

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

**OTIMIZAÇÃO BIOECONÔMICA DO REGIME DE
MANEJO PARA *Eucalyptus grandis* W. Hill NO
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

TESE DE DOUTORADO

Gabriel Paes Marangon

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**OTIMIZAÇÃO BIOECONÔMICA DO REGIME DE MANEJO
PARA *Eucalyptus grandis* W. Hill NO ESTADO DO
RIO GRANDE DO SUL**

Gabriel Paes Marangon

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

2015

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

Marangon, Gabriel Paes
Otimização bioeconômica do regime de manejo para
Eucalyptus grandis W. Hill no estado do Rio Grande do
Sul. / Gabriel Paes Marangon.-2015.
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, 2015

1. Autodesbaste 2. Densidade 3. Produção 4. Sortimento
5. Bioeconomia I. Schneider, Paulo Renato II. Título.

© 2015

Todos os direitos autorais reservados a Gabriel Paes Marangon. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.
E-mail: gabrimarangon@yahoo.com.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

**OTIMIZAÇÃO BIOECONÔMICA DO REGIME DE MANEJO PARA
Eucalyptus grandis W. Hill NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por
Gabriel Paes Marangon

COMISSÃO EXAMINADORA:

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

Eduardo Pagel Floriano, Dr. (UNIPAMPA)

Ivanor Müller, Dr. (UFSM)

Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira, Dr. (UFRPE-PE)

Erni José Milani, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 5 de Março de 2015.

Dedico...

Dedico aos meus pais e familiares em geral
que me apoiaram para a concretização dessa grande conquista.

AGRADECIMENTOS

- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa, o que permitiu a realização do curso de Doutorado em Engenharia Florestal;
- à Universidade Federal de Santa Maria, sobretudo ao Departamento de Engenharia Florestal e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade concebida de ingresso no doutorado, incluindo todos os professores que contribuíram para minha titulação;
- ao Prof. Dr. Paulo Renato Schneider pela orientação, amizade e exemplo de sabedoria não somente pelas questões científicas, mas também pelo caráter inigualável;
- ao Professor e Pai, Luiz Carlos Marangon, pelo companheirismo, amizade, apoio, sabedoria e ensinamentos que nortearam meus caminhos até este momento;
- à minha Mãe Ana e irmãos André, Ana Luiza e Ana Beatriz, pelo carinho e amor familiar, além do apoio em todas minhas decisões;
- à Professora e madrastra, Ana Lícia Patriota Feliciano, pela contribuição durante toda graduação, mestrado e doutorado;
- aos também orientadores, Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger, Dr. Frederico Dimas Fleig e Dr. Jorge Antônio de Farias pelas contribuições científicas e companheirismo, meu agradecimento;
- aos professores Eduardo Pagel Floriano, Ivanor Müller, Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira, Erni José Milani, integrantes da banca examinadora, pelas contribuições na melhoria desse trabalho;
- aos amigos Emanuel Araújo Silva e David Fagner de Souza e Lira pelo companheirismo e amizade de todos os dias;
- ao amigo Emanuel Arnoni Costa, pela plena prontidão e contribuição na realização deste trabalho;
- aos amigos de laboratório, Régis Villanova Longhi, Rafael Cubas, Jean Pierre Cavalli, Flávio Laureano, Anna Zimmermann, Pierre Bellé, Junior Mendes, Lilian Pereira e Evandro Meyer pelos momentos compartilhados no laboratório e ao longo destes quatro anos, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

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

OTIMIZAÇÃO BIOECONÔMICA DO REGIME DE MANEJO PARA *Eucalyptus grandis* W. Hill NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Autor: Gabriel Paes Marangon

Orientador: Dr. Paulo Renato Schneider

Data e local da defesa: Santa Maria, 5 de março de 2015.

O objetivo do presente estudo é elaborar Diagramas de Manejo da Densidade para *Eucalyptus grandis* W. Hill, que servirão de modelos auxiliares para estabelecer a variação de densidade adequada, e a faixa de manejo, para condução de povoamentos juntamente com a avaliação econômica dos regimes de manejo empregados. Para área de estudo foram utilizados povoamentos em densidade completa em espaçamentos reduzidos, localizados nas mesorregiões Centro Oriental Rio-grandense e Metropolitana de Porto Alegre do Estado do Rio Grande do Sul. Dos modelos de densidade testados, o de Tang apresentou boa precisão, com coeficiente de determinação ajustado de 0,74 e coeficiente de variação de 3,17%, que serviu de modelo base para determinação dos índices de densidade do povoamento, zonas de concorrência, construção dos Diagramas de Manejo da Densidade e a dimensão do diâmetro médio no momento que inicia o autodesbaste para uma densidade de árvores implantadas por hectare. Comprovou-se que o valor do coeficiente angular calculado para o modelo de Tang, foi diferente do proposto por este autor, com valor de $-3/2$ da lei de autodesbaste. Observou-se que a dimensão de diâmetro médio no momento em que ocorre o início do autodesbaste, com a supressão de indivíduos da população, varia, consideravelmente com a densidade de árvores de plantio. Preferencialmente, deve-se conduzir a trajetória de desenvolvimento da densidade de árvores por hectare logo abaixo a linha de máxima densidade, onde ocorre a linha de iminente mortalidade. Tendo como referência o diâmetro padrão de 25 cm obtiveram-se 5 curvas de Índices de Densidade do Povoamento que descreveram curvas proporcionais entre si com tendências de decréscimo exponencial das frequências de indivíduos por hectare com o incremento diamétrico. Os diagramas de manejo da densidade com as variáveis diâmetro médio, área basal, volume por índice de densidade do povoamento permitiram boas estimativas volumétricas por hectare em relação aos volumes reais com eficiência de 0,95, indicando boa precisão. Das distribuições de probabilidade testadas, a função de Weibull 2 parâmetros descreveu com acurácia a frequência dos diâmetros no tempo, e a reestimativa dos seus parâmetros, permitiu as distribuições de frequência por classe diamétrica e por conseguinte desenvolvimento real do povoamento. A função de forma de tronco selecionada foi a de Hradetzky com coeficiente de determinação ajustado de 0,98 e coeficiente de variação de 8,43%, gerando por meio de sua integração os volume estimados de todo o fuste e de partes dele. O Valor Presente Líquido de R\$ 12.372,35 ha⁻¹ foi determinado para o regime de manejo com três desbastes, aos 52,8; 85,4 e 121,8 meses e corte raso aos 185,1 meses, superior aos demais regimes simulados. O Valor Anual Equivalente foi positivo e viável economicamente para todos os regimes testados, o mais atrativo foi o regime onde ocorreram dois desbastes aos 52,8; 85,4 meses e corte raso aos 121,8 meses com Valor Anual Equivalente de R\$1.550,78 ha⁻¹. A taxa interna de retorno foi atrativa em qualquer dos regimes de manejo simulados, variando de 6,48 % a.a. em povoamentos sem desbaste e corte raso aos 52,8 meses a 25,31 % a.a. em povoamentos manejados com desbastes aos 52,8; 85,4 meses e corte raso aos 121,8 meses. A maior razão benefício sobre os custos foi de 3,15, obtida no regime de manejo com dois desbastes, aos 52,8; 85,4 meses e corte final aos 121,8 corroborando com os critérios Valor Anual Equivalente e Taxa Interna de Retorno.

Palavras-chave: Autodesbaste. Densidade. Produção. Sortimento. Bioeconomia.

ABSTRACT

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

BIOECONOMICS OPTIMIZATION OF MANAGEMENT SYSTEM FOR *Eucalyptus grandis* W. Hill IN RIO GRANDE DO SUL STATE

Author: Gabriel Paes Marangon

Advisor: Dr. Paulo Renato Schneider

Date and place of defense: Santa Maria, March 05th, 2015.

The goal of this study is to develop Density Management Diagrams for *Eucalyptus grandis* W. Hill, which will serve as auxiliary models to establish the variation of appropriate density, and the management group, to conduct settlements with the economic evaluation of management employees schemes. To study area were used stands in full density in reduced spacing, located in Rio-grandense Eastern center and Porto Alegre metropolitan in Rio Grande do Sul states mesoregions. Of the density models tested, Tang showed good accuracy, with adjusted coefficient of determination of 0,74 and 3,17% coefficient of variation, which served as the base model for determining the population density rates, competition areas, construction of Management Density Diagrams and the size of the average diameter at the time that starts self-thinning for trees planted per hectare density. It was shown that the value of the slope calculated for the model of Tang, was different from that proposed by the author, worth $-3/2$ of self-thinning law. It was observed that the average diameter size at the time of the start self-thinning occurs with the removal of the population individuals varies considerably with the tree planting density. Preferably, you should lead the development trajectory of the density of trees per hectare below the line of maximum density, where the line of imminent mortality occurs. With reference to the standard diameter of 25 cm was obtained 5 Settlement density index curves describing curves between them proportional exponentially decreasing trends of frequency individuals per hectare with the diameter increment. Management density diagrams with the variables mean diameter, basal area, volume stand density index provided good volumetric estimates per hectare in relation to actual volumes with efficiency of 0,95, indicating good precision. The tested probability distributions, the Weibull function 2 parameters described accurately the frequency of diameters in time, and the re-estimation of its parameters, allowed frequency distributions by diameter class and therefore real development of the stand. The selected trunk shape function was to Hradetzky with determination coefficient of 0,98 and 8.43% coefficient of variation, generating through its integration the estimated volume of the whole stem and parts of it. The Net Present Value of R\$ 12.372,35 ha⁻¹ was determined for the management regime with three thinning, at 52,8; 85,4; 121,8 months and last cut at 185,1, higher than the other simulated systems. The Equivalent Annual Value was good and viable economically for all tested systems, the most attractive was the regime where there were two thinnings to 52,8; 85,4 months and last cut at 121,8 months with Equivalent Annual Value of R\$1.550,78 ha⁻¹. The internal rate of return was attractive in any of the simulated management regimes, ranging from 6,48% by year in stands without thinning and final cut at 52,8 months at 25,31% by year in stands managed with thinnings at 52,8; 85,4 months and last cut at 121,8 months. The biggest reason benefit on costs was 3.15, obtained in the management regime with two thinning, at 52,8; 85,4 months and last cut at 121,8 confirming the Equivalent Annual Value and Internal rate or return criteria.

Key words: Self-thinning. Density. Production. Assortment. Bioeconomics.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos testados para descrever a altura dominante em função da idade para povoamentos de <i>Eucalyptus grandis</i> , Rio Grande do Sul....	56
Tabela 2 - Equações ajustadas para descrever o volume médio das árvores.....	60
Tabela 3 - Funções de densidade probabilística ajustadas para estrutura diamétrica dos povoamentos estudados.	62
Tabela 4 - Primeira derivada da variável dependente transformada.	72
Tabela 5 - Custos por hectare para implantação e manutenção de povoamentos de <i>Eucalyptus grandis</i> no Rio Grande do Sul, para um espaçamento inicial de 3,0 x 2,0m.	76
Tabela 6 - Equações ajustadas para estimar altura dominante com seus respectivos parâmetros.	79
Tabela 7 - Escores estatísticos dos parâmetros das equações de altura dominante.....	80
Tabela 8 - Alturas dominantes por idade e seus respectivos índices de sítio, 32, 34, 36, 38, 40, 42 e 44 para <i>Eucalyptus grandis</i>	82
Tabela 9 - Resumo dos dados utilizados para estudo da densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio.	84
Tabela 10 - Estatísticas das equações de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio dos modelos com as respectivas estimativas e parâmetros.	85
Tabela 11 - Estatísticas de validação para seleção do modelo de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio.	86
Tabela 12 - Escores estatísticos dos parâmetros das equações de número de árvores por hectare em função do diâmetro médio.	87
Tabela 13 - Densidade de árvores por hectare por diâmetro médio por Índice de densidade do povoamento.	93
Tabela 14 - Equações de volume ajustadas e seus respectivos parâmetros estatísticos.....	95
Tabela 15 - Área basal (m^2ha^{-1}) por diâmetro médio e Índice de Densidade do povoamento.....	98
Tabela 16 - Volume (m^3ha^{-1}) por diâmetro médio e Índice de Densidade do Povoamento para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i> no estado do Rio Grande do Sul.	100
Tabela 17 - Prognose dos parâmetros número de árvores, área basal e volume por hectare em diferentes diâmetros para uma população de <i>Eucalyptus grandis</i> com IDP igual a 600.	104
Tabela 18 - Diferenças absolutas e relativas dos volumes por hectare reais e estimados no Diagrama de Manejo da Densidade (DMD) para a	

espécie <i>Eucalyptus grandis</i> em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul.....	105
Tabela 19 - Valores médio, mínimo, máximo e desvio padrão dos dados observados no tempo, em espaçamentos adensados para <i>Eucalyptus grandis</i>	109
Tabela 20 - Parâmetros das equações de distribuição de frequência para o conjunto total dos dados de <i>Eucalyptus grandis</i>	110
Tabela 21 - Testes estatísticos de aderência das funções de probabilidade de frequência ajustados por idade dos espaçamentos adensados do presente estudo para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	110
Tabela 22 - Parâmetros das equações de distribuição de frequência por idades, para os espaçamentos adensados da espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	112
Tabela 23 - Testes estatísticos de aderência das funções de probabilidade de frequência ajustados por idade dos espaçamentos adensados	113
Tabela 24 - Coeficientes das equações testadas para forma de tronco para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	119
Tabela 25 - Critérios estatísticos das equações testadas para forma de tronco para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	120
Tabela 26 - Ranqueamento para os critérios estatísticos das equações ajustadas para forma de tronco da espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	121
Tabela 27 - Sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	125
Tabela 28 - Volumes totais e por sortimentos em m^3ha^{-1} e diâmetro de povoamentos aos 4, 6 e 8 anos de idade para árvores individuais da espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	129
Tabela 29 - Volumes totais e por sortimentos em m^3ha^{-1} e diâmetro de povoamentos aos 8, 10 e 12 anos de idade para árvores individuais da espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	132
Tabela 30 - Volumes totais e por sortimentos em m^3ha^{-1} e diâmetro de povoamentos aos 11, 13 e 15 anos de idade para árvores individuais da espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	134
Tabela 31 - Regimes de manejo e suas densidades antes e depois dos desbastes e corte raso para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i> em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.....	143
Tabela 32 - Regimes de manejo sem desbaste e com um, dois, três desbastes e corte raso com suas respectivas produções para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i> em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.....	144
Tabela 33 - Taxa interna de retorno (TIR) para os diferentes regimes de manejo simulados para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i> em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.....	149

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Diagrama de manejo de densidade para *Picea glauca*, no norte dos Estados Unidos Lake States (A = linha de máxima densidade, B = início da mortalidade, C = início da máxima produtividade, D = densidade de fechamento das copas, B-C = faixa de densidade ótima para a espécie).....41
- Figura 2 - Mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.....55
- Figura 3 - Distribuição dos resíduos para o modelos de Schumacher (equação 1), Richards (equação 2), Bailey e Clutter (equação 3) e Chapman-Richards (equação 4).81
- Figura 4 - Classificação de sítio para *Eucalyptus grandis* em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul.....83
- Figura 5 - Resíduos do logaritmo do número de árvores/ha em função do logaritmo do diâmetro médio, de um povoamento altamente estocado de *Eucalyptus grandis*, correspondente ao modelo de Tang.88
- Figura 6 - Tendências médias da densidade de árvores por hectare pelo diâmetro médio em espaçamentos apertados para povoamentos da espécie *Eucalyptus grandis* em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul, obtidas pelo modelo de Tang, Meng e Meng (1994).90
- Figura 7 - Limite das fases de concorrência entre indivíduos em densidade de árvores por diâmetro médio, em unidade aritmética onde: Linha A (linha cheia 100%) - máxima densidade, Linha B - início da mortalidade (50%), Linha C – limite inferior da máxima produtividade do povoamento (55%) Linha D - limite superior da máxima produtividade (45%).92
- Figura 8 - Índice de Densidade do Povoamento, com representação da densidade de árvores por hectare por diâmetro médio.94
- Figura 9 - Distribuição dos valores residuais em percentagem pelo volume médio observado.....96
- Figura 10 - Volume médio relacionado com a densidade do povoamento, representados pela Linha A - volume máximo por densidade, Linha B - início da mortalidade, Linha C – limite inferior a máxima produtividade do povoamento.97
- Figura 11 - Área basal por hectare da espécie *Eucalyptus grandis* em função do diâmetro médio e por Índice de Densidade do Povoamento em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul.....99
- Figura 12 - Volume por hectare para a espécie *Eucalyptus grandis* em função do diâmetro médio e por Índice de Densidade do Povoamento em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul..... 101
- Figura 13 - Diagrama de Manejo da Densidade para a espécie *Eucalyptus grandis* representado pela área basal, número de árvores por

hectare com diâmetro médio, por Índice de Densidade do Povoamento em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul.....	102
Figura 14 - Diagrama de Manejo da Densidade para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i> representado pelo volume, número de árvores por hectare com diâmetro médio, por Índice de Densidade do Povoamento em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul.	103
Figura 15 - Diagrama de Manejo da Densidade de Povoamentos de <i>Eucalyptus grandis</i> com os parâmetros do povoamento: diâmetro médio (cm), altura (m), volume médio (m ³) e densidade de árvores por hectare. ...	107
Figura 16 - Funções ajustadas (Weibull, Normal, Ln-normal, e Gama) para todas as idades, com suas respectivas curvas de distribuições diamétricas para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	111
Figura 17 - Funções ajustadas (Weibull, Normal, Ln-normal, e Gama), para a idade de 9 anos, com suas respectivas curvas de distribuições diamétricas para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	115
Figura 18 - Funções ajustadas (Weibull, Normal, Ln-normal, e Gama), para a idade de 13 anos, com suas respectivas curvas de distribuições diamétricas para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	116
Figura 19 - Prognose da distribuição de frequência da espécie <i>Eucalyptus grandis</i> por classe de diâmetro com os parâmetros da equação de Weibull estimados por regressão aninhada.	118
Figura 20 - Distribuição dos resíduos das funções testadas para ajuste da forma de tronco da espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	122
Figura 21 - Perfil longitudinal, com valores observados e estimados pela equação de Hradetzky.	123
Figura 22 - Representação da produtividade por sortimentos para as idades 4, 6 e 8 anos da espécie <i>Eucalyptus grandis</i> em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.....	131
Figura 23 - Representação da produtividade por sortimentos para as idades 8, 10 e 12 anos da espécie <i>Eucalyptus grandis</i> em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.....	134
Figura 24 - Representação da produtividade por sortimentos para as idades 11, 13 e 15 anos da espécie <i>Eucalyptus grandis</i> em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.....	137
Figura 25 - Regime de manejo I: trajetória do povoamento com o crescimento do diâmetro médio por densidade de árvores sem a realização de desbastes para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i> em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.....	139
Figura 26 - Regime de manejo II: trajetória do povoamento com o crescimento do diâmetro médio por densidade de árvores com a realização de um desbaste aos 52,8 meses e corte raso aos 85,4 meses para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i> em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.....	140

Figura 27 - Regime de manejo III: trajetória do povoamento com o crescimento do diâmetro médio por densidade de árvores com a realização de dois desbastes aos 52,8; 85,4 meses e corte raso aos 121,8 meses para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i> em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.....	141
Figura 28 - Regime de manejo IV: trajetória do povoamento com o crescimento do diâmetro médio por densidade de árvores com a realização de três desbastes aos 52,8; 85,4; 121,8 meses e corte raso aos 158,9 meses para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i> em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.	142
Figura 29 - Valor Presente Líquido (VPL) em R\$/ha praticados para os regimes de manejo 1–sem desbaste e corte raso aos 52,8 meses; 2 – com um desbaste e corte raso aos 85,4 meses; 3 – com dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses; 4 – com três desbastes e corte raso aos 158,9 meses apresentados para condução de povoamentos de <i>Eucalyptus grandis</i> em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.	145
Figura 30 - Valor Anual Equivalente (VAE) em R\$/ha praticados para os regimes de manejo 1–sem desbaste e corte raso aos 52,8 meses; 2 – com um desbaste e corte raso aos 85,4 meses; 3 – com dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses; 4 – com três desbastes e corte raso aos 158,9 meses apresentados para condução de povoamentos de <i>Eucalyptus grandis</i> em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.	146
Figura 31 - Razão B/C praticados para os regimes de manejo 1–sem desbaste e corte raso aos 52,8 meses; 2 – com um desbaste e corte raso aos 85,4 meses; 3 – com dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses; 4 – com três desbastes e corte raso aos 158,9 meses apresentados para condução de povoamentos de <i>Eucalyptus grandis</i> em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.....	148
Figura 32 - Análise de sensibilidade para todos os regimes de manejo da espécie <i>Eucalyptus grandis</i> apresentados em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.	150

LISTA DE APÊNDICE

- Apêndice A - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*. 165
- Apêndice B - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 4 anos de idade. 171
- Apêndice C - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 5 anos de idade. 172
- Apêndice D - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 6 anos de idade. 173
- Apêndice E - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 7 anos de idade. 175
- Apêndice F - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 8 anos de idade. 177
- Apêndice G - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 9 anos de idade. 179
- Apêndice H - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 10 anos de idade. 181
- Apêndice I - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 11 anos de idade. 183
- Apêndice J - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 12 anos de idade. 186
- Apêndice K - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 13 anos de idade. 188
- Apêndice L - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 14 anos de idade. 191
- Apêndice M - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 15 anos de idade. 194

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS OU ABREVIATURAS

ICA	= Incremento corrente anual;
IMA	= Incremento médio anual;
IP	= Incremento periódico;
IPA	= Incremento periódico anual;
FAB	= Fator de área basal;
IDP	= Índice de densidade do povoamento;
Dg	= diâmetro médio quadrático;
IDR	= Índice de densidade relativa do povoamento;
DMD	= Diagrama de manejo da densidade;
DMDs	= Diagrama de manejo da densidade do povoamento;
fdp	= Função de densidade probabilística;
f(x)	= frequência ou volume por unidade de área da função de Weibull;
x	= variável aleatória, no caso o centro de classe de diâmetro para função de Weibull;
b	= parâmetro da escala da função de Weibull;
c	= parâmetro da forma da função de Weibull;
N	= número de árvores por hectare;
h_{100}	= altura dominante em metros;
t	= idade do povoamento em anos;
ln	= logaritmo natural;
b_j	= parâmetros;
ε	= erro aleatório;
d_i	= diâmetro à altura i em centímetros;
$d_{1,3}$	= diâmetro à altura do peito (1,30), em centímetros;
h_i	= altura na posição i, em metros;
h	= altura total da árvore, em metros;
$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ e b_k	= coeficientes.
VPL	= valor presente líquido;
VAE	= Valor anual equivalente;
TIR	= taxa interna de retorno;
B/C	= razão benefício custo;

VPE	= valor periódico equivalente;
CMP	= custo médio de produção;
d	= diâmetro médio das árvores;
β	= taxa máxima de autodesbaste sobre o povoamento de densidade completa;
N(t)	= densidade do povoamento no tempo t (número de árvores por hectare);
D(t)	= diâmetro médio das árvores no tempo t (cm);
S _f	= índice máxima densidade do povoamento;
γ	= índice de autodesbaste;
d _o	= diâmetro básico padrão (25 cm);
a ₁ , b ₁ e c ₁	= parâmetros dos modelos.
\bar{G}	= área basal média por hectare;
(\bar{d})	= Diâmetro médio;
V	= volume em metros cúbicos por hectare;
\bar{v}	= volume da árvore média em metros cúbicos por hectare;
KS	= Teste de Kolmogorov-Smirnov;
F _{o(x)}	= frequência observada acumulada;
F _{e(x)}	= frequência esperada acumulada;
n	= Número de observações;
D _{calc}	= Valor calculado para o teste de Kolmogorov-Smirnov;
W-Sq-	= Teste de Cramér-von Mises;
A-Sq	= Teste de Anderson-Darling;
G	= Área Basal em metros quadrados;
S1	= Sortimento um com comprimento de tora de 3,0m e diâmetro > = 33cm na ponta fina;
S2	= Sortimento dois com comprimento de tora de 2,65m e diâmetro entre 23-33cm na ponta fina;
S3	= Sortimento três com comprimento de tora de de 2,40m e diâmetro entre 16-23cm na ponta fina;
S4	= Sortimento quatro com comprimento de tora de 1,50m e diâmetro entre 8-16cm na ponta fina;

RES	= Resíduo com comprimento restante do fuste e diâmetro < 8 cm na ponta fina.
$R^2_{aj.}$	= coeficiente de determinação ajustado;
n	= número de dados;
p	= número de coeficientes de cada modelo utilizado;
SQ_{res}	= soma dos quadrados dos resíduos;
S_{yx}	= Erro padrão da estimativa;
S	= desvio padrão;
\bar{y}	= média da variável dependente
CV	= Coeficiente de variação;
IF	= Índice de furnival;
IF%	= Índice de furnival em percentual;
F	= Valor usado para verificar a significância do modelo;
S%	= Desvio padrão residual relativo;
D%	= Desvio médio relativo;
E	= Eficiência;
(χ^2)	= Qui-quadrado;
BIAS	= Tendência absoluta;
N_1	= Densidade inicial do povoamento;
d_1	= diâmetro médio inicial;
SW	= Shapiro-Wilk;
Pr	= Probabilidade;
DMDPs	= Diagrama de manejo da densidade do povoamento por sítio;

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	29
2	OBJETIVOS	31
2.1	Objetivo geral	31
2.2	Objetivos específicos	31
3	REVISÃO DE LITERATURA	33
3.1	Crescimento e produção	33
3.2	Densidade do Povoamento	36
3.2.1	Densidade Relativa	38
3.3	Diagramas de Manejo da Densidade	39
3.4	Distribuições probabilísticas	43
3.5	Forma de Tronco e Sortimento	46
3.6	Avaliação econômica de regimes de manejo	48
4	MATERIAL E MÉTODOS	53
4.1	Caracterização da espécie, localização e área de estudo	53
4.2	Amostragem dos dados	55
4.3	Metodologias empregadas	56
4.3.1	Classificação de sítio	56
4.3.2	Funções de densidade e diâmetro	57
4.3.3	Determinação dos Índices de Densidade do Povoamento	58
4.3.4	Construção do Diagrama de Manejo da Densidade	59
4.3.5	Funções de densidade probabilística	61
4.3.6	Testes de aderência	63
4.3.7	Prognose da distribuição probabilística de frequência	64
4.3.8	Forma de tronco e sortimentos de madeira	66
4.3.9	Critérios de seleção dos modelos matemáticos	70
4.3.10	Otimização econômica dos regimes de manejo	74
4.3.11	Determinação dos custos	75
4.3.12	Determinação dos preços dos sortimentos	76
4.3.13	Processamento dos dados	78
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
5.1	Classificação de sítio	79
5.2	Diagramas de manejo da densidade	84
5.2.1	Seleção do modelo de densidade de árvores	84
5.2.2	Determinação do autodesbaste	89

5.2.3	Determinação das zonas de concorrência	91
5.2.4	Relação volumétrica para construção do diagrama de manejo da densidade	94
5.2.5	Relação da produção com o Índice de Densidade do Povoamento	97
5.2.6	Construção dos Diagramas de Manejo da Densidade – DMD	101
5.2.7	Relação do sítio com o Diagrama de Manejo da Densidade	105
5.3	Distribuição de probabilidade e frequência	108
5.3.1	Distribuição de probabilidade e frequência por diâmetro e idade.....	108
5.3.2	Prognose da probabilidade de frequência por classe diamétrica	117
5.4	Forma de tronco e sortimentos	119
5.5	Manejo estrutural da densidade do plantio	137
5.5.1	Regime de manejo I: Condução da população sem desbaste e corte raso aos 52,8 meses.....	138
5.5.2	Regime de manejo II: Condução da população com desbaste aos 52,8 meses e corte raso aos 85,4 meses	139
5.5.3	Regime de manejo III: Condução da população com desbaste aos 52,8; 85,4 meses e corte raso aos 121,8 meses	141
5.5.4	Regime de manejo IV: Condução da população com desbaste aos 52,8; 85,4; 121,8 meses e corte raso aos 158,9 meses.....	142
5.6	Análise econômica dos regimes de manejo	144
5.6.1	Valor Presente Líquido.....	145
5.6.2	Valor Anual Equivalente	146
5.6.3	Razão benefícios sobre custos (B/C).....	147
5.6.4	Taxa interna de retorno	149
6	CONCLUSÕES	153
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	155
	APÊNDICES	165

1 INTRODUÇÃO

No Jardim Botânico do Rio de Janeiro, em 1825 foram registrados os exemplares mais antigos de eucalipto encontrados no Brasil, estes plantados na época pelo Imperador D. Pedro I. A expansão em larga escala do cultivo de eucalipto teve início em 1903, na Companhia Paulista de Estradas de Ferro. A principal espécie plantada atualmente no país é *Eucalyptus grandis* e seus híbridos, sendo que hoje, estima-se que a área plantada com *Eucalyptus*, seja de cerca de 4.873.851 hectares com crescimento em média de 45m³/ha em plantios clonais. (SBS Silvicultura, 2008).

O conceito de bioeconomia está relacionado ao desenvolvimento sustentável, que pressupõe novas relações com a Terra, com as pessoas e com o mercado, numa atitude de total respeito ao meio ambiente (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2012).

A análise do crescimento e produção no setor florestal está cada vez mais sofisticada. Para Clutter et al. (1983), se torna uma das principais tarefas atribuídas ao profissional da área, entender como ocorre o crescimento das árvores de um povoamento, qual tratamento silvicultural adotar, e prever qual será a época de corte e a produtividade do plantio.

No manejo de florestas equiâneas, à medida que os povoamentos vão envelhecendo aumenta a mortalidade de indivíduos, que deve ser evitada com a antecipação de desbastes de intensidade adequada, que depende da capacidade produtiva do sítio e da velocidade de crescimento das árvores do povoamento.

O conhecimento das inter-relações entre a densidade das árvores por hectare e o desenvolvimento do seu diâmetro no tempo são de fundamental importância, pois com o envelhecimento dos povoamentos há aumento na taxa de mortalidade dos indivíduos, o que deve ser evitado através de intervenções de desbastes proporcionais a velocidade de crescimento da espécie (SCHNEIDER, 2008).

O mesmo autor ressalta que uma das atividades fundamentais para um adequado manejo florestal é a predição de condições futuras do povoamento, através da utilização de modelos matemáticos que relacionam variáveis

dendrométricas do povoamento expressas numa ideia de tamanho, como o número de árvores, área basal e volume por hectare.

A relação existente entre a área basal, o número de árvores por hectare e o diâmetro médio são descritos por dendrogramas de densidade graficamente, conhecidos como Diagramas de Manejo da Densidade (DMD). Além disso, incluem uma série de curvas de referência para diferentes níveis de ocupação do sítio (GEZAN; ORTEGA; ANDENMATTEN, 2007). Seu uso permite descobrir a situação atual de um povoamento e compará-lo com condições predeterminadas, de acordo com o objetivo de manejo previamente especificado (ROGERS, 1983). Segundo Selle (2009), que elaborou DMD para *Hovenia dulcis* na região central do Rio Grande do Sul, pesquisas sobre o assunto ainda são muito escassas, principalmente no Brasil, e em menor número em espécies folhosas. O trabalho feito pelo U.S. Forest Service (1970), para duas espécies de folhosas (*Quercus* e *Carya*), de Illinois, EUA; (Smith; Gibbs, 1970), para *Acer saccharum* em cinco regiões dos EUA; (GEZAN; OTEGA e ANDENMATTEN, 2007) com três espécies de *Nothofagus* (*obliqua*, *alpina* e *dombeyi*) no Chile; e Schneider (2012) para *Pinus taeda* no planalto Catarinense, são os poucos exemplos encontrados na literatura.

Estes modelos são de extrema importância, pois permitem ao silvicultor prever as intervenções futuras no povoamento e definir intensidade de corte para obter o objetivo de produção.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Elaborar um Diagrama de Manejo da Densidade para *Eucalyptus grandis* W. Hill, que servirá de modelo auxiliar de simulação da produção para essa espécie, estabelecendo a variação de densidade adequada, e a faixa de manejo, para condução de povoamentos juntamente com a avaliação econômica dos regimes de manejo empregados para o estado do Rio Grande do Sul.

2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar a classificação dos Índices de sítio para o local de estudo;
- b) Estudar a precisão e eficiência dos modelos de densidade populacional em relação ao diâmetro médio;
- c) Analisar o momento da ocorrência do autodesbaste nos povoamentos homogêneos da espécie estudada;
- d) Elaborar os Diagramas de Manejo da Densidade para auxiliar no manejo dos povoamentos;
- e) Determinar a distribuição diamétrica da população;
- f) Estudar a formação e desenvolvimento dos sortimentos de madeira;
- g) Definir regime de manejo mais adequado por meio de critério de decisão econômico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Crescimento e produção

O *Eucalyptus grandis* W. Hill ocorre naturalmente na Austrália, ao norte do estado de New South Wales, ao sul e norte de Queensland, em áreas de altitude (300 a 900 m), onde a precipitação pluviométrica varia de 1.000 a 1.700 mm, predominantemente no verão. A estação seca não ultrapassa 3 meses. A temperatura média das máximas do mês mais quente está compreendida entre 29 a 32°C, e a média das mínimas do mês mais frio entre 5 a 6°C. Árvore muito alta (45 a 55 m) e grossa (1,2 a 2 m DAP), excepcionalmente pode atingir 75 m de altura e 3 m de dap, com madeira leve e fácil de ser trabalhada. Utilizada intensivamente na Austrália e na república Sul Africana, como madeira de construção, quando oriunda de plantações de ciclo longo. A madeira produzida em ciclos curtos é utilizada para caixotaria. Plantações, convenientemente manejadas, podem produzir madeira excelente para serraria e laminação (FERREIRA, 1979).

A madeira de Eucalipto oriunda dos ciclos reduzidos é atualmente utilizada em sua maioria, para a produção de celulose, deixando o Brasil entre os maiores produtores mundiais, além de ser destaque no cenário econômico e na balança comercial, com geração de empregos, atuação em 17 estados e apresentando grandes investimentos nos últimos 10 anos.

Em 2011, a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil totalizou 6.515.844 ha, sendo 74,8% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* e 25,2% aos plantios de *Pinus*. Os estados com maiores áreas de *Eucalyptus* plantados em hectares são: Minas Gerais (1.401.787), São Paulo (1.031.677), Bahia (607.440), Mato Grosso do Sul (475.528), Rio Grande do Sul (280.198), sendo Minas, São Paulo e Bahia responsáveis por 62% do total. Neste mesmo ano, não houve crescimento da área de plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil (ABRAF, 2012).

As florestas nativas obtêm seu crescimento anual, por meio da extensão de seus brotos e pelo espessamento dos troncos e raízes (crescimento cambial). Caracterizando tal processo, tornou-se prática normal a utilização dos parâmetros parciais: altura e diâmetro no tempo para determinação da produção (ASSMANN, 1970).

O crescimento é o aumento de tamanho ou do peso de um organismo ou comunidade viva, sendo a produção considerada por meio do fuste, parte utilizável da árvore, expresso em volume. O crescimento das folhas, galhos, fuste e raízes, resultam no crescimento da árvore em tamanho, volume e peso, determinando assim a produção líquida e, conseqüente, produção de madeira (SCHNEIDER, 2008).

A produção biologicamente, expressa o tamanho de um organismo em função do tempo, onde os principais componentes do crescimento em povoamentos florestais são a mortalidade, o ingresso, o corte e as produções corrente e futura. O crescimento ou incremento pode ser expresso pelo incremento corrente anual (ICA), que significa o valor do aumento da produção em um ano, incremento médio anual (IMA), corresponde à taxa média do aumento da produção desde a implantação do povoamento até uma idade particular, incremento periódico (IP), que é a diferença de produção entre duas idades quaisquer, e incremento periódico anual (IPA), que é a diferença de produção entre duas idades, mas dividida pelo período em anos (CAMPOS; LEITE, 2009).

Torna-se importante entender por meio dos conhecimentos silviculturais, econômicos, ambiental e social, o comportamento das variáveis dendrométricas, para somente assim se definir as estratégias de manejo. Sendo assim, se sabe que os crescimentos em diâmetro e altura dependem do genótipo, sítio e espaçamento, que logicamente atuam de formas distintas sob tais variáveis. O crescimento em área basal e volume, além de serem influenciados pelos fatores mencionados acima, também são afetados pela densidade (SCOLFORO, 1998).

Para determinado crescimento em reduzido número de árvores almejadas para o futuro, procura-se uma aceleração do crescimento em diâmetro das árvores remanescentes. Esta aceleração do crescimento é conseqüência do aumento do crescimento em volume, que no caso dos povoamentos mais jovens, ocorre com melhores respostas, quando causada pela diminuição da competição entre árvores.

Entretanto, este efeito é temporário, porque, após a aceleração inicial, acontece o declínio da curva de crescimento (ASSMANN, 1970).

De acordo com Assmann (1970) um bom indicador dos limites de intensidade de desbaste e espaço vital é a área basal crítica, ou seja, a área basal que mantém a produção volumétrica em nível de 95% do incremento volumétrico ou a área basal que define um limite de redução de 5% no incremento volumétrico máximo para o povoamento.

Com o objetivo de produção, na natureza ocorre uma busca de árvores resistentes, aptas a competir com as demais, sendo esta uma seleção, por meio da eliminação por competição denominada desbaste, onde o povoamento em seu processo natural reduz o número de indivíduos por unidade de superfície, ocorrido em decorrência da competição por luz, umidade e elementos nutritivos do solo (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

Quando ocorre a superestocagem nos povoamentos, frequentemente acontece a mortalidade, pois é durante este prolongado período que as árvores permanecem estagnadas em seu crescimento. Esta mortalidade advém de supressão, pragas e doenças, ou por quebras, quando as árvores são muito altas e finas (TONINI, 2003).

A classificação de mortalidade dos povoamentos florestais denomina-se regular, irregular e catastrófica. A regular compreende todas as formas normais, causadas por fatores como a idade, competição e a mortalidade causada por efeitos climáticos. A irregular inclui a morte de grupos de árvores, criando pequenas clareiras ou aberturas no povoamento. A catastrófica faz referência à morte de elevado número de árvores ou até de todo o povoamento, sendo causada por tempestades, vendavais, incêndios ou ataques de pragas e doenças (SMITH, 1980).

Com a execução do desbaste, proporciona-se um desenvolvimento equilibrado da copa e do sistema radicular, de acordo com a dimensão da árvore, pois o espaço vital de cada árvore é aumentado. Desbastes de intensidade adequada, aplicados no momento certo, permitem melhorar a qualidade da madeira, homogeneizar os sortimentos e aumentar a dimensão das árvores, sem ocorrência de perdas significativas de produção. Contudo, desbastes muito pesados podem levar ao aumento desproporcional do tamanho da copa e dos galhos, reduzindo a qualidade da madeira, bem como a produção volumétrica da floresta (SCHEEREN; SCHNEIDER; FINGER, 2004).

Para realização de desbaste, se torna necessária à definição da idade do primeiro desbaste, o ciclo de desbastes subsequentes e sua intensidade, levando-se em consideração o objetivo do proprietário, o mercado e os custos de execução. O desbaste se torna imprescindível na questão redução de tempo em função da produção de árvores com grande diâmetro e tronco uniforme, não obstante o maior rendimento volumétrico no processamento de madeira, com troncos de forma, sanidade e aspectos da madeira ideais. Entretanto, uma apropriada aproximação de definição para regimes ótimos de desbastes seria a partir de observações feitas em parcelas permanentes, onde as decisões sobre as práticas de manejo devem levar em consideração a produção de árvores de maior valor individual (CAMPOS; LEITE, 2009).

3.2 Densidade do Povoamento

Em um povoamento, o espaço de cada árvore pode ser limitado pelas vizinhas, levando a competição em nível das copas e das raízes. Para um desenvolvimento mais homogêneo é desejado que as árvores estejam distribuídas uniformemente no povoamento, facilitando, desta forma, a busca por espaço (HILEY, 1959).

A densidade do povoamento é muito importante pelo fato de ser um dos fatores responsáveis por conduzir o crescimento diamétrico. A regulação da densidade pode ocorrer de maneira natural (autodesbaste) ou por intervenções humanas (desbastes) (ASSMANN, 1970; SPIECKER, 1983).

O autodesbaste ocorre quando há um aumento na densidade da população podendo provocar a mortalidade de alguns indivíduos, e é o resultado da competição por água, luz e nutrientes entre os indivíduos da população.

Devido a isto a mortalidade deve ser evitada com a antecipação de intervenções de desbaste, aplicados com intensidade adequada, dependendo da capacidade produtiva do sítio e da espécie que se está a manejar (SCHNEIDER, 2008).

Segundo Spurr (1962), o número de árvores por unidade de área pode ser usado para expressar a densidade dos povoamentos quando combinado com uma variável que indica a idade do povoamento como, por exemplo, o diâmetro médio ou a altura dominante.

No método de densidade pontual proposto por Spurr (1962), indicado para a medição de densidades em pontos individuais, todos os indivíduos próximos da árvore escolhida, como central, são avaliados para verificar a sua inclusão, ou não, na unidade amostral. Essa avaliação é baseada no Fator de Área Basal (FAB) de 2,3 proposto por Daniels, Burkhardt e Clason (1986) para identificar árvores competidoras.

Segundo Thomas (2009), a escolha do método de Spurr para a obtenção da densidade é justificada pelo fato de que é muito difícil encontrar uma floresta que esteja em alta densidade de maneira homogênea e em toda a sua extensão. Por este método é possível identificar no interior da floresta os locais que apresentam mortalidade induzida pela competição, e estimar a densidade a partir de uma situação localizada.

Existem muitos estudos relacionando o tamanho e o número de árvores de um povoamento, sendo o principal deles, o índice de densidade de Reineke (1933). De acordo com o autor, em povoamentos com densidade completa a relação entre o diâmetro médio quadrático das árvores, e o seu número de árvores por hectare é linear quando em escala logarítmica. Considerando que esses parâmetros são independentes da idade e qualidade do sítio, Reineke utilizou sua equação para estimar densidade populacional como uma função do diâmetro médio com um valor de constante do coeficiente angular de $-1,605$.

