54	552,88	53,13	37,49		
16	46,5	44,9	48,09	110	20,0	0,41805	0,3493	375,7	313,9	11	40,35	33,28	0,95	787,51	671,23	49,22	24,97		
20	49,0	47,6	53,06	99	21,9	0,41622	0,3399	435,2	355,4	887,38	746,00	44,37							

Continua....

Continuação.

Tabelas de produção para índice de Espaçamento Relativo 22% e Índices de Sítio 50.

S% =	IS 50 22	Ni/ha = 1111	Povoamento Remanescente						Desbaste			Produção Total						
			Idade (anos)	h100 (m)	h (m)	d (cm)	N (ha)	G (m ² /ha)	f (vtcc)	f (vcsc)	V _{TCC} m ³ /ha	V _{CSC} m ³ /ha	N/ha	V _{TCC} m ³ /ha	V _{CSC} m ³ /ha	K-Magin	V _{TCC} m ³ /ha	V _{CSC} m ³ /ha
4	23,7	21,3	16,27	942	19,6	0,46258	0,3865	192,7	161,1	758	327,71	286,15	0,66	192,75	161,05	48,19	84,61	
8	36,0	33,7	31,19	184	14,1	0,42936	0,3779	203,5	179,1	59	88,68	76,38	0,82	531,21	465,25	66,40	50,98	
12	43,7	41,9	42,99	125	18,1	0,42043	0,3587	318,7	271,9	23	70,82	59,02	0,91	735,13	634,43	61,26	43,32	
16	48,5	47,0	51,92	102	21,5	0,41660	0,3421	421,2	345,9	10	46,55	37,64	0,97	908,41	767,40	56,78	29,06	
20	51,1	49,9	57,45	91	23,7	0,41489	0,3314	490,9	392,1					1024,65	851,32	51,23		

Em que: h₁₀₀= altura dominante de Assmann, h = altura média, d= diâmetro médio, N= número de árvores por hectare, G= área basal por hectare, f(vtcc)=fator de forma para volume total com casca, f(vcsc)= fator de forma para volume comercial sem casca, V_{TCC}= volume total com casca, V_{CSC}= volume comercial sem casca, H/ha= número de árvores desbastadas, IMA= incremento médio anual, ICA= incremento periódico anual.

Apêndice D – Sortimentos por classe de diâmetro para árvores individuais.

SORTIMENTOS PARA ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Eucalyptus saligna*

DAP cm	h m	h _e	h/d	V _s	V _t	SORTIMENTOS															
						S1			S2			S3			S4			S5			
n	m ³	% 8cm	n	m ³	% 8cm	n	m ³	% 8cm	n	m ³	% 8cm	n	m ³	% 8cm	n	m ³	% 8cm	n	m ³	% 8cm	
10	15,3	4,4	1,5	0,0297	0,0542	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,0212	71,44	39,09
10	16,2	4,6	1,6	0,0314	0,0574	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,0215	68,39	37,42
10	18	5,1	1,8	0,0349	0,0638	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,0220	63,07	34,51
10	19,8	5,7	2,0	0,0384	0,0702	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	0,0381	99,30	54,33
10	20,7	5,9	2,1	0,0401	0,0734	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	0,0386	96,05	52,56
11	12,8	4,9	1,2	0,0372	0,0547	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,0246	66,07	44,90
11	13,5	5,2	1,2	0,0394	0,0579	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,0249	63,26	43,00
11	15	5,8	1,4	0,0437	0,0643	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	0,0428	97,90	66,53
11	16,5	6,4	1,5	0,0481	0,0708	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	0,0440	91,45	62,15
11	17,3	6,6	1,6	0,0503	0,0740	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	0,0445	88,54	60,17
12	13,6	6,4	1,1	0,0536	0,0694	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	0,0494	92,13	71,18
12	14,4	6,7	1,2	0,0568	0,0735	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	0,0503	88,61	68,46
12	16	7,5	1,3	0,0631	0,0817	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	0,0519	82,26	63,55
12	17,6	8,2	1,5	0,0694	0,0898	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	0,0533	76,75	59,29
12	18,4	8,6	1,5	0,0726	0,0939	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	3	0,0715	98,53	76,11
13	13,6	7,3	1,0	0,0680	0,0815	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	0,0580	85,29	71,18
13	14,4	7,7	1,1	0,0720	0,0863	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	0,0591	82,03	68,46
13	16	8,6	1,2	0,0800	0,0959	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	3	0,0792	99,02	82,64
13	17,6	9,4	1,4	0,0880	0,1054	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	3	0,0825	93,73	78,22
13	18,4	10,2	1,4	0,0989	0,1163	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	3	0,0885	89,45	76,11
14	14,5	8,2	1,1	0,0807	0,0940	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	0,0642	79,50	68,29
14	15,3	8,8	1,1	0,0887	0,1023	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	3	0,0865	97,67	84,63
14	17	9,9	1,2	0,1021	0,1169	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	3	0,0934	91,43	79,85
14	18,7	11,1	1,3	0,1163	0,1322	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	3	0,0995	85,64	75,34
14	19,6	11,8	1,4	0,1258	0,1420	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	4	0,1228	97,60	86,46
15	14,5	8,8	1,0	0,0951	0,1078	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	3	0,0939	97,68	87,07
15	15,3	9,5	1,0	0,1051	0,1172	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	3	0,0992	94,40	84,63
15	17	10,7	1,1	0,1205	0,1337	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	3	0,1063	88,60	79,85
15	18,7	11,9	1,2	0,1367	0,1509	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	4	0,1332	97,47	88,29
15	19,6	12,6	1,3	0,1473	0,1618	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	4	0,1399	95,01	86,46

Continua...

Continuação

Sortimentos por classe de diâmetro para árvores individuais.

SORTIMENTOS PARA ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Eucalyptus saligna*

DAP cm	h m	h _s	h/d	V _s	V _t	S1						S2						S3						S4						S5					
						n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t						
16	16,2	10,6	1,0	0,1289	0,1405	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	3	0,1155	89,60	82,21										
16	17,1	11,3	1,1	0,1404	0,1525	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,1398	99,56	91,70										
16	19	12,7	1,2	0,1604	0,1736	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,1521	94,82	87,64										
16	20,9	14,1	1,3	0,1813	0,1955	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,1809	99,75	92,50										
16	21,9	14,9	1,3	0,1947	0,2093	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,1903	97,72	90,90										
17	17	11,7	1,0	0,1555	0,1667	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,1532	98,52	91,91										
17	18	12,4	1,1	0,1690	0,1806	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,1622	95,99	89,79										
17	20	13,9	1,2	0,1926	0,2053	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,1755	91,15	85,49										
17	22	15,4	1,3	0,2172	0,2310	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,2094	96,42	90,65										
17	23	16,2	1,3	0,2327	0,2470	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,2195	94,39	88,93										
18	19,6	13,9	1,1	0,2026	0,2146	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,1855	91,56	86,46										
18	20,7	14,8	1,2	0,2197	0,2322	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,2156	98,10	92,83										
18	23	16,5	1,3	0,2500	0,2637	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,2345	93,81	88,93										
18	25,3	18,3	1,4	0,2814	0,2963	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	6	0,2731	97,07	92,19										
18	26,5	19,2	1,4	0,3010	0,3164	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	6	0,2865	95,20	90,58										
19	21,3	15,5	1,1	0,2473	0,2595	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,2385	96,45	91,91										
19	22,5	16,5	1,2	0,2678	0,2805	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,2519	94,07	89,79										
19	25	18,5	1,3	0,3041	0,3182	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	6	0,2945	96,88	92,61										
19	27,5	20,4	1,4	0,3419	0,3571	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	7	0,3375	98,76	94,54										
19	28,8	21,4	1,5	0,3652	0,3809	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	7	0,3547	97,12	93,10										
20	21,3	15,9	1,1	0,2757	0,2872	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,2640	95,76	91,91										
20	22,5	16,9	1,1	0,2981	0,3102	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	6	0,2975	99,81	95,92										
20	25	18,9	1,3	0,3381	0,3514	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	6	0,3254	96,25	92,61										
20	27,5	20,8	1,4	0,3796	0,3941	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	7	0,3725	98,15	94,54										
20	28,8	21,9	1,4	0,4049	0,4199	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	7	0,3909	96,55	93,10										
21	22,1	16,9	1,1	0,3239	0,3352	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	6	0,3232	99,78	96,42										
21	23,4	18,0	1,1	0,3497	0,3616	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	6	0,3426	97,98	94,77										
21	26	20,1	1,2	0,3961	0,4092	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,4059	25,88	72,62										
21	28,6	22,1	1,3	0,4441	0,4584	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,4099	24,75	23,98										
21	29,9	23,2	1,4	0,4732	0,4880	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,4129	23,86	23,14										

Continua...

Continuação

Sortimentos por classe de diâmetro para árvores individuais.

SORTIMENTOS PARA ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Eucalyptus saligna*

DAP cm	h m	h _s	h/d	V _s	V _t	S1						S2						S3						S4						S5																									
						n		m ³	% 8cm	% t	n	n		m ³	% 8cm	% t	n	n		m ³	% 8cm	% t	n	n		m ³	% 8cm	% t	n	n		m ³	% 8cm	% t																					
						n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t																						
22	22,1	17,2	1,0	0,3564	0,3672	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,1081	30,32	29,43	5	0,2460	69,02	66,99	22	23,4	18,3	1,1	0,3844	0,3957	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,1113	28,97	28,14	5	0,2637	68,60	66,63				
22	26	20,4	1,2	0,4350	0,4475	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,1158	26,63	25,88	6	0,3146	72,33	70,31	22	28,6	22,5	1,3	0,4873	0,5009	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,1201	24,65	23,98	7	0,3667	75,26	73,21				
22	29,9	23,6	1,3	0,5187	0,5328	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,1233	23,77	23,14	7	0,3883	74,87	72,88	23	22,1	17,5	1,0	0,3903	0,4006	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,1179	30,21	29,43	5	0,2684	68,77	66,99				
23	23,4	18,5	1,0	0,4206	0,4315	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,1214	28,86	28,14	5	0,2875	68,36	66,63	23	26	20,7	1,1	0,4756	0,4876	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,1262	26,54	25,88	6	0,3428	72,08	70,31				
23	28,6	22,8	1,2	0,5332	0,5454	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	0,2244	42,17	41,16	6	0,3055	57,41	56,03	23	29,9	23,9	1,3	0,5661	0,5797	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	0,2306	40,74	39,79	6	0,3260	57,58	56,23
24	23	18,4	1,0	0,4420	0,4523	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,1292	29,24	28,57	5	0,3021	68,34	66,78	24	24,3	19,5	1,0	0,4759	0,4868	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	0,2267	47,63	46,57	4	0,2283	48,07	46,99				
24	27	21,7	1,1	0,5377	0,5497	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	0,2364	43,95	43,00	5	0,2864	53,26	52,11	24	29,7	24,0	1,2	0,6014	0,6144	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	0,2457	40,86	39,99	6	0,3454	57,43	56,21
24	31,1	25,1	1,3	0,6391	0,6527	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	0,2523	39,47	38,66	6	0,3672	57,45	56,26	25	24,7	20,0	1,0	0,5157	0,5264	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	0,2425	47,02	46,07	5	0,2710	52,54	51,48				
25	26,1	21,2	1,1	0,5550	0,5662	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	0,2498	45,01	44,12	5	0,2942	53,01	51,97	25	29	23,6	1,2	0,6266	0,6389	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	0,2602	41,52	40,72	6	0,3585	57,22	56,12
25	31,9	26,0	1,3	0,7003	0,7137	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	3	0,3576	52,49	51,50	6	0,3276	46,78	45,90	25	33,4	27,3	1,3	0,7437	0,7577	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	3	0,3774	50,74	49,81	6	0,3519	47,32	46,45				
26	24,7	20,2	1,0	0,5584	0,5686	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	0,2620	46,91	46,07	5	0,2927	52,42	51,48	26	26,1	21,4	1,0	0,6005	0,6112	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	0,2696	44,91	44,12	5	0,3176	52,89	51,97
26	29	23,8	1,1	0,6775	0,6893	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	3	0,3813	56,27	55,31	5	0,2863	42,25	41,53	26	31,9	26,3	1,2	0,7567	0,7696	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	3	0,3964	52,38	51,50	6	0,3532	46,68	45,90				
26	33,4	27,5	1,3	0,8032	0,8165	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,5036	62,71	61,68	5	0,2823	35,15	34,57	27	25,5	21,1	1,0	0,6328	0,6428	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	3	0,3910	61,78	60,82	4	0,2307	36,46	35,89				
27	27	24,4	1,0	0,6805	0,6905	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	3	0,4027	59,22	58,32	5	0,2772	40,77	40,15	27	30	24,9	1,1	0,7667	0,7783	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	3	0,4197	54,74	53,93	5	0,3269	42,63	42,00
27	33	27,5	1,2	0,8557	0,8884	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,5397	63,07	62,15	5	0,2985	34,89	34,39	27	34,5	28,8	1,3	0,9077	0,9208	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,5541	61,04	60,17	6	0,3484	38,39	37,84

Continua...

Continuação

Sortimentos por classe de diâmetro para árvores individuais.