Porém, estudos realizados por Del Rio, Monteiro e Bravo (2001) sobre o coeficiente angular, constataram uma variação por espécie e, muitas vezes com a idade, para valores entre $-2,33$ e $-1,54$.

Além do método de Reineke (1933), sobre a relação do tamanho e o número de árvores na população, existem outros estudos como: o método de percentagem da altura de Wilson (1946); a regra do D- máximo de Mitchell (1943); e a lei do $-3/2$ de autodesbaste de Yoda et al. (1963).

Uma vez conhecido o coeficiente angular da equação de Reineke é possível determinar o Índice de Densidade do Povoamento (IDP) de Reineke que possui características, como: simplicidade, ser livre de correlação com a idade e índice de

sítio e possuir aplicabilidade geral (REINEKE, 1933). Sobre isto Téo et al. (2008) relatam que o índice de densidade do povoamento usa variáveis de fácil obtenção, pode ser comparado entre povoamentos de diferentes idades e classes de sítios, pode ser utilizado para toda uma região ou somente para as florestas de uma empresa, para uma determinada espécie ou povoamentos mistos.

Segundo Gezan, Ortega e Andenmatten (2007) o índice de densidade do povoamento permite construir uma curva de densidade máxima, pois a partir da área basal máxima que o povoamento pode atingir, pode-se obter o número de árvores por hectare e o diâmetro da árvore de área basal média, ou seja, este é o nível máximo de concorrência, sendo utilizado como indicador do limite superior de estoque do povoamento.

3.2.1 Densidade Relativa

A Densidade Relativa foi desenvolvida por Curtis (1982) e basicamente combina a área basal com o diâmetro médio quadrático. Esta densidade tem sido usada como guia para o manejo da espécie *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco na região nordeste dos EUA. De maneira geral, valores de densidade entre 22 e 25 indicam povoamentos abertos. Densidade em torno de 50 indica que talvez seja desejável efetuar desbaste comercial e valores entre 60 e 65 expressam que a possibilidade das árvores em responder a desbastes diminui significativamente

O número de árvores por hectare associado com a variável adicional ou índice de densidade do povoamento é chamado de índice de Reineke, foi desenvolvido por Reineke (1933) e consiste em associar o número de árvores ao diâmetro médio quadrático (dg), ou seja, é calculado pelo número de árvores em função do diâmetro da árvore de área seccional média da população. A grande vantagem deste procedimento é descrever a densidade independente da idade e do sítio, já que o diâmetro médio quadrático reflete o efeito destas variáveis.

De acordo com autores como Chapmann e Meyer (1949), o melhor método para determinar a densidade de um povoamento equiâneo consiste na determinação

do índice de densidade de Reineke por ser independente da idade e qualidade do sítio.

Inicialmente, Reineke mostrou que levando a um papel logaritmo, o número de árvores na ordenada e o diâmetro médio na abscissa, obtém-se uma relação linear entre as variáveis. Essa reta ajustada, representativa de uma série de observações, mostra o número de árvores por hectares para um povoamento equiâneo em densidade completa. Spurr (1962) relata que mesmo que a área demonstre uma ideia sobre toda a densidade do povoamento, não indica se o total é o resultado de um grande número de pequenas árvores ou de grandes árvores. Tal informação pode ser obtida pelo desmembramento da área basal em dois componentes:

- a) Número de árvores por unidade de área;
- b) Diâmetro da árvore de área basal média.

A medida baseada nesses dois componentes é chamada de Índice de Densidade Relativa do Povoamento (IDR).

A relação de máxima densidade para uma espécie num habitat é possível ser definida com base na relação do número real de árvores por hectare pelo número máximo de árvores por hectare, o que resulta no Índice de Densidade Relativa (IDR), que é obtido através da expressão:

$$\text{IDR} = \frac{N_r}{N_m} \cdot 100 \quad (1)$$

Sendo que, N_r é o número real de árvores por hectare, e N_m o número máximo de árvores por hectare.

3.3 Diagramas de Manejo da Densidade

O Diagrama de Manejo da Densidade (DMD) é uma técnica baseada na teoria do autodesbaste, a qual permite visualizar a mudança do diâmetro médio, altura, densidade e volume de povoamentos equiâneos puros (LONG; SMITH, 1985).

Segundo Gezan, Ortega e Andenmatten (2007), os dendrogramas de densidade descrevem a relação existente entre a área basal, o número de árvores por hectare e o diâmetro médio e, ainda, incluem uma série de curvas de referência para diferentes níveis de ocupação do sítio. Sobre isto, Rogers (1983) relata que a utilização desta ferramenta permite descobrir a situação atual de um povoamento e compará-lo com condições predeterminadas, de acordo com o objetivo de manejo previamente especificado.

Quando usado em conjunto com a altura sobre curvas de idade (índice de sitio), o fator tempo também pode ser integrado. Esses diagramas permitem um silvicultor comparar as trajetórias de desenvolvimento do povoamento para várias densidades estabelecidas e regimes de desbaste de um determinado sitio. A utilização deste modelo para traçar os diagramas eliminou a necessidade de realizar análises matemáticas complexas de grandes conjuntos de dados e resultando em relações de crescimento estáveis (FARN DEN, 1996).

Os dendrogramas estão baseados na curva de máxima densidade e a partir dela são incluídas várias linhas paralelas proporcionais. Para isso, modifica-se a equação que gera a máxima densidade, multiplicando esta por uma constante que varia entre 0 e 1 e, ainda, incluem-se retas como referências, para indicar os diferentes diâmetros quadráticos (GEZAN; ORTEGA; ANDENMATTEN, 2007).

Segundo Schneider (2008) outro método para representar linhas de densidade no dendrograma é o Índice de Densidade do Povoamento (IDP). A densidade de árvores por hectare, por diâmetro médio, é gerada por proporção, tendo como base a densidade de árvores por hectare no diâmetro padrão de 25 cm. As linhas são geradas para intervalos fixos em número de árvores, podendo ser, por exemplo, a cada 200 árvores.

No estudo da espécie *Picea glauca* (Moench) Voss realizados por Saunders e Puettmann (2000) foi obtida uma relação linear pelo logaritmo da densidade de árvores em função do logaritmo do diâmetro médio quadrático, que está representada na Figura 1 pela linha A, que define o limite máximo em que a densidade pelo diâmetro é dependente da mortalidade das árvores do povoamento.

De acordo com Schneider (2008) para se obter o Diagrama de Manejo da Densidade (DMD), deve-se definir a linha de diâmetro médio quadrático. Para isto, em cada classe de densidade são usadas as parcelas com o máximo diâmetro médio quadrático para ajuste de um modelo de densidade e diâmetro.

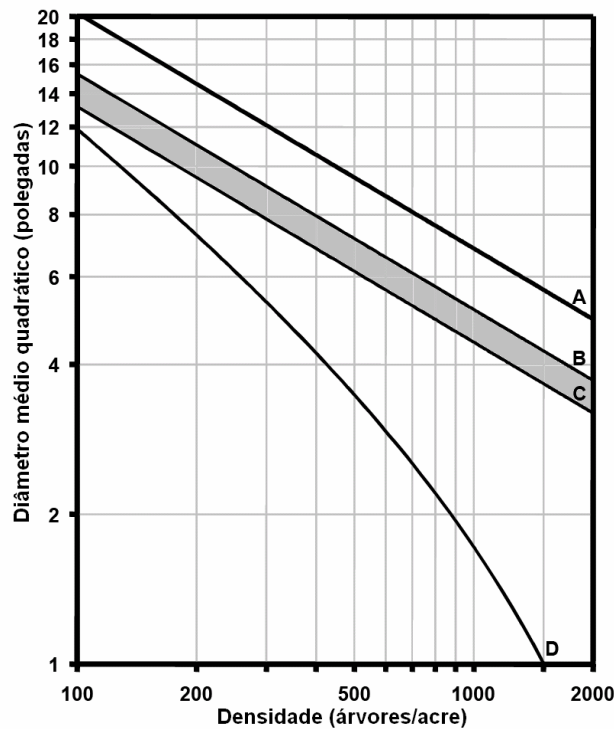


Figura 1- Diagrama de manejo de densidade para *Picea glauca*, no norte dos Estados Unidos Lake States (A = linha de máxima densidade, B = início da mortalidade, C = início da máxima produtividade, D = densidade de fechamento das copas, B-C = faixa de densidade ótima para a espécie).

Fonte: Saunders e Puettmann (2000).

O resultado do ajuste do modelo de densidade e diâmetro produz uma linha média de máxima densidade e diâmetro (linha A). Em seguida, necessita-se da determinação do início da mortalidade (linha B) e o início da produção máxima do povoamento (linha C).

Assim, a obtenção da linha A para a confecção do DMD se dá através de dados de povoamentos que estejam em densidade completa, na condição de algumas árvores mortas.

Na Figura 1, a linha B delimita uma zona, na qual acima, inicia a mortalidade das árvores devido à excessiva competição e, logo abaixo, ocorre à máxima produção do povoamento. Já a linha C é definida como o início da zona de máxima produção que vai crescendo até atingir a linha B, conhecida como a faixa recomendada de manejo da espécie em questão, em que se atinge o estoque completo.

Então entre as linhas B-A tem-se uma condição de povoamento superestocado, indicando uma situação de manejo indesejada pela perda de indivíduos pela mortalidade. Entre as linhas C-B acontece uma situação de manejo da densidade de árvores que permite um estoque completo do povoamento, sendo, portanto uma situação ótima e almejada no manejo. Abaixo da linha C tem-se uma condição de povoamento subestocado, onde não se consegue o máximo aproveitamento do solo. Assim, para uma utilização prática dos Diagramas de Manejo da Densidade (DMD), inicialmente deve-se conhecer o número de árvores por hectare, o diâmetro médio, o volume e a altura dominante da população alvo, assim pode-se gerar três tipos de diagramas, pela combinação de variáveis dendrométricas: 1) número de árvores por hectare, área basal por hectare e diâmetro médio; 2) número de árvores por hectare, volume por hectare e diâmetro médio e por fim 3) número de árvores por hectare, volume médio, altura dominante e diâmetro médio. Por meio destes diagramas discriminados por Índice de Densidade do Povoamento poderão se gerar os diagramas de manejo da densidade, onde se encontram os regimes de manejo (SAUNDERS e PUETTMANN, 2000).

A variável altura é importante nestes diagramas porque, em muitas condições, o crescimento em altura das árvores é independente da densidade do povoamento. Este princípio é importante, pois permite o uso do crescimento em altura como medida de produtividade do sítio. Sabendo o índice do sítio de um povoamento, pode-se usar facilmente estas curvas para determinar a idade em que vai chegar uma dada altura, sendo, portanto fundamental para a aplicação nos Diagramas de Manejo da Densidade do Povoamento (FARN DEN, 1996).

Reid (2004) define as zonas de competição para plantações em: Zona de Densidade Excessiva, onde ocorre um crescimento restringido; Zona de Iminente Mortalidade, a qual se presume que não deve ser obtido; Zona de Crescimento Livre, onde o incremento em diâmetro individual das árvores é máximo; Zona de Estoque Completo, onde a produtividade é maximizada. Uma vez a floresta passando da zona de estoque completo, o incremento em volume é simplesmente distribuído sobre um maior número de árvores. Entre as Zonas de Crescimento Livre e a Zona de Estoque Completo, ocorre uma Zona de Aumento da Competição, em que o crescimento individual das árvores é crescentemente restringido.

Por outro lado o diagrama de densidade de um povoamento pode ser definido por faixas de estocagem: Faixa superestocada – em que a densidade é

extremamente excessiva; Faixa totalmente abastecida – em que as árvores ainda têm espaço disponível para se desenvolver, porém esse espaço é manejado para se ter o máximo de aproveitamento; Faixa subestocada – em que a densidade é baixa e o povoamento apresenta espaços disponíveis (GINRICH, 1967).

O planejamento dos regimes de desbaste é uma das mais úteis aplicações de um DMD. Os diagramas podem ser usados para determinar o tempo e intensidade de desbastes para atingir os objetivos definidos. Eles também podem ser utilizados para comparar e escolher entre um conjunto de possíveis planos de corte. Além disso, os diagramas são ferramentas úteis para um entendimento da dinâmica do povoamento e as implicações das várias manipulações de densidade na realização dos objetivos do manejo. É importante reconhecer que DMDs, como a maioria outros modelos de crescimento, simula o crescimento médio padrão de uma grande variedade de potenciais trajetórias de crescimento. Dada uma condição inicial, muitos resultados futuros podem ser possíveis (FARNDEN, 1996).

3.4 Distribuições probabilísticas

Em florestas plantadas, o conhecimento da distribuição diamétrica é básica para que a prognose da produção possa ser implementada. Tais predições se tornam importantes para que os planos de manejo, fundamentados na otimização, sejam implantados numa empresa florestal. As distribuições podem ser do tipo unimodal, multimodal e decrescente. Esta primeira é caracterizada em povoamentos jovens e equiâneos e a última em florestas nativas. Já as distribuições contínuas chamadas funções de densidade probabilística (fdp) possibilitam a descrição da estrutura diamétrica das populações através de distribuições matemáticas, que permitem obter a probabilidade das árvores ocorrerem dentro de intervalos ou classes de diâmetro, em que haja um limite inferior e outro superior (SCOLFORO, 1998).

Tais funções vêm sendo empregadas em análises estruturais de variáveis das florestas, tais como: prognose do volume por classe diamétrica para povoamentos

de *Eucalyptus grandis* (ABREU et al., 2002), distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. em um fragmento de floresta ombrófila mista (MACHADO et al., 2009), avaliação biométrica e prognose da produção de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake na região norte do estado de Goiás (MIGUEL, 2009); distribuição diamétrica para avaliação bioeconômica do regime de manejo de *Pinus taeda* L. na região do planalto central Catarinense (SCHNEIDER, 2012).

Nos estudos de distribuição de frequência de indivíduos em populações florestais, têm sido utilizadas várias funções de densidade e probabilidade, como: Normal, Log-normal, Gamma, Johnson's SB, Gram-Charlier, Beta e Weibull (BAILEY; DELL, 1973; HAFLEY; SCHREUDER, 1977; MALTAMO; PUUMALAINEN; PÄIVINEM, 1995; MALTAMO et al. 2000).

Para estimar os parâmetros da distribuição Weibull muitos métodos têm sido desenvolvidos, com destaque aos estimadores de máxima verossimilhança, estudados dentre outros (COHEN, 1965; HARTER; MOORE, 1965; BAILEY, 1974; BELCHER; CLUTTER, 1997; FINGER, 1982; CAO, 2004; CARELLI NETO, 2008; SCHNEIDER, 2012).

A função de Weibull foi desenvolvida por Fischer e Tippert, em 1928, e aplicada por Weibull, em 1939 (PRODAN et al., 1997), tendo sido introduzida com maior ênfase na área florestal por Bailey e Dell (1973). A distribuição Weibull tem sido amplamente utilizada, pelo fato de ser simples e flexível. Vários trabalhos de modelagem do crescimento, tanto nacionais como internacionais tem utilizado esta função (MIGUEL, 2009).

Esta função, convencionalmente é conhecida como uma função de densidade probabilística (fdp), expressa por:

a) Função de Weibull, com dois parâmetros

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

b) Função de Weibull, com três parâmetros

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

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

Cao (2004) desenvolveu um algoritmo para a solução da função de densidade de probabilidade de Weibull, utilizando o método de estimador de máxima verossimilhança (Maximum Likelihood Estimator – MLE - Regression). A locação dos parâmetros da função Weibull foi computada para um valor de $a = 0,5 \hat{D}_o$ (diâmetro mínimo). Duas equações são usadas para predizer os parâmetros da escala (b) e forma (c):

$$b = \exp[b_1 + b_2 \cdot S + b_3 \cdot \ln(N) + b_4 \cdot \ln(h_{100}) + b_5 \cdot t^{-1}]$$

$$c = \exp[c_1 + c_2 \cdot S + c_3 \cdot \ln(N) + c_4 \cdot \ln(h_{100}) + c_5 \cdot t^{-1}]$$

Para estimativa dos parâmetros da função de densidade probabilística de Weibull no tempo pode ser utilizada a metodologia proposta por Cao (2004), que recomenda o uso de uma equação de regressão para definir cada parâmetro específico do modelo de distribuição, ajustadas pelo método dos mínimos quadrados ordinários:

$$y = \exp[b_1 + b_2 \cdot S + b_3 \cdot \ln(N) + b_4 \cdot \ln(h_{100}) + b_5 \cdot t^{-1} + \varepsilon]$$

Sendo: y = um parâmetro específico da função de Weibull; S = espaçamento relativo, $(10^4/N)^{0,5}/h_{100}$, sendo a proporção da distância média entre duas árvores, assumindo espaço quadrático, e a altura dominante; N = número de árvores por hectare; h_{100} = altura dominante em metros; t = idade do povoamento em anos; ln = logaritmo natural; b_j = parâmetros; ε = erro aleatório.

O modelo de Weibull admite ampla variedade de forma de distribuição de frequência por classe de diâmetro, sendo estas: exponencial, hiperbólica e normal, tanto com assimetria positiva como negativa, dependendo da tendência dos valores da variável dependente e, por consequência, dos parâmetros da função (SCHNEIDER, 2012).

Segundo Maestri (2003), na maioria dos casos é empregado o teste de aderência não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov indicado para avaliar a

distribuição teórica de um conjunto de dados, já que é muito sensível a qualquer diferença do valor central e da dispersão. A consistência das distribuições diamétricas obtidas para cada classe quase sempre é utilizada valendo-se do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Prodan (1968) cita que a normalidade pode ser verificada através do teste estatístico do Qui-quadrado (χ^2), através das diferenças entre as frequências observadas e esperadas da distribuição.

O teste de Anderson-Darlin é uma forma de estimação da distância mínima de significância, sendo uma forma das estatísticas mais poderosas para detectar a maioria de formas de normalidade, sendo que o teste avalia se uma amostra vem de uma distribuição específica, o teste de Shapiro-Wilk testa a nulidade de que uma amostra têm origem de uma população normalmente distribuída (SCHNEIDER et al., 2009). O mesmo autor cita a respeito da estatística de Cramér-von-Mises, sendo esta uma forma de determinar a distância mínima usada para verificar o grau de ajuste de uma distribuição de probabilidade F^* comparada a uma distribuição F , considerando que uma amostra F têm uma distribuição teórica e F^* uma distribuição empírica observada.

3.5 Forma de Tronco e Sortimento

As funções de forma, baseadas no diâmetro à altura do peito e na altura total, foram desenvolvidas para se estimar forma e volume de uma árvore, sendo estas funções de descrição matemática do perfil longitudinal de um tronco. Constituídos padrões de dimensão para a utilização do material lenhoso, as funções se tornam importantes para os estudos de quantificação do volume de madeira. Estas mesmas funções descrevem de forma analítica os efeitos de diferentes espaçamentos e intensidades de poda e desbaste sobre a forma dos troncos (MÜLLER, 2004).

A forma do tronco das árvores é bastante variada, em razão do meio ambiente, da espécie, idade e manejo a que são submetidas e também em função de suas aptidões genéticas. Naturalmente, a forma de tronco varia de espécie para

espécie em função de fatores, como: sítio, densidade do povoamento, vento agindo sobre a copa das árvores e intervenções silviculturais aplicadas no povoamento, como os desbastes (SCHNEIDER, 1993).

Esta variação na forma do tronco ocorre tanto em florestas naturais como em plantadas. Em povoamentos compostos por uma única espécie, as árvores que vegetam na periferia do povoamento ou em grandes espaçamentos, apresentam uma forma natural ou espontânea semelhante a das que vegetam isoladamente. Já aquelas que se encontram no interior do povoamento, cuja sobrevivência acontece pela competição de água, luz e nutrientes, adquirem uma forma reta com poucas ramificações e copa de menor dimensão, conhecida como forma florestal típica (SILVA; SCHNEIDER, 1974).

O conhecimento da forma de tronco permite a obtenção de sortimentos de madeira dos povoamentos florestais, sendo esse de grande importância para análise do potencial madeireiro, para o planejamento das atividades de manejo, para o dimensionamento das unidades de processamento mecânico da madeira, bem como para a comercialização de madeira serrada (JORGE; LARA, 1993).

De acordo com os diferentes usos de uma árvore, seu valor agregado poderá ser maior, pois alcançará distintos valores de mercado. O melhor emprego de uma árvore deve ser realizado de forma a garantir maior retorno financeiro. O entendimento de tais questões torna-se fundamental para fins de planejamento da produção em um dado momento ou durante o ciclo da espécie. O sortimento, agrupamento, classificação ou cluster é o “seccionamento” da árvore pelas dimensões, diâmetro e comprimento. O maior preço virá das maiores dimensões das peças resultantes, ou seja, maiores diâmetros e maiores comprimentos serão o alvo (MACHADO et al., 2004)

Tanto Ahrens (1982) como Schneider (1993), citam que as funções de forma do tronco atuam como ferramenta importante para predizer o diâmetro em qualquer ponto do tronco a partir de uma ou duas variáveis medidas. Estas funções passaram a ser utilizadas também para estimar o volume do povoamento e construir tabelas de volume e sortimento para diferentes limites de dimensões de toras impostos pelo mercado.

Dentre as funções se destacam os modelos polinomiais que se caracterizam pelo ajuste de regressão entre a relação de diâmetros (d_i/DAP) ou $(d_i/DAP)^2$ e de alturas (h_i/h) ou $[(h-h_i)/h]$. Destacam-se o polinômio do quinto grau ou modelo de

Prodan (1965), o modelo espelhado na função parabólica de Kozak, Munro e Smith (1969) e Hradetzky (1976).

3.6 Avaliação econômica de regimes de manejo

A importância do setor florestal para a sociedade brasileira em termos econômicos, sociais e ambientais pode ser mensurada pela avaliação de seus principais indicadores: a área de florestas plantadas, o valor bruto da produção, a geração de impostos, o valor das exportações, empregos gerados e mantidos pelo setor em geral, e os investimentos na área de responsabilidade social e ambiental (ABRAF, 2012).

De acordo ainda com a Abraf (2012), o indicador de 2011 corrobora a tendência de desaceleração do crescimento da área de plantios apresentada nos dois anos anteriores, no período 2005-2011, o crescimento acumulado foi de 27,9%, ou seja, 3,0% ao ano, sendo dentre as principais razões para a estagnação do crescimento da área de plantios florestais em 2011: as restrições impostas pelo governo brasileiro para a compra de terras por grupos nacionais que possuam composição majoritária de capital estrangeiro; a reduzida atividade econômica nos países da União Europeia e nos Estados Unidos, países importadores de produtos florestais ou da cadeia de base florestal plantada; a redução da competitividade no mercado internacional dos produtos da cadeia produtiva brasileira de base florestal; e a excessiva burocratização e os longos prazos requeridos pelos órgãos ambientais nos processos de licenciamento ambiental de novos projetos florestais e industriais no país.

A eucaliptocultura apresenta grande potencial econômico e financeiro, para diferentes usos, sendo atrativo para investidores internos e externos. De 1995 a 2000 ocorreu uma variação entre 16,67% até 37,78% no crescimento dos preços de produtos de origem florestal, explicados em consequência do tipo de madeira exigida pelo mercado (MOTTA; SILVA; DINIZ, 2010).

A tomada de decisão gerencial deve ser baseada em critérios como o conhecimento e o domínio de toda a estrutura de custos, preços e taxas de juros, além da ciência da produção presente e futura que cada sítio florestal e espécie poderão gerar ao longo do tempo. Essas informações podem ser obtidas com a utilização de técnicas de modelagem de crescimento e produção, auxiliando na tomada de decisões como realizar desbaste, momento da rotação técnica e econômica ótima (SCOLFORO; MAESTRI, 1998).

Todavia, sabe-se que, a rotação ou idade ótima de corte de uma floresta pode ser influenciada por fatores técnicos e por fatores econômicos. Em termos econômicos, destacam-se o horizonte de planejamento, os custos envolvidos na produção, o preço da madeira e a taxa de desconto usada (FERREIRA, 2001).

A avaliação econômica de um projeto baseia-se em seu fluxo de caixa, que consiste nos custos e nas receitas distribuídos ao longo da vida útil do empreendimento que é chamado de projeto de investimento onde se faz uma aplicação de capital, com finalidade básica de obter receitas, sendo ainda quantificados em termos monetários (SILVA; JACOVINE; VALVERDE, 2005).

O plantio de florestas apresenta um ciclo de produção relativamente longo, tornando mais difícil o processo de tomada de decisão. Assim como todo investimento, os agentes econômicos precisam decidir quanto produzir (área), como produzir (espaçamento, manejo, etc) e para quem produzir, ou seja, para energia, celulose ou serrados. Todo o processo de tomada de decisão considera, além dos aspectos econômico-financeiros, as restrições dos fatores de produção e os riscos envolvidos no processo de produção. Além disso, o investimento florestal requer um montante significativo de capital, o qual fica imobilizado por longo período (SIMIONI e HOEFLICH, 2006).

Dentre os produtos florestais brasileiros como celulose (3º produtor mundial), madeira serrada (11º produtor mundial) e painéis e compensados (8º produtor mundial), apenas a celulose apresentou competitividade internacional no período de 2000 – 2011. O crescimento da produção nacional de serrados, entre 2000 e 2011, foi de 28,0% (2,3% a.a.), entretanto, as exportações nacionais do produto diminuiram 39,4% (4,4% a.a.), remetendo ao fato de que o mercado interno, particularmente o da construção civil, está sustentando o aumento da produção deste segmento (ABRAF, 2012).

Dos métodos de avaliação econômica de projetos, existem os que não consideram a variação do capital no tempo, sendo eles: tempo de retorno de capital, razão receita/custo e razão receita média/custo, indicados para horizontes de planejamento curtos sem inflação, e os que consideram a variação do capital no tempo. Sendo estes: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), razão benefício custo (B/C), valor periódico equivalente (VPE) e custo médio de produção (CMP) (SILVA; JACOVINI; VALVERDE, 2008).

De acordo com estes autores, o valor presente líquido (VPL) significa a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos. A taxa interna de retorno (TIR) seria a taxa de desconto que iguala o valor presente das receitas ao valor presente dos custos, igualando o VPL a zero, sendo que o projeto que apresentar maior TIR será considerado melhor. A razão benefício custo (B/C) é a razão entre o valor atual das receitas e o valor atual dos custos, onde se a razão $B/C > 1$, o projeto é economicamente viável. O valor periódico equivalente (VPE) seria um critério que transforma o valor atual do projeto ou VPL em fluxo de receitas ou custos periódicos e contínuos, equivalente ao valor atual, durante a vida útil do projeto e por fim o custo médio de produção (CMP) seria a divisão do valor atual do custo pela produção total equivalente.

Segundo Rezende, Oliveira (2011) e Silva, Jacovini e Valverde (2008) o projeto que apresentar o VPL positivo, seria economicamente viável, além de ser considerado o melhor aquele com maior VPL. Ainda relatam que o VPL é um método que apresenta menos falhas, sendo considerado um dos melhores, pois conduz em sua maioria a resultados corretos. Entretanto não considera o horizonte do projeto, havendo necessidade de correção dos horizontes, se os projetos analisados possuírem diferentes durações ou tempos de maturação.

Existe a necessidade de se atentar a diferenciação de taxas de juros, na análise econômica de projetos de investimento florestal, pois a inflação também influencia a taxa de juro real a ser utilizada, e a taxa de juro real eleva-se em empréstimos quando há expectativa inflacionária para proteger o capital durante o prazo do empréstimo. Desta forma podem ocorrer distorções nas estimativas dos indicadores de rentabilidade e na seleção de projetos de investimento, pois a inflação poderá ocorrer ao longo do investimento, e assim prejudicar o resultado da análise de projetos pelo fato de que os preços de insumos e produtos podem ser

afetados tanto na forma como no ritmo, em diferentes magnitudes (SCHNEIDER, 2006).

Ainda de acordo com Schneider (2006) a taxa interna de retorno de um projeto é expressa pela taxa anual de retorno do capital investido, e tem propriedade de igualar o valor das receitas ao valor atual dos custos. Esta medida econômica determina se a rentabilidade é superior, inferior ou igual ao custo do capital utilizado para financiar o projeto e ainda está associada à viabilidade de um projeto de investimento.

Em termos de avaliações econômicas para o gênero *Eucalyptus*, muitos trabalhos já foram realizados, mas estes são incipientes para a região de origem dos dados do presente trabalho, região centro oriental Rio-grandense e metropolitana de Porto Alegre.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da espécie, localização e área de estudo

O *Eucalyptus grandis* W. Hill ocorre naturalmente na Austrália, entre as latitudes 16 e 33°S, no território de New South Wales. Populações distintas ocorrem na região central e noroeste de Queensland. No Brasil as árvores provenientes da região de Coff's Harbour crescem melhor que as provenientes dos extremos norte e sul da sua região natural (HILLIS; BROWN, 1984).

As espécies do gênero *Eucalyptus* caracterizam-se pela elevada produtividade, adaptabilidade as mais diversas regiões e diferentes climas e contribuem para a diminuição do desmatamento em áreas de preservação e reservas legais de matas nativas, além de auxiliar na captura de dióxido de carbono na atmosfera (GARAY et al., 2004).

Para o estudo foram utilizados dados de povoamentos com densidade completa com diferentes idades e sítios para permitirem a determinação da linha de máxima densidade. Também foram utilizados dados provenientes de povoamentos experimentais instalados com mudas produzidas com base em sementes, todos localizados na região de estudo no estado do Rio Grande do Sul.

De acordo com Moreno (1961), o Rio Grande do Sul, segundo o sistema de Köppen, enquadra-se na zona fundamental temperada ou "C" e no tipo fundamental "Cf" ou temperado úmido. Para Mota e Zahler (1994), o estado, embora compreendido nessa zona temperada, possui um clima caracteristicamente subtropical. Segundo Nimer (1989), a precipitação pluviométrica média anual para a cidade de Viamão, na região de estudo, fica em torno de 1500 mm, e a temperatura média anual é de aproximadamente 18,8°C.

Já o clima da região, do estudo, de acordo com a classificação climática de Köppen é do tipo Cfa, com temperatura média do mês mais quente em torno de 25,1°C, temperatura média do mês mais frio em torno de 14,1°C, e a precipitação média anual da ordem de 1699 mm (MORENO, 1961).

De acordo com Lemos et al., (1973), os solos da área pertencem à unidade de mapeamento Rio Pardo, os quais são profundos, de coloração avermelhada em toda a extensão do perfil, argilosos, bem drenados e derivados de siltitos finos da Formação Rio Pardo. Apresentam limitações pela fertilidade natural que é baixa, sendo fortemente ácidos, com saturação de bases baixa, relativamente pobres em nutrientes, com teores de alumínio trocável ponderável.

Os povoamentos do referente estudo estão localizados nas mesorregiões Centro Oriental Rio-grandense - IV e Metropolitana de Porto Alegre - V do Estado do Rio Grande do Sul, representadas na Figura 2, conforme classificação do IBGE (1986).

a) Mesorregião IV: Centro Oriental Rio-grandense

Esta Mesorregião IV, Centro Oriental Rio-grandense, engloba as microrregiões: Santa Cruz do Sul, Lageado, Estrela e Cachoeira do Sul.

b) Mesorregião V: Metropolitana de Porto Alegre

A Mesorregião V, Metropolitana de Porto Alegre, engloba as microrregiões: Lagoa dos Patos, Montenegro, Gramado, Canela, Porto Alegre, Osório e Camaquã.

Os povoamentos amostrados são originados de sementes, utilizadas na produção das mudas, da espécie *Eucalyptus grandis* W. Hill, procedência Botucatu (PSC – COFFS HARBOUR).

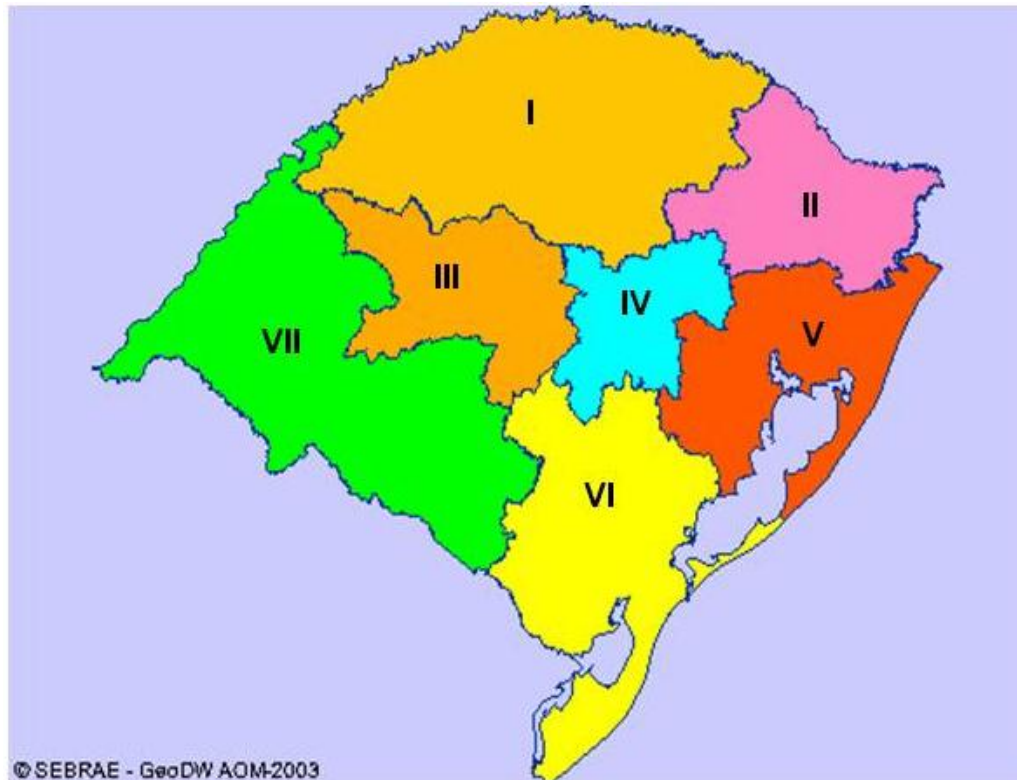


Figura 2 - Mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

4.2 Amostragem dos dados

O banco de dados formado para o presente estudo foi advindo de parcelas permanentes de 30 x 20m e cubagens das árvores médias dos povoamentos implantados com diferentes espaçamentos iniciais de: 1,0m X 1,5m; 3,0m x 1,7m; 2,3m X 2,3m; 2,0m X 2,0m, dentre outros, em sua maioria considerados reduzidos e todos medidos periodicamente até os 15, 16, 17, 18 e 19 anos de idade, dependendo dos povoamentos amostrados das parcelas permanentes. Para a modelagem dos dados referentes ao número de árvores, foram utilizados 107 observações, já para a modelagem das alturas dominantes, utilizou-se 1905, para a modelagem relacionada as equações de volume, empregou-se 792 observações, e na modelagem das funções probabilísticas 1275.

4.3 Metodologias empregadas

Aplicaram-se metodologias designadas aos estudos de crescimento da espécie em questão, além de sua densidade, diagramas de manejo, funções de densidade, forma de tronco e avaliação econômica.

4.3.1 Classificação de sítio

Para a classificação de sítio, foram ajustadas equações que levaram em consideração a variável resposta altura dominante em função da idade (Tabela 1). Como altura dominante (h_{100}) consideraram-se a média aritmética das alturas das dez árvores de maior diâmetro (DAP) por parcela, segundo o conceito de Assmann (1970).

Tabela 1 - Modelos testados para descrever a altura dominante em função da idade para povoamentos de *Eucalyptus grandis*, Rio Grande do Sul.

Equação	Modelo de crescimento	Autor
1	$\ln y = b_0 + b_1 \cdot \left(\frac{1}{t}\right)$	Schumacher
2	$y = b_0 \cdot (1 - e^{(b_1 \cdot t)})$	Richards
3	$\ln y = b_0 + \left(b_1 \cdot \frac{1}{t}\right)^{b_2}$	Bailey e Clutter
4	$y = b_0 \cdot (1 - e^{(b_1 \cdot t)^{b_2}})$	Chapman-Richards

Sendo y a variável dependente altura dominante (m); t a idade em anos; b_0 , b_1 e b_2 os parâmetros; ln o logaritmo neperiano. Fonte: Schneider et al. (2009).

Na construção das curvas de índice de sítio para o presente trabalho, utilizaram-se dados de parcelas permanentes, sendo a classificação do sítio realizada com os pares de dados de altura dominante e idade. Através do método da

curva guia, ajustou-se uma curva de regressão analítica e por meio do desvio padrão em relação a esta curva guia ou média, traçaram-se as linhas externas e intermediárias. A linha localizada nas maiores alturas e nas menores alturas foi utilizada para descrever os melhores e piores sítios. As linhas intermediárias traçadas entre estas foram utilizadas para descrever os demais sítios de crescimento médio.

4.3.2 Funções de densidade e diâmetro

Os estudos de densidade e diâmetro foram realizados por meio do número de árvores por hectare e o correspondente diâmetro médio das árvores do povoamento. Para isto, foram testadas as equações de Reineke (1933), Yoda et al. (1963), Zeide (1995) e Tang, Meng e Meng, (1994), expressas por:

a) Modelo da densidade e diâmetro de Reineke (1933)

$$\ln(N) = a_1 - b_1 \ln(d) \quad (5)$$

b) Modelo da densidade e diâmetro de Yoda et al., (1963)

$$\ln(N) = a_1 - b_1 \ln(d) - c_1 (\ln(d))^2 \quad (6)$$

c) Modelo da relação densidade e diâmetro de Zeide (1995)

$$\ln(N) = a_1 - b_1 \ln(d) + c_1 h \ln(d) \quad (7)$$

d) Modelo do autodesbaste de Tang, Meng e Meng (1994)

$$\ln N(t) = \ln S_f - \frac{1}{\gamma} \ln \left[(D(t)/d_o)^{\beta\gamma} + \delta \right] \quad (8)$$

Sendo: d = diâmetro médio das árvores; h a altura média; N = número de árvores por hectare; t = idade do povoamento (ano); β = taxa máxima de autodesbaste sobre o povoamento de densidade completa; N(t) = densidade do povoamento no tempo t (número de árvores por hectare); D(t) = diâmetro médio das árvores no tempo t (cm); S_f = índice máxima densidade do povoamento; γ = índice de autodesbaste; d_o = diâmetro básico padrão (25 cm) e a_1 , b_1 e c_1 = parâmetros dos modelos.

No modelo de Tang, Meng e Meng (1994), a constante δ foi determinada pela densidade inicial do povoamento (N_1), o diâmetro médio inicial (d_1) e pelo diâmetro padrão de 25 cm, na seguinte fórmula:

$$\delta = (S_f / N_1)^\gamma - (d_1 / d_o)^{\beta\gamma} \quad (9)$$

4.3.3 Determinação dos Índices de Densidade do Povoamento

De acordo com o modelo de Tang, Meng e Men (1994), previamente ajustado aos dados de densidade de árvores por hectare pelo diâmetro médio das parcelas permanentes inventariadas, determinaram-se os Índices de Densidade do Povoamento (IDPs), com base na linha de densidade máxima por diâmetro, que representou a ocasião de autodesbaste da população.

Por meio do diâmetro base e padrão de 25 cm foram obtidos os Índices de Densidade do Povoamento, através da estratificação das densidades de forma proporcional. Para isto, foram utilizados intervalos de IDP iguais a 200, no diâmetro padrão de 25 cm, sendo gerados os IDP: 1000, 800, 600, 400 e 200.

4.3.4 Construção do Diagrama de Manejo da Densidade

Na formulação dos Diagramas de Manejo da Densidade (DMD), foi observada a seguinte sequência básica:

- a) Seleção da equação de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio;
- b) Determinação dos Índices de Densidade do Povoamento para um intervalo de classe de 200 árvores, no diâmetro padrão de 25 cm;
- c) Determinação das variáveis do Diagrama de Manejo da Densidade, definidos pelo: diâmetro médio, volume médio, área basal e volume por hectare;
- d) Determinação da área basal média por hectare pelo diâmetro médio (\bar{d}) em metros e número de árvores por hectare (N), em cada IDPs, obtidas através da equação:

$$\bar{G} = \frac{\pi \cdot \bar{d}^2}{40000} \cdot N \quad (10)$$

- e) O volume por hectare nos IDPs correspondentes foi estimado pelo volume médio pelo número de árvores por hectare, através da equação:

$$V = N \cdot \bar{v} \quad (11)$$

Sendo: V = volume (m^3ha^{-1}); N = número de árvores (ha^{-1}); \bar{v} = volume da árvore média (m^3).

Para estimar o volume médio das árvores, foram ajustadas as equações recomendadas para esta finalidade por Penner et al. (2002), expressas na Tabela 2.

Tabela 2 - Equações ajustadas para descrever o volume médio das árvores.

Equação	Modelos
12	$\ln \bar{v} = b_0 + b_1 \cdot \ln N + b_2 \cdot \ln d$
13	$\ln \bar{v} = b_0 + b_1 \cdot \ln N + b_2 \cdot \ln G$
14	$\bar{v} = b_0 + b_1 \cdot (d \cdot h)^{b_2}$
15	$\ln \bar{v} = b_0 + b_1 \cdot \ln d + b_2 \cdot \ln h$
16	$\bar{v} = \frac{1}{(b_0 \cdot h_{100}^{b_1} + b_2 \cdot N \cdot h_{100}^{b_3})}$

Sendo: \bar{v} o volume médio (m^3); d o diâmetro à altura do peito (cm); N o número de árvores (ha^{-1}); G a área basal (m^2/ha); h a altura; h_{100} a altura dominante (m); b_0 , b_1 , b_2 e b_3 os parâmetros.

Segundo Selle (2009), a linha de máxima densidade de ocupação, ou linha “A”, corresponde a uma relação teórica que descreve a trajetória seguida pelo número de árvores que se encontra em densidade máxima de ocupação, frequentemente utilizada como indicador do limite superior da capacidade máxima que o local suporta.

A linha de máxima densidade foi construída a partir de povoamentos em estoque máximo e apresentando mortalidade natural, desde florestas jovens até florestas adultas.