SORTIMENTOS PARA ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Eucalyptus saligna*

DAP cm	h m	h _s	h/d	V _s	V _t	S1						S2						S3						S4						S5					
						n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t						
28	26,4	22,0	1,0	0,7033	0,7132	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	3	0,4235	60,21	59,38	4	0,2599	36,95	36,44										
28	27,9	23,4	1,0	0,7553	0,7657	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	3	0,4359	57,71	56,92	5	0,3128	41,42	40,85										
28	31	26,0	1,1	0,8512	0,8626	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,5608	65,88	65,01	5	0,2850	33,48	33,04										
28	34,1	28,6	1,2	0,9495	0,9620	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,5838	61,49	60,69	6	0,3614	38,07	37,57										
28	35,7	30,0	1,3	1,0066	1,0196	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,7027	69,80	68,92	5	0,2889	28,70	28,34										
29	27,2	22,9	1,0	0,7787	0,7885	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,5612	72,07	71,18	4	0,2140	27,48	27,14										
29	28,8	24,3	1,0	0,8359	0,8462	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,5793	69,30	68,46	4	0,2417	28,91	28,56										
29	32	27,1	1,1	0,9416	0,9529	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,6055	64,31	63,55	5	0,3218	34,18	33,77										
29	35,2	29,8	1,2	1,0499	1,0622	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,7384	70,34	69,52	5	0,2978	28,37	28,04										
29	36,8	31,2	1,3	1,1252	1,1252	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,7586	68,19	67,42	6	0,3512	31,57	31,21										
30	27,2	23,1	0,9	0,8333	0,8426	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,5597	71,97	71,18	4	0,2287	27,45	27,14										
30	28,8	24,5	1,0	0,8941	0,9039	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,6188	69,20	68,46	4	0,2581	28,87	28,56										
30	32	27,3	1,1	1,0067	1,0174	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,7537	74,87	74,08	4	0,2365	23,49	23,24										
30	35,2	30,0	1,2	1,1219	1,1336	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,7881	70,24	69,52	5	0,3173	28,33	28,04										
30	36,8	31,4	1,2	1,1883	1,2003	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	6	0,9136	76,89	76,11	5	0,2703	22,75	22,52										
31	28,1	24,0	0,9	0,9175	0,9266	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	4	0,6459	70,40	69,71	4	0,2589	28,22	27,94										
31	29,7	25,5	1,0	0,9840	0,9935	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,7714	78,39	77,64	4	0,2110	21,44	21,24										
31	33	28,3	1,1	1,1074	1,1179	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,8116	73,29	72,61	5	0,2937	26,52	26,27										
31	36,3	31,2	1,2	1,2337	1,2450	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	6	0,9558	77,47	76,77	5	0,2753	22,31	22,11										
31	38	32,7	1,2	1,3061	1,3178	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	6	0,9837	75,31	74,64	5	0,3080	23,58	23,37										
32	29,8	25,7	0,9	1,0498	1,0587	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,8211	78,22	77,56	4	0,2254	21,47	21,29										
32	31,5	27,2	1,0	1,1253	1,1347	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,8491	75,46	74,83	4	0,2594	23,05	22,86										
32	35	30,3	1,1	1,2658	1,2761	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	6	1,0016	79,13	78,49	4	0,2450	19,36	19,20										
32	38,5	33,4	1,2	1,4095	1,4206	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	7	1,1540	81,88	81,23	4	0,2338	16,59	16,46										
32	40,3	34,9	1,2	1,4915	1,5030	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	7	1,1899	79,78	79,17	5	0,2918	19,57	19,42										
33	30,6	26,6	0,9	1,1476	1,1563	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	5	0,8813	76,79	76,22	4	0,2555	22,27	22,10										
33	32,4	28,2	1,0	1,2288	1,2388	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	6	1,0168	82,68	82,07	4	0,2118	17,22	17,10										
33	36	31,4	1,1	1,3828	1,3927	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	7	1,1735	84,86	84,26	4	0,2055	14,86	14,76										
33	39,6	34,5	1,2	1,5392	1,5499	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,4969	32,28	32,06	5	0,7420	48,21	47,87	5	0,2937	19,08	18,95										
33	41,4	36,2	1,2	1,6282	1,6393	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5077	31,18	30,97	6	0,8590	53,37	53,01	4	0,2300	14,13	14,03										

Continua...

Continuação

Sortimentos por classe de diâmetro para árvores individuais.

SORTIMENTOS PARA ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Eucalyptus saligna*

DAP cm	h m	h _s	h/d	V _s	V _t	S1						S2						S3						S4						S5					
						n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t						
34	31,5	27,5	0,9	1,2514	1,2597	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	6	1,0508	83,97	83,41	3	0,1803	14,41	14,31										
34	33,3	29,2	1,0	1,3405	1,3492	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,4944	36,88	36,64	4	0,5960	44,46	44,18	4	0,2415	18,02	17,90										
34	37	32,4	1,1	1,5057	1,5162	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5123	34,00	33,79	5	0,7468	49,56	49,25	4	0,2349	15,59	15,49										
34	40,7	35,7	1,2	1,6766	1,6869	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5294	31,58	31,38	6	0,8999	53,68	53,35	4	0,2300	13,72	13,64										
34	42,6	37,4	1,2	1,7729	1,7835	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5407	30,50	30,32	6	0,9553	52,76	52,44	5	0,2899	16,35	16,25										
35	32,3	28,4	0,9	1,3612	1,3691	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5135	37,73	37,51	4	0,6121	44,97	44,71	4	0,2328	17,10	17,00										
35	34,2	30,1	1,0	1,4576	1,4659	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5252	36,10	35,90	5	0,8026	50,86	50,57	3	0,1719	11,79	11,73										
35	38	33,5	1,1	1,6378	1,6469	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5451	33,28	33,10	5	0,8026	49,00	48,73	4	0,2660	16,24	16,15										
35	41,8	36,9	1,2	1,8218	1,8316	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5830	30,91	30,74	6	0,9674	53,10	52,82	5	0,2880	15,81	15,72										
35	43,7	38,6	1,2	1,9259	1,9359	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5748	29,85	29,69	7	1,1043	57,34	57,04	4	0,2287	11,87	11,81										
36	32,3	28,6	0,9	1,4392	1,4466	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5426	37,70	37,51	4	0,6467	44,93	44,71	4	0,2459	17,09	17,00										
36	34,2	30,3	1,0	1,5407	1,5483	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5558	36,08	35,90	5	0,7830	50,82	50,57	3	0,1816	11,79	11,73										
36	38	33,7	1,1	1,7307	1,7390	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5756	33,26	33,10	6	0,9485	54,80	54,54	4	0,2058	11,89	11,83										
36	41,8	37,1	1,2	1,9245	1,9335	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5944	30,88	30,74	7	1,1178	58,08	57,81	4	0,2074	10,78	10,73										
36	43,7	38,9	1,2	2,0338	2,0431	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,6066	29,83	29,69	7	1,1654	57,30	57,04	4	0,2413	11,87	11,81										
37	33,2	29,5	0,9	1,5594	1,5663	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5759	36,93	36,77	5	0,7988	51,22	51,00	3	0,1728	11,08	11,03										
37	35,1	31,3	1,0	1,6689	1,6761	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5898	35,34	35,19	5	0,8409	50,39	50,17	4	0,2350	14,08	14,02										
37	39	34,8	1,1	1,8741	1,8819	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,6105	32,58	32,44	6	1,0185	54,35	54,12	4	0,2364	12,61	12,56										
37	42,9	38,3	1,2	2,0834	2,0918	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,0704	51,38	51,17	5	0,7600	36,48	36,33	4	0,2380	11,42	11,38										
37	44,9	40,1	1,2	2,2011	2,2097	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,0935	49,68	49,48	6	0,8935	40,60	40,44	4	0,2079	9,45	9,41										
38	33,2	29,7	0,9	1,6611	1,6673	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,6130	36,90	36,77	5	0,8503	51,19	51,00	3	0,1840	11,07	11,03										
38	35,1	31,5	0,9	1,7771	1,7835	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,6276	35,32	35,19	5	0,8948	50,35	50,17	4	0,2500	14,07	14,02										
38	39	35,0	1,0	1,9949	2,0019	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1002	55,15	54,96	4	0,6327	31,72	31,61	4	0,2514	12,60	12,56										
38	42,9	38,6	1,1	2,2170	2,2245	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1382	51,34	51,17	5	0,8081	36,45	36,33	4	0,2531	11,42	11,38										
38	44,9	40,4	1,2	2,3414	2,3491	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1625	49,65	49,48	6	0,9499	40,57	40,44	4	0,2210	9,44	9,41										
39	34	30,7	0,9	1,7930	1,7988	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	1	1,0687	36,18	36,05	5	0,9112	50,82	50,66	3	0,2087	11,64	11,60										
39	36	32,5	0,9	1,9177	1,9236	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1219	58,50	58,32	4	0,6054	31,57	31,47	3	0,1774	9,25	9,22										
39	40	36,1	1,0	2,1522	2,1587	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1641	54,09	53,93	5	0,7845	36,45	36,34	3	0,1820	8,46	8,43										
39	44	39,8	1,1	2,3911	2,3981	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2039	50,20	50,17	6	0,9699	40,56	40,44	4	0,2138	8,94	8,92										
39	46	41,6	1,2	2,5247	2,5318	0	0,0000	0,00	0,00	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2292	48,69	48,55	6	1,0225	40,50	40,39	4	0,2536	10,04	10,02										

Continua...

Continuação

Sortimentos por classe de diâmetro para árvores individuais.

SORTIMENTOS PARA ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Eucalyptus saligna*

DAP cm	h m	h _s	h/d	V _s	V _t	S1						S2						S3						S4						S5					
						n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t						
40	34	30,8	0,9	1,8846	1,8897	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	1,1493	60,98	60,82	4	0,5876	31,18	31,09	3	0,1475	7,83	7,81						
40	36	32,7	0,9	2,0151	2,0205	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	1,1783	58,47	58,32	4	0,6559	31,56	31,47	3	0,1863	9,25	9,22						
40	40	36,3	1,0	2,2610	2,2668	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	1,2224	54,06	53,93	5	0,8238	36,43	36,34	3	0,1911	8,45	8,43						
40	44	40,0	1,1	2,5114	2,5176	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,4228	16,84	16,80	2	1,0699	42,60	42,50	5	0,7893	31,43	31,35	4	0,2245	8,94	8,92								
40	46	41,9	1,1	2,6510	2,6574	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,4297	16,21	16,17	2	1,0951	41,31	41,21	6	0,9328	35,19	35,10	3	0,1719	6,48	6,47								
41	34,9	31,7	0,9	2,0278	2,0325	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	2	1,2140	59,87	59,73	4	0,6359	31,36	31,29	3	0,1718	8,47	8,45						
41	36,9	33,7	0,9	2,1782	2,1726	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,4230	19,51	19,47	1	0,5795	26,73	26,67	5	0,9274	42,78	42,69	4	0,2376	10,96	10,94								
41	41	37,4	1,0	2,4317	2,4369	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,4345	17,87	17,83	2	1,0869	44,70	44,60	4	0,6553	26,95	26,89	4	0,2487	10,23	10,21								
41	45,1	41,2	1,1	2,7003	2,7060	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,4450	16,48	16,45	2	1,1305	41,87	41,78	5	0,8519	31,48	4	0,2583	9,57	9,55									
41	47,2	43,1	1,1	2,8458	2,8556	0	0,0000	0,00	1	0,4522	15,87	15,83	2	1,1566	40,59	40,50	6	1,0071	35,34	35,27	4	0,2271	7,97	7,95											
42	35,7	32,7	0,9	2,1781	2,1824	0	0,0000	0,00	1	0,4367	20,05	20,01	1	0,5958	27,35	27,30	5	0,9341	42,89	42,80	3	0,1971	9,05	9,03											
42	37,8	34,6	0,9	2,3279	2,3323	0	0,0000	0,00	1	0,4451	19,12	19,08	2	1,0980	47,17	47,08	4	0,6103	26,22	26,17	3	0,1681	7,22	7,21											
42	42	38,5	1,0	2,6107	2,6154	0	0,0000	0,00	1	0,4569	17,50	17,47	2	1,1475	43,96	43,88	5	0,8104	31,04	30,98	3	0,1800	6,89	6,88											
42	46,2	42,4	1,1	2,8984	2,9035	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,4678	16,14	16,11	2	1,1929	41,16	41,08	6	1,0201	35,20	35,13	4	0,2155	7,43	7,42								
42	48,3	44,4	1,1	3,0582	3,0634	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,4751	15,54	15,51	3	1,6839	55,06	54,97	4	0,6202	20,28	20,24	4	0,2615	8,55	8,54								
43	35,7	32,9	0,8	2,3021	2,3058	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,4614	20,04	20,01	2	1,1262	48,92	48,84	3	0,4902	21,29	21,26	3	0,2082	9,05	9,03								
43	37,8	34,8	0,9	2,4558	2,4635	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,4701	19,11	19,08	2	1,1598	47,15	47,08	4	0,6447	26,21	26,17	3	0,1775	7,22	7,21								
43	42	38,8	1,0	2,7579	2,7619	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,4825	17,49	17,47	2	1,2118	43,94	43,88	5	0,8558	31,03	30,98	3	0,1901	6,89	6,88								
43	46,2	42,7	1,1	3,0611	3,0654	1	0,8713	28,46	28,42	0	0,0000	0,00	2	1,1307	36,94	36,89	5	0,8283	27,06	27,02	4	0,2275	7,43	7,42											
43	48,3	44,6	1,1	3,2291	3,2334	1	0,8874	27,48	27,44	0	0,0000	0,00	2	1,1582	35,87	35,82	6	0,9863	30,54	30,50	3	0,1775	5,50	5,49											
44	37,4	34,6	0,9	2,5227	2,5260	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	1	0,4863	19,28	19,25	2	1,1975	47,47	47,41	4	0,6578	26,07	26,04	3	0,1755	6,96	6,95								
44	39,6	36,7	0,9	2,6549	2,6583	1	0,8651	32,10	32,06	0	0,0000	0,00	2	1,0940	40,60	40,55	4	0,5852	21,71	21,69	3	0,1495	5,55	5,54											
44	44	40,8	1,0	3,0209	3,0245	1	0,8932	29,57	29,53	0	0,0000	0,00	2	1,1510	38,10	38,06	5	0,7979	26,41	26,38	3	0,1691	5,60	5,59											
44	48,4	44,9	1,1	3,3524	3,3562	1	0,9196	27,43	27,40	0	0,0000	0,00	2	1,2006	35,81	35,77	6	1,0247	30,53	4	0,2071	6,18	6,17												
44	50,6	47,0	1,1	3,5356	3,5395	1	0,9362	26,48	26,45	0	0,0000	0,00	3	1,7058	48,25	48,19	4	0,6211	17,57	17,55	4	0,2584	7,31	7,30											
45	37,4	34,8	0,8	2,6361	2,6389	1	0,8843	33,55	33,51	0	0,0000	0,00	2	1,1039	41,88	41,83	3	0,4580	17,38	17,36	3	0,1834	6,96	6,95											
45	39,6	36,8	0,9	2,8155	2,8184	1	0,9036	32,09	32,06	0	0,0000	0,00	2	1,1427	40,59	40,55	4	0,6112	21,71	21,69	3	0,1561	5,55	5,54											
45	44	41,0	1,0	3,1555	3,1585	1	0,9328	29,56	29,53	0	0,0000	0,00	2	1,2020	38,09	38,06	5	0,8333	26,41	26,38	3	0,1765	5,60	5,59											
45	48,4	45,1	1,1	3,5010	3,5043	1	0,9602	27,43	27,40	1	0,3552	10,15	10,14	2	1,1509	32,87	32,84	5	0,8172	23,34	23,32	4	0,2163	6,18	6,17										
45	50,6	47,2	1,1	3,6949	3,6974	1	0,9774	26,48	26,45	1	0,3631	9,84	9,83	2	1,1820	32,02	31,99	6	0,9813	26,58	26,56	3	0,1723	4,67	4,66										