O modelo permitiu gerar as densidades máximas para o diâmetro da árvore de área basal média e, com base nestas densidades máximas, foram gerados índices de densidade, fixando o diâmetro padrão de 25 cm. Os índices foram gerados de maneira gradual e por proporção, em intervalos de classes de índice 200 e variaram desde um valor de máximo número de árvores até um valor mínimo.

4.3.5 Funções de densidade probabilística

As funções densidade de probabilidade (fdp) mais difundidas no campo florestal são: Gama, Beta, Normal, Exponencial, Weibull e SB de Johnson. Existem diferentes métodos para estimar os parâmetros das funções densidade de probabilidade, tais como o método dos Momentos, Regressão, Máxima Verossimilhança e Percentis, além de outros estimadores que têm sido desenvolvidos por inúmeros pesquisadores nos últimos anos (ORELLANA, 2009). Mais recentemente, a distribuição Weibull tem sido a mais amplamente utilizada, e sua popularidade se baseia na sua relativa simplicidade e flexibilidade (MIGUEL, 2009).

Para realizar a aderência das distribuições estimadas com a estrutura real, MIGUEL (2009) relata que na maioria dos casos é empregado o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade, indicado para avaliar a distribuição teórica de um conjunto de dados, já que é muito sensível a qualquer diferença do valor central e da dispersão. A consistência das distribuições diamétricas obtidas para cada classe quase sempre é utilizada valendo-se do teste de Kolmogorov-Smirnov, que de acordo com Schneider, Schneider e Souza (2009), baseia-se na razão entre a diferença máxima absoluta das frequências observadas e esperadas e o número de observações, sendo esta razão comparada com o valor tabelar de Kolmogorov-Smirnov.

Com a finalidade de gerar os sortimentos de madeira para os regimes de manejo dos povoamentos estudados, fez-se a distribuição das frequências das árvores por classes de diâmetro no tempo. Desta forma, as equações das distribuições diamétricas foram ajustadas pelo programa SAS (2007), na opção do procedimento Capability (Tabela 3).

Tabela 3 - Funções de densidade probabilística ajustadas para estrutura diamétrica dos povoamentos estudados.

Função	Fórmula	Condições
Weibull (17)	$f(x) = \left(\frac{\beta h \cdot 100}{\sigma}\right) \left(\frac{x-\alpha}{\sigma}\right)^{\beta-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{x-\alpha}{\sigma}\right)^\beta\right]^c$	Sendo h a largura do intervalo de classe no histograma, σ o valor de escala ($\sigma < 0$), α o parâmetro que indica a locação inicial da distribuição do diâmetro mínimo, β a forma da distribuição de densidade de probabilidade ($\beta > 0$) na condição de $x \geq 0$, x a variável aleatória observada ($x > 0$) e f(x) a probabilidade de frequência;
Normal (18)	$f(x) = \frac{h \cdot 100}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot \exp^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$	Sendo h a largura do intervalo de classe no histograma, μ a média dos diâmetros, σ o desvio padrão da variável estudada, x a variável aleatória observada ($x > 0$) e f(x) a probabilidade de frequência.
Log-normal (19)	$f(x) = \frac{h \cdot 100}{\sigma(x-a)\sqrt{2\pi}} \cdot \exp^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-a)-\mu}{\sigma}\right)^2}$	Sendo h a largura do intervalo de classe no histograma, μ a média dos diâmetros, σ o desvio padrão dos diâmetros a uma constante tal que a variável $\ln(x-a)$ tenha distribuição normal, x a variável aleatória observada ($x > 0$) e f(x) a probabilidade de frequência.
Gamma (20)	$f(x) = \frac{h \cdot 100}{\beta \Gamma(\alpha)} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \cdot \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)\right)$	Sendo h a largura do intervalo de classe no histograma, $\Gamma(\alpha)$ a função Gama ordinária de α , α o parâmetro de forma ($\alpha > 0$), β o valor de escala ($\beta < 0$), x a variável aleatória observada ($x > 0$) e () fx a probabilidade de frequência.

Foram ainda traçadas curvas das frequências estimadas sobre o histograma das frequências observadas, por classe de diâmetro, para todas as funções ajustadas. Adotou-se um “ranking” entre as cinco distribuições diamétricas, para avaliar qual distribuição na média de todas as análises teve um desempenho mais eficaz.

A normalidade e a qualidade do ajustamento dos dados foi determinada por meio dos seguintes testes de aderência, conforme Cao (2004):

4.3.6 Testes de aderência

Para a hipótese de nulidade de uma amostra ter ou não origem em uma população normalmente distribuída aplicaram-se os testes de:

a) Kolmogorov-Smirnov (KS) a um nível de 5% de probabilidade:

$$D_{\text{calc}} = \frac{\text{SUP}_x |F_{O(x)} - F_{E(x)}|}{n} \quad (21)$$

Em que: $F_{O(x)}$ = frequência observada acumulada; $F_{E(x)}$: frequência esperada acumulada; n = Número de observações; D_{calc} = Valor D calculado.

b) Shapiro-Wilk:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (22)$$

Em que: x_i = estatística de ordem i^{th} , isto é, o número i^{th} – menor número na amostra; $\bar{x} = (x_1 + \dots + x_n)/n$ = média da amostra; a_i = constantes dadas por: $(a_1 + \dots + a_n) = \frac{m^t V^{-1}}{m^t V^{-1} V^{-1} m}^{1/2}$; $m = (m_1 + \dots + m_n)^t$; (m_1, \dots, m_n) valores esperados das estatísticas de ordem da independente e idêntica-distribuição das variáveis aleatórias para uma distribuição normal padrão; V = matriz de covariância desta ordem estatística.

Rejeita-se a hipótese de nulidade se o valor de W for demasiadamente pequeno (SCHNEIDER et al., 2009).

c) Cramér-von Mises (W-Sq):

$$W^2 = \int_{-\infty}^{\infty} [F(x) - F^*(x)]^2 dF(x) \quad (23)$$

Em que: $F(x)$ a distribuição de probabilidade de frequência teórica e $F^*(x)$ a distribuição de probabilidade empírica ajustada.

d) Qui-quadrado (χ^2):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (24)$$

Em que: O_i é a frequência observada na classe i , E_i a frequência esperada na classe i , K o número de classes, $E_i = N(F(Y_{it}) - F(Y_t))$, F a distribuição acumulativa da função de distribuição, Y_{it} o limite superior da classe i , Y_t , o limite inferior da classe i e N a amplitude da amostra.

e) Anderson-Darling (A-Sq)

$$AD_i = -n_i - \sum_{j=1}^{n_j} (2j - 1) [\ln(u_j) + (1 - u_{n-j+1})/n_i] \quad (25)$$

Em que: $u_j = 1 - \exp\{-[(x_j - a)/b]^c\}$, n_i O número de árvores na $i^{\text{ésima}}$ combinação de idade da amostra e x_j o diâmetro, ordenado em ordem ascendente em cada combinação de idade da amostra (x_1

Em cada teste de aderência utilizado nas diferentes idades, as variáveis estatísticas de menor valor indicaram os melhores resultados, e, dessa forma, foi realizado um ranqueamento de 1 a 4, sendo 1 o valor representativo dos melhores resultados. A soma do valor deste ranqueamento para cada parâmetro estatístico estabeleceu o valor total e a média para cada distribuição Normal, Ln-normal, Weibull e Gama. A menor média do ranqueamento determinou a função que melhor representou a distribuição das frequências nas classes de diâmetros em cada idade, nos espaçamentos adensados.

4.3.7 Prognose da distribuição probabilística de frequência

Os parâmetros de escala e forma da função Weibull (17) foram gerados pelo procedimento capability, sendo obtidos valores de forma e escala por idade, em que se dispunham de 1275 observações distribuídas nas idades de 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, anos.

Para a estimativa dos parâmetros da função recorreu-se às 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 'b' e 'c' foram definidas pelo procedimento stepwise do pacote estatístico SAS. A definição das variáveis independentes foram baseadas na significância estatística e na sua relação ecológica com variável dependente.

$$b = b_0 + b_1 * \ln(DAP) + b_2 * (N)^2 + b_3 * \left(\frac{1}{I}\right) \quad (26)$$

$$C = b_0 + b_1 * \left(\frac{1}{G^2}\right)^{1/2} \quad (27)$$

Em que: b = parâmetro de escala a ser estimado do modelo Weibull, C =parâmetro de forma a ser estimado para a função Weibull, DAP = diâmetro médio por idade em cm; N = Número de árvores por hectare; I = Idade em anos; e G = Área Basal em m².

Ainda foram ajustadas funções para estimativa de número de árvores e de altura com os seguintes modelos:

$$\ln(N) = b_0 + b_1 * \ln(I) + b_2 * \ln(DAP) \quad (28)$$

$$\ln(H) = b_0 + b_1 * \ln(I) + b_2/DAP \quad (29)$$

Em que: N = número de árvores por hectare; H = altura total, em m; I = idade, em anos; DAP = diâmetro médio por idade em cm.

Para avaliar a dinâmica da distribuição diamétrica dos povoamentos no tempo ajustou-se a função de Weibull com dois parâmetros devido à maior flexibilidade e eficiência (CAMPOS; LEITE, 2009; RAMOS et al., 2014):

$$f(x) = \left(\frac{c}{s}\right) * \left(\frac{x-a}{s}\right)^{c-1} * \exp\left[-\left(\frac{x-a}{s}\right)^c\right] \quad (30)$$

Sendo: $f(x)$ = frequência ou volume por unidade de área; a = parâmetro de localização; S = parâmetro de escala; c = parâmetro de forma; x = classes de diâmetro à altura do peito (DAP), referente a 1,3 m do nível do solo.

4.3.8 Forma de tronco e sortimentos de madeira

A partir dos dados de cubagem das árvores a partir de 10 cm do solo e análise de tronco, distribuídos por classe de diâmetro, com amplitude 10 a 60 cm, foram determinados os diâmetros e alturas relativas para o ajuste da forma de tronco. As funções de forma de tronco testadas para determinação dos sortimentos de madeira foram o polinômio do terceiro e quinto graus de Prodan (1965), de Kozak, Munro e Smith (1969), de Silva e Sterba e pelo modelo de potência fracionária de Hradetzky (1976) expressos por:

a) Polinômio do quinto grau ou modelo de Prodan (1965):

$$\left(\frac{d_i}{d}\right) = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h}\right) + b_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + b_3 \left(\frac{h_i}{h}\right)^3 + b_4 \left(\frac{h_i}{h}\right)^4 + b_5 \left(\frac{h_i}{h}\right)^5 \quad (31)$$

b) Polinômio de terceiro grau ou modelo de Prodan (1965):

$$\left(\frac{d_i}{d}\right) = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h}\right) + b_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + b_3 \left(\frac{h_i}{h}\right)^3 \quad (32)$$

c) Modelo de Kozak, Munro e Smith (1969):

$$\left(\frac{d_i}{d_{1,3}}\right)^2 = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h}\right) + b_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 \quad (33)$$

d) Modelo de Munro (1966):

$$\frac{d_i}{d} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h-1,3}\right) \quad (34)$$

e) Modelo de Silva e Sterba:

$$\ln\left(\frac{d_i}{d}\right) = b_0 + b_1 \ln\left(\frac{h-h_i}{h}\right) + b_2 \ln^2\left(\frac{h-h_i}{h}\right) \quad (35)$$

f) Modelo de Hradetzky (1976)

$$\left(\frac{d_i}{d_{1,3}}\right) = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h}\right)^{0,005} + b_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^{0,009} + b_3 \left(\frac{h_i}{h}\right)^{0,1} + \dots + b_4 \left(\frac{h_i}{h}\right) + \dots + b_5 \left(\frac{h_i}{h}\right)^{15} + \dots + b_k \left(\frac{h_i}{h}\right)^{25} \quad (36)$$

Sendo que: d_i = diâmetro à altura i , em centímetros; $d_{1,3}$ = diâmetro à altura do peito (1,30), em centímetros; h_i = altura na posição i , em metros; h = altura total da árvore, em metros; $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ e b_k = coeficientes.

As alturas (h_i) foram estimadas por uma equação polinomial de quinto grau tendo como variáveis dependentes as alturas relativas (h_i/h) e como independentes os diâmetros relativos (d_i/d).

O fuste aproveitável foi otimizado para formar, preferencialmente, toras com o maior diâmetro e comprimento, e o restante do fuste, classificado nas classes ligeiramente inferiores, de menor comprimento.

A parte do fuste com diâmetro inferior a 8 cm com casca, juntamente com toda a parte do fuste que não possibilitou a formação de uma tora, foi considerado como volume residual.

Os sortimentos foram calculados pela integração da função de forma de tronco selecionada, definida pela função polinomial de Hradetzky. A função de forma de tronco integrada gerou 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. No caso optou-se por trabalhar com 4 sortimentos e resíduo, expressos por;

S1= Comprimento de 3,0m e diâmetro \geq 33cm na ponta fina;

S2= Comprimento de 2,65m e diâmetro entre 23-33cm na ponta fina;

S3= Comprimento de 2,40m e diâmetro entre 16-23cm na ponta fina;

S4= Comprimento de 1,50m e diâmetro entre 8-16cm na ponta fina;

RES= Comprimento restante do fuste e diâmetro $<$ 8 cm na ponta fina.

O volume total do fuste foi obtido quando a altura superior, na ponta fina, refere-se a toda a altura estimada do fuste. O volume de um sortimento foi obtido

subtraindo o volume correspondente ao início da secção do volume correspondente ao final da mesma secção.

De acordo com Kohler (2013), o Polinômio de potências inteiras e fracionárias se diferencia do polinômio de quinto grau por apresentar um conjunto de potências inteiras e fracionárias para melhor representar o afilamento da árvore nos extremos. Hradetzky (1976) sugeriu a construção do modelo pelo procedimento de seleção Stepwise, com a utilização de potências inteiras da ordem de dezenas para representar a base de árvore, em conjunto com potências fracionárias para representar a porção superior do fuste. As potências testadas foram: 0,005; 0,09; 0,08; 0,07; 0,06; 0,05; 0,04; 0,03; 0,02; 0,01; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 1; 2; 3; 4; 5; 10; 15; 20 e 25.

Assim, os diâmetros relativos em função das alturas relativas foram obtidos pela função de Hradetzky, expressa por:

$$\frac{d_i}{DAP} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h_t}\right) + b_2 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^2 + b_3 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^{0,005} + b_4 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^{10} \quad (37)$$

Em que: d_i/DAP = diâmetro relativo; $X = h_i/h_t$ = alturas relativas.

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

$$\frac{d_i}{d} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h}\right) + b_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + b_3 \left(\frac{h_i}{h}\right)^{0,005} + b_4 \left(\frac{h_i}{h}\right)^{10} \quad (38)$$

Isolando-se d_i a equação fica assim expressa:

$$d_i = b_0 \cdot d + b_1 \cdot d \left(\frac{h_i}{h}\right) + b_2 \cdot d \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + b_3 \cdot d \left(\frac{h_i}{h}\right)^{0,005} + b_4 \cdot d \left(\frac{h_i}{h}\right)^{10} \quad (39)$$

E prosseguindo no desenvolvimento da equação:

$$d_i = b_0 \cdot d + \frac{(b_1 \cdot d \cdot h_i)}{h} + \frac{(b_2 \cdot d \cdot h_i^2)}{h^2} + \frac{(b_3 \cdot d \cdot h_i^{0,005})}{h^{0,005}} + \frac{(b_4 \cdot d \cdot h_i^{10})}{h^{10}} \quad (40)$$

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

$$a=b_0.d; a_1=b_1.\left(\frac{d}{h}\right); a_2=b_2.\left(\frac{d}{h^2}\right); a_3=b_3.\left(\frac{d}{h^{0,005}}\right); a_4=b_4.\left(\frac{d}{h^{10}}\right); \quad (41)$$

Então a equação de forma de tronco passou a ser:

$$d_i=a_0+a_1.h_i+a_2.h_i^2+a_3.h_i^{0,005}+a_4.h_i^{10} \quad (42)$$

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 .

$$V=K. \int_0^{h_i} Y^2 .d_{h_i} \quad (43)$$

Em que: V= Volume em metros cúbicos = Constante, Y= d_i = Função de forma redefinida, h_i = altura relativa, correspondente ao comprimento da tora.

Substituindo-se o Y da função (43) pela função (42) obtém-se:

$$V=K. \int_0^{h_i} (a_0+a_1.h_i+a_2.h_i^2+a_3.h_i^{0,005}+a_4.h_i^{10})^2 .d_{h_i} \quad (44)$$

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

$$V=K. \left[\begin{aligned} & a_0^2.h_i + \frac{a_1^2.h_i^3}{3} + \frac{a_2^2.h_i^5}{5} + \frac{a_3^2.h_i^{1,01}}{1,01} + \frac{a_4^2.h_i^{21}}{21} + \\ & + a_0.a_1.h_i^2 + \frac{2.a_0.a_2.h_i^3}{3} + \frac{2.a_0.a_3.h_i^{1,005}}{1,005} + \frac{2.a_0.a_4.h_i^{11}}{11} + \\ & + \frac{a_1.a_2.h_i^4}{2} + \frac{2.a_1.a_3.h_i^{2,005}}{2,005} + \frac{2.a_1.a_4.h_i^{12}}{12} + \frac{2.a_2.a_3.h_i^{3,005}}{3,005} + \\ & + \frac{2.a_2.a_4.h_i^{13}}{13} + \frac{2.a_3.a_4.h_i^{11,005}}{11,005} \end{aligned} \right]_0^{h_i} \quad (45)$$

A obtenção do volume dos sortimentos foi 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. Conforme a função;

$$V_t = K \cdot \left(\int_0^{X_2} Y^2 \cdot dX_2 - \int_0^{X_1} Y^2 \cdot dX_1 \right) \quad (46)$$

Em que: V_t = Volume da tora em metros cúbicos, $K = \pi/40000$; X_1 = altura no início da tora em metros, X_2 = altura no final da tora em metros.

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.

4.3.9 Critérios de seleção dos modelos matemáticos

A seleção dos modelos de regressão foi realizada através do ajuste de cada equação comparativamente, observando os critérios estatísticos definidos pelo:

a) Coeficiente de determinação ajustado: compara modelos com número diferente de coeficientes de regressão:

$$R^2_{aj.} = 1 - \left\{ (1 - R^2) \cdot \left(\frac{n-1}{n-p-1} \right) \right\} \quad (47)$$

Em que: $R^2_{aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; n = número de dados; p = número de coeficientes de cada modelo utilizado.

b) Erro padrão da estimativa: indica a dispersão entre os valores estimados pela regressão em relação à média da variável dependente e quanto menor o valor menor a dispersão e mais adequado é o modelo. Tal 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:

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{SQ_{res}}{n-p}} \quad (48)$$

Em que: SQ_{res} = soma dos quadrados dos resíduos; n = número de dados; p = número de coeficientes de cada modelo utilizado;

c) Coeficiente de variação: também chamado de erro padrão da estimativa em percentagem, sendo utilizado como comparador para modelos que apresentam variável dependente com diferentes unidades de medida:

$$CV(\%) = \frac{S}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (49)$$

Em que: S = desvio padrão; \bar{y} = média da variável dependente.

d) Distribuição gráfica dos resíduos: ferramenta importante para a análise do desempenho de uma função de regressão. Por ele foi possível identificar possíveis tendências das estimativas. Os resíduos foram 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:

$$\text{Resíduo}(\%) = \frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i} \cdot 100 \quad (50)$$

Em que: \hat{y}_i = Número de árvores observado (n/ha); y_i = Número de árvores estimado pelos modelos (n/ha).

e) Índice de Furnival: que foi utilizado para comparar modelos logarítmicos, que possuem a variável dependente transformada, com modelos aritméticos (FURNIVAL, 1961), e o índice de Furnival relativo, utilizado na comparação dos modelos logarítmicos, com o coeficiente de variação de modelos aritméticos (SCHNEIDER; SCHNEIDER; SOUZA, 2009). As derivadas da equação publicadas em Alder (1980) encontram-se na Tabela 4 e o índice de Furnival de acordo com Silva e Bailey (1991) com a indicação de correção para o número de observações e parâmetros da equação foi obtido pela seguinte fórmula:

$$IF = \left[\text{antilog} \left(\frac{\sum \log Y}{N} \right) \right] \cdot S_{yx} \cdot \exp[(N-P)/2N] \quad (51)$$

$$F\% = \frac{IF}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (52)$$

Em que: IF = Índice de furnival; IF% = Índice de furnival em percentual; N = número de observações; P = número de coeficientes; Y = variável dependente; S_{yx} = erro padrão da estimativa.

Tabela 4 - Primeira derivada da variável dependente transformada.

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

Fonte: ALDER (1980).

f) Valor de F: usado para verificar a significância do modelo;

g) Valor ponderado dos escores estatísticos. Usado para facilitar a análise e o processo de seleção do modelo mais adequado, como critério de ponderação dos resultados estatísticos, conforme Thiersch (1997). Tal critério atribui pesos aos resultados estatísticos, sendo a designação do melhor modelo feita pela somatória dos escores, valores de 1 a n, onde a menor soma dos escores indica a seleção da equação.

A validação dos modelos de densidade de árvores por hectare por diâmetro médio do povoamento foi realizada pelos critérios estatísticos, recomendados por Palahi; Miima e Montero (2002) e Cellini et al., (2002) definidos por:

a) Tendência (bias)

$$\text{Bias} = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \hat{Y}_i)}{n} \quad (53)$$

b) Eficiência (E)

$$E = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right] \quad (54)$$

c) Desvio padrão residual relativo (S%)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1}} \quad (55)$$

d) Desvio médio relativo (D%)

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right)}{n} \quad (56)$$

e) Qui-quadrado (χ^2)

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\hat{y}_i} \quad (57)$$

Em que: y_i = valor observado da densidade de árvores por hectare; \bar{y} = valor médio das densidades de árvores por hectare; \hat{y}_i = valor estimado da densidade de árvores por hectare; n = número de observações.

4.3.10 Otimização econômica dos regimes de manejo

As avaliações econômicas foram realizadas dentro do conceito de projetos de investimentos florestais, entendido como a inversão de capital em determinado empreendimento, com a finalidade de obtenção de receitas.

No estudo, para a análise econômica dos regimes de manejo florestal foram utilizados tão somente os métodos que consideravam a dimensão dos valores monetários no tempo, por serem mais confiáveis e eficientes.

Para a avaliação dos regimes de manejo foi utilizada a taxa de juros de 5,65% ao ano, por se tratar de um valor praticado pelas agências de financiamento para investimentos em reflorestamento.

Os métodos de análise econômica empregados foram:

a) Valor presente líquido

$$VPL = \frac{R_r + [\sum D_j \cdot (1+i)^{r-j}] - [C \cdot (1+i)^r] - \left[\frac{a+t}{i} \cdot (1+i)^r - 1 \right]}{(1+i)^r} \quad (58)$$

Sendo: 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 custo da terra; i = taxa de juros ao ano.

b) Taxa interna de retorno

$$\left\{ R_r + \sum D_j \cdot (1+i)^{r-j} \right\} = \left\{ C \cdot (1+i)^r + \frac{(a+t)}{i} \cdot [(1+i)^r - 1] \right\} = 0 \quad (59)$$

Sendo, 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.

c) Valor anual equivalente

$$VAE = \left\{ VPL \cdot i \cdot (1+i)^n \right\} / \left\{ (1+i)^n - 1 \right\} \quad (60)$$

Sendo, VPL = valor presente líquido; i = taxa de juros ao ano; n = horizonte de planejamento.

4.3.11 Determinação dos custos

Padronizaram-se os procedimentos operacionais das atividades técnicas aplicadas na constituição e condução dos povoamentos, para a resolução dos custos diretos de implantação e manutenção do investimento florestal.

Torna-se necessário o conhecimento para a implantação de projetos florestais, influenciados pelos custos de implantação: a densidade do plantio, o custo e transporte, o plantio, o replantio, adubação, a distância entre linhas de plantio que afetam na mecanização e o tipo de muda utilizada, se produzida a partir de sementes ou pomar clonal.

Na formação dos custos, inicialmente foram definidas as operações manuais e mecanizadas de todas as atividades realizadas em um empreendimento florestal definido como padrão na obtenção dos rendimentos operacionais, considerando um espaçamento inicial de 3 x 2m. Ainda foram levantados o custo de mão de obra regional de todas as atividades realizadas em um empreendimento florestal. Na Tabela 5, encontram-se os custos de implantação e manutenção com os respectivos anos de ocorrências dos mesmos.

Tabela 5 - Custos por hectare para implantação e manutenção de povoamentos de *Eucalyptus grandis* no Rio Grande do Sul, para um espaçamento inicial de 3,0 x 2,0m.

Tipos de custos:	Ano de ocorrência	Valor do custo (R\$.ha⁻¹)
I. Implantação		
1. Limpeza da área	0	105,00
2. Construção e manutenção de estradas e aceiros	0	28,75
3. Subsolação com fosfatagem (trator de pneus)	0	307,48
4. Gradagem leve na linha	0	49,20
5. Mudas	0	748,00
6. Distribuição de calcário	0	90,75
7. Pulverização com herbicida	0	95,00
8. Mão de obra de plantio	0	600,00
9. Adubação de plantio	0	120,00
10. Adubação de cobertura	0	97,00
11. Combate a formiga	0	17,00
12. Serviços de topografia	0	80,00
13. Distribuição de mudas (carreta agr. 4t.)	0	100,00
14. Replântio	0	84,00
Subtotal		2522,2
II. Manutenção		
1. Capina e roçada (manual)	1	220,00
2. Capina e roçada (manual)	1	100,00
3. Controle de formiga	1 a 4	14,00
4. Custo da terra	1-n	150,00
5. Custo de administração	1-n	70,00
6. Manutenção de estradas e aceiros, proteção florestal	1 a 14	30,00
7. Desbrota da cepa do desbaste	5, 7 e 10	82,80
8. Desrama 100% até 4 m	2	378,00

Data: 20/02/2015.

4.3.12 Determinação dos preços dos sortimentos

Para determinação do valor econômico, foi considerado o preço da madeira em pé, com base nos valores praticados no mercado da região Sul do Brasil

diferenciados em tipos de sortimentos de madeira para uso em energia, celulose e/ou aglomerado, serrarias e laminação.

Para tanto, considerou-se que o custo da matéria prima posta na indústria, pago aos produtores florestais pelas indústrias consumidoras, é o resultado da seguinte operação:

$$\text{CMP}=\text{P}+\text{T}+\text{C} \quad (61)$$

Sendo CMP o custo da matéria prima posta na indústria; P o preço pago pela indústria, que deve ser suficiente para cobrir os encargos de implantação, retorno do capital, custo da administração e da terra e do capital investido; T o custo de transporte; e C o custo da colheita.

Da expressão (61) acima, deduziu-se que o preço da madeira em pé (PMP) paga pelos consumidores aos produtores foi dado pela expressão:

$$\text{PMP}=\text{CMP}-\text{T}-\text{C} \quad (62)$$

O custo de transporte variou com a distância da localização do projeto de investimento em relação aos centros consumidores. Para todas as avaliações econômicas, os preços dos sortimentos de madeira foram tomados para uma distância de 100 Km das fontes de consumo existentes ou preconizadas como expectativa futura de formação de um mercado consumidor para este raio econômico.

Vale salientar que para cobrir todos os custos de produção de um metro cúbico de madeira, o investimento não pode distanciar-se do raio econômico. Assim deve-se realizar dentro de um raio econômico que pressupõe existência de mercado; caso contrário, esse mercado deverá, inevitavelmente, no futuro ser formado, para viabilizar economicamente a atividade e satisfazer as hipóteses formuladas.

Os preços dos sortimentos foram baseados no boletim de preços Radar Poyry Management Consulting (4º trimestre 2014), adaptado. Onde o S1= Comprimento de 3,0m e diâmetro \geq 33cm na ponta fina avaliado em R\$ 80,00; S2= Comprimento de 2,65m e diâmetro entre 23-33cm na ponta fina avaliado em R\$ 65,00; S3=

Comprimento de 2,40m e diâmetro entre 16-23cm na ponta fina avaliado em R\$40,00; S4= Comprimento de 1,50m e diâmetro entre 8-16cm na ponta fina avaliado em R\$ 25,00; RES= Comprimento restante do fuste e diâmetro < 8 cm na ponta fina avaliado em R\$ 10,00.

4.3.13 Processamento dos dados

As regressões lineares foram ajustadas pelo procedimento PROC REG e as não lineares pelo procedimento PROC NLIN com o método de Gauss-Newton e Marquardt, no pacote *Statistical Analysis System* (SAS, 1999). Para os demais cálculos empregou-se a planilha eletrônica Excel (Microsoft® Office, 2007).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Classificação de sítio

Primeiramente são apresentadas as equações testadas para estimar a altura dominante, que se encontram na Tabela 6, com seus respectivos parâmetros, incluindo o Índice de Furnival, que viabiliza o critério de comparação e seleção dos modelos logarítmicos e aritméticos. Diante dos valores percebe-se que os modelos apresentaram boa precisão, com coeficientes de determinação razoáveis, índices de Furnival com valores semelhantes e Índices de Furnival em percentagem variando entre 16,95 a 24,35 %.

Tabela 6 - Equações ajustadas para estimar altura dominante com seus respectivos parâmetros.

Nº equação	Coeficientes			R ² aj.	Syx	IF	CV%	IF%	F
	b ₀	b ₁	b ₂						
1	1,5944	-0,8256		0,8928	0,1229	5,3645	3,75	19,15	15614
2	45,0683	-0,1678		0,8400	3,3053	5,4466	11,82	19,45	104324
3	-0,7785	0,0003	-0,1378	0,6064	0,1562	6,8180	4,53	24,35	52517
4	44,4315	-0,1837	1,6301	0,9030	2,8815	4,7482	9,34	16,95	77008

Sendo b₀, b₁ e b₂ os coeficientes dos modelos; R²aj. o coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} o erro padrão da estimativa; IF o índice de Furnival; CV o coeficiente de variação em %; IF% índice de Furnival relativo e F o valor de F da análise de variância.

Os modelos 1, 2, 3 e 4 apresentaram bons desempenhos estatísticos, mas se torna necessário para a classificação de sítio a escolha da equação de melhor comportamento, sendo assim realizou-se um critério de seleção através dos valores

ponderados dos escores dos parâmetros estatísticos, estes se encontram na Tabela 7.

Tabela 7 - Escores estatísticos dos parâmetros das equações de altura dominante.

Nº equação	Escores dos parâmetros estatísticos				Valor ponderado
	R ² _{aj.}	IF	IF%	F	
1	2	2	2	1	7
2	3	3	3	4	13
3	4	4	4	2	14
4	1	1	1	3	6

Sendo; R²_{aj.} o coeficiente de determinação ajustado; IF o índice de Furnival; IF% o índice de Furnival relativo em % e F o valor de F da análise de variância.

Percebe-se pequena vantagem da equação 4, a de Chapman-Richards que apresentou R²_{aj.} = 0,9030 e IF% = 16,95 com valor ponderado de 6 pontos, seguida da equação 1 com 7 pontos, e equação 3 e 2 com 13 e 14 pontos respectivamente. Desta forma a equação selecionada para descrever a altura dominante por idade foi a de número 4.

Como as equações obtiveram pequenas diferenças em suas estimativas, se torna imprescindível a análise dos valores residuais das mesmas, desta forma confirmando seu caráter superior, a equação 4 apresentou melhor distribuição residual (Figura 3).

Na Figura 3 é mostrada a dispersão dos resíduos de altura dominante pelo modelo de Chapman-Richards, onde esta dispersão dos erros em função da altura dominante apresenta-se de forma regular com estimativas coerentes e com pequenas tendências, observa-se ainda que a equação 4 apresenta uma variação residual que concentra-se desde -20% até 20%, sendo que fora destes percentuais encontram-se poucos valores. Diferentemente dos outros gráficos das equações 1, 2 e 3 que apresentam maiores tendências.

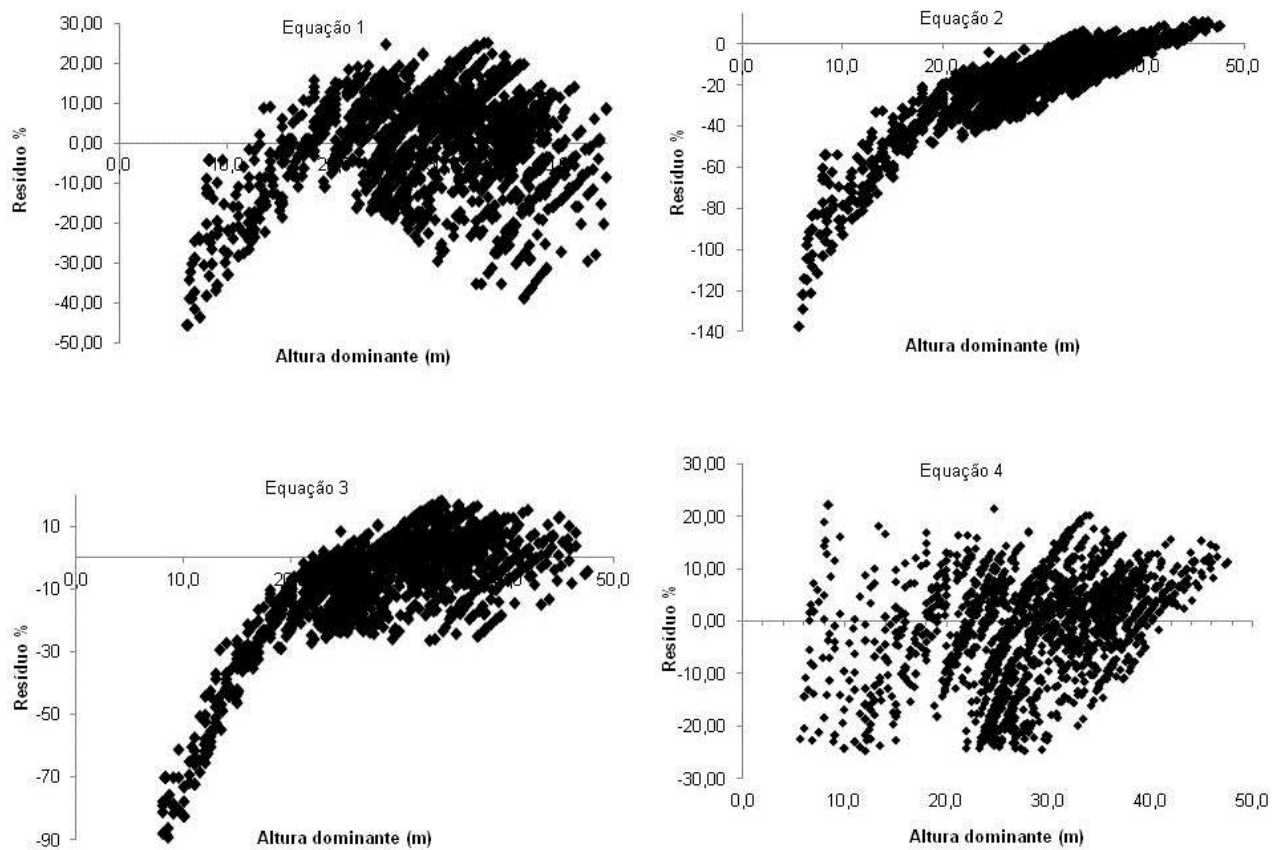


Figura 3 - Distribuição dos resíduos para o modelos de Schumacher (equação 1), Richards (equação 2), Bailey e Clutter (equação 3) e Chapman-Richards (equação 4).

Percebe-se que por meio das estimativas de altura em função da idade para alcançar as alturas de 32 a 44 m (Tabela 8), estabeleceram-se 7 curvas de índice de sítio, fixadas na idade 14 anos para abranger toda a dispersão dos dados observados.

Tabela 8 - Alturas dominantes por idade e seus respectivos índices de sítio, 32, 34, 36, 38, 40, 42 e 44 para *Eucalyptus grandis*.

Idade (ano)	Índices de sítio						
	32	34	36	38	40	42	44
2	5,3	5,6	5,9	6,3	6,6	6,9	7,2
3	8,9	9,5	10,1	10,6	11,2	11,7	12,3
4	12,5	13,3	14,1	14,9	15,7	16,5	17,2
5	15,9	16,9	17,9	18,9	19,8	20,8	21,8
6	18,9	20,1	21,2	22,4	23,6	24,8	26,0
7	21,5	22,9	24,2	25,6	26,9	28,3	29,6
8	23,8	25,3	26,8	28,3	29,8	31,3	32,8
9	25,8	27,4	29,0	30,6	32,2	33,9	35,5
10	27,5	29,2	30,9	32,6	34,4	36,1	37,8
11	28,9	30,7	32,5	34,3	36,1	38,0	39,8
12	30,1	32,0	33,9	35,8	37,7	39,5	41,4
13	31,1	33,1	35,0	37,0	38,9	40,9	42,8
14	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0	42,0	44,0
15	32,7	34,8	36,8	38,9	40,9	42,9	45,0
16	33,3	35,4	37,5	39,6	41,6	43,7	45,8
17	33,8	35,9	38,0	40,2	42,3	44,4	46,5
18	34,2	36,4	38,5	40,7	42,8	44,9	47,1
19	34,6	36,7	38,9	41,1	43,2	45,4	47,5
20	34,9	37,1	39,2	41,4	43,6	45,8	47,9

Analisando a Tabela 8, percebem-se valores elevados de alturas dominantes, mas possíveis considerando o desenvolvimento da espécie em sítios bons.

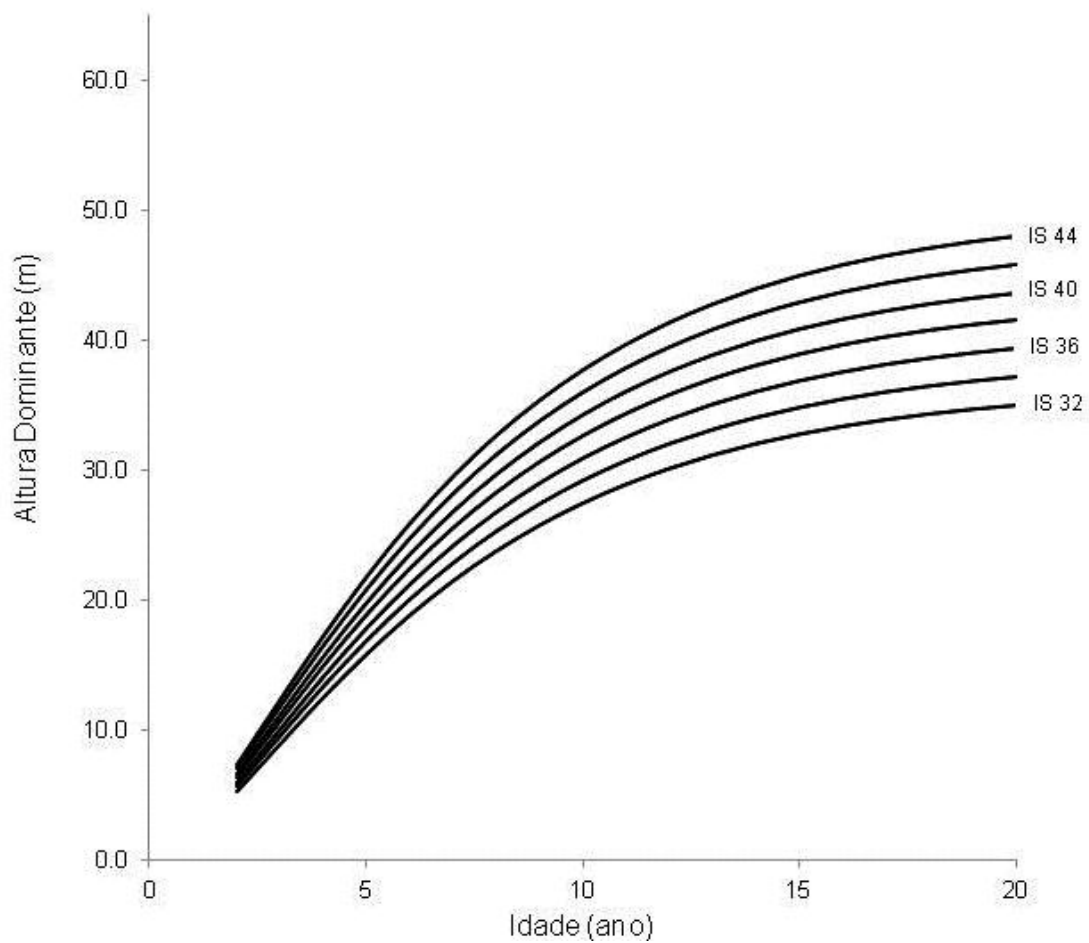


Figura 4 - Classificação de sítio para *Eucalyptus grandis* em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul.

A partir de então, com a equação escolhida, foram geradas as curvas monomórficas de índice de sítio, com intervalo de 2 m, tomando como referência a idade 14 anos (Figura 4).

5.2 Diagramas de manejo da densidade

5.2.1 Seleção do modelo de densidade de árvores

Para a escolha dos modelos de densidade foram utilizados dados advindos de parcelas permanentes, com espaçamentos reduzidos, referentes aos diâmetros médios e número de árvores por hectare, respectivamente a cada parcela permanente medida no tempo.

Estes dados de número de árvores por hectare e diâmetro médio correspondentes foram oriundos de parcelas permanentes, instaladas em povoamentos de densidade completa, implantados em espaçamentos reduzidos, que originaram 107 observações ao todo.

Na Tabela 9 encontram-se os valores de número de árvore por hectare e diâmetro médio, obtidos em parcelas permanentes. Observa-se que, do total das observações anuais, o número médio de árvores foi de 2.998 ha⁻¹, valor máximo de 6.982 ha⁻¹ e mínimo de 1.035 ha⁻¹ da densidade remanescente, para um desvio padrão de 1.540 árvores ha⁻¹. Igualmente, o diâmetro médio do total de observações foi de 14 cm, valor mínimo de 4,2 cm e máximo de 20,7 cm, com um desvio padrão dos diâmetros médios de 3,8, indicando a dispersão entre os diâmetros da amostra de todas as idades.

Tabela 9 - Resumo dos dados utilizados para estudo da densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio.

Variável	N	Média	Desvio padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Número de árvores (ha)	107	2998	1540	1035	6982
Diâmetro (cm)	107	14	3,8	4,2	20,7

Por conseguinte no estudo da densidade de árvores por hectare, foram ajustadas as equações de números 5, 6, 7 e 8, correspondentes a Reineke (1933), Yoda et al. (1963), Zeide (1995) e Tang, Meng e Meng (1994). Seus resultados e suas respectivas estatísticas se encontram na Tabela 10.

Tabela 10 - Estatísticas das equações de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio dos modelos com as respectivas estimativas e parâmetros.

Nº equação	Coeficientes			R ² _{aj.}	S _{yx}	CV%
	b ₀	b ₁	b ₂			
5	11,3677	-1,3385	-	0,6967	0,2715	3,4452
6	6,9161	2,3311	-0,7442	0,7310	0,2564	3,2377
7	9,8478	-0,4788	-0,0140	0,7197	0,2607	3,3079
8	978,2374	1,6847	10,9237	0,7438	0,2476	3,1720

Sendo b₀, b₁ e b₂ os coeficientes dos modelos; R²_{aj.} o coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} o erro padrão da estimativa; e CV o coeficiente de variação em %. 5 = Reineke (1933); 6 = Yoda et al., (1963); 7 = Tang, Meng e Meng (1994); 8 = Zeide (1995).

De acordo com a Tabela 10 os modelos testados apresentaram desempenho estatístico razoável, com valores próximos de coeficientes de determinação, coeficiente de variação e erros padrão da estimativa. O modelo de Tang, Meng e Meng (1994) correspondente a equação 8 apresentou os melhores valores estatísticos, com o maior valor de coeficiente de determinação ajustado de 0,7438, menor erro padrão da estimativa de 0,2476 e, também, menor valor de coeficiente de variação de 3,17%. Como forma de garantir a seleção mais adequada do modelo de melhor desempenho, foi elaborada a Tabela 11, que apresenta as estatísticas de validação.

Vale salientar que o coeficiente angular do modelo de Reineke (1993), equação 5 da Tabela 10, foi igual a -1,3385 onde tal valor não correspondente ao inicialmente postulado pelo autor, que determinou um valor de coeficiente angular de -1,605, para a relação linear entre o número de árvores por hectare e o diâmetro médio quadrático em povoamentos sem desbaste para todas as espécies. Schneider

(2012), estudando *Pinus taeda* L. também encontrou valor diferente ao postulado por Reineke (1933) corroborando desta forma ao entendimento sobre esta diferença entre os coeficientes angulares entre espécies e locais.

Da mesma forma, o parâmetro b_1 da equação 8 da Tabela 10 não correspondeu ao recomendado por Tang, Meng e Meng (1994) onde inicialmente o seu valor seria de $-3/2$ para todas situações de manejo e tratamento silvicultural.

Tabela 11 - Estatísticas de validação para seleção do modelo de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio.

Estatísticas/Modelos	Reineke (5)	Yoda (6)	Zeide (7)	Tang (8)
Tendência absoluta (BIAS)	0,01652	0,01345	0,01985	0,00003
Eficiência (E)	0,70322	0,73789	0,72641	0,75082
Desvio padrão Residual relativo (S%)	2,70248	2,53970	2,59475	2,47630
Desvio médio relativo (D%)	2,76500	2,58369	2,61145	2,47427
Qui-quadrado (x^2)	0,96506	0,86312	0,89777	0,82101

De acordo com os valores das estatísticas de validação dos modelos, novamente percebe-se vantagem para o modelo de Tang, Meng e Meng em relação a todos os demais modelos testados. Na Tabela 12 encontram-se os valores ponderados dos escores dos parâmetros estatísticos de todos os modelos de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio testados.

Tabela 12 - Escores estatísticos dos parâmetros das equações de número de árvores por hectare em função do diâmetro médio.

Validação/Modelos	Reineke (5)	Yoda (6)	Zeide (7)	Tang (8)
$R^2_{aj.}$	4	2	3	1
S_{yx}	4	2	3	1
CV%	4	2	3	1
(BIAS)	3	2	4	1
(E)	4	2	3	1
(S%)	4	2	3	1
(D%)	4	2	3	1
(χ^2)	4	2	3	1
Soma dos escores	31	16	25	8

Sendo; $R^2_{aj.}$ o coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} o erro padrão da estimativa; CV o coeficiente de variação em %; BIAS a tendência absoluta; E a eficiência; S% o desvio padrão residual relativo; D% o desvio médio relativo e χ^2 qui-quadrado.

Os valores das somas dos escores estatísticos confirmam o modelo mais indicado para descrever a densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio em povoamentos altamente estocados e sem desbaste, como sendo o de Tang, representado pelo número 8 na Tabela 12, que apresentou menor valor para a soma dos escores, igual a 8, o que confirma a melhor precisão dentre os modelos testados. O gráfico dos resíduos (Figura 5) mostra a dispersão dos erros em função do logaritmo do diâmetro médio do modelo de Tang, Meng e Meng, sendo esta mais homogênea que a dos outros modelos testados.

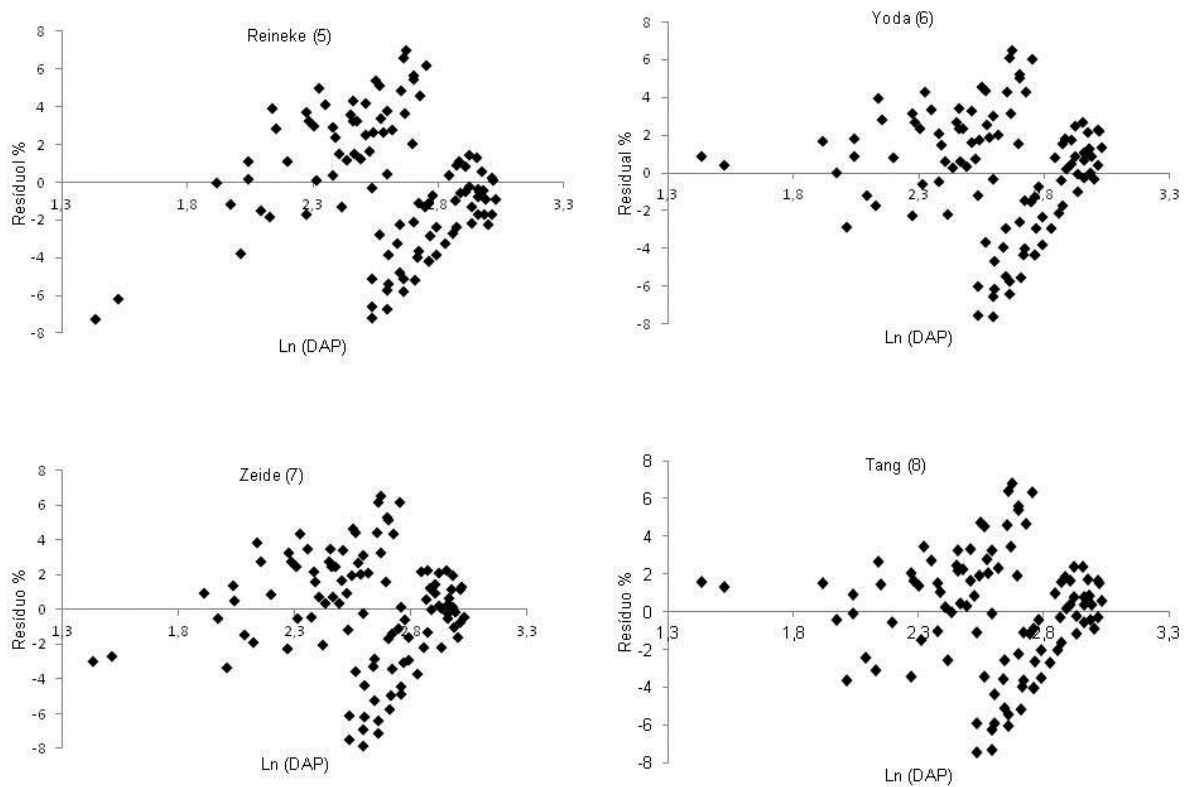


Figura 5 - Resíduos do logaritmo do número de árvores/ha em função do logaritmo do diâmetro médio, de um povoamento altamente estocado de *Eucalyptus grandis*, correspondente ao modelo de Tang.

Para verificar a normalidade dos resíduos, realizou-se o teste de Shapiro-Wilk, onde obteve-se um valor de $SW = 0,98$; $Pr = 0,2915$. Desta forma podemos afirmar que não houve significância para o teste de normalidade indicando que os resíduos apresentam normalidade.

Este modelo de Tang, Meng e Meng também foi selecionado por autores como Schneider (2008) e Schneider (2012), estudando povoamentos de *Pinus taeda* L. como o melhor modelo na descrição de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio, que vem a corroborar com o presente estudo.

5.2.2 Determinação do autodesbaste

Vários pesquisadores, como: Yoda et al. (1963); Tang et al. (1994); Del Rio et al. (2001) e Farnden (1996), tem utilizado e discutido a respeito da lei do autodesbaste e sua eficiência.

Com o modelo de Tang de densidade de árvores por hectare em função do diâmetro, expressa pelo modelo 8, definiu-se a linha de autodesbaste para a espécie em questão. Os parâmetros encontram-se abaixo expressos no modelo de Tang, (TANG; MENG, MENG, 1994):

$$\ln(N) = \ln 978,23 - \frac{1}{10,9237} \ln \left[\left(\frac{d-d_1}{25} \right)^{1,6847 \cdot 10,9237} + \left(\frac{978,23}{N_1} \right)^{10,9237} \right] \quad (8)$$

Sendo: d = diâmetro médio das árvores; N = número de árvores por hectare; N₁ = Densidade inicial do povoamento e d₁ = diâmetro médio inicial.

Utilizando-se o modelo de Tang, Meng e Meng (1994) gerou-se as densidade de árvores por hectare em função do diâmetro médio do povoamento, obtendo-se uma curva decrescente da máxima densidade de árvores por hectare pelo diâmetro médio. Esta curva é geralmente chamada de máxima densidade, pois representa a máxima capacidade de tolerância para as árvores, onde a partir deste ponto as mesmas passam a não permitir mais a concorrência entre os indivíduos por água, nutrientes, espaço vital e assim acabam morrendo (autodesbaste), o que geralmente incide sobre as árvores das posições sociológicas inferiores.

O autodesbaste é representado pela dimensão do diâmetro médio da população, que é condicionada pelo espaçamento inicial, utilizado na implantação do povoamento onde ocorre o início da mortalidade de árvores por competição. Diante disto, foram geradas as densidades de árvores por hectare por diâmetro médio a partir do modelo de Tang, Meng e Meng (1994), onde os parâmetros foram obtidos por meio dos dados de espaçamentos mais reduzidos (Figura 6).

Esta Figura 6 foi obtida pela simulação da variação das densidades de árvores por hectare pelo diâmetro médio na identificação do momento da ocorrência do

autodesbaste para um diâmetro médio. Foi introduzido no modelo de Tang, Meng e Meng ajustado a densidade de árvores por hectare inicial, correspondente a de plantio, com variação de: 6666 (1,5 x 1m), 4000 (2,5 x 1m), 2500 (2 x 2m), 1666 (3 x 2m) e 1111 (3 x 3m) árvores por hectare.

No caso específico de um povoamento implantado em espaçamento de 3 X 2m, ou seja 1666 árvores por hectare, o autodesbaste inicia quando o diâmetro médio da população for semelhante a 18 cm pois de acordo com as estimativas do modelo de Tang ocorre uma redução na densidade de árvores no momento em que a população atinge valores próximos a este diâmetro médio. Isto indica que os desbastes devem ser realizados antes que a população atinja esta magnitude de diâmetro médio, para evitar o surgimento de árvores mortas ou suprimidas no caso específico do *Eucalyptus grandis*.

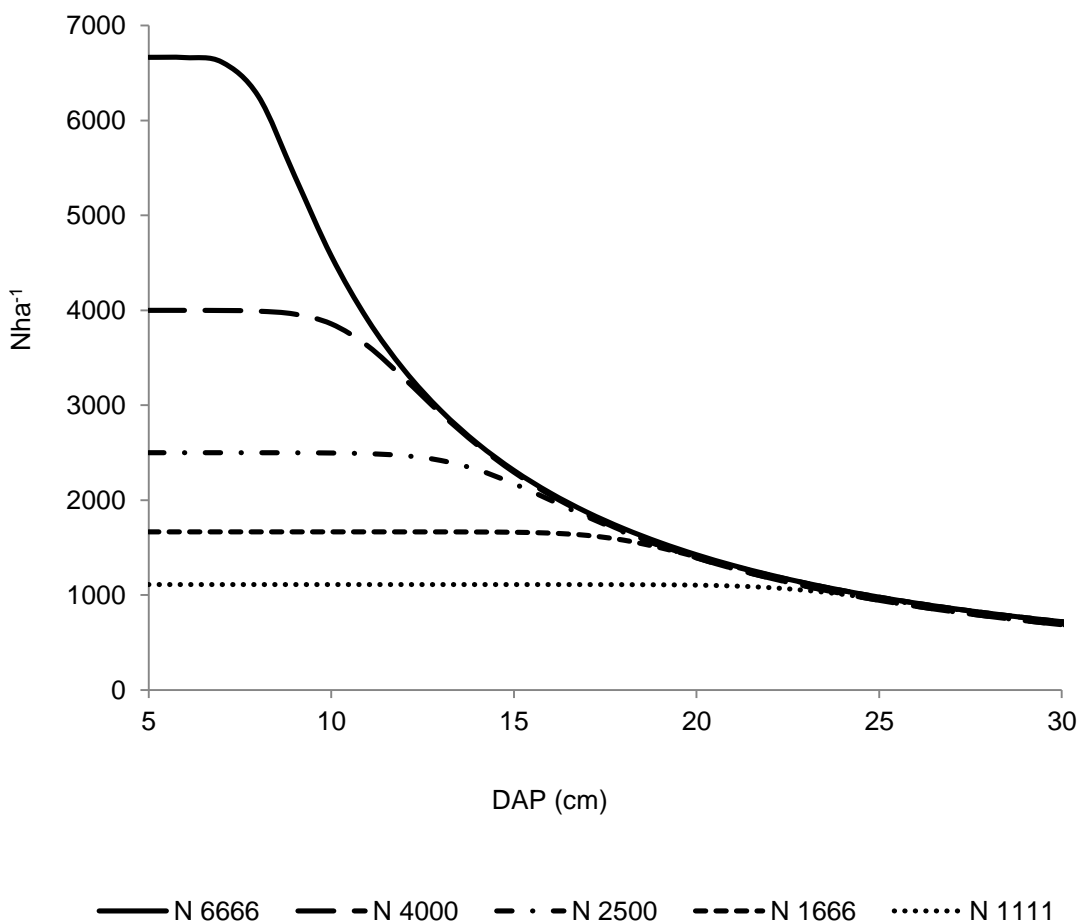


Figura 6 - Tendências médias da densidade de árvores por hectare pelo diâmetro médio em espaçamentos apertados para povoamentos da espécie *Eucalyptus grandis* em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul, obtidas pelo modelo de Tang, Meng e Meng (1994).

Na Figura 6, pode-se observar a dimensão de diâmetro médio em que ocorre o início do autodesbaste, com a supressão de indivíduos da população, que varia, consideravelmente, com a densidade de árvores de plantio. Portanto, o autodesbaste ocorre numa dimensão de diâmetro médio diretamente proporcional à densidade de árvores de plantio, indicando que, quanto maior o espaçamento inicial maior será o diâmetro médio, portanto, mais tarde ocorrerá o momento do início do autodesbaste da população, também encontrado por Schneider (2008) para *Pinus taeda*, porém com densidades de árvores por hectare e diâmetros médios diferentes.

5.2.3 Determinação das zonas de concorrência

As zonas de concorrência são traçadas para indicar os limites dos estágios de desenvolvimento para uma determinada densidade populacional para um diâmetro médio em um momento. Assim, com base no modelo de Tang ajustado e de acordo com Schneider et al. (2011) que definiram as zonas de crescimento em conformidade ao máximo incremento corrente anual em diâmetro, que ocorre entre as idades de 14 e 15 anos quando as densidades são de 12,5 e 25% caracterizando a zona de crescimento livre de competição entre os indivíduos, a zona de aumento da competição entre as densidades relativas de 25 e 50% e a zona de iminente mortalidade que ocorre entre as densidades relativas de 50 e 100%.

Assim foram traçadas os limites de densidade por hectare pelo diâmetro médio, representados na Figura 7, que demonstra as diferentes zonas de concorrência onde a linha A (100%) representa a máxima densidade por diâmetro que é suportada pela população. A linha B indica o início da mortalidade, ocasionada pela concorrência por: água, luz, nutriente e espaço vital entre os indivíduos da população. A linha C indica o início da máxima produção de madeira do povoamento. Por outro lado, entre as linhas B-A tem-se uma condição de povoamento superestocado, indicando uma situação de manejo indesejada pela perda de indivíduos pela mortalidade. Entre as linhas C-D acontece uma situação de manejo da densidade de árvores que permite um estoque completo do povoamento, portanto é uma situação ótima e almejada para a condução de manejo. Abaixo da

linha D tem-se uma condição de povoamento, onde não se consegue o máximo aproveitamento do solo. Na linha E estabelece uma condição de povoamento com estoque muito baixo, com árvores totalmente livres de concorrência.

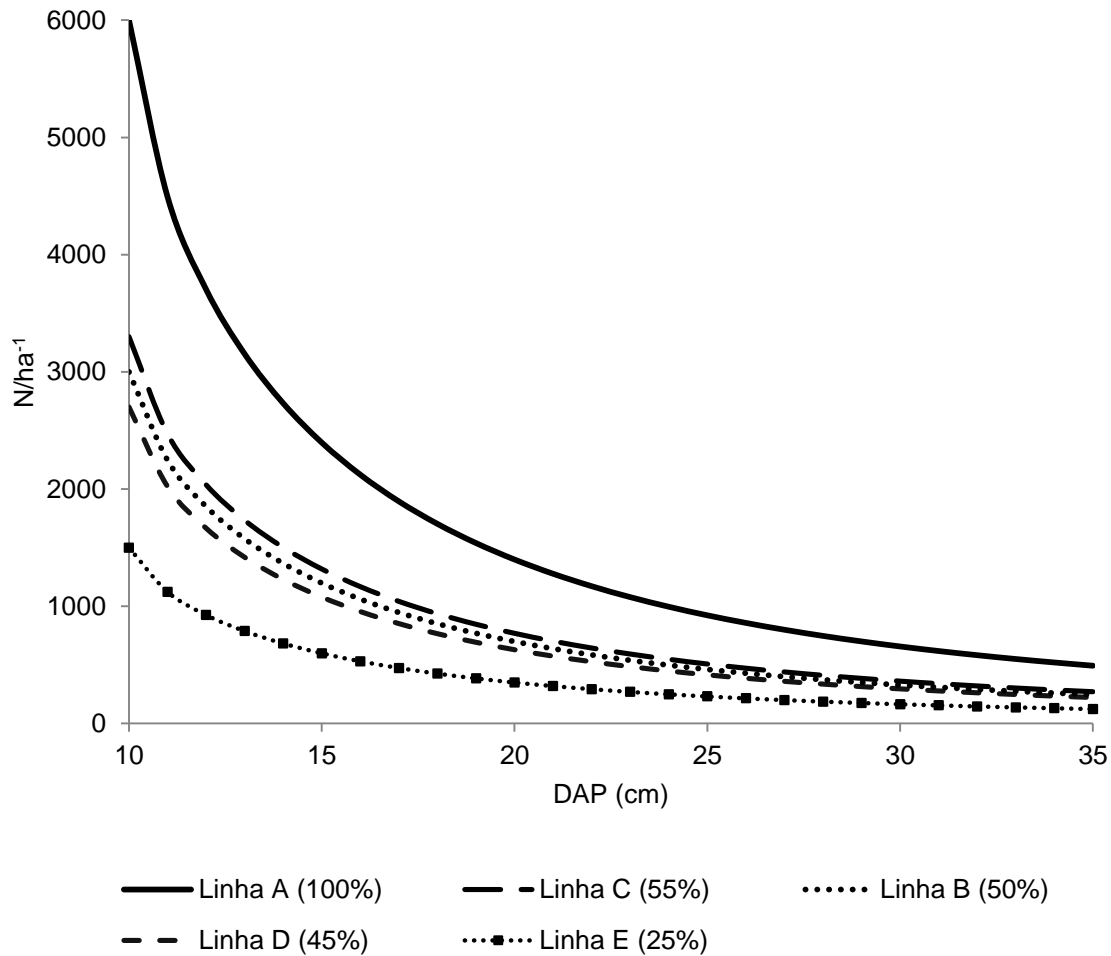


Figura 7 - Limite das fases de concorrência entre indivíduos em densidade de árvores por diâmetro médio, em unidade aritmética onde: Linha A (linha cheia 100%) - máxima densidade, Linha B - início da mortalidade (50%), Linha C - limite inferior da máxima produtividade do povoamento (55%) Linha D - limite superior da máxima produtividade (45%).

Na determinação dos Índices de Densidade do Povoamento - IDP fixou-se o diâmetro médio padrão de 25 cm. Desta forma a partir do valor máximo de 1000 até o mínimo de 200 árvores por hectare, com intervalo de classe de índice de 200, foram gerados os Índices de Densidade do Povoamento (Tabela 13).

Através da proporção, tendo como referência o diâmetro padrão de 25 cm obtiveram-se 5 curvas de Índices de Densidade do Povoamento – IDPs, demonstradas pelas curvas com densidade de referência de: 1000, 800, 600, 400 e 200.

Tabela 13 - Densidade de árvores por hectare por diâmetro médio por Índice de densidade do povoamento.

DAP (cm)	N máximo	Índices de densidade do povoamento				
		1000	800	600	400	200
10	6000	6499	5199	3899	2599	1300
11	4493	4866	3893	2920	1947	973
12	3703	4011	3209	2407	1604	802
13	3153	3415	2732	2049	1366	683
14	2732	2959	2367	1775	1184	592
15	2397	2596	2077	1558	1038	519
16	2123	2299	1839	1380	920	460
17	1895	2052	1642	1231	821	410
18	1703	1845	1476	1107	738	369
19	1540	1668	1334	1001	667	334
20	1399	1515	1212	909	606	303
21	1278	1384	1107	830	553	277
22	1171	1269	1015	761	508	254
23	1078	1168	934	701	467	234
24	996	1079	863	647	432	216
25	923	1000	800	600	400	200
26	858	930	744	558	372	186
27	800	866	693	520	347	173
28	748	810	648	486	324	162
29	700	759	607	455	303	152
30	657	712	570	427	285	142
31	619	670	536	402	268	134
32	583	631	505	379	253	126
33	551	596	477	358	239	119
34	521	564	451	338	226	113
35	493	534	428	321	214	107

Na Figura 8 são representadas as tendências do número de árvores por hectare por diâmetro médio, em todos os IDPs demonstrados pelas curvas de: 1000, 800, 600, 400 e 200 no diâmetro de referência de 25 cm. Percebe-se que estas

densidades descrevem curvas proporcionais entre si com tendências das densidades de indivíduos por hectare decrescerem exponencialmente com o aumento do diâmetro médio.

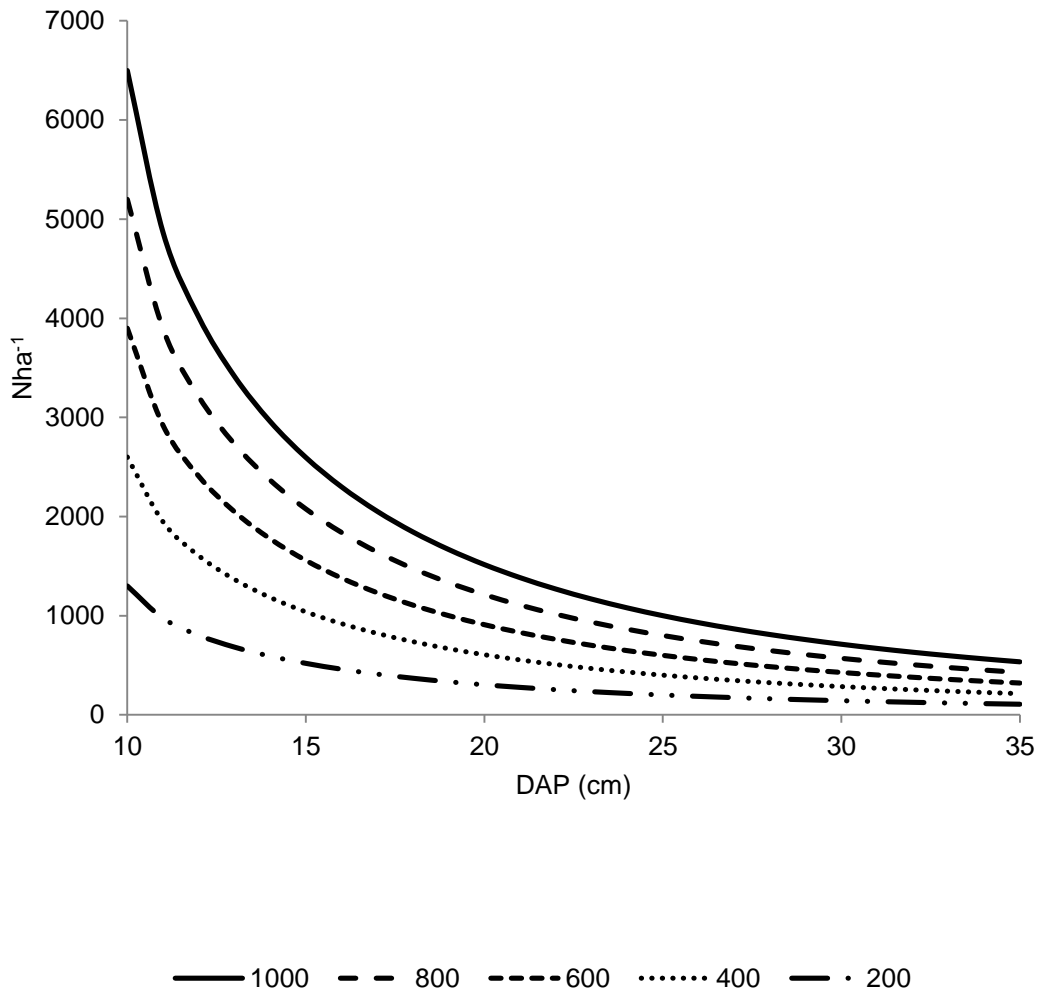


Figura 8 - Índice de Densidade do Povoamento, com representação da densidade de árvores por hectare por diâmetro médio.

5.2.4 Relação volumétrica para construção do diagrama de manejo da densidade

Para construção do diagrama de manejo da densidade pelo volume, foram testadas 5 equações de volume para estimar o volume médio, que se encontram na Tabela 14.

Tabela 14 - Equações de volume ajustadas e seus respectivos parâmetros estatísticos.

Nº equação	Coeficientes				R ² _{aj.}	S _{yx}	IF	CV%	IF%
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃					
12	-16,1781	0,5985	3,7424		0,9526	0,1128	0,0447	7,92	16,54
13	2,2277	-1,3454	1,7652		0,9787	0,0756	0,0300	5,31	11,08
14	-226,72	224,98	0,0015		0,8641	0,0405	0,0667	14,99	24,65
15	-10,8621	1,7508	1,4606		0,9726	0,0858	0,0340	6,02	12,58
16	20468,3	-3,1033	232,22	-3,7333	0,9051	0,0359	0,0591	13,29	21,87

Sendo b₀, b₁, b₂ e b₃ os coeficientes dos modelos; R²_{aj.} o coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} o erro padrão da estimativa; IF o índice de Furnival; CV o coeficiente de variação em %; e IF% índice de Furnival relativo.

Na Tabela 14 encontram-se os resultados das estatísticas das equações de volume ajustadas, onde a equação número 13 apresentou maior coeficiente de determinação ajustado, menor índice de Furnival e menor índice de Furnival em percentagem, com seus valores respectivos iguais a 0,9787, 0,0300 e 11,08% indicando uma boa precisão estatística.

O modelo 13 também apresentou a melhor distribuição dos valores residuais representados na Figura 9 com dispersão dos erros em função do volume médio observado. Assim, o volume médio das árvores passou a ser estimado como uma função do número de árvores por hectare e da área basal do povoamento.

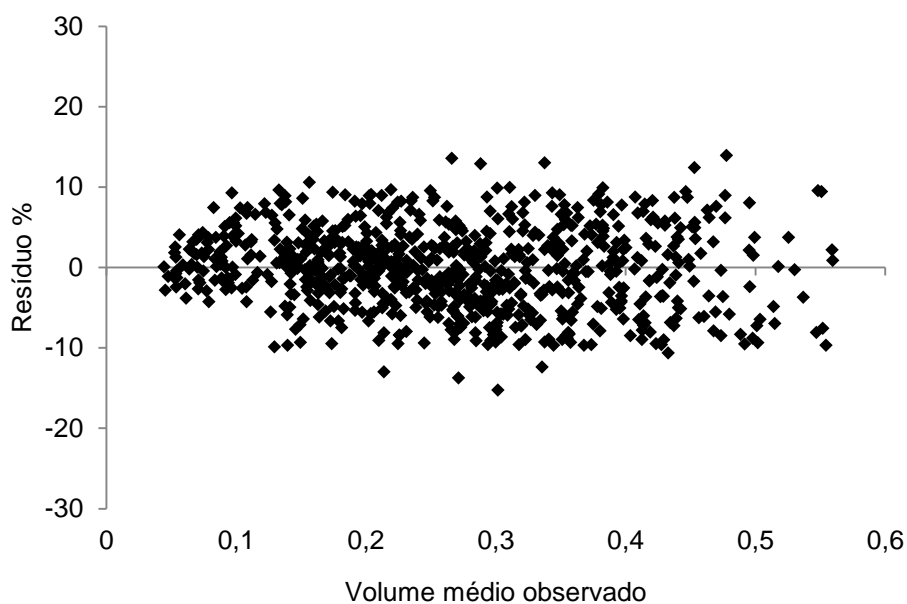


Figura 9 - Distribuição dos valores residuais em porcentagem pelo volume médio observado.

Por meio do teste de Shapiro-Wilk ($SW = 0,98$; $Pr = 0,2211$) observou-se que não houve significância, indicando que os resíduos plotados ao longo da amplitude dos dados observados apresentaram normalidade.

A tendência dos volumes médios segue uma forma hiperbólica. Na representação destes em relação à densidade de árvores por hectare do povoamento, (Figura 10) onde observa-se que o volume médio tende a diminuir com o aumento da densidade populacional. As linhas e zonas de volume médio são as mesmas para a representação da densidade de árvores por hectare por diâmetro médio já descritas anteriormente.

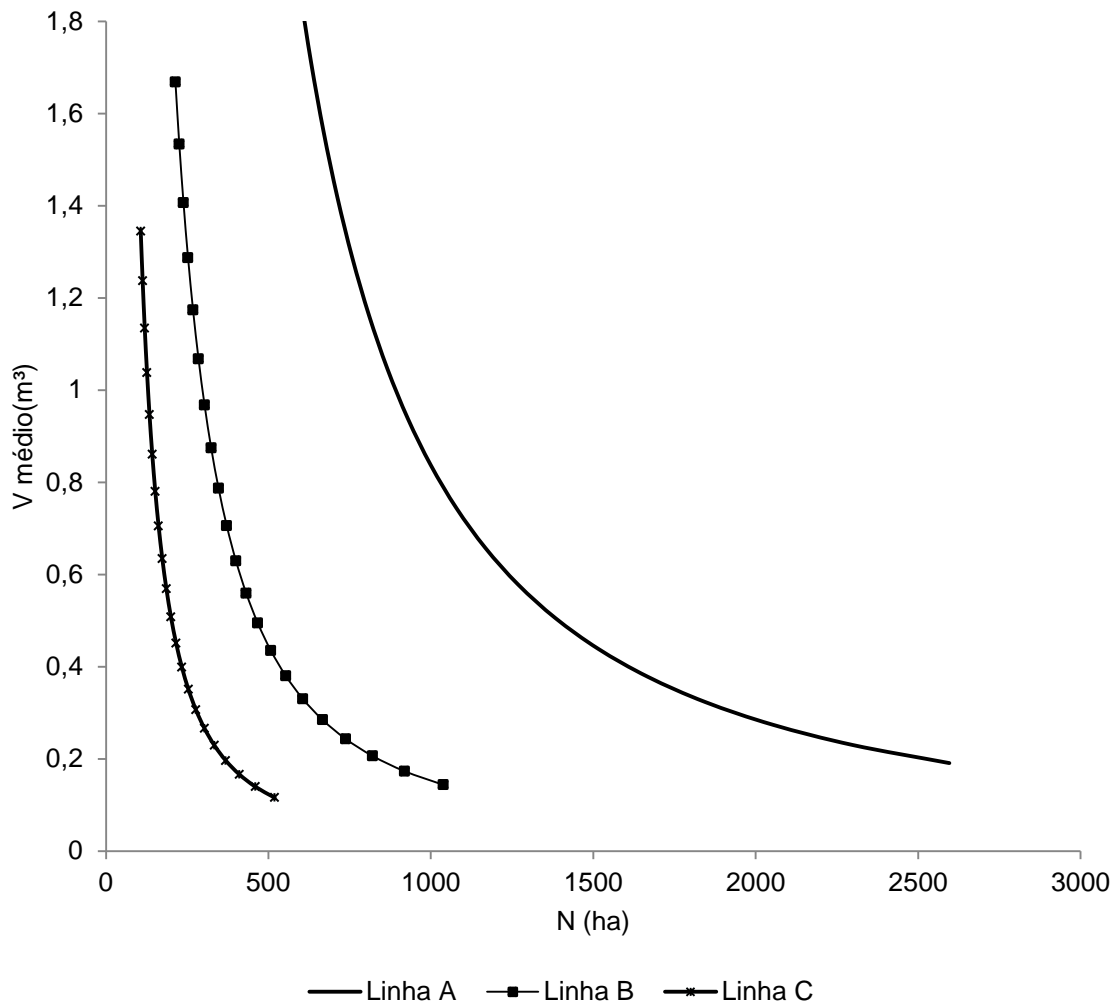


Figura 10 - Volume médio relacionado com a densidade do povoamento, representados pela Linha A - volume máximo por densidade, Linha B - início da mortalidade, Linha C – limite inferior a máxima produtividade do povoamento.

5.2.5 Relação da produção com o Índice de Densidade do Povoamento

Com as densidades de árvores por hectare do povoamento previamente determinadas por Índice de Densidade, foram geradas as áreas basais por hectare, conforme a Tabela 15, para gerar o diagrama de manejo da densidade considerando a inter-relação do número de árvores e área basal por hectare com o diâmetro médio.

Tabela 15 - Área basal (m^2ha^{-1}) por diâmetro médio e Índice de Densidade do povoamento.

DAP (cm)	Índice de densidade do povoamento				
	G 1000	G 800	G 600	G 400	G 200
15	45,87	36,70	27,52	18,35	9,17
16	46,23	36,98	27,74	18,49	9,25
17	46,59	37,27	27,95	18,63	9,32
18	46,94	37,55	28,16	18,77	9,39
19	47,28	37,82	28,37	18,91	9,46
20	47,61	38,09	28,57	19,04	9,52
21	47,93	38,34	28,76	19,17	9,59
22	48,23	38,59	28,94	19,29	9,65
23	48,53	38,82	29,12	19,41	9,71
24	48,81	39,05	29,29	19,53	9,76
25	49,09	39,27	29,45	19,63	9,82
26	49,35	39,48	29,61	19,74	9,87
27	49,61	39,69	29,77	19,84	9,92
28	49,86	39,89	29,92	19,94	9,97
29	50,10	40,08	30,06	20,04	10,02
30	50,34	40,27	30,20	20,13	10,07
31	50,56	40,45	30,34	20,23	10,11
32	50,79	40,63	30,47	20,31	10,16
33	51,00	40,80	30,60	20,40	10,20
34	51,21	40,97	30,73	20,48	10,24
35	51,42	41,13	30,85	20,57	10,28

Na Tabela 15 pode-se notar que as áreas basais apresentam um acréscimo já esperado de valor de acordo com o aumento do valor do Índice de Densidade do Povoamento e, da mesma forma, para o aumento diamétrico. Percebe-se, também, que as áreas basais proporcionam uma tendência paralela dentro de um mesmo índice de densidade (Figura 11).

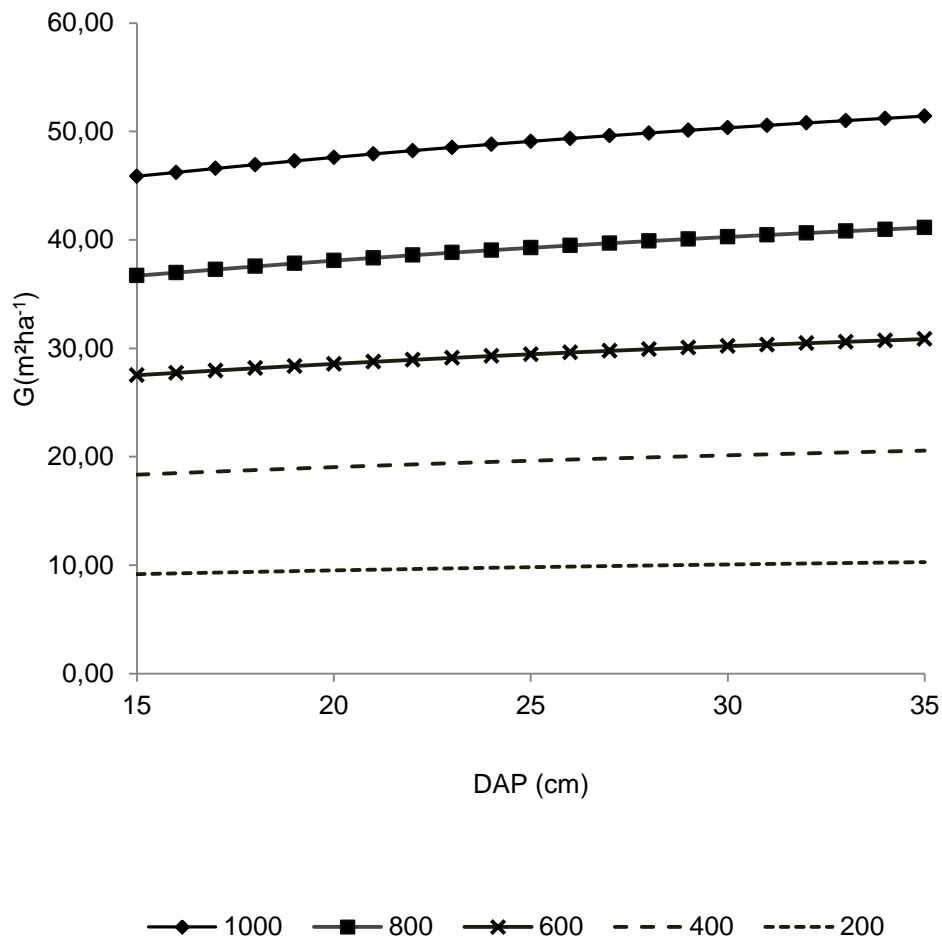


Figura 11 - Área basal por hectare da espécie *Eucalyptus grandis* em função do diâmetro médio e por Índice de Densidade do Povoamento em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Igualmente a relação dos volumes por hectare em função do diâmetro médio por índice de densidade do povoamento (Tabela 16) que descreve a variação do volume por hectare para diferentes combinações de diâmetro, frequência e índice de densidade da população.

Devido à não realização de desbaste, a mortalidade tende a aumentar, podendo, em um determinado momento, aproximar-se até da Linha A, de intensa mortalidade de árvores. Assim, no manejo em densidade completa, sem desbaste, a idade de corte final deveria ser definida no momento em que a densidade de árvores do povoamento atingisse ou se aproximasse da Linha B (Figura 7).

Tabela 16 - Volume (m^3ha^{-1}) por diâmetro médio e Índice de Densidade do Povoamento para a espécie *Eucalyptus grandis* no estado do Rio Grande do Sul.

DAP (cm)	Índice de Densidade do Povoamento				
	1000	800	600	400	200
15	495,3	369,7	253,6	149,1	60,1
16	528,6	394,6	270,7	159,1	64,1
17	562,3	419,8	287,9	169,2	68,2
18	596,3	445,1	305,3	179,4	72,3
19	630,4	470,5	322,7	189,7	76,5
20	664,6	496,1	340,3	200,0	80,6
21	698,9	521,7	357,8	210,3	84,8
22	733,3	547,3	375,4	220,7	89,0
23	767,7	573,1	393,1	231,0	93,2
24	802,2	598,8	410,7	241,4	97,3
25	836,8	624,6	428,4	251,8	101,5
26	871,4	650,4	446,1	262,2	105,7
27	906,0	676,3	463,9	272,7	109,9
28	940,7	702,2	481,6	283,1	114,1
29	975,5	728,1	499,4	293,6	118,4
30	1010,2	754,1	517,2	304,0	122,6
31	1045,0	780,1	535,1	314,5	126,8
32	1079,9	806,1	552,9	325,0	131,0
33	1114,8	832,1	570,8	335,5	135,3
34	1149,7	858,2	588,6	346,0	139,5
35	1184,7	884,3	606,5	356,5	143,7

Os volumes por hectare em função do diâmetro médio do povoamento são demonstrados na Figura 12 onde se percebe que nas maiores produções volumétricas, ocorrem os maiores índices de densidade do povoamento, os volumes por IDPs tendem ao paralelismo com afastamento de acordo com o aumento dos valores de IDP, bem como o incremento diamétrico, sendo esta a estrutura de crescimento de florestas equiâneas com tendência considerada normal em povoamentos superestocados.