Continua...

Continuação

Sortimentos por classe de diâmetro para árvores individuais.

SORTIMENTOS PARA ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Eucalyptus saligna*

DAP cm	h m	h _s	h/d	V _s	V _t	S1						S2						S3						S4						S5					
						n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t						
46	38,3	35,7	0,8	2,8145	2,8169	1	0,9277	32,96	32,93	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1643	41,37	41,33	3	0,4971	17,66	17,65	3	0,2108	7,49	7,48										
46	40,5	37,8	0,9	3,0054	3,0079	1	0,9476	31,53	31,51	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2039	40,06	40,02	4	0,6628	22,05	22,04	3	0,1831	6,09	6,09										
46	45	42,1	1,0	3,3677	3,3704	1	0,9780	29,04	29,02	1	0,3595	10,68	10,67	2	1,1521	34,21	34,18	4	0,6527	19,38	19,37	4	0,2252	6,69	6,68										
46	49,5	46,3	1,1	3,7338	3,7386	1	1,0063	26,94	26,92	1	0,3731	9,99	9,98	2	1,2118	32,44	32,41	5	0,8838	23,66	23,64	4	0,2529	6,77	6,76										
46	51,8	48,5	1,1	3,9385	3,9413	1	1,0241	26,00	25,98	1	0,3814	9,68	9,68	3	1,7149	43,54	43,51	4	0,5695	14,97	14,96	4	0,2251	5,71	5,71										
47	39,1	36,7	0,8	3,0006	3,0027	1	0,9722	32,40	32,38	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2262	40,84	40,84	4	0,6448	21,49	21,47	3	0,1565	5,22	5,21										
47	41,4	38,9	0,9	3,2037	3,2057	1	0,9929	30,99	30,97	1	0,3627	11,32	11,31	2	1,1399	35,58	35,56	3	0,4804	15,00	14,99	3	0,2109	6,58	6,58										
47	46	43,2	1,0	3,5892	3,5914	1	1,0243	28,54	28,52	1	0,3772	10,51	10,50	2	1,2135	33,81	33,79	5	0,8072	22,49	22,47	3	0,1615	4,50	4,50										
47	50,6	47,6	1,1	3,9808	3,9831	2	1,7992	45,20	45,17	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1739	29,49	29,47	5	0,8039	20,20	20,18	3	0,1858	4,67	4,66										
47	52,9	49,8	1,1	4,1960	4,1983	2	1,8336	43,70	43,67	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2108	28,86	28,84	5	0,8772	20,91	20,89	4	0,2626	6,26	6,25										
48	39,1	36,8	0,8	3,1268	3,1285	1	1,0129	32,39	32,38	1	0,3686	11,79	11,78	2	1,1375	36,38	36,36	3	0,4433	14,18	14,17	3	0,1631	5,22	5,21										
48	41,4	39,0	0,9	3,3378	3,3395	1	1,0343	30,99	30,97	1	0,3778	11,32	11,31	2	1,1874	35,58	35,56	3	0,5004	14,99	14,99	3	0,2197	6,58	6,58										
48	46	43,4	1,0	3,7388	3,7406	1	1,0668	28,53	28,52	1	0,3929	10,51	10,50	2	1,2639	33,81	33,79	5	0,8407	22,49	22,47	3	0,1682	4,50	4,50										
48	50,6	47,8	1,1	4,1460	4,1479	2	1,8737	45,19	45,17	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2225	29,49	29,47	5	0,8372	20,19	20,18	4	0,2121	5,12	5,11										
48	52,9	50,0	1,1	4,3694	4,3713	2	1,9091	43,69	43,67	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2607	28,85	28,84	6	1,0138	23,20	23,19	3	0,1729	3,96	3,96										
49	40	37,8	0,8	3,3529	3,3542	1	1,0680	31,85	31,84	1	0,3892	11,61	11,60	2	1,2100	36,09	36,07	3	0,4861	14,50	14,49	3	0,1932	5,76	5,76										
49	42,3	40,1	0,9	3,5784	3,5797	1	1,0903	30,47	30,46	1	0,3989	11,15	11,14	2	1,2609	35,24	35,22	4	0,6576	18,38	18,37	3	0,1677	4,69	4,69										
49	47	44,6	1,0	4,0075	4,0090	2	1,9149	47,78	47,77	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2184	30,40	30,39	4	0,6606	16,48	16,48	3	0,1988	4,96	4,96										
49	51,7	49,1	1,0	4,4431	4,4446	2	1,9752	44,46	44,44	0	0,0000	0,00	0,00	3	1,7594	39,60	39,59	3	0,4502	10,13	10,13	4	0,2527	5,69	5,69										
49	54,1	51,3	1,1	4,6816	4,6831	2	2,0122	42,98	42,97	1	0,3699	7,90	7,90	2	1,2294	26,26	26,25	5	0,8410	17,96	17,96	4	0,2264	4,84	4,83										
50	40	38,0	0,8	3,4875	3,4885	1	1,1108	31,85	31,84	1	0,4048	11,61	11,60	2	1,2585	36,09	36,07	3	0,5055	14,50	14,49	3	0,2009	5,76	5,76										
50	42,3	40,2	0,8	3,7214	3,7225	2	1,9250	51,73	51,71	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1656	31,32	31,31	3	0,4530	12,17	12,17	3	0,1744	4,69	4,69										
50	47	44,7	0,9	4,1671	4,1682	2	1,9910	47,78	47,77	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2668	30,40	30,39	4	0,6869	16,48	16,48	3	0,2067	4,96	4,96										
50	51,7	49,2	1,0	4,6193	4,6205	2	1,9534	44,45	44,44	1	0,3767	8,15	8,15	2	1,2301	26,63	26,62	4	0,6904	14,95	14,94	4	0,2627	5,69	5,69										
50	54,1	51,5	1,1	4,8665	4,8677	2	2,0915	42,98	42,97	1	0,3845	7,90	7,90	2	1,2778	26,26	26,25	5	0,8742	17,96	17,96	4	0,2353	4,83	4,83										
51	48	45,9	0,9	4,4218	4,4228	2	2,0792	47,02	47,01	1	0,3796	8,58	8,58	2	1,1960	27,05	27,04	4	0,6066	13,72	13,72	3	0,1575	3,56	3,56										
51	52,8	50,5	1,0	4,9009	4,9019	2	2,1439	43,75	43,74	1	0,3937	8,03	8,03	2	1,2969	26,46	26,46	5	0,8596	17,54	17,54	4	0,2067	4,22	4,22										
51	55,2	52,8	1,1	5,1625	5,1635	3	2,9628	57,39	57,38	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2231	23,69	23,69	5	0,7939	15,38	15,37	3	0,1727	3,34	3,34										

Continua...

Continuação

Sortimentos por classe de diâmetro para árvores individuais.

SORTIMENTOS PARA ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Eucalyptus saligna*

DAP cm	h m	h _s	h/d	V _s	V _t	S1						S2						S3						S4						S5					
						n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t	n	m ³	% 8cm	% t						
52	41,7	39,9	0,8	3,9246	3,9253	2	2,0537	52,33	52,32	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2325	31,40	31,40	3	0,4683	11,93	11,93	3	0,1685	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30						
52	44,1	42,3	0,9	4,1867	4,1874	2	2,0936	50,13	50,12	1	0,3801	9,08	9,08	2	1,1370	27,16	27,15	3	0,4242	10,13	10,13	3	0,1464	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50						
52	49	47,0	0,9	4,6866	4,6874	2	2,1695	46,29	46,28	1	0,3967	8,46	8,46	2	1,2634	26,96	26,95	4	0,6599	14,08	14,08	3	0,1883	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02						
52	53,9	51,7	1,0	5,1937	5,1945	3	3,0336	58,41	58,40	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2341	23,76	23,76	4	0,6754	13,00	13,00	4	0,2474	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76						
52	56,4	54,1	1,1	5,4701	5,4709	3	3,0916	56,52	56,51	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2913	23,60	5	0,8622	15,76	15,76	4	0,2232	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08							
53	42,1	40,5	0,8	4,1146	4,1152	2	2,1366	51,93	51,92	1	0,3846	9,35	9,35	1	0,6506	15,81	15,81	4	0,7521	18,28	18,28	3	0,1874	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55						
53	44,6	42,9	0,8	4,3887	4,3893	2	2,1830	49,74	49,74	1	0,3958	9,02	9,02	2	1,1923	27,17	27,16	3	0,4531	10,29	10,29	3	0,1644	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75						
53	49,5	47,7	0,9	4,9122	4,9128	3	3,0535	62,16	62,15	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1674	23,76	3	0,4701	9,57	9,57	4	0,2211	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50							
53	54,5	52,5	1,0	5,4436	5,4436	3	3,1553	57,97	57,96	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2918	23,73	5	0,8224	15,11	15,11	3	0,1571	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07							
53	56,9	54,9	1,1	5,7324	5,7324	3	3,2150	56,09	56,08	1	0,3852	6,72	6,72	2	1,2141	21,18	21,18	4	0,6649	11,60	11,60	4	0,2485	4,34	4,34	4,34	4,34	4,34	4,34						
54	42,5	41,0	0,8	4,3416	4,3420	2	2,2375	51,54	51,53	1	0,4033	9,29	9,29	2	1,1751	27,07	27,06	2	0,3313	7,17	7,17	3	0,2084	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80						
54	45	43,5	0,8	4,6301	4,6305	2	2,2836	49,37	49,36	1	0,4149	8,96	8,96	2	1,2579	27,17	27,17	3	0,4833	10,44	10,44	3	0,1848	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99						
54	50	48,4	0,9	5,1815	5,1820	3	3,1974	61,71	61,70	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2325	23,79	3	0,5028	9,70	9,70	4	0,2479	4,78	4,78	4,78	4,78	4,78	4,78							
54	55	53,2	1,0	5,7404	5,7409	3	3,3030	57,54	57,53	1	0,3927	6,84	6,84	2	1,2119	21,11	21,11	4	0,6346	11,05	11,05	4	0,1981	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45						
54	57,5	55,7	1,1	6,0441	6,0447	3	3,3649	55,67	55,67	1	0,4039	6,68	6,68	2	1,2807	21,19	21,19	5	0,8173	13,52	13,52	3	0,1700	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81						
55	42,9	41,6	0,8	4,5441	4,5441	2	2,3244	51,15	51,15	1	0,4195	9,23	9,23	2	1,2314	27,10	27,10	2	0,3306	7,28	7,28	3	0,2289	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04						
55	45,5	44,1	0,8	4,8454	4,8459	3	3,2017	66,08	66,07	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1309	23,34	2	0,3020	6,23	6,23	3	0,2047	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22	4,22							
55	50,5	49,0	0,9	5,4218	5,4223	3	3,3215	61,26	61,26	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2904	23,80	23,80	4	0,6457	11,91	11,91	3	0,1618	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98						
55	55,6	53,9	1,0	6,0059	6,0064	3	3,4304	57,12	57,11	1	0,4088	6,81	6,81	2	1,2696	21,14	21,14	4	0,6736	11,22	11,22	4	0,2229	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71	3,71						
55	58,1	56,4	1,0	6,3228	6,3234	4	4,3042	68,07	68,07	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1889	18,80	18,80	4	0,6283	9,94	9,94	4	0,2013	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18	3,18						
56	43,4	42,2	0,8	4,7526	4,7530	3	3,2459	68,30	68,29	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,6475	13,62	13,62	4	0,7135	15,01	15,01	3	0,1456	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06						
56	45,9	44,7	0,8	5,0672	5,0676	3	3,3249	65,62	65,61	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1863	23,41	2	0,3208	6,33	6,33	3	0,2255	4,45	4,45	4,45	4,45	4,45	4,45							
56	51	49,7	0,9	5,6692	5,6696	3	3,4482	60,82	60,82	1	0,4013	7,08	7,08	2	1,1750	20,73	3	0,4586	8,09	8,09	3	0,1816	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20							
56	56,1	54,7	1,0	6,2792	6,2797	4	4,3775	69,71	69,71	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1668	18,58	18,58	3	0,4841	7,71	7,71	4	0,2491	3,97	3,97	3,97	3,97	3,97	3,97						
56	58,7	57,2	1,0	6,6098	6,6103	4	4,4688	67,61	67,60	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2462	18,85	18,85	4	0,6670	10,09	10,09	4	0,2268	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43						
57	43,8	42,7	0,8	4,9672	4,9676	3	3,3696	67,84	67,83	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,6775	13,64	13,64	4	0,7553	15,21	15,21	3	0,1644	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31						
57	46,4	45,3	0,8	5,2933	5,2937	3	3,4506	65,16	65,16	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2432	23,48	3	0,4565	8,62	8,62	3	0,1448	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74							
57	51,5	50,3	0,9	5,9238	5,9242	3	3,5775	60,39	60,39	1	0,4177	7,05	7,05	2	1,2318	20,79	3	0,4871	8,22	8,22	3	0,2022	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41							
57	56,7	55,4	1,0	6,5604	6,5609	4	4,5431	69,25	69,24	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2236	18,65	18,65	4	0,6252	9,53	9,53	3	0,1649	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51						
57	59,2	58,0	1,0	6,9050	6,9055	4	4,6366	67,15	67,14	1	0,3869	5,60	5,60	2	1,1441	16,57	16,57	3	0,4832	6,97	6,97	4	0,2537	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67						