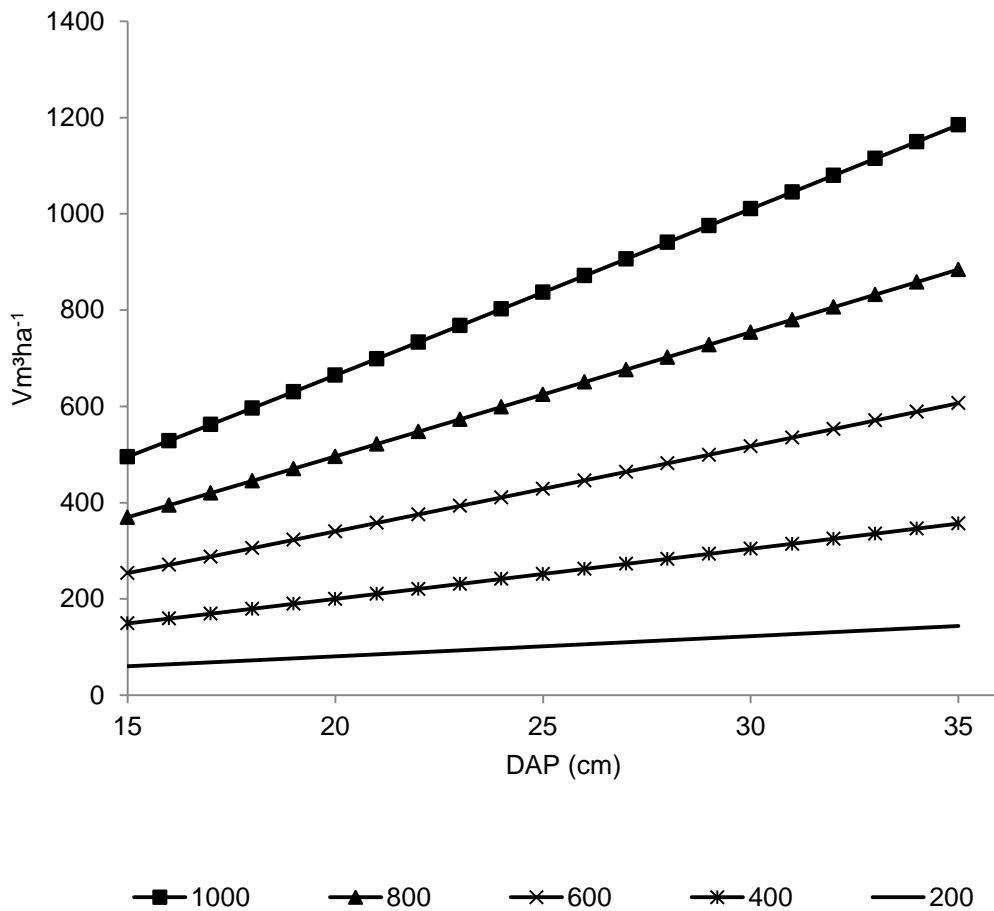


Figura 12 - Volume por hectare para a espécie *Eucalyptus grandis* em função do diâmetro médio e por Índice de Densidade do Povoamento em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul.

5.2.6 Construção dos Diagramas de Manejo da Densidade – DMD

Na elaboração do diagrama de manejo da densidade (DMD), consideraram-se os valores de área basal, volume por hectare, densidade de árvores por hectare, relacionados ao diâmetro médio para cada índice de densidade do povoamento, que se encontram representados na Figura 13.

Com o DMD, pode-se prognosticar no tempo os valores das variáveis definidas pelo número de árvores em hectare, área basal em hectare por diâmetro médio. Para uma utilização prática dos diagramas de manejo da densidade,

inicialmente deve-se conhecer o número de árvores por hectare e o diâmetro médio da população alvo.

Um exemplo prático para um povoamento de *Eucalyptus grandis*, quando este apresentar um diâmetro médio de 15 cm e 1.558 árvores por hectare, apresentará um IDP igual a 600 com uma área basal de 27,52 m²ha⁻¹ e um volume de 253,6 m³ha⁻¹ (Tabela 16 ou Figura 14).

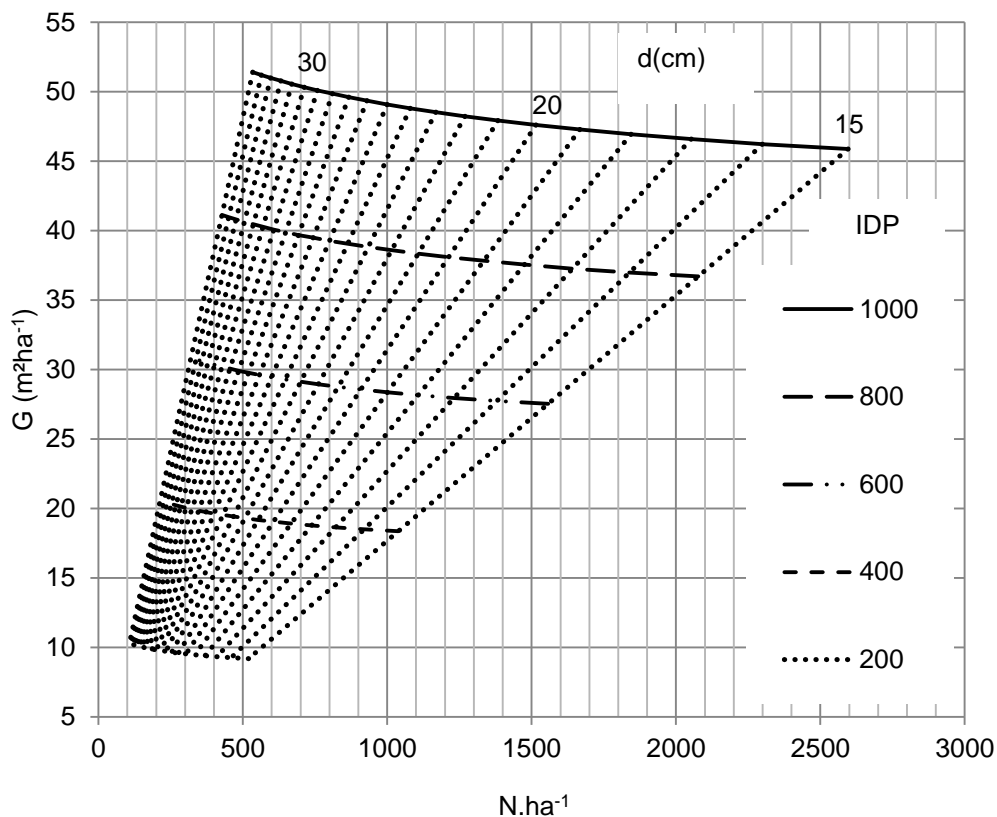


Figura 13 - Diagrama de Manejo da Densidade para a espécie *Eucalyptus grandis* representado pela área basal, número de árvores por hectare com diâmetro médio, por Índice de Densidade do Povoamento em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Os valores de área basal, densidade de árvores, relacionados ao diâmetro médio para cada índice de densidade do povoamento, encontram-se representados pela Tabela 16 e Figura 13.

De forma análoga, a Tabela 17 e Figura 14 evidenciam a combinação das variáveis dendrométricas: número de árvores por hectare, volume por hectare e diâmetro médio, discriminados por índice de densidade do povoamento.

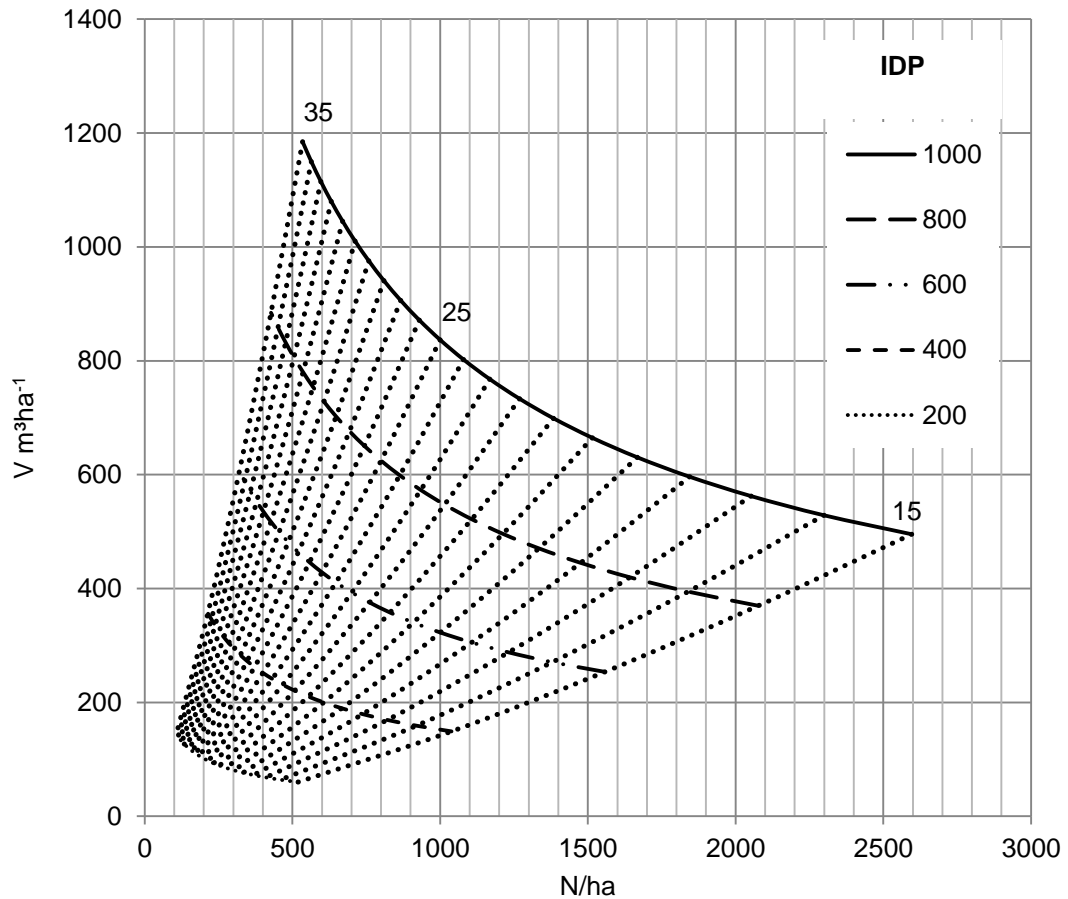


Figura 14 - Diagrama de Manejo da Densidade para a espécie *Eucalyptus grandis* representado pelo volume, número de árvores por hectare com diâmetro médio, por Índice de Densidade do Povoamento em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Analisando as Figuras 13 e 14, podemos demarcar nos dois diagramas as zonas de manejo de superestoque, (entre IDP 1000 e 800) que indica o início da mortalidade, ocasionada pela concorrência por: água, luz, zona de manejo ótimo (entre IDP 800 e 400) que representam a faixa de 45 a 55% da linha de máximo, indicadores do início da máxima produção de madeira do povoamento, sendo esta, portanto uma situação ótima e almejada para a condução de manejo, onde a

variação da área basal e volume foram respectivamente de 41,13 a 18,35 m²/ha e 884,3 a 149,1 m³ha⁻¹. Autores como Cárcamo et al. (2011) relatam em estudo de diagramas em florestas de *Drimys winteri* J.R.Forst no Chile que entre os índices de densidades 40-55% obtêm-se a maximização da produção de biomassa para uso energético e povoamentos que estão localizados nesta área têm um menor risco de cair pela ação do vento. Por fim a zona de subestoque (entre IDP 400 e 200), torna-se uma situação de manejo indesejada pela perda de indivíduos pela mortalidade, onde não se consegue o máximo aproveitamento do solo, com estoque muito abaixo, e árvores totalmente livres de concorrência.

Assim de forma prática, por meio das Figuras 13 e 14, na utilização do diagrama de manejo da densidade, conhecendo-se o número de árvores por hectare e o diâmetro médio, pode-se determinar o índice de densidade do povoamento que uma população pertence usando as informações da Tabela 17.

Portanto, no presente caso um povoamento de *Eucalyptus grandis* com IDP igual a 600 podem-se prognosticar os valores das variáveis definidas pelo número de árvores em hectare, área basal em hectare e volume por hectare por diâmetro médio, prognosticando os valores destas variáveis, que se projetarão ao longo do tempo, como pode ser observado na Tabela 17.

Tabela 17 - Prognose dos parâmetros número de árvores, área basal e volume por hectare em diferentes diâmetros para uma população de *Eucalyptus grandis* com IDP igual a 600.

DAP (cm)	N (ha)	G (m ² ha ⁻¹)	V (m ³ ha ⁻¹)
15	1558	27,52	253,6
20	909	28,57	340,3
25	600	29,45	428,4
30	427	30,20	517,2
35	321	30,85	606,5

Para a confirmação da precisão dos modelos de DMD e seu possível uso como estimador de volume por hectare em povoamentos florestais de *Eucalyptus grandis* em densidade completa, elaborou-se a Tabela 18. O valor da eficiência (E) das estimativas volumétricas por hectare do DMD em relação aos volumes reais foi

de 0,95, valor este que indica boa precisão. No mesmo sentido o valor de χ^2 foi de 0,0168, sendo não significativo ao nível de 0,01% de probabilidade. Isto indica que os volumes reais por hectare não diferem estatisticamente dos estimados no modelo do DMD, avaliando sua eficácia.

Tabela 18 - Diferenças absolutas e relativas dos volumes por hectare reais e estimados no Diagrama de Manejo da Densidade (DMD) para a espécie *Eucalyptus grandis* em duas microrregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Idade (ano)	Nº. amostra	Povoamento real			DMD V (m ³ ha ⁻¹)	Dif. Abs. V (m ³ ha ⁻¹)	Dif. Rel. (%)
		D (cm)	N (ha)	V (m ³ ha ⁻¹)			
10	1	17,3	1833	439,7	465,8	-26,15	-5,95
	2	18,1	1685	516,3	508,8	7,48	1,45
	3	18,7	1586	525,2	522,6	2,58	0,49
13	1	20	1399	635,8	682,9	-47,12	-7,41
	2	22	1171	640,6	612,5	28,09	4,39
	3	25	923	750,8	667,8	82,96	11,05
16	1	22,5	1007	752,2	573,9	178,34	23,71
	2	20,7	1221	783,4	876,4	-93,03	-11,87
	3	23,4	920	803,3	985,0	-181,72	-22,62
Média				649,7	655,1	-5,39	-0,75

De acordo com os resultados estatísticos, podem-se estabelecer estratégias de manejo e planejamento florestal com utilização do modelo de Diagrama de Manejo de Densidade (DMD), para prognose da produção em volume, área basal, diâmetro médio e número de árvores.

5.2.7 Relação do sítio com o Diagrama de Manejo da Densidade

Um dos métodos mais efetivos de planejar o manejo da densidade em povoamentos de mesma idade é pelo uso dos diagramas de manejo da densidade dos povoamentos (DMDPs). Estes são representações gráficas de desenvolvimento

dos povoamentos, ilustrados em vários formatos de interações entre densidade de árvores por hectare e vários parâmetros do povoamento como diâmetro médio, volume médio e altura dominante. Os DMDPs nos permitem estimar qual volume médio, diâmetro médio e a altura para uma densidade de árvores por hectare em um determinado sítio, em determinado momento de desenvolvimento da população, com ou sem desbaste.

Para construção da Figura 15, utilizou-se o modelo indicado por Penner et al. (2002), sendo a equação de volume médio abaixo, utilizada para traçar a linha de máxima densidade (linha cheia) para os melhores sítios e maiores alturas dominantes. Este modelo foi representado por:

$$\ln(\bar{v}) = 8,8468 - 1,3918 \cdot \ln(N) \quad (63)$$

Sendo: \bar{v} o volume médio (m^3); N o número de árvores (ha^{-1}).

Este modelo apresentou um coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) igual a 0,9712, erro padrão da estimativa (S_{yx}) de 0,19475 e coeficiente de variação (CV%) igual a 27,61%.

Para a construção da série de linhas isométricas inclinada para cima, da esquerda para a direita, foi relacionado o volume médio com número de árvores e variável diâmetro médio, empregando-se o seguinte modelo:

$$\ln(\bar{v}) = - 11,73 + 0,165 \cdot \ln(N) + 3,2114 \ln(DAP) \quad (64)$$

Onde: \bar{v} o volume médio (m^3); N o número de árvores (ha^{-1}) e DAP o diâmetro a altura do peito.

Tal modelo apresentou um R^2_{aj} . Igual a 0,9907 erro padrão da estimativa de 0,09458 e CV igual a 10,59%.

Por fim, para a série de linhas isométricas que se inclinam para baixo em movimento da esquerda para a direita, onde o volume médio foi relacionado com as variáveis altura dominante e número de árvores, utilizou-se o modelo:

$$\bar{V} = \frac{1}{(524,64 \cdot h_{100}^{-2,016} + 0,0712 \cdot N \cdot h_{100}^{-1,188})} \quad (65)$$

Onde: \bar{V} o volume médio (m^3); N o número de árvores (ha^{-1}) e h_{100} a altura dominante em metros.

Este modelo evidenciou um R^2_{aj} igual a 0,9983 erro padrão da estimativa de 0,0166 e CV de 2,82%.

O uso das três equações de volume médio foi necessário para relacionar as variáveis independentes diretas e disponíveis na confecção do diagrama de manejo da densidade do povoamento por sítio (DMDPs) nos diferentes momentos de desenvolvimento da população (Figura 15).

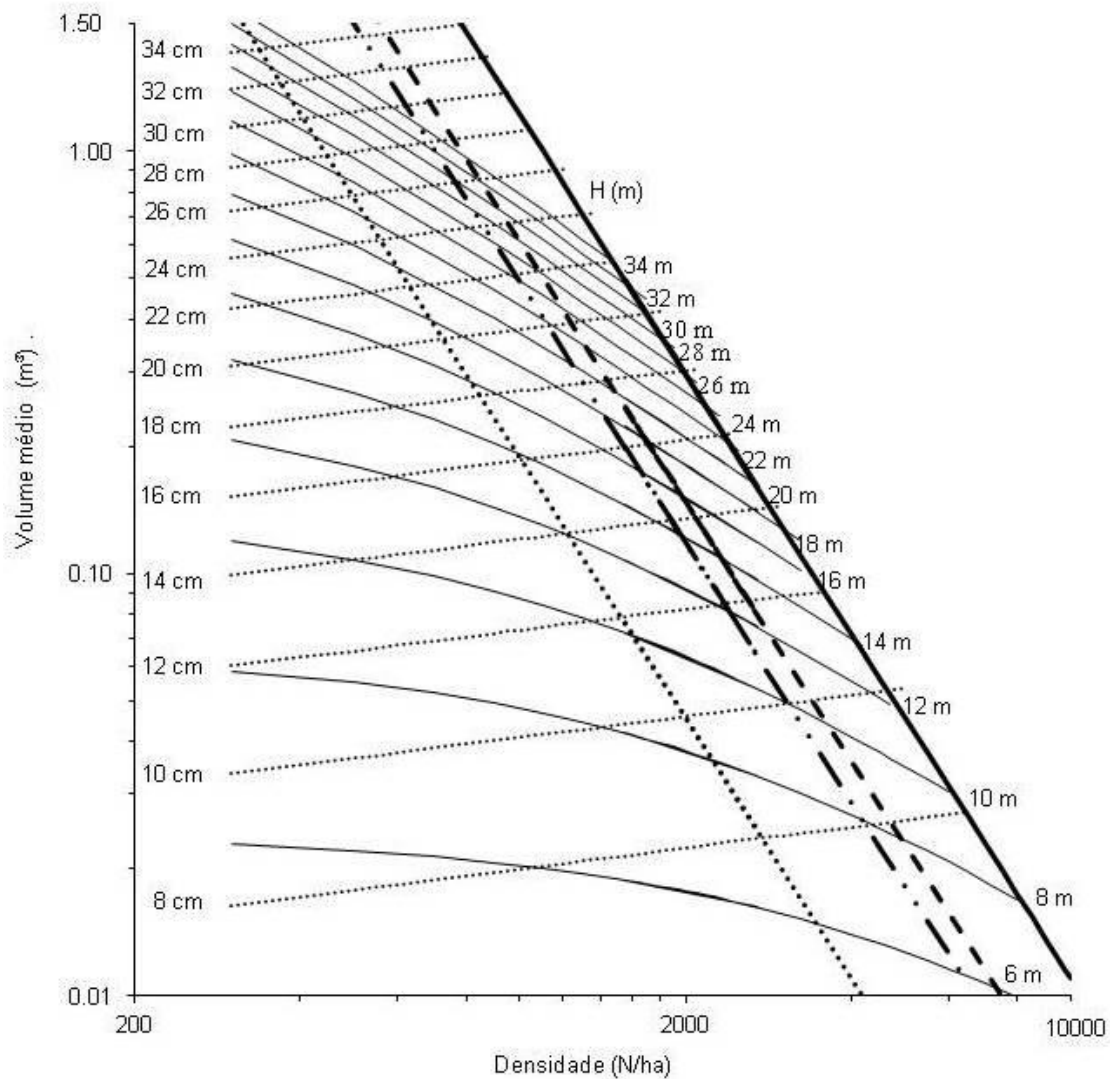


Figura 15 - Diagrama de Manejo da Densidade de Povoamentos de *Eucalyptus grandis* com os parâmetros do povoamento: diâmetro médio (cm), altura (m), volume médio (m^3) e densidade de árvores por hectare.

Preferencialmente deve-se conduzir a trajetória de desenvolvimento da densidade de árvores por hectare logo abaixo da linha de máxima densidade, onde ocorre a linha de iminente mortalidade (linha tracejada) que indica o momento do surgimento do início da mortalidade de árvores no povoamento, esta situa-se a 50% da linha de máxima densidade. Ainda sobre a linha de iminente mortalidade de árvores, é estabelecida a zona ótima de manejo da densidade de árvores por hectare, que corresponde aos limites de 45 a 55% da linha de máxima densidade da população.

A altura é importante nos DMDPs porque, na maioria das condições, o crescimento em altura das árvores é independente da densidade do povoamento. Este princípio é importante, pois permite o uso do crescimento em altura como medida de produtividade do sítio. Já o diâmetro médio do povoamento é um atributo altamente sensível, muitas vezes é sujeito à manipulação. Seguindo uma linha de altura da direita para a esquerda é prontamente evidente como drasticamente o diâmetro do povoamento em uma determinada idade é alterado determinando mudanças na densidade do povoamento.

Contudo os DMDPs permitem responder em relação ao desenvolvimento do povoamento, pois por meio destes determina-se a produção e os incrementos alcançados para uma idade e o índice de sítio, conhecendo a densidade de árvores por hectare, o diâmetro médio e o volume médio em uma determinada altura dominante. Assim, tais resultados podem ser utilizados para o planejamento da produção.

5.3 Distribuição de probabilidade e frequência

5.3.1 Distribuição de probabilidade e frequência por diâmetro e idade

Para o estudo de probabilidade de frequência de árvores por classe de diâmetro utilizou-se dados de parcelas permanentes, sem desbaste, em

espaçamentos adensados, medidos nas idades de 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 anos, resultando em 1275 observações, cujos valores médio, mínimo e máximo e desvio padrão encontram-se na Tabela 19. Inicialmente fez-se o estudo para todas as idades e em seguida para as idades separadamente, através do ajuste e da análise de precisão dos modelos Normal, Ln-normal, Weibull e Gama. Após estas análises preliminares, foi realizado o estudo da prognose da probabilidade de frequência por classe de diâmetro por meio do modelo de Weibull com dois parâmetros, pois este se apresenta com boa flexibilidade, precisão e facilidade de ajuste.

Tabela 19 - Valores médio, mínimo, máximo e desvio padrão dos dados observados no tempo, em espaçamentos adensados para *Eucalyptus grandis*.

Variável	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão
Idade (meses)	2,0	8,0	16,0	3,4
Diâmetro (cm)	9,5	21,0	35,4	5,6
Altura (m)	11,0	27,3	39,7	6,4
Altura dominante (m)	13,3	30,9	42,9	6,5
Área basal (m ² .ha ⁻¹)	6,6	26,7	55,8	8,8
Número de árvores (ha)	179	887	1975	474
Volume (m ³ .ha ⁻¹)	38,9	328,2	862,8	136,6

Para a escolha do melhor modelo que representasse toda a população, se fez a análise para os dados gerais. De acordo com a discrepância dos parâmetros dos modelos Normal, Ln-normal, Weibull e Gama (Tabela 20) são apresentados os valores obtidos no ajuste dos modelos de distribuição diamétrica. Esses valores foram utilizados diretamente nas funções de densidade probabilística para obtenção da frequência de árvores por classe diamétrica das espécies estudadas.

Tabela 20 - Parâmetros das equações de distribuição de frequência para o conjunto total dos dados de *Eucalyptus grandis*.

Nº eq.	Funções	Parâmetros				
		μ	Σ	α	β	C
17	Weibull	-	23,1901	-	-	4,1255
18	Normal	21,0451	5,63215	-	-	-
19	Ln-normal	-	0,27976	-	3,00896	-
20	Gama	-	1,56752	13,4257	-	-

Em que: μ , α , β e c os parâmetros dos modelos.

Os testes estatísticos de Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises, Anderson-Darling e Qui-quadrado, mostraram que a função de Weibull descreveu melhor a distribuição do número de árvores por classe de diâmetro (Tabela 21).

Tabela 21 - Testes estatísticos de aderência das funções de probabilidade de frequência ajustados por idade dos espaçamentos adensados do presente estudo para a espécie *Eucalyptus grandis*.

Testes estatísticos (todas as idades)								
Funções	Kolmogorov-Smirnov		Cramer-von Mises		Anderson-Darling		Qui-quadrado	
Weibull	0,0447	1	0,4976	1	3,8416	1	39,2994	1
	0,0380		<0,010		<0,010		<0,010	
Normal	0,0595	4	0,5562	2	4,0126	2	42,766	2
	<0,010		<0,005		<0,005		<0,001	
Ln-normal	0,0559	2	1,1138	4	7,0148	4	64,5896	4
	<0,010		<0,005		<0,005		<0,001	
Gama	0,0585	3	0,6718	3	4,3685	3	43,3101	3
	<0,001		<0,005		<0,001		<0,001	

A seleção do modelo de probabilidade de frequência foi feita por meio dos escores atribuídos as estatísticas analisadas na Tabela 21, onde o modelo de Weibull apresentou menores valores de escores em todos os testes realizados. A função de Weibull é imprescindível para a prognose da produção, pois através das reestimativas dos parâmetros de escala e forma, são gerados modelos para prognose. Na Figura 16 estão representadas as curvas de distribuição diamétrica estimadas em relação ao histograma de frequências observadas para todo o

conjunto de dados, representados por todas as idades. Avaliando-se as curvas representadas evidencia-se a melhor adequação da função de Weibull, seguido do modelo Normal, Gama e Ln-normal para número de árvores nas classes diamétricas. Autores como Schneider (2012), Thomas (2013), Leite et al. (2010) também utilizaram a função de Weibull devido as melhores estimativas desta para o conjunto de dados de densidade por classe diamétrica.

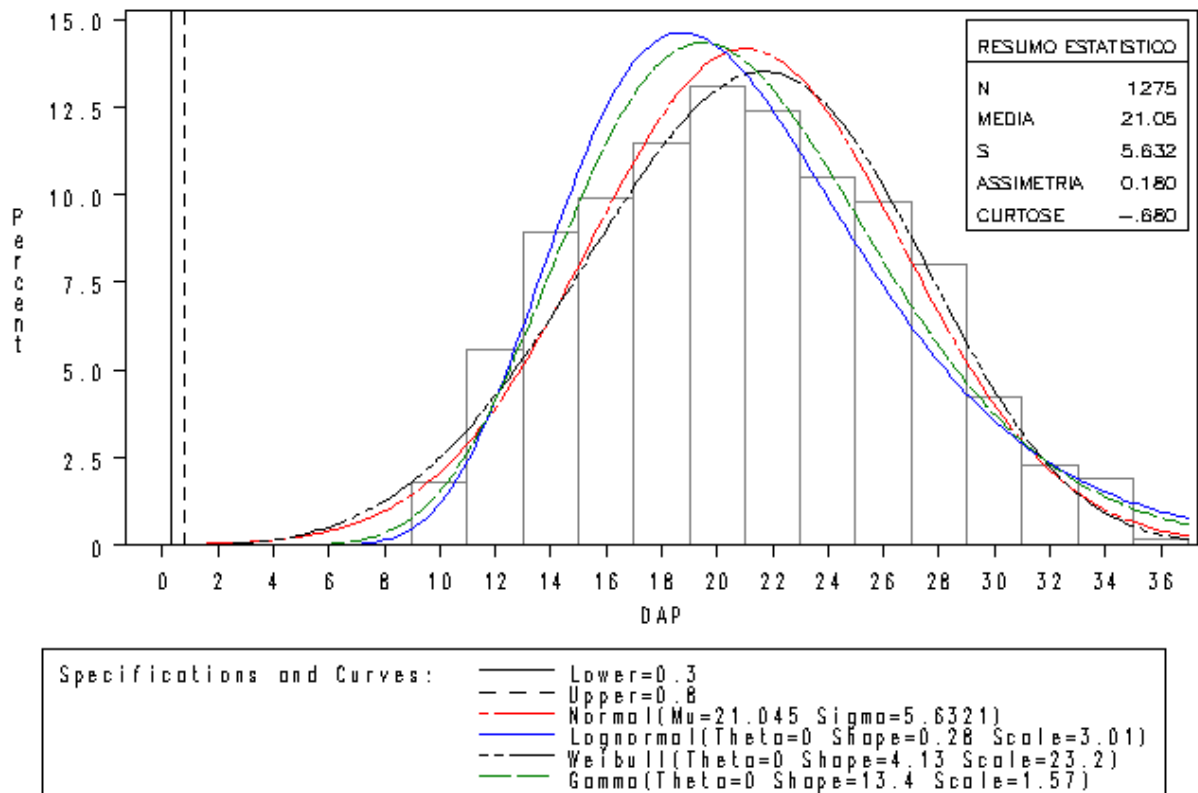


Figura 16 - Funções ajustadas (Weibull, Normal, Ln-normal, e Gama) para todas as idades, com suas respectivas curvas de distribuições diamétricas para a espécie *Eucalyptus grandis*.

De acordo com Schneider (2012), a assimetria seria uma medida de simetria da distribuição, baseada na soma de três desvios padrões, a partir da média, sendo a assimetria negativa quando a cauda da distribuição estiver acentuada à esquerda da média e positiva, quando a direita.

Analisando a Figura 16 de distribuição por classe de diamétrica, percebe-se uma distribuição característica de povoamentos homogêneos, onde esta se apresenta de forma unimodal com leve assimetria positiva (assimetria = 0,180),

tendo um só “pico” onde a moda apresenta-se no máximo de frequência, sendo menor que a mediana e a média. Nota-se, também, o coeficiente do momento de curtose igual a -0,680 o que configura uma distribuição como platicúrtica.

Também foram realizadas as mesmas sequências, agora para as idades separadamente, a partir dos 3 anos até os 15 anos. Assim as estimativas dos parâmetros dos modelos Normal, Ln-normal, Weibull e Gama, encontram-se discriminados na Tabela 22.

Tabela 22 - Parâmetros das equações de distribuição de frequência por idades, para os espaçamentos adensados da espécie *Eucalyptus grandis*.

Idade (anos)	Nº eq.	Funções	Parâmetros				
			μ	Σ	α	β	C
3	17	Weibull	-	13,5389	-	-	9,6585
	18	Normal	12,9851	1,1764	-	-	-
	19	Ln-normal	-	0,0888	-	2,5598	-
	20	Gama	-	0,1014	127,9497	-	-
5	17	Weibull	-	17,0138	-	-	8,9326
	18	Normal	16,1850	1,7898	-	-	-
	19	Ln-normal	-	0,1075	-	2,7782	-
	20	Gama	-	0,1872	86,4201	-	-
7	17	Weibull	-	21,4271	-	-	8,4329
	18	Normal	20,2994	2,5244	-	-	-
	19	Ln-normal	-	0,1246	-	3,0028	-
	20	Gama	-	0,3115	65,1580	-	-
9	17	Weibull	-	24,9088	-	-	9,4005
	18	Normal	23,5666	3,2211	-	-	-
	19	Ln-normal	-	0,1453	-	3,1497	-
	20	Gama	-	0,4719	49,9317	-	-
11	17	Weibull	-	27,0527	-	-	9,1210
	18	Normal	25,6233	3,5296	-	-	-
	19	Ln-normal	-	0,1528	-	3,2328	-
	20	Gama	-	0,5460	46,9234	-	-
13	17	Weibull	-	28,5720	-	-	9,3906
	18	Normal	28,6085	4,2357	-	-	-
	19	Ln-normal	-	0,1468	-	3,2872	-
	20	Gama	-	0,5436	49,7368	-	-
15	17	Weibull	-	30,3935	-	-	8,2144
	18	Normal	28,6085	4,2357	-	-	-
	19	Ln-normal	-	0,1538	-	3,3425	-
	20	Gama	-	0,6381	44,8338	-	-

Na Tabela 23, encontram-se os testes estatísticos de Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises, Anderson-Darling e Qui-quadrado para as diferentes idades

Tabela 23 - Testes estatísticos de aderência das funções de probabilidade de frequência ajustados por idade dos espaçamentos adensados .

(continua)

Idade (anos)	Funções	Testes estatísticos							
		Kolmogorov-Smirnov		Cramer-von Mises		Anderson-Darling		Qui-quadrado	
3	Weibull	0,1362	1	0,657	4	3,5737	4	154,1593	4
		0,1851		<0,010		<0,001		<0,001	
	Normal	0,1895	4	0,3052	3	1,7821	3	57,1678	3
		>0,010		<0,005		<0,005		<0,001	
Ln-normal	0,175	2	0,2513	1	1,523	1	16,7936	2	
	<0,010		<0,005		<0,001		<0,001		
Gama	0,1777	3	0,2577	2	1,5594	2	28,2267	1	
	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		
5	Weibull	0,1501	1	0,5991	4	3,2991	4	13,383	4
		0,1662		<0,010		<0,010		0,001	
	Normal	0,2417	4	0,5798	3	2,9569	3	8,9298	3
		<0,010		<0,005		<0,005		0,012	
Ln-normal	0,2327	2	0,5445	1	2,7065	1	7,4564	1	
	<0,010		<0,005		<0,005		0,024		
Gama	0,2373	3	0,5632	2	2,8198	2	8,1641	2	
	<0,001		<0,001		<0,001		0,017		
7	Weibull	0,0429	1	0,3296	4	2,0107	4	17,7912	4
		0,1049		<0,010		<0,010		0,001	
	Normal	0,0642	4	0,0951	3	0,5746	3	8,1521	3
		0,088		0,133		0,138		0,086	
Ln-normal	0,055	3	0,0642	1	0,4086	2	4,8979	2	
	>0,150		0,353		0,365		0,298		
Gama	0,05	2	0,0645	2	0,4055	1	5,697	1	
	>0,250		>0,250		>0,250		0,223		
9	Weibull	0,0813	1	0,2463	1	1,6162	1	14,8577	2
		0,1226		<0,010		<0,010		0,005	
	Normal	0,1428	2	0,51	2	2,9001	2	7,5223	1
		<0,010		<0,005		<0,001		0,185	
Ln-normal	0,1674	4	0,7322	4	4,0817	4	33,9199	4	
	<0,010		<0,005		<0,005		<0,001		
Gama	0,1599	3	0,6579	3	3,6881	3	29,8976	3	
	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		

Tabela 23 - Testes estatísticos de aderência das funções de probabilidade de frequência ajustados por idade dos espaçamentos adensados. (conclusão)

		Testes estatísticos							
Idade (anos)	Funções	Kolmogorov-Smirnov		Cramer-von Mises		Anderson-Darling		Qui-quadrado	
11	Weibull	0,0999	1	0,0871	1	0,5108	1	8,6588	1
		0,1550		0,166		0,205		0,278	
	Normal	0,1409	2	0,2179	2	1,3067	2	19,6542	2
		<0,010		<0,005		<0,005		0,006	
	Ln-normal	0,1782	4	0,436	4	2,5261	4	59,0341	4
<0,010		<0,005		<0,005		<0,001			
Gama	0,1647	3	0,3488	3	2,0494	3	41,8121	3	
		<0,001		<0,001		<0,001		0,001	
13	Weibull	0,0621	1	0,0894	1	0,5453	1	5,4344	1
		0,1963		0,152		0,17		0,365	
	Normal	0,1428	2	0,1767	2	1,0212	2	9,4748	2
		0,015		0,01		0,01		0,092	
	Ln-normal	0,1564	4	0,2583	4	1,4976	4	15,1565	4
<0,010		<0,005		<0,005		0,01			
Gama	0,1539	3	0,2314	3	1,3433	3	13,4063	3	
		0,006		0,002		0,002		0,02	
15	Weibull	0,0742	1	0,0833	2	0,564	2	9,9585	1
		0,2299		0,182		0,15		0,076	
	Normal	0,101	2	0,0788	1	0,544	1	11,1909	2
		>0,150		0,215		0,155		0,048	
	Ln-normal	0,116	4	0,0931	4	0,6279	4	13,0543	4
<0,150		0,136		0,095		0,023			
Gama	0,1139	3	0,0922	3	0,62	3	12,5884	3	
		>0,250		0,143		0,105		0,028	

trabalhadas no presente estudo da espécie de *Eucalyptus grandis*.

De uma forma geral os modelos descreveram bem a distribuição do número de árvores por classe de diâmetro (Tabela 23), sendo que houve uma alternância dos melhores modelos nas diferentes idades, mas em sua maioria com aceitação da hipótese de nulidade, o que indicou que as frequências esperadas e observadas são similares sob ponto de vista estatístico, ou seja, os modelos descreveram bem o conjunto de dados. O modelo de Weibull obteve melhores estimativas nas idades 9,

11, 13 e 15, o modelo Ln-normal para as idades 3, 5, e por fim o modelo Gama para a idade 7.

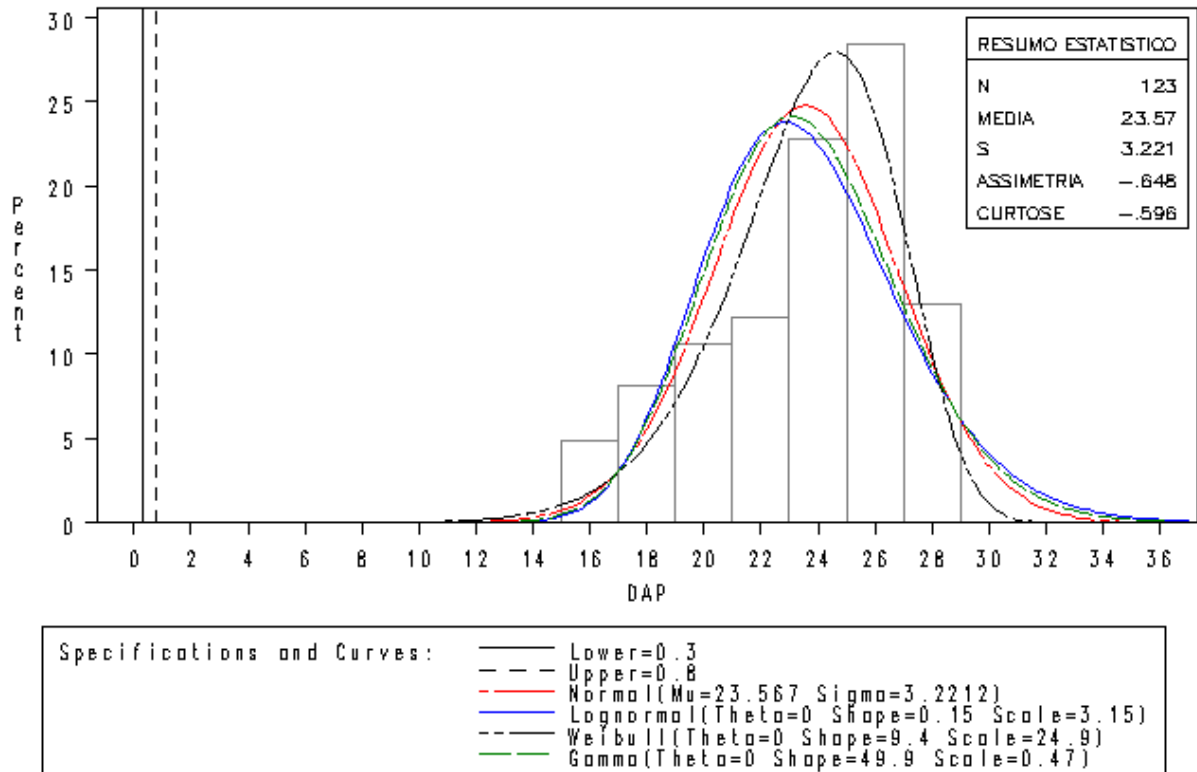


Figura 17 - Funções ajustadas (Weibull, Normal, Ln-normal, e Gama), para a idade de 9 anos, com suas respectivas curvas de distribuições diamétricas para a espécie *Eucalyptus grandis*.

Observando a distribuição na idade 9 anos, (Figura 17) nota-se uma menor amplitude diamétrica, com assimetria de $-0,648$ e curtose de $-0,596$, representando uma leve assimetria a esquerda e uma curva platicúrtica. Já na idade de 13 anos, percebeu-se uma maior amplitude diamétrica com assimetria de $-0,705$ e curtose igual a $-0,302$ demonstrando também uma leve assimetria à esquerda e com o coeficiente do momento de curtose representando uma curva também platicúrtica.

As distribuições de probabilidade de frequência por classe de diâmetro, para os dados de povoamentos implantados em espaçamentos reduzidos, ajustados pelos modelos Normal, Ln-normal, Weibull e Gama para as idade 9 (Figura 17) e 13 anos (Figura 18), respectivamente, mostraram o deslocamento dos percentis por

classe de diâmetro com o envelhecimento da floresta, alterando a assimetria e a curtose das curvas.