Continua...

Continuação

Sortimentos por classe de diâmetro para árvores individuais.

SORTIMENTOS PARA ÁRVORES INDIVIDUAIS DE *Eucalyptus saligna*

DAP cm	h m	h_8	h/d	V_8	V_t	SORTIMENTOS																			
						S1			S2			S3			S4			S5							
n	m ³	%8cm	n	m ³	%8cm	%t	n	m ³	%8cm	%t	n	m ³	%8cm	%t	n	m ³	%8cm	%t							
58	44,2	43,3	0,8	5,1880	5,1884	3	3,4957	67,38	67,38	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1985	23,10	2	0,3083	5,94	5,94	3	0,1843	3,55	3,55	
58	46,8	45,9	0,8	5,5300	5,5305	3	3,5789	64,72	64,71	1	0,4024	7,28	7,28	1	0,6516	11,78	11,78	4	0,7325	13,25	13,24	3	0,1641	2,97	2,97
58	52	51,0	0,9	6,1836	6,1861	4	4,5367	73,34	73,34	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1057	17,88	17,87	2	0,3080	4,98	4,98	4	0,2352	3,80	3,80
58	57,2	56,1	1,0	6,8496	6,8501	4	4,7119	68,79	68,79	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2818	18,71	18,71	4	0,6638	9,69	9,69	4	0,1921	2,80	2,80
58	59,8	58,7	1,0	7,2086	7,2091	4	4,8078	66,70	66,69	1	0,4032	5,59	5,59	2	1,2004	16,65	16,65	4	0,6230	8,64	8,64	3	0,1694	2,35	2,35
59	44,6	43,8	0,8	5,4150	5,4154	3	3,6243	66,93	66,93	1	0,3975	7,34	7,34	1	0,6270	11,58	11,58	3	0,5584	10,31	10,31	3	0,2051	3,79	3,79
59	47,3	46,4	0,8	5,7714	5,7718	3	3,7096	64,28	64,27	1	0,4189	7,26	7,26	2	1,1545	20,00	20,00	2	0,3024	5,24	5,24	3	0,1844	3,19	3,19
59	52,5	51,6	0,9	6,4549	6,4554	4	4,7046	72,88	72,88	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1607	17,98	17,98	3	0,4412	6,84	6,83	3	0,1479	2,29	2,29
59	57,8	56,8	1,0	7,1470	7,1475	4	4,8841	68,33	68,33	1	0,4018	5,62	5,62	2	1,1672	16,33	16,33	3	0,4752	6,66	6,66	4	0,2175	3,04	3,04
59	60,4	59,5	1,0	7,5207	7,5213	4	4,9824	66,25	66,24	1	0,4199	5,58	5,58	2	1,2582	16,73	16,73	4	0,6615	8,80	8,80	4	0,1987	2,64	2,64
60	45,1	44,4	0,8	5,6851	5,6855	3	3,7799	66,49	66,48	1	0,4168	7,33	7,33	1	0,6609	11,63	11,62	3	0,5944	10,45	10,45	3	0,2284	4,02	4,02
60	47,7	47,1	0,8	6,0585	6,0589	3	3,8678	63,84	63,84	1	0,4387	7,24	7,24	2	1,2184	20,11	20,11	2	0,3332	5,33	5,33	3	0,2070	3,42	3,42
60	53	52,3	0,9	6,7751	6,7756	4	4,9072	72,43	72,42	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2251	18,08	18,08	3	0,4721	6,97	6,97	3	0,1693	2,50	2,50
60	58,3	57,6	1,0	7,5006	7,5012	4	5,0922	67,89	67,89	1	0,4212	5,62	5,62	2	1,2320	16,42	16,42	3	0,5085	6,78	6,78	4	0,2461	3,28	3,28
60	61	60,3	1,0	7,8919	7,8925	5	6,0309	76,42	76,41	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1544	14,63	14,63	3	0,4796	6,08	6,08	4	0,2266	2,87	2,87
62	45,5	45,2	0,7	6,1964	6,1968	4	4,9392	79,71	79,71	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,5998	9,68	9,68	3	0,5156	8,32	8,32	3	0,1417	2,29	2,29
62	48,2	47,8	0,8	6,5609	6,5613	4	5,0530	77,02	77,01	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,6606	10,07	10,07	3	0,6027	9,19	9,19	4	0,2445	3,73	3,73
62	53,5	53,2	0,9	7,2899	7,2903	4	5,2472	71,98	71,97	1	0,4103	5,63	5,63	2	1,1248	15,43	15,43	2	0,3073	4,22	4,21	3	0,1969	2,70	2,70
62	58,9	58,5	0,9	8,0189	8,0194	5	6,2613	78,08	78,08	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,1406	14,22	14,22	3	0,4522	5,64	5,64	3	0,1630	2,03	2,03
62	61,5	61,1	1,0	8,3834	8,3839	5	6,3639	75,97	75,97	0	0,0000	0,00	0,00	2	1,2346	14,73	14,73	3	0,5188	6,19	6,19	4	0,2598	3,10	3,10
64	45,9	45,9	0,7	6,6647	6,6647	4	5,2832	79,27	79,27	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,6598	9,75	9,75	3	0,5644	8,47	8,47	3	0,1668	2,50	2,50
64	48,6	48,6	0,8	7,0567	7,0568	4	5,4034	76,57	76,57	1	0,3883	5,50	5,50	1	0,5541	8,42	8,42	3	0,5213	7,39	7,39	3	0,1492	2,11	2,11
64	54	54,0	0,8	7,8408	7,8409	5	6,4352	82,07	82,07	0	0,0000	0,00	0,00	1	0,6053	7,72	7,72	3	0,5662	7,22	7,22	4	0,2335	2,98	2,98
64	59,4	59,4	0,9	8,6249	8,6249	5	6,6962	77,64	77,64	1	0,3826	4,44	4,44	1	0,6146	7,13	7,13	4	0,7359	8,53	8,53	4	0,1950	2,26	2,26
64	62,1	62,1	1,0	9,0169	9,0170	5	6,8098	75,52	75,52	1	0,4062	4,50	4,50	2	1,1543	12,80	12,80	3	0,4676	5,19	5,19	4	0,1785	1,98	1,98