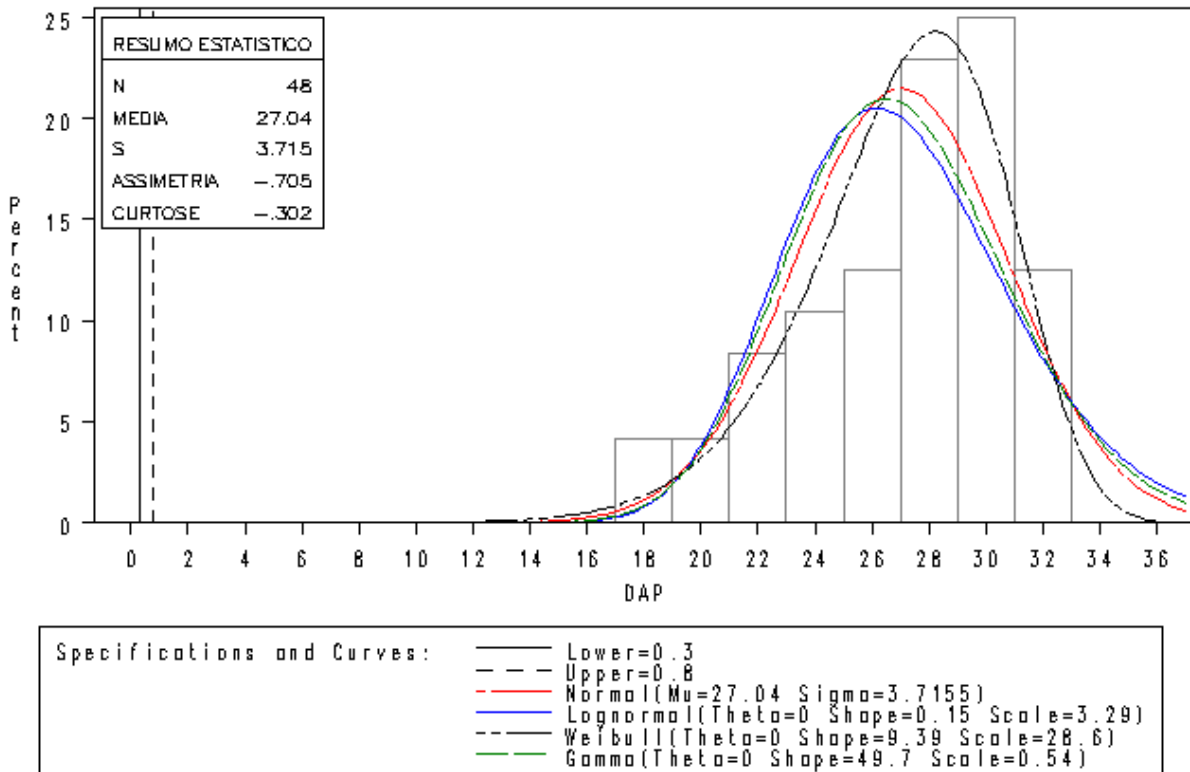


Figura 18 - Funções ajustadas (Weibull, Normal, Ln-normal, e Gama), para a idade de 13 anos, com suas respectivas curvas de distribuições diamétricas para a espécie *Eucalyptus grandis*.

Para as idades 9 (Figura 17) e 13 anos (Figura 18) respectivamente, a função de Weibull desempenhou melhores ajustes na distribuição de probabilidade de frequência por classe de diâmetro. Autores como Abreu et al. (2002), Binoti et al. (2010) e Soares et al. (2011) também utilizaram a função de Weibull com resultados satisfatórios para povoamentos de *Eucalyptus*.

Analisando as estatísticas, de uma forma geral as distribuições apresentaram boas estimativas, apenas com alternância das idades e os coeficientes de assimetria e curtose demonstrando valores positivos e negativos com assimetrias, mas todos condizentes com a curva de distribuição normal.

5.3.2 Prognose da probabilidade de frequência por classe diamétrica

Diante da melhor adequação aos dados gerais e por idade, além de sua maior flexibilidade, facilidade de ajuste e acurácia, a função de Weibull foi então selecionada e teve seus parâmetros b e c , reestimados em função de variáveis dendrométricas médias obtidas por parcela, resultando nas equações 66 e 67, respectivamente. As duas equações obtiveram bons ajustes com coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da estimativa em percentagem de 0,99; 0,72 e 0,80; 2,93, respectivamente.

$$b = -82,6788 + 33,1445 * \ln(DAP) + 0,00000252 * (N)^2 + 16,532 * \left(\frac{1}{I}\right) \quad (66)$$

$$c = 42,0668 + 29244 * \left(\frac{1}{G^2}\right)^{1/2} \quad (67)$$

Em que: b = parâmetro de escala a ser estimado do modelo Weibull, c =parâmetro de forma a ser estimado para a função Weibull, DAP = diâmetro médio por idade em cm; N = Número de árvores por hectare; I = Idade em anos; e G = Área Basal em m².

Foram ajustadas funções para estimativa de número de árvores R^2 de 0,80 e S_{yx} de 3,92% e de altura R^2 de 0,93 e S_{yx} de 2,00% com os seguinte modelos:

$$\ln(N) = 12,5767 + 0,55308 * \ln(I) - 2,3108 * \ln(DAP) \quad (68)$$

$$\ln(H) = 3,65804 + 0,13431 * \ln(I) - 12,6352/(DAP) \quad (69)$$

Na reestimativa dos parâmetros, foi utilizada a função de Weibull com as regressões aninhadas obtendo as distribuições de frequência por classe diamétrica e por conseguinte desenvolvimento real do povoamento, nas idades de 3, 7 e 13 anos (Figura 19).

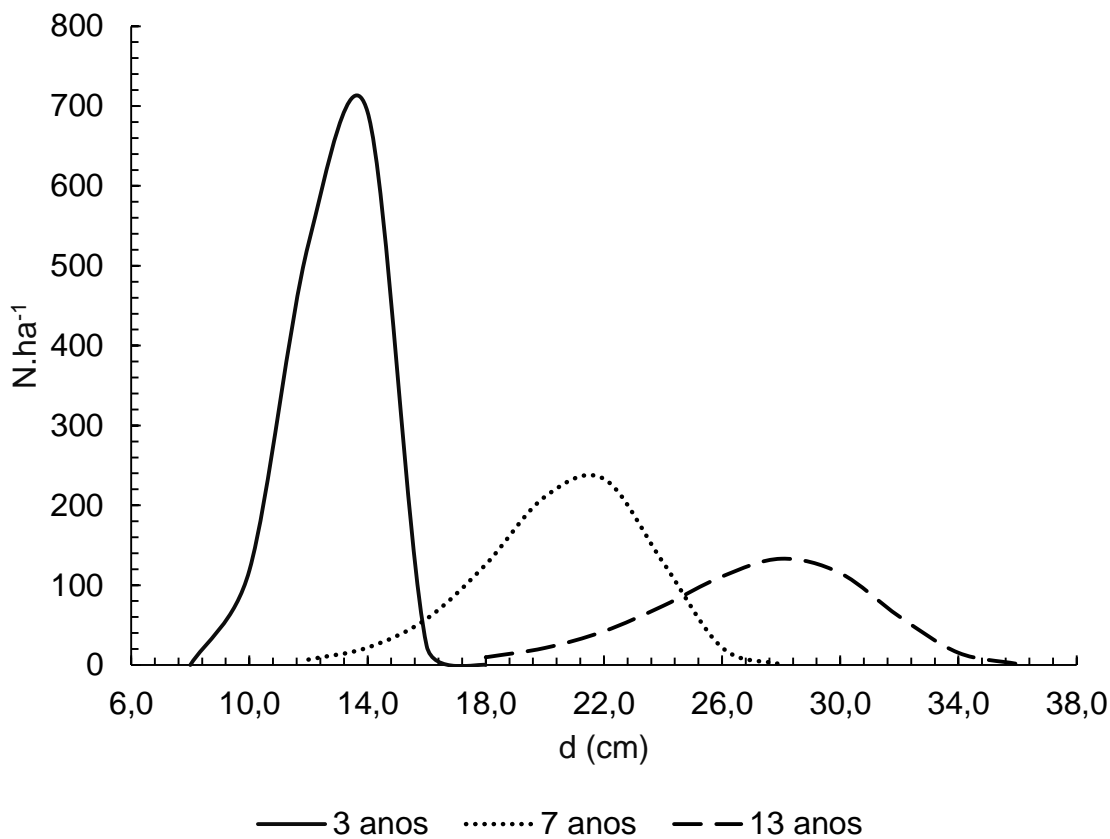


Figura 19 - Prognose da distribuição de frequência da espécie *Eucalyptus grandis* por classe de diâmetro com os parâmetros da equação de Weibull estimados por regressão aninhada.

Na Figura 19 encontrou-se a curva mais acentuada de frequência por classe diamétrica, simula um povoamento com 3 anos de idade, densidade de 1426 árvores/ha, área basal de $20,5 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ e altura dominante de 20,1 m. A curva intermediária de distribuição de frequência por classe diamétrica, representa um povoamento com 7 anos de idade, densidade de 944 árvores/ha, área basal de $29,7 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ e altura dominante de 30,9 m. Já a terceira curva de distribuição de frequência por classe diamétrica, demonstra um povoamento com 13 anos de idade, densidade de 566 árvores/ha, área basal de $32,5 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ e altura dominante de 35,1 m.

Fica evidente que a partir do aumento da idade da população, ocorre o movimento das frequências com alteração referente às variáveis de densidade, diâmetro, altura dominante, área basal dentre outras. O nível deste crescimento poderá variar de acordo com a disponibilidade de água, espaçamento entre plantas, riqueza do solo, potencial genético das plantas, capacidade do sítio, etc.

Sobre isto, Schneider (2012) descreve que os fatores referentes às modificações na forma das curvas de distribuição diamétrica e aumento da amplitude diamétrica, procedem do crescimento das árvores da população e da mortalidade natural, em função do autodesbaste e desbaste da população.

5.4 Forma de tronco e sortimentos

Para o estudo da forma de tronco das árvores foram selecionadas equações representativas, utilizadas para esta finalidade, expressas pelos modelos polinomiais, de Prodan (1965), Kozak, Munro e Smith (1969) e pelo modelo de potência fracionária de Hradetzky (1976), sendo apresentadas suas estatísticas de ajuste e valores residuais. Foram definidos os valores das dimensões das classes de sortimento da madeira, e organizadas tabelas com os sortimentos e suas prognoses. Na Tabela 24 apresentam-se as 6 equações de forma de tronco testadas, e seus respectivos coeficientes.

Tabela 24 - Coeficientes das equações testadas para forma de tronco para a espécie *Eucalyptus grandis*.

Número da equação	Coeficientes					
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
31	1,1882	-3,5218	14,2743	-31,4357	31,0161	-11,5257
32	1,1410	-1,7599	2,3571	-1,7496	-	-
33	1,2226	-2,2260	1,0542	-	-	-
34	1,1028	-0,9340	-	-	-	-
35	0,0541	0,7256	-0,0009	-	-	-
36	17,3861	-0,0689	-0,5979	-16,6195	-0,0994	-

De acordo com os critérios estatísticos utilizados, foi possível identificar que os modelos que melhor ajustaram-se aos dados foram os de número 31 e 36. Na Tabela 25, as estatísticas de ajuste e precisão mostraram um coeficiente de determinação da equação 36 de 0,9853 representada pelo modelo de Hradetzky e

erro padrão da estimativa de 8,4311. Os modelos de Hradetzky (equação 36) e polinômio do 5° grau (equação 31) apresentaram estatísticas de ajustes e precisão muito semelhantes, para a estimativa dos diâmetros nas diferentes alturas, com uma pequena superioridade do modelo de potência fracionária de Hradetzky. Já o modelo de Kozak, Munro e Smith (equação 33) apresentou as piores estatísticas, com um coeficiente de determinação igual a 0,9592 e um erro padrão da estimativa de 14,0563.

Tabela 25 - Critérios estatísticos das equações testadas para forma de tronco para a espécie *Eucalyptus grandis*.

Número da equação	Critérios estatísticos			
	R^2_{aj}	S_{yx} (%)	Bias	E
31	0,9825	9,1960	-0,2512	0,9826
32	0,9788	10,1395	-0,2583	0,9788
33	0,9592	14,0563	-0,4809	0,9592
34	0,9663	12,7725	-0,3303	0,9663
35	0,9729	11,4475	-0,1986	0,9730
36	0,9853	8,4311	-0,2545	0,9853

Em que: R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = Erro padrão da estimativa; Bias = tendência e E = Eficiência.

O modelo de Hradetzky (equação 36) teve suas potências inteiras e fracionadas selecionadas pelo procedimento Stepwise. O modelo gerado apresentou quatro variáveis independentes, ficando assim disposto:

$$\frac{d_i}{DAP} = b_0 + b_1 \left(\frac{h_i}{h_t}\right) + b_2 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^2 + b_3 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^{0,005} + b_4 \left(\frac{h_i}{h_t}\right)^{10} \quad (70)$$

Kohler (2013) trabalhando com *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina, obteve bons ajustes e encontrou o modelo de potências inteiras e fracionárias com cinco e seis variáveis independentes respectivamente para cada estado como o modelo selecionado para ambas áreas de estudo. Por outro lado, Miguel et al. (2011) trabalhando com *Eucalyptus urophylla* em Goiás também

selecionou o modelo de Hradetzky com quatro variáveis seguido de perto pelo polinômio de quinto grau para estimativas de diâmetros ao longo do fuste.

Por meio do ranqueamento dos escores estatísticos (Tabela 26) observa-se a pontuação dos modelos ajustados, onde a equação 36 apresentou menor somatório de valor ponderado, sendo assim justificada sua escolha para representação dos dados.

Tabela 26 - Ranqueamento para os critérios estatísticos das equações ajustadas para forma de tronco da espécie *Eucalyptus grandis*.

Número da equação	Escore dos parâmetros estatísticos				Somatório valor ponderado
	R^2_{aj}	S_{yx}	Bias	E	
31	2	2	2	2	8
32	3	3	4	3	13
33	6	6	6	6	24
34	5	5	5	5	20
35	4	4	1	4	13
36	1	1	3	1	6

Como forma de contribuição na análise de ajuste dos modelos, a Figura 20 apresenta os valores residuais de forma de tronco para os modelos testados. Todos os modelos apresentaram tendenciosidade. Os modelos de número 31, 32, 35 e 36 evidenciaram menores tendenciosidades, sendo este último, o modelo escolhido de acordo com os critérios estatísticos para melhor representação dos dados.

A distribuição dos resíduos de uma forma geral para as funções de afilamento testadas demonstraram tendência para os dados abaixo de 0,3 m de altura, fato este corriqueiro para tais funções, pois nesta posição encontra-se a base da árvore que naturalmente é mais grossa que o fuste em geral e que não compromete as suas respectivas estimativas. Autores como Thomas (2013) e Schneider (2012) em estudos de forma de tronco para *Eucalyptus saligna* e *Pinus taeda*, respectivamente, também obtiveram resultados similares.

O modelo de Hradetzky (equação 36) e o polinômio do 5° grau (equação 31) apresentaram intensa semelhança, sendo que este primeiro apresentou pequena vantagem nos critérios estatísticos e na análise dos resíduos (Figura 20), sendo

visualmente significativa estas diferenças, devido a isto e aos critérios estatísticos, o modelo de Hradetzky foi ligeiramente superior ao polinômio de 5° grau e aos demais, e por isso foi o modelo escolhido.

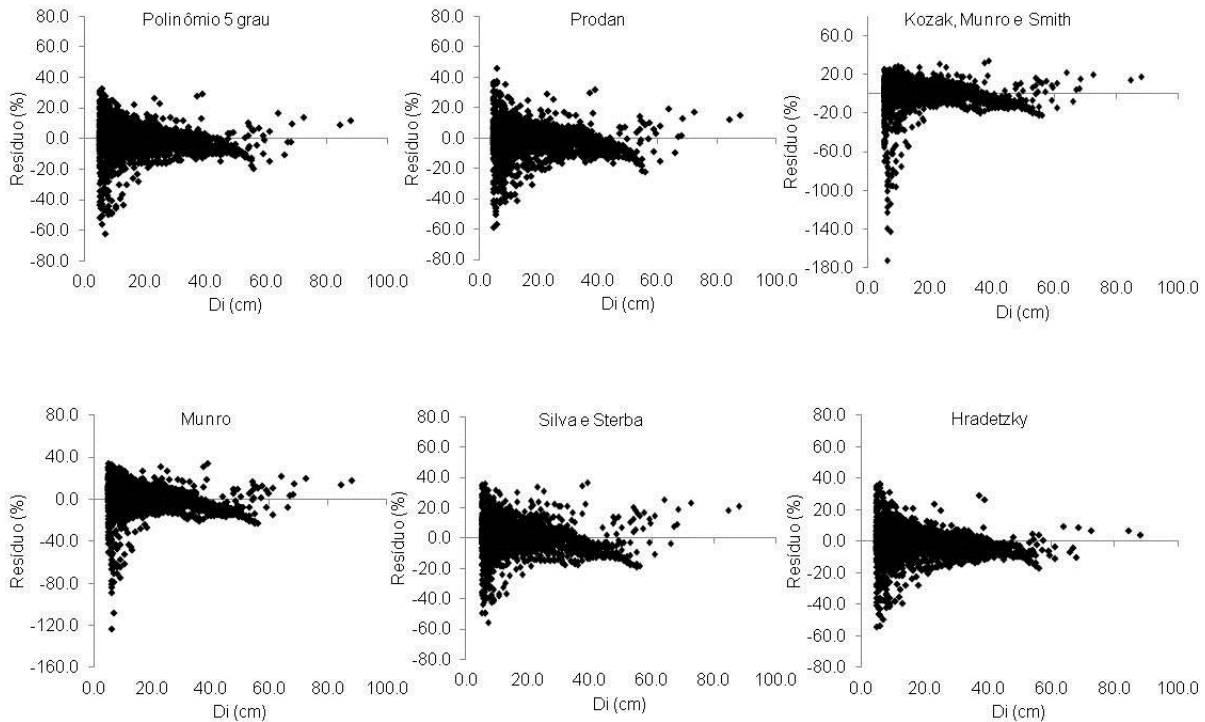


Figura 20 - Distribuição dos resíduos das funções testadas para ajuste da forma de tronco da espécie *Eucalyptus grandis*.

Na Figura 21 é apresentado o perfil longitudinal com os valores observados e estimados pelo modelo selecionado para forma de tronco, onde os diâmetros relativos são estimados de forma correta para qualquer altura relativa. A mesma Figura 21 demonstra os valores estimados representados pela linha cinza que cobre toda a massa de dados observados, configurando a boa eficiência da equação selecionada.

Vale salientar que na modelagem das funções de afilamento, os cálculos foram feitos de forma a isolar a variável Di, para se obter os valores em centímetros, não acarretando, desta forma, em maiores erros ocorridos nas ponderações das estimativas.

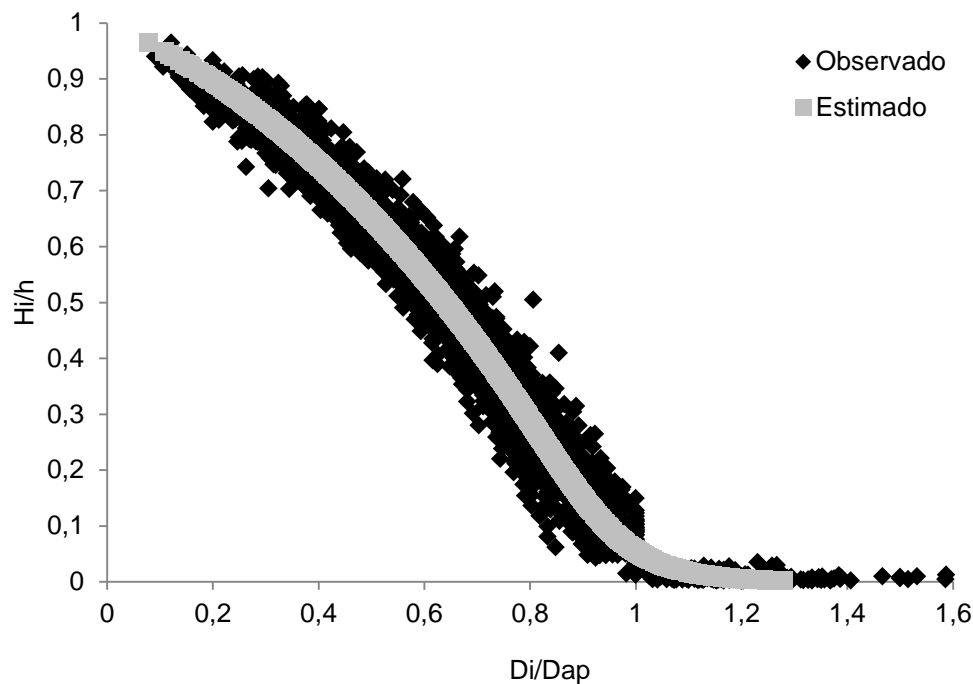


Figura 21 - Perfil longitudinal, com valores observados e estimados pela equação de Hradetzky.

Diante da função de forma de tronco ajustada, se torna imprescindível a integração da mesma para o cálculo do volume das árvores e dos sortimentos florestais.

Por meio da integração da função de forma de tronco selecionada, neste caso a função de Hradetzky, foram gerados os volume de todo o fuste ou de partes dele, de acordo com o diâmetro na ponta fina informado. Para um aproveitamento adequado das toras produzidas nos povoamentos, as mesmas foram divididas em 4 sortimentos e resíduo, tendo cada um valor de mercado específico.

Os volumes dos sortimentos foram calculados utilizando a função de Hradetzky para estimar diâmetros relativos, iniciando pela base da árvore com o sortimento 1 (S1) e avançando em altura, obtendo os demais sortimentos S2, S3, S4, até atingir porção superior da árvore com RES. Os sortimentos foram classificados por diâmetro na ponta fina e comprimento de tora da seguinte forma:

- S1= Comprimento de 3,0m e diâmetro ≥ 33 cm na ponta fina;
- S2= Comprimento de 2,65m e diâmetro entre 23-33cm na ponta fina;
- S3= Comprimento de 2,40m e diâmetro entre 16-23cm na ponta fina;
- S4= Comprimento de 1,50m e diâmetro entre 8-16cm na ponta fina;
- RES= Comprimento restante do fuste e diâmetro < 8 cm na ponta fina.

Para a estimativa das alturas relativas correspondentes aos diâmetros nas pontas finas dos sortimentos, utilizou-se a equação abaixo:

$$\frac{h_i}{h} = 1,0820 - 1,7923 \cdot \left(\frac{d_i}{d}\right) + 5,8273 \cdot \left(\frac{d_i}{d}\right)^2 - 11,9121 \cdot \left(\frac{d_i}{d}\right)^3 + 9,2360 \cdot \left(\frac{d_i}{d}\right)^4 - 2,3713 \cdot \left(\frac{d_i}{d}\right)^5 \quad (71)$$

Sendo que: h_i = altura na posição i , em metros; h = altura total da árvore, em metros; d_i = diâmetro à altura i , em centímetros; d = diâmetro à altura do peito (1,30), em centímetros; $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ e b_k = coeficientes.

A mesma equação foi utilizada por Müller (2004) em estudo da forma de tronco para *Eucalyptus grandis* e Thomas (2013) que trabalhou com *Eucalyptus saligna*.

As alturas relativas foram obtidas para os diâmetros de 8 cm com casca, correspondente ao diâmetro mínimo aproveitável, e para 16 cm, 23 cm e 33 cm em uma tabela de sortimentos calculados para fustes de árvores individuais com DAP de 8 cm até 52 cm.

Para o cálculo do volume total da árvore, utilizou-se a integral calculada da função de Hradetzky com os valores de altura total e DAP da árvore. Já para a obtenção do número de toras e volume por sortimento, iniciou-se o cálculo pelo sortimento de maior bitola e maior comprimento de tora onde se fez a estimativa de altura relativa para o diâmetro mínimo de interesse de acordo com o sortimento. Esta estimativa de altura relativa foi dividida pelo tamanho da tora do sortimento, assim se obtendo o número de toras. De acordo com o número de toras obtido, este será multiplicado pelo tamanho da mesma e utilizado como altura relativa na integral para o cálculo do volume.

O procedimento para os próximos sortimentos é semelhante ao anteriormente citado, mas de forma que as alturas relativas do sortimento atual são somadas as alturas relativas do sortimento anterior, por este motivo no cálculo do volume do sortimento em questão, este será descontado do sortimento anterior e assim sucessivamente para os próximos sortimentos. Por fim o resíduo foi calculado descontando o somatório dos volumes por sortimento do volume total da árvore.

Na Tabela 27 se observa que existem três alturas para um mesmo diâmetro, estas são calculadas em 11% acima e abaixo da altura da árvore, pois sabe-se que árvores com diâmetros iguais podem apresentar alturas distintas de acordo com o sítio em que a mesma está situada, variabilidade genética da espécie, além é claro de fatores relacionados ao clima, regime de chuvas dentre outros. Tal procedimento subsidia condições para que as tabelas de produção abranjam diferentes condições de povoamentos florestais. Assim, busca-se contemplar tais diferenças de altura na representação dos sortimentos para cada árvore.

Na Tabela 27, os valores para as classes de sortimentos previamente definidas para as árvores individuais de *Eucalyptus grandis* entre os diâmetros 8 e 52 cm e volume total por árvore foram calculados pela integração da função de Hradetzky, escolhida como melhor função de forma de tronco. As tabelas de sortimentos completa para árvores individuais e por idade encontram-se nos Apêndices A e B respectivamente.

Tabela 27 - Sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(continua)

DAP (cm)	ht (m)	Vol. Árv. (m³ cc)	S1 %	S2 %	S3 %	S4 %	Resíduo (%)
8	9,0	0,0203	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
8	10,2	0,0228	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
8	11,3	0,0253	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
9	11,0	0,0313	0,0	0,0	0,0	31,1	68,9
9	12,4	0,0351	0,0	0,0	0,0	28,2	71,8
9	13,7	0,0390	0,0	0,0	0,0	25,9	74,1
10	12,9	0,0452	0,0	0,0	0,0	47,6	52,4
10	14,5	0,0508	0,0	0,0	0,0	43,4	56,6
10	16,1	0,0564	0,0	0,0	0,0	54,7	45,3
11	14,4	0,0610	0,0	0,0	0,0	59,4	40,6
11	16,2	0,0686	0,0	0,0	0,0	67,0	33,0
11	17,9	0,0761	0,0	0,0	0,0	62,3	37,7
12	16,1	0,0811	0,0	0,0	0,0	67,2	32,8
12	18,3	0,0922	0,0	0,0	0,0	71,6	28,4
12	20,5	0,1033	0,0	0,0	0,0	74,9	25,1
13	16,5	0,0980	0,0	0,0	0,0	76,3	23,7
13	18,8	0,1114	0,0	0,0	0,0	78,8	21,2
13	21,1	0,1247	0,0	0,0	0,0	80,7	19,3
14	18,6	0,1277	0,0	0,0	0,0	86,3	13,7

Tabela 27 - Sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*. (continua)

DAP (cm)	ht (m)	Vol. Árv. (m³ cc)	S1 %	S2 %	S3 %	S4 %	Resíduo (%)
14	21,1	0,1451	0,0	0,0	0,0	86,5	13,5
14	23,7	0,1626	0,0	0,0	0,0	86,7	13,3
15	18,8	0,1485	0,0	0,0	0,0	85,7	14,3
15	21,4	0,1688	0,0	0,0	0,0	85,9	14,1
15	24,0	0,1891	0,0	0,0	0,0	86,1	13,9
16	19,9	0,1785	0,0	0,0	0,0	89,0	11,0
16	22,9	0,2052	0,0	0,0	0,0	92,3	7,7
16	25,8	0,2318	0,0	0,0	0,0	91,3	8,7
17	21,6	0,2183	0,0	0,0	26,3	66,6	7,1
17	24,8	0,2510	0,0	0,0	23,5	68,0	8,5
17	28,0	0,2836	0,0	0,0	21,2	72,1	6,7
18	22,4	0,2538	0,0	0,0	25,5	66,1	8,4
18	25,7	0,2917	0,0	0,0	22,8	70,6	6,6
18	29,0	0,3297	0,0	0,0	36,3	57,3	6,4
19	22,4	0,2833	0,0	0,0	44,6	49,1	6,3
19	25,7	0,3256	0,0	0,0	40,0	55,0	5,0
19	29,1	0,3679	0,0	0,0	36,3	57,3	6,4
20	23,8	0,3340	0,0	0,0	42,5	52,2	5,3
20	27,7	0,3883	0,0	0,0	51,8	42,4	5,8
20	31,6	0,4427	0,0	0,0	46,8	47,8	5,4
21	23,7	0,3668	0,0	0,0	58,1	38,3	3,6
21	27,6	0,4266	0,0	0,0	51,9	44,6	3,5
21	31,5	0,4863	0,0	0,0	58,3	37,6	4,1
22	25,1	0,4258	0,0	0,0	55,7	41,3	3,0
22	29,2	0,4951	0,0	0,0	61,6	34,6	3,8
22	33,3	0,5645	0,0	0,0	65,7	31,4	2,9
23	25,5	0,4721	0,0	0,0	67,7	28,1	4,2
23	29,6	0,5489	0,0	0,0	71,0	25,8	3,1
23	33,8	0,6258	0,0	0,0	65,0	31,7	3,3
24	25,9	0,5227	0,0	24,5	43,6	29,6	2,3
24	30,5	0,6149	0,0	21,4	49,2	25,7	3,6
24	35,0	0,7071	0,0	19,1	53,4	24,4	3,1
25	26,6	0,5823	0,0	24,0	53,0	21,0	2,0
25	31,3	0,6850	0,0	21,0	56,8	18,9	3,3
25	36,0	0,7878	0,0	18,7	59,7	18,7	2,9
26	26,3	0,6240	0,0	24,2	53,3	20,7	1,8
26	31,0	0,7341	0,0	37,3	41,7	18,2	2,8
26	35,6	0,8442	0,0	33,4	46,1	18,0	2,5
27	27,7	0,7086	0,0	40,8	43,3	14,2	1,8
27	32,6	0,8337	0,0	35,8	47,7	14,7	1,8

Tabela 27 - Sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(continua)

DAP (cm)	ht (m)	Vol. Árv. (m³ cc)	S1 %	S2 %	S3 %	S4 %	Resíduo (%)
27	37,5	0,9587	0,0	44,2	39,4	14,7	1,7
28	27,9	0,7658	0,0	40,6	43,2	14,3	1,9
28	33,2	0,9117	0,0	48,7	34,7	14,7	2,0
28	38,5	1,0576	0,0	43,4	39,1	15,4	2,2
29	28,7	0,8463	0,0	54,3	29,0	14,5	2,3
29	34,2	1,0075	0,0	47,6	40,1	10,5	1,9
29	39,6	1,1687	0,0	52,9	33,8	11,3	2,0
30	28,6	0,9014	0,0	54,5	35,3	8,8	1,4
30	34,0	1,0731	0,0	59,2	29,2	10,0	1,6
30	39,5	1,2448	0,0	53,1	33,8	11,2	1,9
31	29,5	0,9946	0,0	65,5	23,5	9,2	1,8
31	35,2	1,1840	0,0	57,8	29,2	11,7	1,3
31	40,8	1,3735	0,0	61,0	29,0	8,8	1,1
32	29,9	1,0743	0,0	64,8	23,6	10,6	1,0
32	36,1	1,2943	0,0	66,5	24,5	8,0	1,1
32	42,2	1,5143	0,0	67,7	21,4	9,4	1,5
33	30,2	1,1514	0,0	64,5	28,5	5,5	1,5
33	36,3	1,3873	0,0	66,2	24,5	8,1	1,2
33	42,5	1,6231	0,0	67,3	25,0	6,5	1,2
34	30,5	1,2361	0,0	74,3	18,8	5,4	1,5
34	36,8	1,4893	20,3	54,8	16,1	7,7	1,1
34	43,0	1,7425	17,8	57,0	17,8	6,2	1,1
35	30,6	1,3125	23,7	51,7	18,2	5,1	1,3
35	36,8	1,5813	20,3	54,7	16,2	7,8	1,1
35	43,1	1,8501	17,8	56,9	17,8	6,3	1,2
36	31,1	1,4146	23,3	51,2	18,4	6,3	0,8
36	38,0	1,7251	19,8	53,8	20,0	5,3	1,1
36	44,8	2,0357	30,6	49,1	14,9	4,2	1,2
37	31,6	1,5143	23,1	59,1	10,7	6,3	0,8
37	38,5	1,8467	34,6	46,2	13,1	5,1	1,0
37	45,4	2,1791	30,3	48,9	15,1	5,0	0,8
38	32,0	1,6176	40,2	42,3	10,5	6,2	0,8
38	39,0	1,9727	34,3	45,9	13,2	5,3	1,2
38	46,0	2,3277	41,6	37,7	14,9	5,0	0,8
39	32,5	1,7306	39,7	42,1	14,1	3,5	0,6
39	39,6	2,1105	33,9	51,5	10,6	3,1	0,9
39	46,7	2,4904	41,0	42,7	12,4	3,2	0,7
40	32,3	1,8129	39,8	42,2	14,0	3,4	0,6
40	39,9	2,2382	46,4	39,3	10,4	3,0	0,9

Tabela 27 - Sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(continua)

DAP (cm)	ht (m)	Vol. Árv. (m ³ cc)	S1 %	S2 %	S3 %	S4 %	Resíduo (%)
40	47,5	2,6634	50,7	32,9	12,3	3,3	0,8
41	32,6	1,9194	54,2	28,4	13,6	2,6	1,2
41	40,2	2,3697	46,2	39,2	10,5	3,1	1,0
41	47,9	2,8199	50,4	37,2	8,3	3,3	0,8
42	33,4	2,0622	53,3	34,7	7,9	3,5	0,7
42	41,2	2,5459	56,4	28,6	10,5	3,8	0,6
42	49,0	3,0296	49,5	37,1	8,6	4,1	0,6
43	33,6	2,1767	53,0	34,7	8,0	3,6	0,8
43	41,5	2,6873	56,1	33,3	6,2	3,8	0,6
43	49,3	3,1979	58,2	28,7	10,3	2,1	0,8
44	34,1	2,3115	52,4	34,6	8,2	3,8	1,0
44	42,6	2,8894	55,0	33,3	8,6	2,4	0,7
44	51,1	3,4672	56,7	32,4	7,2	2,9	0,7
45	34,5	2,4520	64,0	23,2	8,0	3,8	1,0
45	43,2	3,0650	64,0	24,3	8,5	2,4	0,7
45	51,8	3,6780	64,0	25,0	7,2	3,3	0,4
46	34,7	2,5714	63,8	28,2	3,4	3,7	0,9
46	43,3	3,2142	63,8	28,2	4,9	2,4	0,7
46	52,0	3,8571	63,8	28,2	4,3	3,3	0,4
47	35,0	2,7069	63,4	28,3	5,9	1,8	0,6
47	43,7	3,3837	71,8	20,4	4,8	2,3	0,7
47	52,4	4,0604	70,5	21,6	5,7	1,7	0,6
48	34,7	2,8037	74,0	18,5	3,2	3,4	0,8
48	43,9	3,5490	71,5	20,5	4,9	2,8	0,3
48	53,2	4,2943	69,8	21,8	5,9	2,1	0,4
49	34,9	2,9375	73,8	18,6	5,6	1,6	0,5
49	44,2	3,7183	71,3	20,5	5,0	2,9	0,4
49	53,5	4,4992	75,8	16,0	5,8	2,1	0,4
50	35,1	3,0744	73,5	18,6	5,6	1,7	0,6
50	44,4	3,8917	71,0	20,6	5,0	3,0	0,4
50	53,7	4,7089	75,6	18,6	3,4	2,1	0,4
51	35,3	3,2145	73,3	18,7	5,7	1,7	0,6
51	44,6	4,0690	78,0	13,9	4,9	2,9	0,4
51	54,0	4,9235	75,3	18,7	3,4	2,1	0,4
52	35,0	3,3153	73,7	18,6	5,6	1,6	0,5
52	44,8	4,2503	77,8	16,9	2,1	2,8	0,4
52	54,7	5,1854	80,2	13,7	3,4	2,2	0,5

Sendo: DAP, Diâmetro à altura do peito em centímetros; h, altura média em metros; V_t , volume total do indivíduo em metros cúbicos com casca, S1%, S2%, S3%, S4%; Sortimentos florestais em percentagem, onde S1 comprimento de tora de 3,0m e diâmetro > 33 cm na ponta fina, S2

(conclusão)
comprimento de tora de 2,65m e diâmetro entre 23-33cm na ponta fina, S3 comprimento de tora de 2,40m e diâmetro entre 16-23cm na ponta fina, S4 comprimento de tora de 1,50m e diâmetro entre 8-16cm na ponta fina e RES comprimento restante do fuste e diâmetro < 8 cm na ponta fina em percentagem.

Demonstra-se que a medida que os diâmetros e alturas aumentam, o volume total da árvore também aumenta, já em relação aos sortimentos, estes se apresentam de forma que o S4 distribua-se em uma percentagem crescente até atingir o diâmetro mínimo do S3, e esta configuração repete-se para o S3, S2 e S1.

Se torna imprescindível ressaltar que cada classe de sortimento poderá ser enquadrada a uma finalidade como celulose, em energia, serraria, laminação, cabendo ao produtor esta decisão em conformidade aos objetivos e características do povoamento e mercado florestal da região.

Utilizando o sortimento para árvores individuais juntamente com a distribuição de frequência, descritos pela função de probabilidade de Weibull, e suas co-regressões aninhadas dos parâmetros b e c, associadas a função de forma de Hradetzky, foram geradas as prognoses dos sortimentos de madeira por classe de diâmetro e no tempo, que foram relacionados primeiramente aos 4, 6 e 8 anos de acordo com a Tabela 28. Assim torna-se possível a obtenção do volume por hectare por sortimento para o povoamento. O volume por hectare para cada idade é encontrado somando-se os volumes encontrados por diâmetro.

De acordo com a Tabela 28 podem-se analisar os sortimentos florestais nas idades de 4, 6 e 8 anos e as migrações dos volumes por hectare.

(continua)

Tabela 28 - Volumes totais e por sortimentos em m^3ha^{-1} e diâmetro de povoamentos aos 4, 6 e 8 anos de idade para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

Idade	DAP	Vol. Árv/ha (m^3)	Sortimentos absolutos $m^3 ha^{-1}$				
			S1	S2	S3	S4	RES
4	10	0,4999	0,0000	0,0000	0,0000	0,2334	0,2664
4	11	1,4950	0,0000	0,0000	0,0000	0,8690	0,6259
4	12	3,9440	0,0000	0,0000	0,0000	2,6261	1,3174
4	13	9,1841	0,0000	0,0000	0,0000	7,4967	1,6864
4	14	18,5765	0,0000	0,0000	0,0000	15,8682	2,7063
4	15	31,4094	0,0000	0,0000	0,0000	27,8105	3,5954
4	16	41,4217	0,0000	0,0000	0,0000	37,7473	3,6697
4	17	38,0654	0,0000	0,0000	9,7683	25,1795	3,1133
4	18	20,5001	0,0000	0,0000	5,0841	14,1559	1,2579
6	12	1,3795	0,0000	0,0000	0,0000	1,0264	0,3531

Tabela 28 - Volumes totais e por sortimentos em m^3ha^{-1} e diâmetro de povoamentos aos 4, 6 e 8 anos de idade para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(conclusão)

Idade	DAP	Vol. Árv/ha (m^3)	Sortimentos absolutos $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$				
			S1	S2	S3	S4	RES
6	13	3,2180	0,0000	0,0000	0,0000	2,5464	0,6716
6	14	6,8557	0,0000	0,0000	0,0000	5,6909	1,1648
6	15	13,2971	0,0000	0,0000	0,0000	11,4690	1,8281
6	16	23,1930	0,0000	0,0000	0,0000	20,6394	2,5537
6	17	35,5263	0,0000	0,0000	8,7160	24,4716	2,3387
6	18	45,9920	0,0000	0,0000	10,9039	31,3830	3,7051
6	19	47,5192	0,0000	0,0000	19,2239	26,1193	2,1760
6	20	36,1059	0,0000	0,0000	19,4747	15,1333	1,4979
6	21	18,0133	0,0000	0,0000	9,4991	7,6054	0,9088
6	22	5,0612	0,0000	0,0000	3,2264	1,6077	0,2271
6	23	0,6529	0,0000	0,0000	0,4756	0,1516	0,0258
8	15	3,4099	0,0000	0,0000	0,0000	3,0538	0,3561
8	16	6,3896	0,0000	0,0000	0,0000	5,8530	0,5365
8	17	11,2192	0,0000	0,0000	2,6657	7,6606	0,8929
8	18	18,3399	0,0000	0,0000	4,2107	12,9856	1,1436
8	19	27,5841	0,0000	0,0000	10,8217	15,1659	1,5965
8	20	37,4785	0,0000	0,0000	19,6370	15,8503	1,9912
8	21	44,8004	0,0000	0,0000	22,9454	20,0789	1,7762
8	22	45,4237	0,0000	0,0000	28,1784	15,6336	1,6117
8	23	37,1922	0,0000	0,0000	26,4202	9,6056	1,1663
8	24	23,0521	0,0000	4,9665	11,3847	5,9075	0,7934
8	25	9,9468	0,0000	2,1057	5,6824	1,8615	0,2973
8	26	2,6846	0,0000	0,9880	1,1108	0,5366	0,0492
8	27	0,3958	0,0000	0,1436	0,1896	0,0518	0,0109
8	28	0,0269	0,0000	0,0133	0,0094	0,0038	0,0004

Sendo: DAP, Diâmetro à altura do peito em centímetros; h; altura média em metros; V_t , volume total do indivíduo em metros cúbicos por hectare com casca, S1, S2, S3, S4; RES; Sortimentos florestais e resíduo em m^3 por hectare.

Na Figura 22 representa-se de forma mais clara a produção acumulada, além das migrações dos volumes e a contribuição de cada sortimento de acordo com as referidas idades do povoamento. Percebe-se que o S4 mostra-se sem grandes variações aos 4, 6 e 8 anos. Este sortimento aos 4 anos apresenta-se de forma crescente até o diâmetro 16 cm onde a partir de então o mesmo decresce. Aos 6 anos o S4 atinge seu máximo de produtividade volumétrica acumulada, e aos 8 anos o seu mínimo para as três idades analisadas, em contrapartida com maior aproveitamento de toras, possivelmente devido as árvores desta idade

apresentarem maiores volumes individuais e melhor distribuição diamétrica para o S4.

O S3 apresentou um aproveitamento gradativo e com elevada migração de volumes ao passar do tempo, assim sendo a idade 8 anos apresentou as maiores produtividades volumétricas e aproveitamento de toras. O S2 proporcionou pequenos aproveitamentos apenas para a idade de 8 anos, fato correspondente ao sortimento em questão exigir diâmetros mínimos de 23 até no máximo 33 cm na ponta fina. Por fim o S1 não obteve nenhuma aplicação para as idades analisadas, haja vista o seu elevado diâmetro requerido e o RES apresenta-se de forma regular ao longo das idades, sendo proporcional ao nível de aproveitamento da árvore.

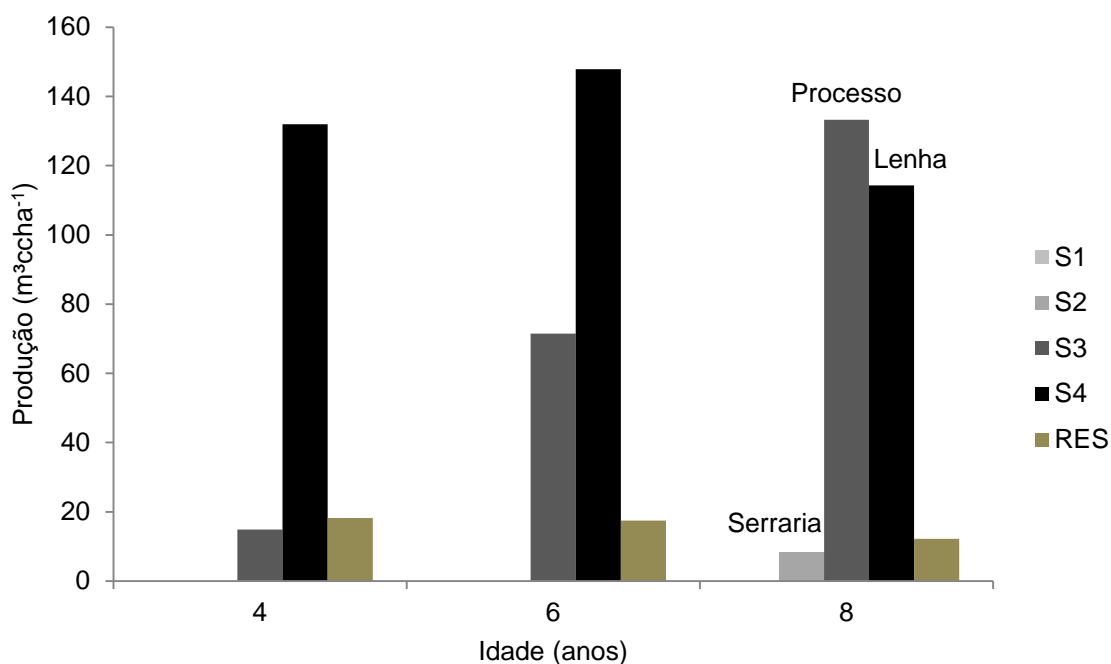


Figura 22 - Representação da produtividade por sortimentos para as idades 4, 6 e 8 anos da espécie *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Observa-se ainda na Figura 22 apenas para a idade 8 anos que apresentou maior produtividade por hectare, a distribuição do volume nas seguintes classes de sortimento: S1 (> 30 cm) = 0 m³ ha⁻¹; S2 (23-33 cm) = 8,2 m³ ha⁻¹; S3 (16-23 cm) = 133,2 m³ ha⁻¹; S4 (8-16 cm) = 114,2 m³ ha⁻¹ e o volume das ponteiros ou resíduo (< 8 cm) = 12,2 m³ ha⁻¹. Assim os maiores aproveitamentos aos 8 anos foram para os sortimentos S3 e S4 processo (lenha ou celulose) e lenha (queima ou geração de energia) respectivamente.

Na Tabela 29 pode-se analisar também os sortimentos florestais na idade de 8, 10 e 12 anos e as migrações dos volumes por hectare com as respectivas prognoses dos sortimentos de madeira por diâmetro no tempo.

Tabela 29 - Volumes totais e por sortimentos em m^3ha^{-1} e diâmetro de povoamentos aos 8, 10 e 12 anos de idade para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(continua)

Idade	DAP	Vol. Árv/ha (m^3)	Sortimentos absolutos $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$				
			S1	S2	S3	S4	RES
8	15	3,8597	0,0000	0,0000	0,0000	3,0538	0,3561
8	16	8,6454	0,0000	0,0000	0,0000	5,8530	0,5365
8	17	15,2272	0,0000	0,0000	2,6657	7,6606	0,8929
8	18	24,8951	0,0000	0,0000	4,2107	12,9856	1,1436
8	19	37,0266	0,0000	0,0000	10,8217	15,1659	1,5965
8	20	46,8894	0,0000	0,0000	19,6370	15,8503	1,9912
8	21	53,3205	0,0000	0,0000	22,9454	20,0789	1,7762
8	22	51,9117	0,0000	0,0000	28,1784	15,6336	1,6117
8	23	41,4562	0,0000	0,0000	26,4202	9,6056	1,1663
8	24	25,9506	0,0000	4,9665	11,3847	5,9075	0,7934
8	25	10,9320	0,0000	2,1057	5,6824	1,8615	0,2973
8	26	2,9107	0,0000	0,9880	1,1108	0,5366	0,0492
8	27	0,4351	0,0000	0,1436	0,1896	0,0518	0,0109
8	28	0,0294	0,0000	0,0133	0,0094	0,0038	0,0004
10	17	1,1968	0,0000	0,0000	0,2774	0,8107	0,1087
10	18	2,1952	0,0000	0,0000	0,4916	1,5439	0,1597
10	19	3,8619	0,0000	0,0000	1,4793	2,2173	0,1653
10	20	6,5231	0,0000	0,0000	3,3412	2,9235	0,2584
10	21	10,5710	0,0000	0,0000	6,5455	3,6430	0,3825
10	22	16,3932	0,0000	0,0000	9,9543	5,7196	0,7192
10	23	24,2119	0,0000	0,0000	16,8630	6,3964	0,9525
10	24	33,8081	0,0000	7,1039	16,4070	9,4177	0,8794
10	25	44,1662	0,0000	9,1187	24,8455	9,2058	0,9962
10	26	53,2184	0,0000	19,1194	21,7435	11,0424	1,3131
10	27	58,0488	0,0000	20,5547	27,5311	8,7439	1,2191
10	28	55,9460	0,0000	26,9280	19,3561	8,4003	1,2616
10	29	46,1986	0,0000	21,9714	18,5269	4,8296	0,8707
10	30	31,4492	0,0000	18,3650	9,1763	3,2804	0,6274
10	31	16,8227	0,0000	9,7269	4,9086	1,9731	0,2141
10	32	6,6663	0,0000	4,4730	1,6237	0,4555	0,1141
10	33	1,8210	0,0000	1,2119	0,4452	0,1447	0,0192
12	19	6,1455	0,0000	0,0000	2,3084	3,5290	0,3081
12	20	10,0537	0,0000	0,0000	5,0547	4,5293	0,4698

Tabela 29 - Volumes totais e por sortimentos em m^3ha^{-1} e diâmetro de povoamentos aos 8, 10 e 12 anos de idade para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(conclusão)

Idade	DAP	Vol. Árv/ha (m^3)	Sortimentos absolutos $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$				
			S1	S2	S3	S4	RES
12	21	15,7277	0,0000	0,0000	9,5698	5,4810	0,6769
12	22	23,4340	0,0000	0,0000	13,9812	8,6991	0,7538
12	23	33,0433	0,0000	0,0000	22,6404	9,4493	0,9535
12	24	43,6859	0,0000	8,9937	24,5312	9,1428	1,0181
12	25	53,4701	0,0000	10,8160	29,6915	11,4566	1,5060
12	26	59,5827	0,0000	20,9877	28,1938	9,0674	1,3337
12	27	59,1560	0,0000	20,5370	27,8085	9,2465	1,5640
12	28	50,9202	0,0000	24,0505	17,5092	8,5253	0,8351
12	29	36,7273	0,0000	17,1394	14,6741	4,4160	0,4978
12	30	21,2823	0,0000	12,2076	6,2084	2,5561	0,3102
12	31	9,4108	0,0000	5,3445	3,1803	0,7752	0,1109
12	32	2,9833	0,0000	1,9685	0,7319	0,2456	0,0373
12	33	0,6289	0,0000	0,4116	0,1547	0,0535	0,0091
12	34	0,0806	0,0162	0,0437	0,0131	0,0065	0,0011
12	35	0,0056	0,0011	0,0030	0,0011	0,0003	0,0001

Sendo: DAP, Diâmetro à altura do peito em centímetros; h; altura média em metros; V_t , volume total do indivíduo em metros cúbicos por hectare com casca, S1, S2, S3, S4; RES; Sortimentos florestais e resíduo em m^3 por hectare.

Ainda, na Figura 23, é apresentada a produção acumulada por sortimentos nas idades 8, 10 e 12 anos com as respectivas migrações dos volumes.

O S4 se mostra com maior aproveitamento aos 8 anos e maior produtividade volumétrica acumulada, sendo estes valores próximos aos encontrados para a idade 12 anos, até mesmo para o resíduo. Aos 10 anos observou-se o seu mínimo para as três idades analisadas, mas com maior aproveitamento de toras.

O S3 apresentou um aproveitamento gradativo e proporcional de volumes ao passar do tempo, assim sendo a idade 12 anos ofereceu as maiores produtividades volumétricas e aproveitamento de toras. O S2 proporcionou pequenos aproveitamentos para os 8 anos e valores próximos de volumes acumulados para as idades 10 e 12 anos que incorporou o maior número de toras. Já o S1 obteve valores muito pequenos apenas para a idade de 12 anos e para os maiores diâmetros com o aproveitamento de 2 toras.

A idade 12 anos apresentou maior produtividade por hectare, e a distribuição do volume nas classes de sortimento foram: S1 (> 30 cm) = $0,0173 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; S2 (23-33 cm) = $122,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; S3 (16-23 cm) = $206,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; S4 (8-16 cm) = $87,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e

o volume das ponteiros ou resíduo (< 8 cm) = 10,3 m³ ha⁻¹. Sendo o maior aproveitamento aos 12 anos dos sortimentos S3 e S2 processo (lenha ou celulose) e serraria (indústria de serrados), respectivamente.

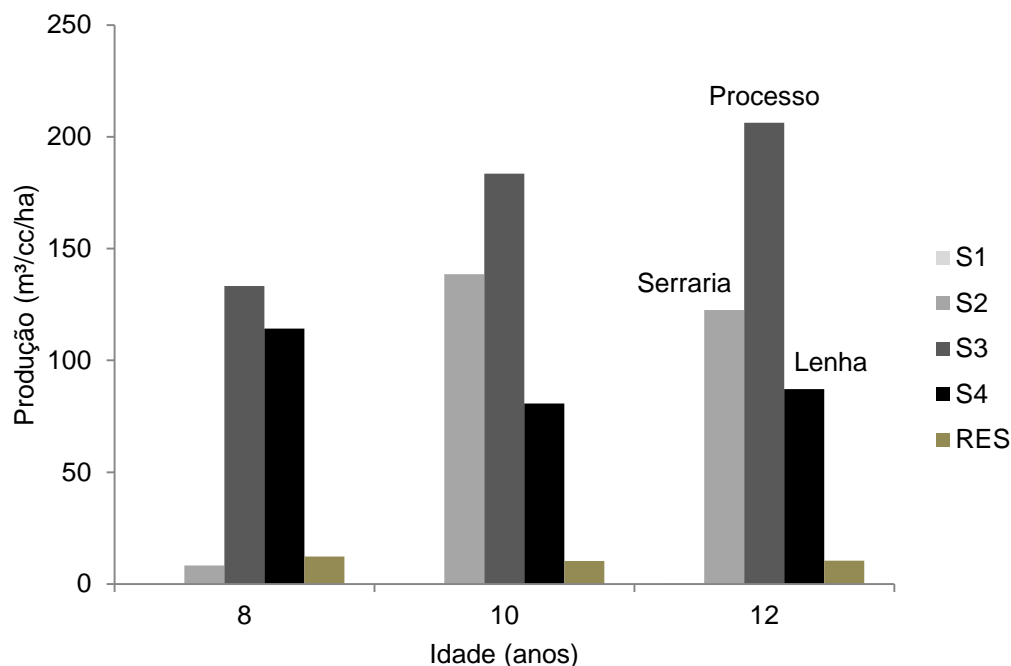


Figura 23 - Representação da produtividade por sortimentos para as idades 8, 10 e 12 anos da espécie *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Na Tabela 30 evidencia-se a migração dos sortimentos em função das idade, onde estes aparecem nas idades 11, 13 e 15 anos com seus respectivos volumes por hectare.

Tabela 30 - Volumes totais e por sortimentos em m³ha⁻¹ e diâmetro de povoamentos aos 11, 13 e 15 anos de idade para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(continua)

Idade	DAP	Vol. Árv/ha (m ³)	Sortimentos absolutos m ³ ha ⁻¹				
			S1	S2	S3	S4	RES
11	18	2,1387	0,0000	0,0000	0,4739	1,4994	0,1654
11	19	3,7023	0,0000	0,0000	1,4037	2,1261	0,1724
11	20	6,1644	0,0000	0,0000	3,1270	2,7707	0,2667
11	21	9,8699	0,0000	0,0000	6,0559	3,4221	0,3919
11	22	15,1690	0,0000	0,0000	9,1267	5,5988	0,4435
11	23	22,2981	0,0000	0,0000	15,3982	6,3185	0,5814

Tabela 30 - Volumes totais e por sortimentos em m^3ha^{-1} e diâmetro de povoamentos aos 11, 13 e 15 anos de idade para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(continua)

Idade	DAP	Vol. Árv/ha (m^3)	Sortimentos absolutos $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$				
			S1	S2	S3	S4	RES
11	24	31,1733	0,0000	6,4807	15,0138	8,7729	0,9060
11	25	41,1135	0,0000	8,3981	22,9728	8,6976	1,0449
11	26	50,5936	0,0000	17,9900	20,5550	10,6495	1,3991
11	27	57,2601	0,0000	20,0672	27,0334	8,7984	1,3611
11	28	58,5093	0,0000	27,8854	20,1798	9,6076	0,8365
11	29	52,7342	0,0000	24,8328	21,1092	5,6593	1,1328
11	30	40,7256	0,0000	23,5610	11,8833	4,7683	0,5130
11	31	26,0055	0,0000	14,8961	8,7782	1,8417	0,4895
11	32	13,1464	0,0000	8,7444	3,2148	1,0469	0,1403
11	33	4,9918	0,0000	3,2932	1,2247	0,4113	0,0626
11	34	1,3366	0,2708	0,7302	0,2162	0,1043	0,0150
13	23	16,6498	0,0000	0,0000	11,3258	4,7991	0,5250
13	24	24,1459	0,0000	4,9265	13,4820	5,1160	0,6214
13	25	33,5095	0,0000	6,7177	18,4998	7,2596	1,0324
13	26	44,2161	0,0000	15,4404	20,8413	6,8392	1,0952
13	27	54,9928	0,0000	18,9265	25,7465	9,3870	0,9328
13	28	63,7414	0,0000	29,8570	25,4877	6,9329	1,4638
13	29	67,8664	0,0000	31,4083	27,0640	8,3467	1,0474
13	30	65,1859	0,0000	37,0971	19,0073	8,0045	1,0770
13	31	55,2341	0,0000	31,1207	18,6806	4,6851	0,7477
13	32	40,1738	0,0000	26,3128	9,8820	3,4044	0,5746
13	33	24,2643	0,0000	15,7615	5,9842	2,1193	0,3994
13	34	11,6942	2,3253	6,3104	2,3305	0,6077	0,1203
13	35	4,2882	0,8451	2,3002	0,8604	0,2314	0,0511
13	36	1,1306	0,2210	0,6826	0,1524	0,0608	0,0139
13	37	0,2005	0,0689	0,0922	0,0265	0,0106	0,0024
13	38	0,0221	0,0075	0,0101	0,0029	0,0013	0,0002
13	39	0,0014	0,0005	0,0007	0,0001	0,0000	0,0000
15	30	70,9315	0,0000	39,7993	23,9974	6,1058	1,0290
15	31	71,9024	0,0000	46,8836	17,7125	6,1952	1,1111
15	32	65,4709	0,0000	42,3143	16,1695	5,8191	1,1680
15	33	52,3269	0,0000	37,9149	10,7661	2,9511	0,6948
15	34	35,6938	6,9843	19,0537	7,1984	1,9822	0,4752
15	35	20,0896	3,8962	10,6593	4,0758	1,2965	0,1618
15	36	8,9596	1,7231	5,3580	1,2269	0,5765	0,0752
15	37	3,0174	1,0205	1,3767	0,4049	0,1904	0,0250
15	38	0,7249	0,2434	0,3295	0,1188	0,0244	0,0088
15	39	0,1162	0,0535	0,0455	0,0123	0,0037	0,0012
15	40	0,0115	0,0053	0,0045	0,0012	0,0004	0,0001

Tabela 30 - Volumes totais e por sortimentos em m^3ha^{-1} e diâmetro de povoamentos aos 11, 13 e 15 anos de idade para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(conclusão)

Idade	DAP	Vol. Árv/ha (m^3)	Sortimentos absolutos $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$				
			S1	S2	S3	S4	RES
15	41	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000

Sendo: DAP, Diâmetro à altura do peito em centímetros; h; altura média em metros; V_t , volume total do indivíduo em metros cúbicos por hectare com casca, S1, S2, S3, S4; RES; Sortimentos florestais e resíduo em m^3 por hectare.

Na Figura 24, que representa a produção acumulada por sortimentos nas idades 11, 13 e 15 anos com as respectivas migrações dos volumes, o S4 evidenciou maior aproveitamento aos 11 anos, e de forma decrescente para as idades 13 e 15 anos. Isto deve-se ao S4 (8-16 cm) adequar-se a árvores menos grossas.

O S3 apresentou maior aproveitamento na idades 13 anos, seguido da idade 11 anos, que ofereceram as maiores produtividades volumétricas, e com maior aproveitamento de toras desta primeira.

Aos 13 anos o S2 atinge seu máximo de produtividade volumétrica acumulada, e aos 11 anos o seu mínimo para as três idades analisadas, e com maior aproveitamento de toras para os 15 anos. Este sortimento foi o que gerou maior produção para as idades analisadas, pois os diâmetros nestas idades permitiram maior aproveitamento.

O S1 obteve pequenas produções, onde aos 15 anos esta foi a maior com aproveitamento de 61 toras. Os resíduos destas idades analisadas foram os menores, sendo inversamente proporcionais as produções encontradas para as idades de 11, 13 e 15 anos.

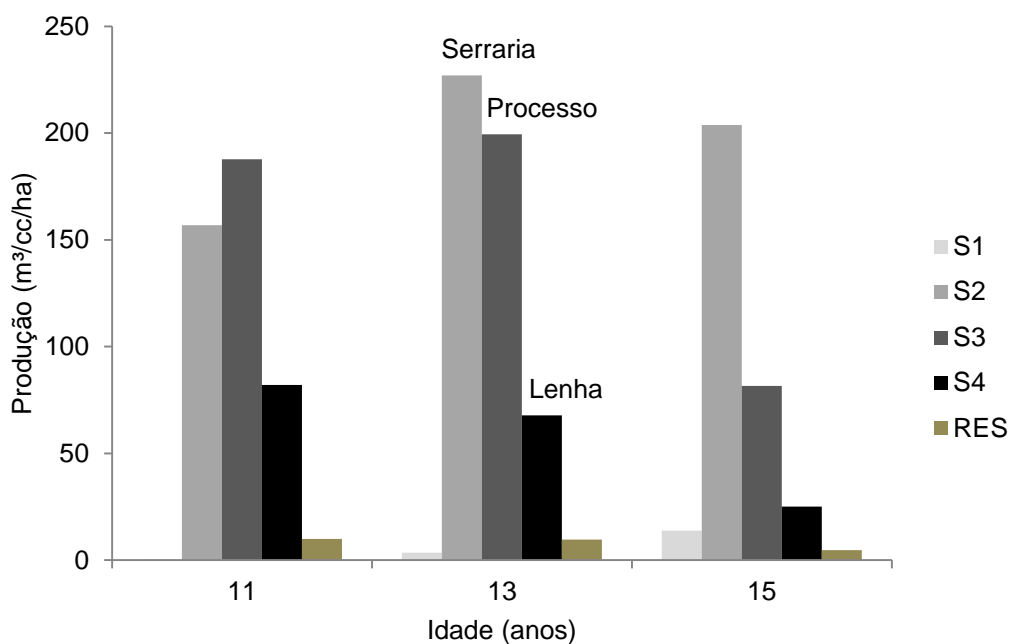


Figura 24 - Representação da produtividade por sortimentos para as idades 11, 13 e 15 anos da espécie *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Aos 13 anos ocorreu a maior produtividade por hectare, e a distribuição do volume nas classes de sortimento foram: S1 (> 30 cm) = 3,4 m³ ha⁻¹; S2 (23-33 cm) = 226,9 m³ ha⁻¹; S3 (16-23 cm) = 199,3 m³ ha⁻¹; S4 (8-16 cm) = 67,8 m³ ha⁻¹ e o volume das ponteiros ou resíduo (< 8 cm) = 9,7 m³ ha⁻¹. Sendo o maior aproveitamento aos 13 anos dos sortimentos S2 e S3 serraria (indústria de serrados) e processo (lenha ou celulose) respectivamente.

Como evidenciado, a metodologia permitiu prognosticar a quantidade e distribuição dos sortimentos de madeira para as idades e densidades do povoamento com boa precisão.

5.5 Manejo estrutural da densidade do plantio

Os regimes de manejo podem ser descritos em conformidade com uma população com determinada densidade inicial e espaçamento. Desta forma, podem ser simuladas as intervenções até o corte final. Com base no modelo de Tang

ajustado e descrito anteriormente, foram traçados os limites de densidade por hectare pelo diâmetro médio, que demonstra as diferentes zonas de concorrência onde a linha A (100%) representa a máxima densidade por diâmetro que é suportada pela população. A linha B indica o início da mortalidade, ocasionada pelo excesso de concorrência por: água, luz, nutriente, e espaço vital entre os indivíduos da população. A linha C indica o início da máxima produção de madeira do povoamento (Figura 25).

5.5.1 Regime de manejo I: Condução da população sem desbaste e corte raso aos 52,8 meses

Primeiramente, representando uma situação para o manejo de *Eucalyptus grandis*, com densidade de plantio de 1666 árvores por hectare, sendo descontados sua mortalidade inicial de 10% de acordo com dados médios de mortalidade, o que permite definir a densidade do povoamento em 1500 árvores por hectare e diâmetro médio de 14,5 cm, adotado a não realização do desbaste, onde é percebido na Figura 25 que não ocorre mortalidade de indivíduos por alto desbaste, pois o caminho do diâmetro médio por densidade de árvores por hectare situa-se sobre a linha B que já é indicativa de mortalidade. Sem interferência esta mortalidade tenderá a aumentar, chegando próxima a linha A, considerada de alta mortalidade.

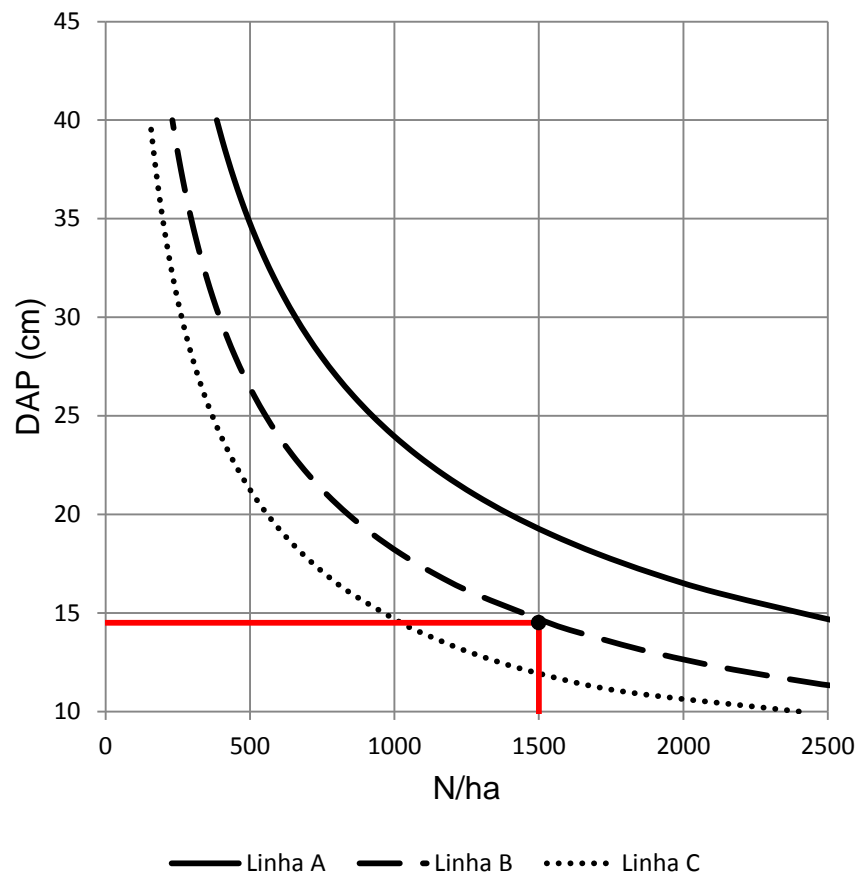


Figura 25 - Regime de manejo I: trajetória do povoamento com o crescimento do diâmetro médio por densidade de árvores sem a realização de desbastes para a espécie *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Na Figura 25 é demonstrada uma condição em que o plantio atingiu um determinado diâmetro onde ainda não foi iniciada a mortalidade, o plantio com uma idade de 52,8 meses sofrerá o corte raso com cerca de 1500 árvores por hectare e um diâmetro médio de 14,5 cm e uma produção de $250,8 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ no corte raso.

5.5.2 Regime de manejo II: Condução da população com desbaste aos 52,8 meses e corte raso aos 85,4 meses

O regime de manejo II, partindo de 1500 árvores por hectare, representado na Figura 26, observa-se condição em que o desbaste ocorre quando o diâmetro médio

atinge aproximadamente 14,5 cm (linha B, início da mortalidade), retirando-se 500 árvores por hectare e com o povoamento passando a conter 1000 árvores por hectare (linha C). logo a população volta a crescer livre de concorrência atingindo novamente a Linha B (início da mortalidade), com um diâmetro médio de 18,3 cm. Sendo que esta mortalidade natural poderia ser evitada com um novo desbaste, no entanto de acordo com o regime em questão ocorrerá uma produção de $413,3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ no corte raso.

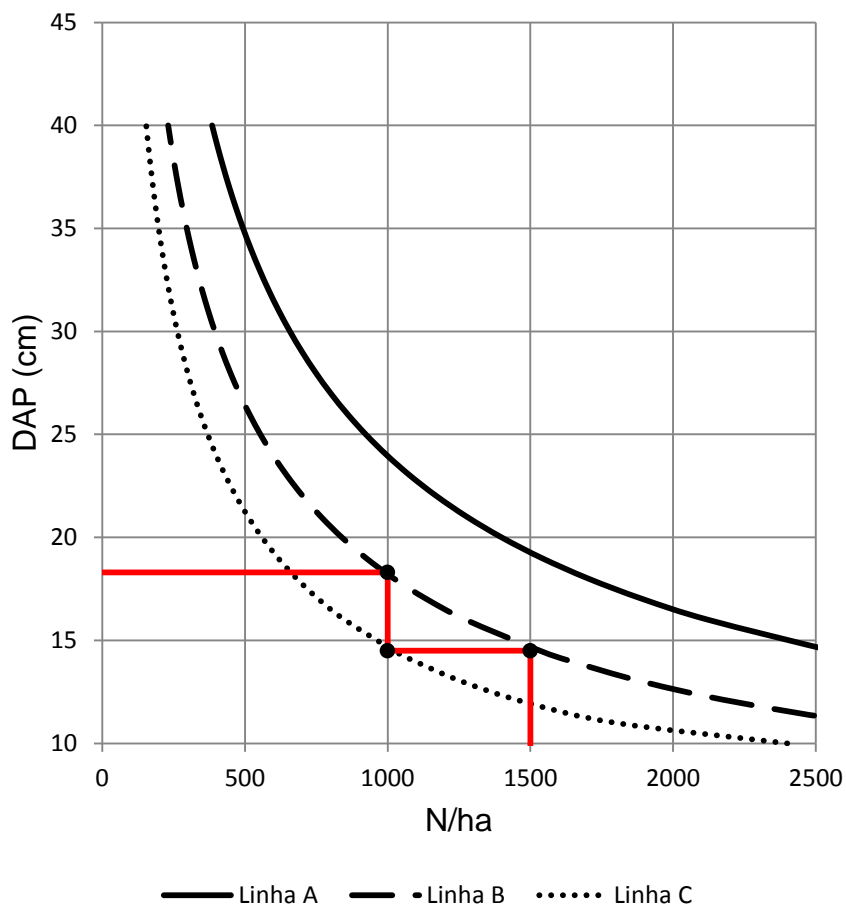


Figura 26 - Regime de manejo II: trajetória do povoamento com o crescimento do diâmetro médio por densidade de árvores com a realização de um desbaste aos 52,8 meses e corte raso aos 85,4 meses para a espécie *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

5.5.3 Regime de manejo III: Condução da população com desbaste aos 52,8; 85,4 meses e corte raso aos 121,8 meses

Neste regime de manejo III, com densidade inicial de 1500 árvores por hectare, ocorreram os desbastes quando o diâmetro médio atingiu os 14,5 cm retirando-se 500 árvores por hectare e com o povoamento passando a conter 1000 árvores por hectare e o segundo desbaste quando a população volta a atingir a linha B, com um diâmetro médio de 18,3 cm, onde foram cortadas 380 árvores, passando a conter o povoamento 620 árvores por hectare. Em seguida a população volta a crescer até o diâmetro médio de 24,0 cm, atingindo novamente a linha B e sofrendo o corte raso com produção de $461,7 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ (Figura 27).

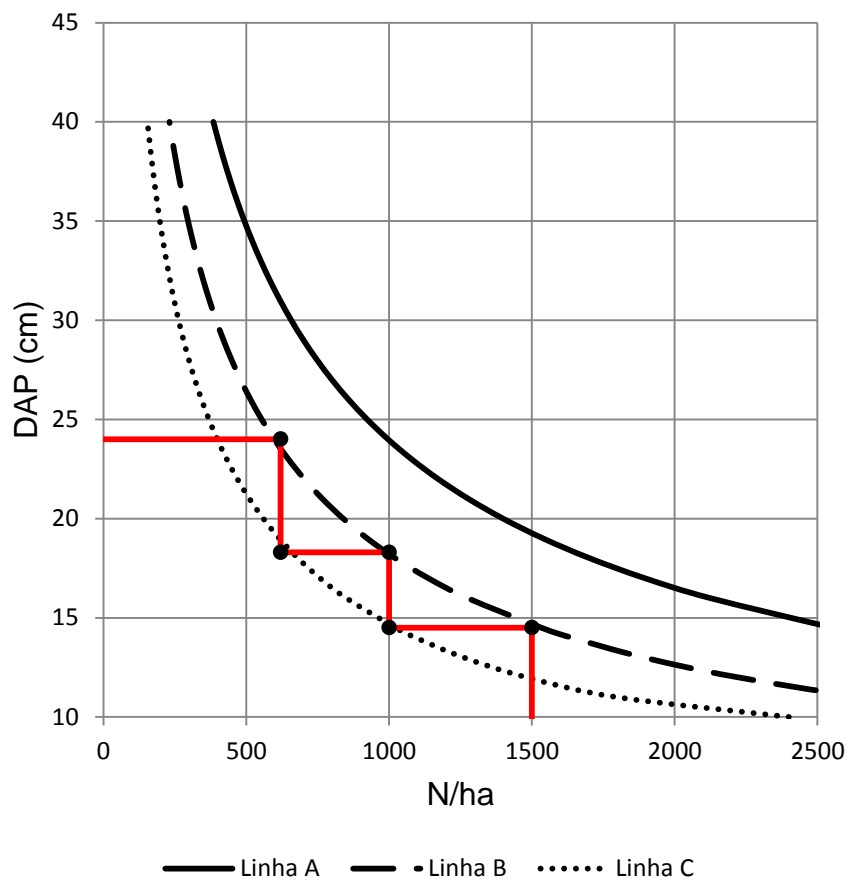


Figura 27 - Regime de manejo III: trajetória do povoamento com o crescimento do diâmetro médio por densidade de árvores com a realização de dois desbastes aos 52,8; 85,4 meses e corte raso aos 121,8 meses para a espécie *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

5.5.4 Regime de manejo IV: Condução da população com desbaste aos 52,8; 85,4; 121,8 meses e corte raso aos 158,9 meses

No regime IV, partindo de 1500 árvores por hectare, foram realizados os mesmos desbastes do regime III e, ainda, o último desbaste ao atingir o diâmetro médio 24,0 cm, desbastando-se 250 árvores por hectare, remanescendo 370 que voltaram a crescer até o diâmetro médio de 31,5 cm onde se faz o corte raso com produção de $319,8 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ (Figura 28).

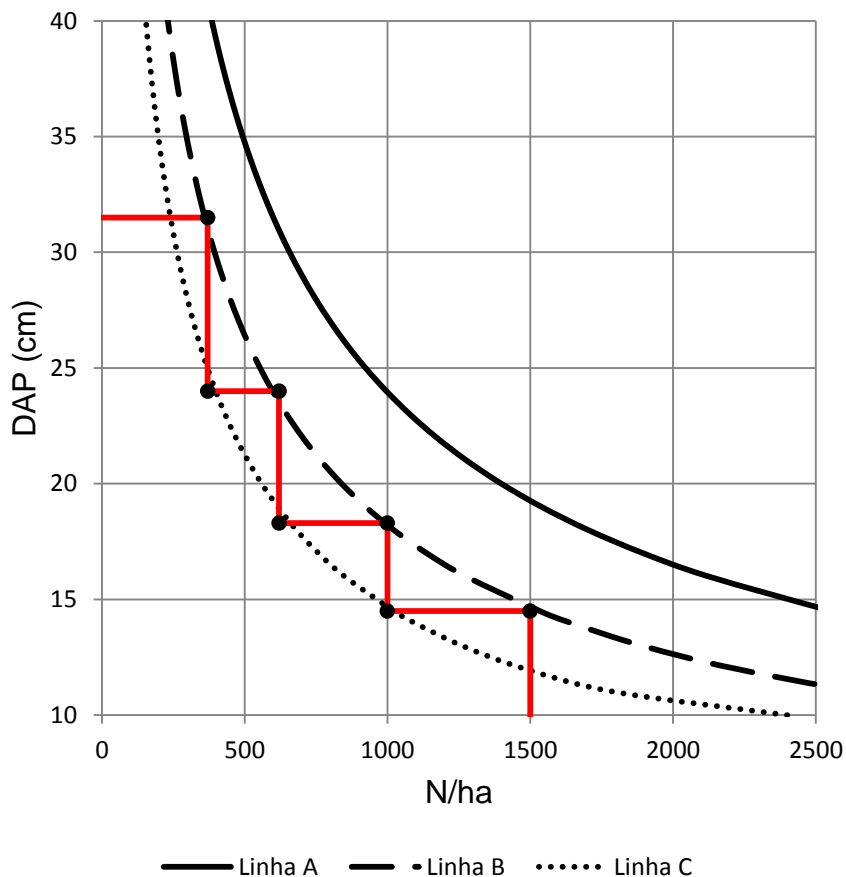


Figura 28 - Regime de manejo IV: trajetória do povoamento com o crescimento do diâmetro médio por densidade de árvores com a realização de três desbastes aos 52,8; 85,4; 121,8 meses e corte raso aos 158,9 meses para a espécie *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Na Tabela 31 seguem as trajetórias dos diâmetros médios por idade e os regimes de manejo simulados com os respectivos número de árvores por hectare para a espécie *Eucalyptus grandis*.

Tabela 31 - Regimes de manejo e suas densidades antes e depois dos desbastes e corte raso para a espécie *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Regime de Manejo	Operação	Idade (meses)	DAP (cm)	Densidade populacional		
				Antes do desbaste	Depois do desbaste	Desbaste
1	Sem desbaste	52,8	14,5	1500	-	-
2	Desbaste	85,4	14,5	1500	1000	500
	Corte raso	85,4	18,3	1000	-	-
3	Desbaste	52,8	14,5	1500	1000	500
	Desbaste	85,4	18,3	1000	620	380
	Corte raso	121,8	24,0	620	-	-
4	Desbaste	52,8	14,5	1500	1000	500
	Desbaste	85,4	18,3	1000	620	380
	Desbaste	121,8	24,0	620	370	250
	Corte raso	158,9	31,5	370	-	-

Sendo: Regimes de manejo: 1 – sem desbaste e corte raso aos 52,8 meses; 2 – com um desbaste e corte raso aos 85,4 meses; 3 – com dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses; 4 – com três desbastes e corte raso aos 158,9 meses.

Na Tabela 32 constam de acordo com o regime de manejo empregado em determinada idade do povoamento, os valores por classe de sortimento por hectare para a espécie *Eucalyptus grandis*.

Na Tabela 32 é retratada uma variação da produtividade de acordo com os regimes de manejo determinados, haja vista a mudança no número de desbastes e idade de aplicação de corte final. Também é percebido que a produtividade por classe de sortimento irá variar em conformidade com a idade em que a operação é realizada, deste modo observa-se que o ingresso de madeira nas maiores classes de sortimento foi adequada ao número de desbastes realizados. Contudo para obtenção de madeira de maior ou menor dimensão, o manejador deverá aplicar os desbastes proporcionais aos seus objetivos. Sendo o objetivo por exemplo madeira para laminação ou faqueado, deve-se recorrer a um maior número de desbastes.

Tabela 32 - Regimes de manejo sem desbaste e com um, dois, três desbastes e corte raso com suas respectivas produções para a espécie *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Operação	Idade (meses)	DAP (cm)	h (m)	N (ha)	V (m ³ ha ⁻¹)	Sortimentos (m ³ ha ⁻¹)				
						S1	S2	S3	S4	RES
Sem desbaste	52,8	14,5	19,8	1500	250,8	0,0	0,0	22,3	200,1	28,4
Desbaste	85,4	14,5	19,8	500	83,6	0,0	0,0	7,4	66,7	9,5
Corte raso	85,4	18,3	25,3	1000	413,3	0,0	19,8	213,5	163,6	16,5
Desbaste	52,8	14,5	19,8	500	83,6	0,0	0,0	7,4	66,7	9,5
Desbaste	85,4	18,3	25,3	380	157,0	0,0	7,5	81,1	62,2	6,3
Corte raso	121,8	24,0	31,3	620	461,7	0,0	154,6	204,9	91,3	11,0
Desbaste	52,8	14,5	19,8	500	83,6	0,0	0,0	7,4	66,7	9,5
Desbaste	85,4	18,3	25,3	380	157,0	0,0	7,5	81,1	62,2	6,3
Desbaste	121,8	24,0	31,3	250	186,2	0,0	62,3	82,6	36,8	4,4
Corte raso	158,9	31,5	36,8	370	319,8	2,2	142,6	125,6	43,4	6,0

Sendo DAP o diâmetro à altura do peito, em cm; h a altura total, em m; N o número de árvores por hectare; V o volume total em m³.ha⁻¹ e S1, S2, S3, S4; RES; Sortimentos florestais e resíduo em m³ por hectare.

5.6 Análise econômica dos regimes de manejo

Para avaliação econômica dos regimes de manejo, foram utilizados os preços dos sortimentos da madeira empregados nos empreendimentos florestais do Rio Grande do Sul: Boletim de preços Radar Poyry management consulting (2014), adaptado para madeira em pé, sendo determinados o Valor Presente Líquido (VPL) das alternativas de regime de manejo com um, dois e três desbastes e corte raso, e para comparação o Valor Anual Equivalente (VAE), assim como a Taxa Interna de Retorno (TIR) e a razão dos Benefícios sobre os Custos (B/C).

5.6.1 Valor Presente Líquido

Para o cálculo do Valor Presente Líquido (Figura 29) utilizou-se uma taxa de juros de 5,65% nos regimes de manejo sem desbaste, com um, dois e três desbastes, variando a idade do corte raso.

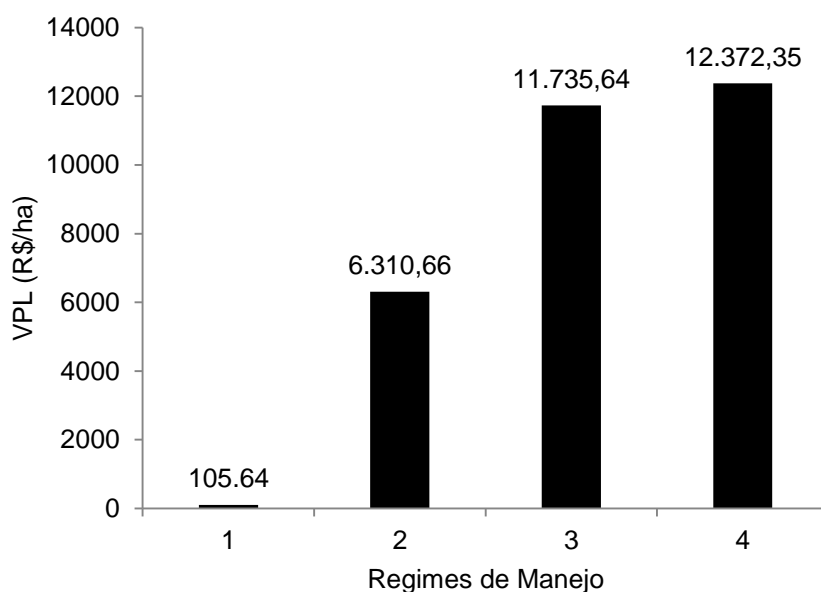


Figura 29 - Valor Presente Líquido (VPL) em R\$/ha praticados para os regimes de manejo 1–sem desbaste e corte raso aos 52,8 meses; 2 – com um desbaste e corte raso aos 85,4 meses; 3 – com dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses; 4 – com três desbastes e corte raso aos 158,9 meses apresentados para condução de povoamentos de *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Na análise do VPL pressupõe que quanto maior o valor do VPL, mais atrativo é o projeto, como nos regimes de manejo simulados as consequências monetárias foram medidas em pontos diferentes do tempo, estes não podem ser comparados e sim apenas analisados sua viabilidade. Os cinco valores de VPL encontrados para a mesma taxa de juros 5,65% a.a., apresentados na Figura 29, são viáveis economicamente. Sendo a maior viabilidade encontrada no regime 4 com três desbastes aos 52,8; 85,4; 121,8 e corte raso aos 158,9 meses com VPL de R\$12.372,35 ha⁻¹.