Sendo: DAP; Diâmetro a Altura do Peito em centímetros, h; altura média em metros, h_8 ; altura até o diâmetro de 8 cm na ponta fina, h/d; relação entre a altura e diâmetro, V_8 ; volume até o diâmetro de 8 cm na ponta fina, V_t ; volume total do indivíduo, S1, S2, S3, S4, S5; Sortimentos florestais, n; número de sortimentos de cada sortimento para o indivíduo, m³; metros cúbicos de cada sortimento para o indivíduo, %8cm; percentual do sortimento em relação ao volume até o diâmetro de 8 cm na ponta fina (percentual de V_8), %t; percentual do sortimento em relação ao volume total (percentual de V_t).

7 ANEXOS

ANEXO 1 – Rendimentos operacionais e Custos por hectare para implantação e condução de povoamentos de *Eucalyptus saligna* para IS 36, IS 42 e IS 48.

I. PREPARO DA ÁREA E PLANTIO				
I.1. Operações mecânicas	Rendim. h/ha	Custo R\$/h	Total R\$/ha	
1. Limpeza da área	1	90	90,00	
2. Construção e manutenção de estradas e aceiros	0,15	165	24,75	
3. Subsolagem com fosfatagem (trator de pneus)	2,16	142,35	307,48	
4. Gradagem leve na linha	1	49,2	49,2	
5. Distribuição de mudas e adubo (trator e carreta)	0,5	90,75	45,38	
6. Distribuição de calcário	1	90,75	90,75	
7. Pulverização com herbicida	1	90	90,00	
Subtotal			697,56	
I.2. Operações manuais	Rendim. h/ha	Custo R\$/h	Total R\$/ha	
1. Serviço de topografia	-	-	12,27	
2. Plantio (1111 mudas/ha - 119 mudas/h)	7,9	27,6	218,04	
3. Replantio (10 % da mudas)	0,8	27,6	22,08	
4. Adubação de arranque	3,75	27,6	103,50	
5. Controle de formiga (2 distrib. + 2 acomp.)	2,8	27,6	77,28	
Subtotal			433,17	
I.3 Materiais	un.	Quant. ha	Custo R\$/un.	Total R\$/ha
1. Fosfato de arade	kg	200	0,45	90,00
2. Adubo de arranque	kg	83	1,2	99,60
3. Mudas (plantio + replantio)	mil.	1222	0,48	586,56
4. Formicida	kg	8	7,05	56,40
5. Herbicida Glifosate	l.	0,8	30	24,00
6. Calcário	kg	1500	0,09	135,00
Subtotal				991,65
II. TRATOS CULTURAIS				
II.1 Operações manuais	Quant. h/ha	Custo R\$/h	Total R\$/ha	
1. Capina química total	8	27,6	220,80	
3. Roçada manual na linha (40% da área)	3,2	27,6	88,32	
Subtotal			309,12	
TOTAL DE IMPLANTAÇÃO				2.431,15
III. MANUTENÇÃO				

III.1 Operações	Ano	Total (R\$/ha)
1. Manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal, controle de formigas	1	79,97
Subtotal		79,97
2. Manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal	2	30,00
3. Desrama 1 ^a 100% até 4 m		378,00
Subtotal		408,00
4. Manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal	3	30,00
Subtotal		30,00
5. Manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal	4	30,00
6. Desrama 2 ^a 50% até 7 m		513,00
Subtotal		543
7. Manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal	5 e 6	30,00
Subtotal/ano		30,00
8. Manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal	7	30,00
9. Desbrota da cepa do desbaste		82,80
Subtotal		112,80
10. Manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal	8, 9, 10	30,00
Subtotal/ano		30,00
11. Manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal	11	30,00
12. Desbrota da cepa do desbaste		82,80
Subtotal		112,80
13. Manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal	12, 13, 14	30,00
Subtotal/ano		30,00
14. Manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal	15	30,00
15. Desbrota da cepa do desbaste		82,80
Subtotal		112,80
13. Manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal	16, 17, 18, 19	30,00
Subtotal/ano		30,00
IV. ADMINISTRAÇÃO	(R\$/ha/ano)	110,00
V. CUSTO DE ARRENDAMENTO PARA IS 42.	(R\$/ha/ano)	320

Fonte: Adaptado e atualizado de Schneider (2006). Data: 01/01/2012.