Este valor, foi inferior ao obtido por Thomas (2013) em estudo na mesorregião metropolitana de Porto Alegre, na avaliação econômica para povoamento de eucalipto em sistema alto fuste com desbaste, onde o autor verificou viabilidade para todas as simulações realizadas, apresentando valores de VPL de R\$17.175,31 ha⁻¹ para a rotação de 14 anos, rotação economicamente ótima para a classe de produção mais alta. Por outro lado, Volkweis et al. (2009), em estudo de rentabilidade econômica do eucalipto produzido para produção de madeira serrada, no oeste do Estado do Paraná, com rotação de 15 anos conduzido com dois desbastes, trabalhando com taxa mínima de atratividade de 7,2% ao ano encontraram valores de VPL de R\$16.112,96 ha⁻¹.

5.6.2 Valor Anual Equivalente

O Valor Anual Equivalente (Figura 30) apresenta-se como critério que transforma o valor atual do projeto ou do seu VPL em fluxo de receitas ou custos periódicos e contínuos, equivalente ao valor atual, durante a vida útil do projeto.

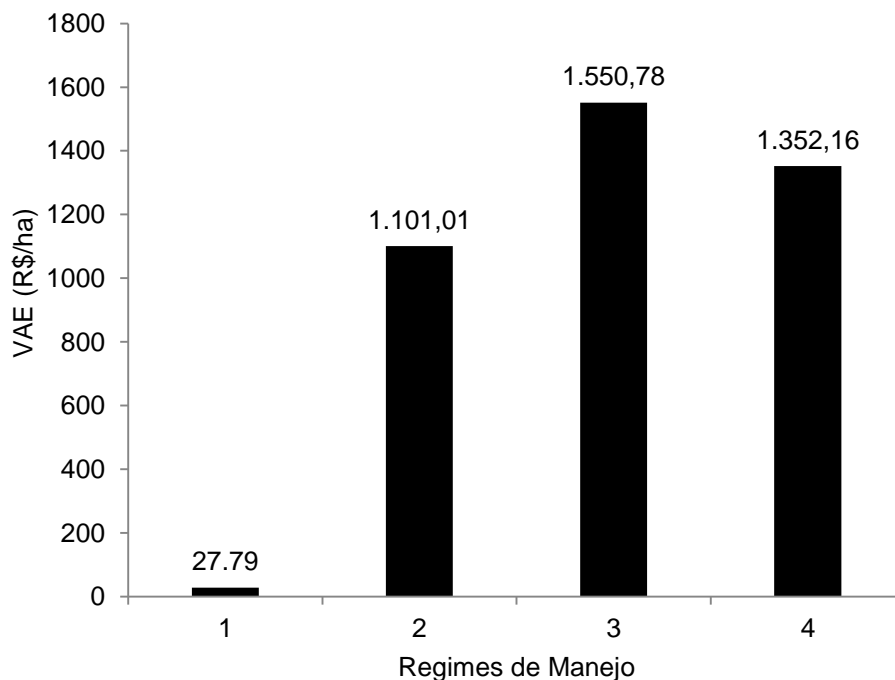


Figura 30 - Valor Anual Equivalente (VAE) em R\$/ha praticados para os regimes de manejo 1–sem desbaste e corte raso aos 52,8 meses; 2 – com um desbaste e corte raso aos 85,4 meses; 3 – com dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses; 4 – com três desbastes e corte raso aos 158,9 meses apresentados para condução de povoamentos de *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

A importância da aplicação do critério VAE encontra-se no fato deste possibilitar a seleção de projetos que apresentem durações diferentes, visto que os valores equivalentes obtidos por período corrigem, implicitamente, as diferenças de horizontes (REZENDE; OLIVEIRA, 2011). De acordo com SILVA et al. (2008) quando todos os projetos tem a mesma duração, a ordenação dos critérios de VAE e VPL coincide, o que não ocorre no presente trabalho, concomitantemente pela questão dos projetos não possuírem as mesmas durações.

Analisando a Figura 30 percebe-se que todos os valores encontrados para o VAE foram positivos. Sendo assim, todos os regimes testados apresentam-se viáveis economicamente. Entretanto, o regime mais atrativo foi o 3, onde ocorrem dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses com VAE de R\$1.550,78 ha⁻¹, seguido do regime 4 com três desbastes e corte raso aos 158,9 meses, que apresentou VAE de R\$1.352,16 ha⁻¹. Diante dos valores do VAE verifica-se que com o aumento da idade de corte final, a partir dos 121,8 meses, os valores decrescem.

Estes valores diferem dos encontrados por Thomas (2013) na avaliação econômica para povoamento de eucalipto em sistema alto fuste com desbaste, onde o mesmo verificou que este sistema é economicamente viável, pois os valores de VAE variaram de 26,73 R\$/ha em rotação de 12 anos (144 meses) no povoamento de IS 36, até 1.791,00 R\$/ha para o IS 48 na rotação economicamente ótima. O autor relata que nos melhores sítios percebe-se que a rotação economicamente ótima ocorre mais cedo que nos piores sítios. O mesmo autor ainda constatou que o regime de manejo com rotação de 14 anos (168 meses) e conduzido com 2 desbastes, com corte raso executado ao final da rotação, implantado em local com alto potencial produtivo, foi a simulação de maior retorno econômico, produzindo um VAE de 1.791 R\$/ha, um VPL de 17.175,00 R\$/ha e uma TIR de 21, 24% a.a.

5.6.3 Razão benefícios sobre custos (B/C)

A determinação da razão benefício sobre os custos (Figura 31) atualizadas a uma taxa de 5,65% a.a apresentou maior razão no regime 3 com dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses. Com valor de B/C de 3,15 o regime 3 seguido do 4, indicaram que os investimentos proporcionam alto retorno econômico para cada

unidade monetária investida. Os demais regimes na análise de B/C também se demonstraram atrativos, sendo os menores valores da razão encontrados nos regimes 1 sem desbaste e 2 com apenas um desbaste.

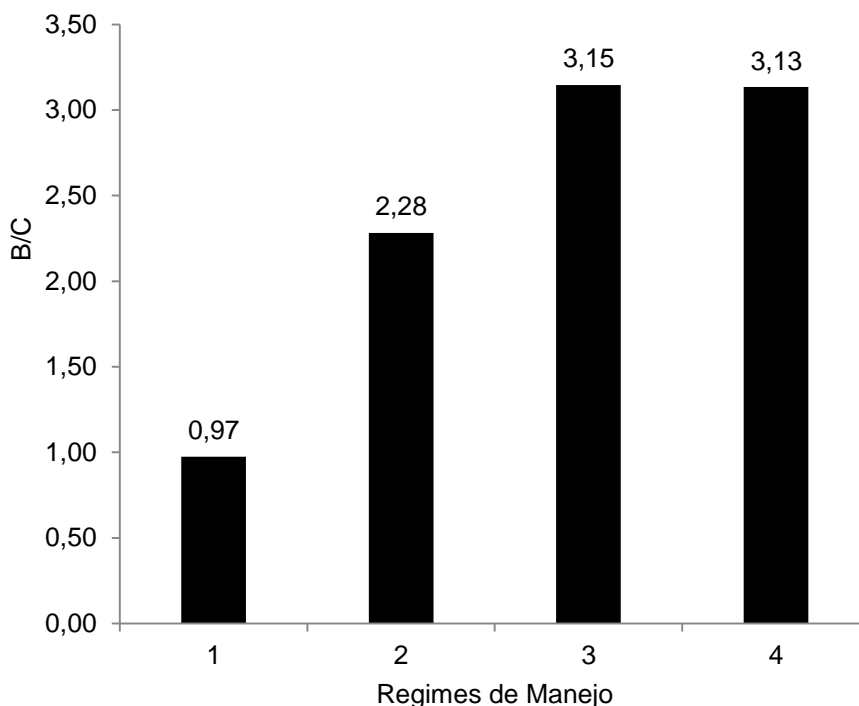


Figura 31 - Razão B/C praticados para os regimes de manejo 1–sem desbaste e corte raso aos 52,8 meses; 2 – com um desbaste e corte raso aos 85,4 meses; 3 – com dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses; 4 – com três desbastes e corte raso aos 158,9 meses apresentados para condução de povoamentos de *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Deve-se ressaltar que os projetos em análise apresentam custos de investimento diferentes, assim sendo, nem sempre o projeto com maior relação B/C deverá ser escolhido, já que este método não leva em conta a diferença entre os custos de investimento.

De acordo com Rezende e Oliveira, (2011) se houver diferenças nos custos de investimento dos projetos, o critério benefício custo conduzirá a resultados de seleção consistentes equivalentes aos apresentados pelo critério do VPL, desde que o projeto que apresentar maior B/C, também tenha o maior custo de investimento, que não é o caso do presente trabalho, pois o maior investimento deu-se no regime 4 com três desbastes e corte raso aos 158,9 meses. De acordo com a razão B/C todos os projetos apresentam viabilidade econômica.

5.6.4 Taxa interna de retorno

Na comparação dos projetos com diferentes regimes de manejo, o projeto economicamente mais viável foi aquele que apresentou maior TIR (Tabela 33), corroborando com o critério VAE e razão B/C que também indicaram o regime de manejo 3 como o mais atrativo, sendo que todos os projetos apresentaram valores de TIR maiores que a taxa de desconto utilizada confirmando a viabilidade destes.

Tabela 33 - Taxa interna de retorno (TIR) para os diferentes regimes de manejo simulados para a espécie *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Regime de manejo	Corte final (meses)	Desbastes Idade (meses)	TIR (%/a.a.)
1	52,8	-	6,48
2	85,4	52,8	23,83
3	121,8	52,8; 85,4	25,31
4	158,9	52,8; 85,4; 121,8	24,01

Sendo TIR a taxa interna de retorno para os regimes de manejo: 1-sem desbaste e corte raso aos 52,8 meses; 2 - com um desbaste e corte raso aos 85,4 meses; 3 - com dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses; 4 - com três desbastes e corte raso aos 158,9 meses.

A respeito da rentabilidade em investimentos florestais, o estudo realizado por Schneider (2006) para as mesorregiões do Rio Grande do Sul encontrou valores econômicos significativos para investimentos em reflorestamentos com *Pinus* sp., para manejo em sistema de alto fuste. No caso específico da mesorregião II, que compreende os Campos de Cima da Serra, o reflorestamento com *Pinus taeda* L. proporcionou o Valor Presente Líquido de R\$ 5.317,90 ha⁻¹ e taxa interna de retorno de 16,2% a.a para uma rotação de 25 anos com desbastes aos 9, 14 e 18 anos.

Em outra análise feita pelo BRDE (2012) em áreas de plantio de 100 ha, comparou-se a viabilidade econômica da atividade de florestamento por meio dos métodos de avaliação econômica para três espécies, onde a *Acacia mearnsii* De Wild. permitiu uma Taxa Interna de Retorno de 31,62% a.a., com um Valor Presente Líquido de R\$ 1.497,87 ha⁻¹. O eucalipto para produção de madeira para serraria apresentou uma TIR de 27,78% a.a. e VPL de R\$ 4.041,90 ha⁻¹ com corte raso aos 12 anos, o eucalipto para celulose e energia proporcionou uma TIR de 25,22% a.a. e VPL de R\$ 535,78 ha⁻¹ com corte raso aos 7 anos e por fim, *Pinus* com uma TIR de

19,96% a.a. e VPL de R\$ 1.021,86 ha⁻¹ com corte raso aos 15 anos. Para o cálculo do VPL, foi utilizada uma taxa de desconto de 8,75% a.a.

Deve-se ressaltar que a TIR é a taxa de desconto que iguala o VPL do projeto a zero. Esta análise de sensibilidade é encontrada na Figura 32, onde todos os projetos analisados apresentam VPL igual a zero na respectiva TIR encontrada.

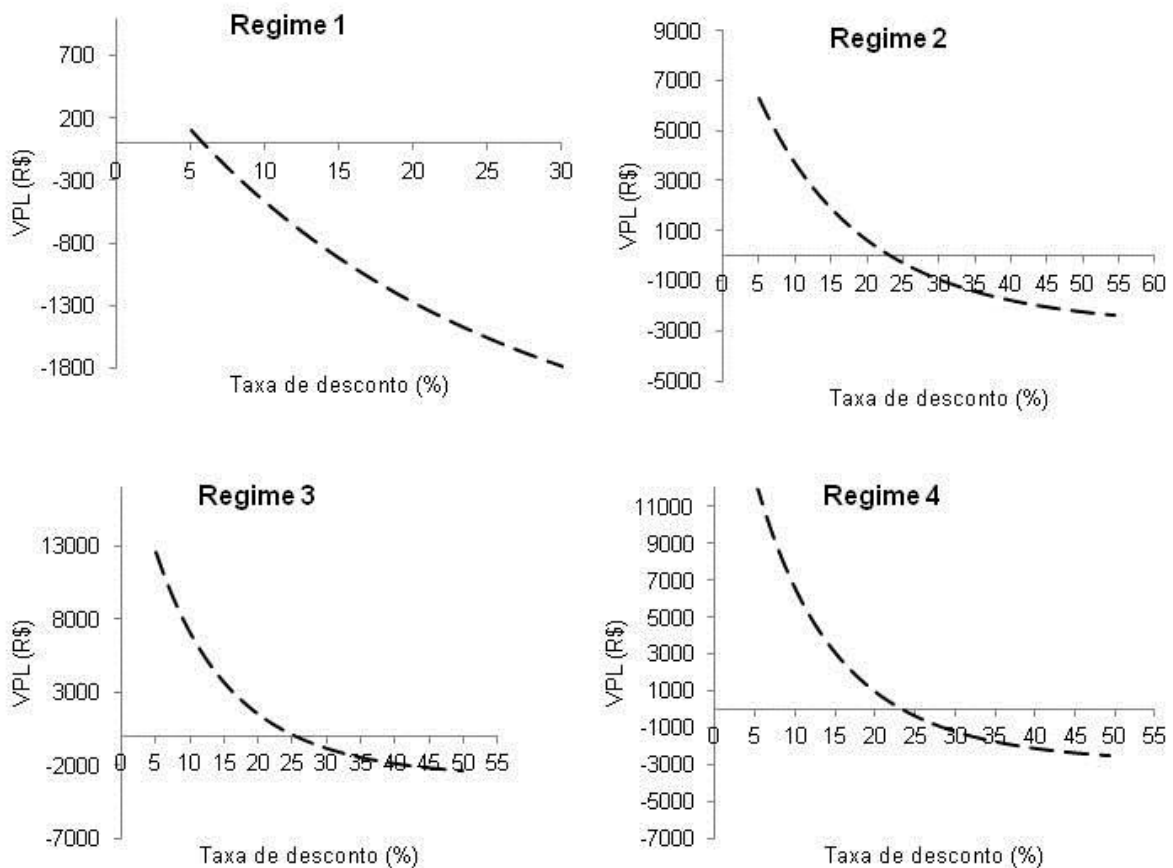


Figura 32 - Análise de sensibilidade para todos os regimes de manejo da espécie *Eucalyptus grandis* apresentados em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Na Figura 32 como exemplo o regime de manejo 3, apresenta TIR de 25,31% a.a., ao atingir este valor, o VPL do projeto é igualado a zero, como nos demais regimes que se configura a mesma situação para cada projeto e sua respectiva TIR.

Os investimentos com reflorestamento para a espécie *Eucalyptus grandis* sob diferentes regimes de manejo, proporcionaram retorno econômico. Por meio do critérios VAE e TIR que viabilizaram a comparação entre os regimes com desbastes e durações distintas, entendeu-se que o regime 3 foi o mais atrativo.

Como os dados foram advindos de povoamentos com espaçamentos adensados, ocorrem maiores números de árvores aproveitáveis nos sortimentos S3 e S4 para o regime 3 em comparação aos demais, sendo por este motivo tal regime mais rentável.

Contudo, de acordo com a análise econômica dos regimes de manejo simulados, em povoamentos com espaçamentos considerados adensados, deve-se realizar desbastes, entretanto o maior retorno obteve-se com dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses. Neste cenário de espaçamentos mais apertados, ocorre maior competição, por isto a mortalidade inicia mais cedo, conseqüentemente os desbastes e o corte raso também devem ser adiantados.

6 CONCLUSÕES

Na modelagem da estrutura da produção de *Eucalyptus grandis* W. Hill embasadas nos Diagramas de Manejo da Densidade evidencia as seguintes conclusões:

- a) O modelo que melhor se ajustou para estimativas de altura em função da idade para a construção das 7 curvas monomórficas de índice de sítio foi o de Chapman-Richards. A amplitude de índice de sítio para o local de estudo foi do índice de sítio 32 ao índice de sítio 44 e as curvas construídas em intervalos de 2m;
- b) Os modelos propostos por Reineke (1933), Yoda et al. (1963), Zeide (1995) e Tang, Meng e Meng (1994) relacionados aos ajustes de densidade de árvores por hectare pelo diâmetro médio do povoamento, apresentaram bons ajustes e precisões estatísticas razoáveis, sendo que o modelo de Tang, Meng e Meng o que demonstrou melhor acurácia;
- c) O momento do autodesbaste ocorre numa dimensão de diâmetro médio diretamente proporcional à densidade de árvores de plantio, indicando que, quanto maior o espaçamento inicial maior será o diâmetro médio, portanto, mais tarde ocorrerá o momento do início do autodesbaste da população;
- d) Os Índices de Densidade do Povoamento geraram valores máximos de 1000 até o mínimo de 200, com intervalo de classe de índice de 200 com cobertura total da amplitude da densidade populacional;
- e) Os diagramas de manejo da densidade construídos com as variáveis diâmetro, área basal e volume por hectare por índice de densidade do povoamento demonstraram-se eficientes nas estimativas destes valores;
- f) A função de densidade probabilística de Weibull com 2 parâmetros foi a que melhor representou o número de árvores por classe diamétrica para o geral e por idade, sendo a mais precisa e eficiente, juntamente com a re-estimativa de seus parâmetros utilizada com precisão para prognosticar as probabilidades de frequência por classe diamétrica no desenvolvimento real do povoamento;

- g) O modelo de Hradetzky apresentou as melhores estimativas relacionadas aos diâmetros relativos e prognoses da distribuição dos sortimentos de madeira;
- h) Na análise econômica, todos os regimes de manejo simulados foram viáveis analisados separadamente, o regime 4 com 3 desbastes aos 52,8; 85,4; 121,8 e corte raso aos 158,9 meses apresentou maior valor de VPL;
- i) Na comparação dos regimes de manejo pelo Valor Anual equivalente, o regime mais eficiente foi o de número 3 com dois desbastes aos 52,8; 85,4 e corte raso aos 121,8 meses;
- j) A taxa Interna de Retorno foi também atrativa para todos os regimes de manejo simulados, variando de 6,48 a 25,31% a.a., correspondentes ao regime sem desbaste e corte raso aos 52,8 meses e regime com dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses respectivamente;
- k) A razão benefícios sobre custos superaram os custos totais do investimento para uma taxa de juros de 5,65% a.a., sendo economicamente atrativa em todos regimes avaliados, com destaque para o regime 3 com dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses;
- l) O trabalho permitiu encontrar uma regulação da densidade das populações de *Eucalyptus grandis*, fundamental para a condução do povoamento. Diante do emprego das relações encontradas através do Diagrama de Manejo da Densidade foi possível construir importantes ferramentas para a condução dos povoamentos como o planejamento de intervenções silviculturais, observando que os regimes de manejo simulados I, II, III e IV obtiveram maiores aproveitamentos nos S4 (lenha), S3 (processo), S3 e S2 (serraria) respectivamente e com maior retorno financeiro para o regime III com dois desbastes e corte raso aos 121,8 meses. Assim se garantiu de maneira fácil e rápida, uma ideal ocupação do sítio, mediante um controle adequado dos níveis e competição, compatibilizando com os objetivos de produção propostos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas.-**Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília: 2012. 150p.

ABREU, E. C. R. et al. Modelagem para prognose precoce do volume por classe diamétrica para *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.61, p.86-102, 2002.

AHRENS, S. Análise de componentes principais e a simulação da forma do tronco. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: o uso de funções de forma de tronco em estudos de volumetria de espécies florestais, 5., 1982, Curitiba, **Anais...** Curitiba: EMBRAPA, URPFCs: 1982. p. 77-92.

ALDER, D. **Forest volume estimation and yield prediction**. Rome: FAO, 1980. 194p. FAO Forestry Paper..

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

BAILEY, R. L. Computer programs for quantifying diameter distributions with the Weibull function. **Forest Science**, Bethesda, v.20, p. 229, 1974.

BAILEY, R. L.; DELL, T. R. Quantifying diameter distribution with the Weibull-function. **Forest Science**, Bethesda v.19, p.97 – 104, 1973.

BELCHER, D. M.; CLUTTER, J. L. **Yield of slash pine plantations in the Georgia and North Florida coastal plain**. Athens: School of Forest Resources, 1997. 52p. (Resources paper, v.2, n.1).

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./Feb. 2010.

BRDE. Florestamento na região sul do Brasil: uma análise econômica. Disponível em: <http://brde.com.br/estudoepub.pdf> Acesso em: 6 dez. 2011.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2009. 548p.

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

CÁRCAMO, C. N. et al. Diagrama de manejo de densidad y su aplicación a raleo en bosques de segundo crecimiento de *Drimys winteri* en el sur de Chile. **Revista Bosque**, Valdivia, v.32, n.2, p.175-186, maio. 2011.

CARELLI NETO, C. **Dinâmica da distribuição diamétrica de povoamentos de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e espaçamentos.** 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria 2008.

CELLINI, J. M. et al. Modelos de perfil de tronco en *Nothofagus pumilio* (Polpp. et Endl.) Krasser y su utilización en el cálculo del volumen total. **Invest. Agr: Sist. Recr. For.** v.11, n.2, p.245-261, 2002.

CHAPMANN, H. H.; MEYER, W. H. Forest mensuration, New York: McGraw Hill, 1949. 522 p.

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

COHEN, A. A. Maximum likelihood estimation in the Weibull distribution based on complete and on censored samples. **Technometrics**, Washington, v.7, p.579-88, 1965.

CURTIS, R. O. A simple index of stand density for Douglas-fir. **Journal Forestry**, v.28, p.92-94, 1982.

DANIELS, R. F.; BURKHART, H. E.; CLASON, T. R. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. **Canadian Journal for Forest Research**, Montreal, v. 16, n. 6, p. 1230-1237, Dec. 1986.

DEL RIO, M.; MONTERO, G.; BRAVO, F. Analysis of diameter-density relationships and self-thinning in non-thinned even-aged Scots pine stands. **Forest Ecology and management**, Amsterdam, v.142, p. 79-87, 2001.

FARNDEN, C. Stand density management diagrams for lodgepole pine, white spruce and interior Douglas-fir. Information Report BC-X-360. Government of Canada, Department of Natural Resources, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC 1996.

FERREIRA, M. **Escolha de Espécies de Eucalipto**. Piracicaba: Esalq – USP, 1979. 30p. (Circular Técnica IPEF).

FERREIRA, T. C. **Análise econômica de plantios de eucalipto para a produção de celulose**. 2001. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras 2001.

FINGER, C. A. G. **Distribuição de diâmetros em acácia negra, *Acacia mearnsii* de Wild em diferentes povoamentos e idades.**: 1982, 124f. (Dissertação/mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1982.

FURNIVAL, G. M. Na index for comparing equations used in constructiong volume tables. **Forest Science**, Bethesda, v. 7, n. 4, p. 337-341, 1961.

GARAY, I. et al. Evaluation of soil conditions in fast-growing plantations of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* in Brazil: a contribution to the study of sustainable land use. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 27, n. 2, p. 177-187, Oct. 2004.

GEZAN, S. A.; ORTEGA, A.; ANDENMATTEN, E. Diagramas de manejo de densidad para renovales de roble, raulí y coigüe em Chile. **Bosque**, Valdivia, v. 28, n. 2, p. 97-105, Jul./Dic. 2007.

GINRICH, S. R. Measuring and evaluating stocking and stand density in upland hardwood forests in the central states. **Forest Science**, Bethesda, v. 13, n. 1, p. 28-53, Feb. 1967.

HAFLEY, W .L.; SCHREUDER, H. T. Statistical distributions for fitting diameter and height data in even-aged stands. **Can. J. For. Res.**, v.4, p.481 – 487, 1977.

HARTER, H. L.; MOORE, A. H. Maximum likelihood estimation of the parameters of the gamma and Weibull populations from complete and from censored samples. **Technometrics**, Washington, v.7, p.639-43, 1965.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production**. Sydney: Academic Press, 1984. 434p.

HILEY, W. E. **Conifers**: South African methods of cultivation. London: Faber and Faber, 1959. 123 p.

HRADETZKY, J. **Analyse und interpretation statistischer abränger keiten. (Biometrische Beiträge zu aktuellem forschung projekten)**. Baden: Württemberg Mitteilungen der FVA, 1976. 146 p. (Abt. Biometric und Informatik, 21).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: 1986. v.33.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Tudo o que acontece na fronteira do crescimento**. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br> Acesso em: 30 de Nov. de 2012.

JORGE, L. A. B.; LARA, H. A. Programa de sortimento de madeira serrada de povoamentos de *Pinus elliottii* com alternativas de produtos padronizados. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba, **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p.539-548.

KOHLER, S. V. **Evolução do afilamento do tronco e do sortimento em plantios de Pinus taeda nos Estados do Paraná e Santa Catarina**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, PR, 2013.

KOZAK, A.; MUNRO, D. P.; SMITH, J. H. G. Taper functions and their application in forest inventory. **Forest Chronicle**, Toronto, v. 45, n. 4, p. 278–283, 1969.

LEITE, H.G.; BINOTI, D.H.B.; GUIMARÃES, D.P.; SILVA, M.L.M.; GARCIA, S.L.R. Avaliação do ajuste das funções Weibull e hiperbólica a dados de povoamentos de eucalipto submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.2, p.305-311, 2010.

LEMOS, R. C. et al. **Levantamento e reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuárias - Divisão de Pesquisas Pedológicas, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30)

LONG, J. N.; SMITH, F. W. Relation between size and density in developing stands – a description and possible mechanisms. **Forest Ecology and Management**, St. Louis, v. 7, n. 2, p. 191-206, Feb. 1985.

MACHADO, S. A. et al. Distribuição diamétrica de *Araucária angustifolia* (bert.) o. ktze. em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.2, p.103-110, Mar./Apr. 2009.

MACHADO, S. A. et al. Comparação de modelos de afilamento do tronco para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa* Schiede. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 48, p. 41-64, jan./jun. 2004.

MAESTRI, R. **Modelo de Crescimento e produção para povoamentos clonais de Eucalyptus grandis considerando Variáveis Ambientais**.2003, 143 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

MALTAMO, M. et al. Comparison of percentile based prediction an the Weibull distribution in describing the diameter distribuiton of heterogeneous Scots pine stands. **Forest Ecology and Managment**. v 133, p. 263 – 274, 2000.

MALTAMO, M.; PUUMALAINEN, J.; PÄIVINEN, R. Comparison of Beta and Weibull functions for modeling basal area diameter distribution in stands of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. **Scand. Jor. For. Res.**, v.10, p.284 – 295, 1995.

MARTINS, I. S. **Comparação entre métodos uni e multivariados aplicados na seleção em Eucalyptus grandis**. 1999. 94 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa,Viçosa, 1999.

MIGUEL, E. P. **Avaliação biometrica e prognose da produção de Eucalyptus urophylla (S.T. Blake) na região norte do estado de Goiás**. 2009. 165f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2009.

MIGUEL, E. P.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E. Modelos polinomiais para representar o perfil e o volume do fuste de *Eucalyptus urophylla* na região norte do estado de Goiás. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 2, p. 355-368, abr./jun. 2011.

MITCHELL, H. C. Regulation of farm woodlands by rule of thumb. **Journal Forestry**, Society of American Foresters, n. 41, p. 243-248, 1943.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.

MOTA, F. S.; ZAHLER, P. J. M. **Clima, agricultura e pecuária no Rio Grande do Sul**. 1. ed. Pelotas: Livraria Mundial, 1994. 166 p.

MOTTA, D.; SILVA, W. F.; DINIZ, E. N. **Rentabilidade na plantação do eucalipto**. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 7., 2010, Resende, **Anais...** Resende: FAPERJ/AEDB, 2010. p 54-67.

MÜLLER, I. **Forma de tronco e sortimentos De madeira para *eucalyptus grandis* Hill ex Maiden., manejado em alto fuste, na região sudeste do estado do Rio Grande do Sul**. 2004. 166f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2004.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989, 422 p.

ORELLANA, E. **Funções densidade de probabilidade no ajuste da distribuição diamétrica de um fragmento de floresta ombrófila mista**. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Irati, PR, 2009.

PALAHÍ, M.; MIIMA, J.; MONTERO, E. Stand-level yield model for scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in north-east Spain. **Invest. Agr.: Sist. Recr. For.**, v.11, n.2, p.409-424, 2002.

PENNER, M. et al. A stand density management diagram for Balson Fir in New Brunswick. In: Fundy Model Forest Network. Canadian Forest Service, Ottawa, 2002. 12p.

PRODAN, M. **Forest Biometrics**. New York: Pergamon Press, 1968. 447 p.

PRODAN, M. **Holzmesslehre**. Frankfurt: M. J. D. Sauerländers Verlag, 1965. 644 p.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F. et al. **Mensura Forestal**. San José: GTZ, 1997. 561p.

RADAR POYRY SILVICONCONSULT. Mercado Florestal Brasileiro. Ed. 4, ano 4, outubro, 2014.

REID, R. Silvicultural management of Australian blackwood (*Acacia melanoxylon*) in plantations and multi-purpose forests. In: GOVE, J. H. **Structural stocking guides: a new look at an old friend**. National Research Council Canada, 2004. v.34. n.5

RAMOS, D. C. et al. Thinning effect on plant growth of pruned eucalypt clone. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 495-503, mai. 2014.

REINEKE, L. H. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 46, n. 7, p. 627-638, 1933.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise Econômica e Social de Projetos Florestais**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 389 p.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias**. 2000. 186f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ROGERS, R. Guides for thinning shortleaf pine. Forest Service, p. 217-225, 1983.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT user's guide**. Version 8 (computer manual). SAS Institute Inc., Cary. N.C. 1999.

SAS Institute. SAS User's Guide: Statistics. **PROC CAPABILITY and General Statements**. Disponível em: <<http://www.asu.edu/sas/sasdoc/sashtml/qc/index.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2007.

SAUNDERS, M. R.; PUETTMANN, K, J. **A preliminary white spruce density management diagram for the lake states**. Minnesota: Department of Forest Resources. College of Natural Resources and Minnesota Agricultural Experiment Station. University of Minnesota, 2000. 14 p. (Sraff Paper Series, n. 145).

SBS. Sociedade Brasileira de Silvicultura. **Eucalipto no Brasil e no mundo**. <http://www.floresta.ipef.br>. (Agosto, 2008).

SCHNEIDER, P. R. et al. Quociente do diâmetro pela área basal e zonas de competição em povoamento monoclonal de *Eucalyptus saligna*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 21, n. 4, p. 755-764, dez. 2011.

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. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM, 1993. 348 p.

SCHNEIDER, P. R. **Rentabilidade em investimento florestal**. Santa Maria: FACOS/UFSM, 2006, 153 p.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal**. 2 ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2009. 294 p.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal**. 2 ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566 p.

SCHNEIDER, P. S. P. **Autodesbaste e diagrama de manejo da densidade e povoamentos de Pinus taeda L.** 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SCHNEIDER, P. S. P. **Estrutura bioeconômica da produção no manejo da densidade de Pinus taeda L. na região do planalto catarinense, Brasil.** 2012. 188f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SCOLFORO, J. R. S.; MAESTRI, R. O manejo de florestas plantadas. In: SCOLFORO, J.R.S. **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 443p. (Textos Acadêmicos).

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 441 p.

SELLE, G. L. **Guias de densidade e índices de sítio para Hovenia dulcis Thunberg na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil.** 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SILVA, J. A.; SCHNEIDER, P. R. **Determinação da dupla espessura de casca em árvores individuais de Pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia* (Bert). O. Ktze.) ao nível do DAP.** Santa Maria: Imprensa Universitária, 1974. 32 p.

SILVA, J. A. A.; BAILEY, R. L. Considerações teóricas sobre o uso correto do índice de Furnival na seleção de equações volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, 15 (3): 323-327, 1991.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal.** 2. ed. Viçosa: MG, Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2008. 178p.

SIMIONI, F. J; HOEFLICH, V. A. Avaliação de Risco em Investimentos Florestais. **Boletim de Pesquisas Florestais**, Colombo n. 52, p. 79-92, jan-jun/2006.

SMITH, C.; GIBBS, C. B. A guide to sugarbusch stocking: based on the crown diameter/D.b.h. relationship of open-grown sugar maples. Washington: Forest Service, 1970. 10 p. (Reserarch Paper NE-171).

SMITH, J. H. G. Forest management information needs: Present and future. In: BROWN, K.M., CLARKE, F.R. **Forecasting forest stand dynamics** . Thunder Bay: Lakehead University, 1980. p.1-41.

SOARES, T. S; LEITE, H. G; SOARES, C. P. B.; VALE, A. B. Projeção da distribuição diamétrica e produção de povoamentos de eucalipto empregando diferentes formas da função weibull. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1027-1032, Set./Out. 2011.

SPIECKER, H. Durchorstungsasatze bei Eiche unter besonderer Berücksichtigung des Dickenwachstums. **Allgemeine Forstzeitschrift – u. J. – Ztg.**, v.154, n.2, p.21-36, 1983.

SPURR, S. H. A measure of point density. **Forest Science**, Bethesda, v. 8, n. 1, p. 85-96, Feb. 1962.

TANG, S.; MENG, C. H.; MENG, F. R. A growth and self-thinning model for pure even-age stands: theory and applications. **Forest Ecology and Management**, n. 70, p. 67-73, 1994.

TÉO, S. J. et al. Índice de densidade do povoamento para Bracatingais nativos da Região metropolitana de Curitiba, PR. **Revista Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 54-61, jan./mar. 2008.

THIERSCH, A. **A eficiência das distribuições diamétricas para prognose da produção de *Eucalyptus camaldulensis***. 1997. 155f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

THOMAS, C. **Dendrograma de manejo da densidade para povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm na região central do Rio Grande do Sul**. 2009. 59 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

THOMAS, C. **Determinação bioeconômica do manejo em alto fuste de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus saligna* Smith**. 2013. 178f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

TONINI, H. **Crescimento e produção de clones de *Eucalyptus saligna* Smith, na depressão central e serra do sudoeste, Rio Grande do Sul**. 2003. 289f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

U.S. FOREST SERVICE. **Relation of crown width to tree diameter in same upland hardwood stands of southern Illinois**. St. Paul: Southern Forest Experiment Station Library, 1970. 4 p. (Research Note nc-99).

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

WILSON, F. G. Numerical expression of stocking in terms of height. **Journal Forestry**, v. 44, p. 758-761, 1946.

YODA, K. et al. Self-thinning in over rowed pur stands under cultivated and natural conditions. **Journal Biology**, London, v. 14, n. 1., p. 107-129, 1963.

ZEIDE, B. A relationship between size of trees and their number. **Forest Ecology and Management**, n. 72, p. 265-272, 1995.

APÊNDICES

Apêndice A - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol.(m³)	RES (%)
		nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%			
8	9,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0,0203	0,0203	100,0
8	10,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0,0228	0,0228	100,0
8	11,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0,0253	0,0253	100,0
9	11,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0097	31,1	0,0313	0,0216	68,9
9	12,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0099	28,2	0,0351	0,0252	71,8
9	13,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0101	25,9	0,0390	0,0289	74,1
10	12,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,0215	47,6	0,0452	0,0237	52,4
10	14,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,0221	43,4	0,0508	0,0287	56,6
10	16,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,0308	54,7	0,0564	0,0255	45,3
11	14,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,0362	59,4	0,0610	0,0248	40,6
11	16,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,0459	67,0	0,0686	0,0226	33,0
11	17,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,0474	62,3	0,0761	0,0287	37,7
12	16,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,0545	67,2	0,0811	0,0266	32,8
12	18,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,0660	71,6	0,0922	0,0262	28,4
12	20,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,0773	74,9	0,1033	0,0260	25,1
13	16,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,0747	76,3	0,0980	0,0233	23,7
13	18,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,0878	78,8	0,1114	0,0236	21,2
13	21,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,1006	80,7	0,1247	0,0241	19,3
14	18,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,1102	86,3	0,1277	0,0176	13,7
14	21,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1255	86,5	0,1451	0,0196	13,5
14	23,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	9	0,1409	86,7	0,1626	0,0216	13,3
15	18,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,1273	85,7	0,1485	0,0213	14,3

Apêndice A - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%			
15	21,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1451	85,9	0,1688	0,0237	14,1
15	24,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	9	0,1628	86,1	0,1891	0,0262	13,9
16	19,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1589	89,0	0,1785	0,0196	11,0
16	22,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	10	0,1893	92,3	0,2052	0,0159	7,7
16	25,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	11	0,2116	91,3	0,2318	0,0203	8,7
17	21,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0575	26,3	8	0,1454	66,6	0,2183	0,0155	7,1
17	24,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0589	23,5	9	0,1707	68,0	0,2510	0,0215	8,5
17	28,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0601	21,2	11	0,2045	72,1	0,2836	0,0190	6,7
18	22,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0648	25,5	8	0,1677	66,1	0,2538	0,0213	8,4
18	25,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0664	22,8	10	0,2061	70,6	0,2917	0,0193	6,6
18	29,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1198	36,3	10	0,1889	57,3	0,3297	0,0210	6,4
19	22,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1265	44,6	7	0,1390	49,1	0,2833	0,0178	6,3
19	25,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1303	40,0	9	0,1790	55,0	0,3256	0,0163	5,0
19	29,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1335	36,3	10	0,2108	57,3	0,3679	0,0236	6,4
20	23,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1420	42,5	8	0,1744	52,2	0,3340	0,0176	5,3
20	27,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2011	51,8	8	0,1647	42,4	0,3883	0,0226	5,8
20	31,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2073	46,8	10	0,2116	47,8	0,4427	0,0238	5,4
21	23,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2130	58,1	7	0,1405	38,3	0,3668	0,0133	3,6
21	27,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2215	51,9	9	0,1903	44,6	0,4266	0,0148	3,5
21	31,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2836	58,3	9	0,1829	37,6	0,4863	0,0197	4,1
22	25,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2373	55,7	8	0,1758	41,3	0,4258	0,0127	3,0
22	29,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3048	61,6	8	0,1713	34,6	0,4951	0,0190	3,8
22	33,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3707	65,7	9	0,1773	31,4	0,5645	0,0165	2,9
23	25,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3196	67,7	6	0,1326	28,1	0,4721	0,0199	4,2

Apêndice A - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%			
23	29,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3899	71,0	7	0,1418	25,8	0,5489	0,0172	3,1
23	33,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,4069	65,0	9	0,1983	31,7	0,6258	0,0206	3,3
24	25,9	0	0,0000	0,0	1	0,1283	24,5	3	0,2277	43,6	7	0,1545	29,6	0,5227	0,0122	2,3
24	30,5	0	0,0000	0,0	1	0,1319	21,4	4	0,3027	49,2	7	0,1582	25,7	0,6149	0,0221	3,6
24	35,0	0	0,0000	0,0	1	0,1349	19,1	5	0,3777	53,4	8	0,1725	24,4	0,7071	0,0220	3,1
25	26,6	0	0,0000	0,0	1	0,1398	24,0	4	0,3087	53,0	6	0,1222	21,0	0,5823	0,0115	2,0
25	31,3	0	0,0000	0,0	1	0,1437	21,0	5	0,3892	56,8	6	0,1298	18,9	0,6850	0,0223	3,3
25	36,0	0	0,0000	0,0	1	0,1470	18,7	6	0,4702	59,7	7	0,1474	18,7	0,7878	0,0231	2,9
26	26,3	0	0,0000	0,0	1	0,1510	24,2	4	0,3323	53,3	6	0,1294	20,7	0,6240	0,0112	1,8
26	31,0	0	0,0000	0,0	2	0,2741	37,3	4	0,3059	41,7	6	0,1337	18,2	0,7341	0,0203	2,8
26	35,6	0	0,0000	0,0	2	0,2816	33,4	5	0,3892	46,1	7	0,1523	18,0	0,8442	0,0211	2,5
27	27,7	0	0,0000	0,0	2	0,2890	40,8	4	0,3067	43,3	5	0,1004	14,2	0,7086	0,0126	1,8
27	32,6	0	0,0000	0,0	2	0,2986	35,8	5	0,3973	47,7	6	0,1227	14,7	0,8337	0,0151	1,8
27	37,5	0	0,0000	0,0	3	0,4241	44,2	5	0,3774	39,4	7	0,1411	14,7	0,9587	0,0161	1,7
28	27,9	0	0,0000	0,0	2	0,3111	40,6	4	0,3310	43,2	5	0,1094	14,3	0,7658	0,0143	1,9
28	33,2	0	0,0000	0,0	3	0,4436	48,7	4	0,3164	34,7	6	0,1338	14,7	0,9117	0,0178	2,0
28	38,5	0	0,0000	0,0	3	0,4586	43,4	5	0,4134	39,1	7	0,1623	15,4	1,0576	0,0232	2,2
29	28,7	0	0,0000	0,0	3	0,4595	54,3	3	0,2451	29,0	5	0,1226	14,5	0,8463	0,0191	2,3
29	34,2	0	0,0000	0,0	3	0,4791	47,6	5	0,4040	40,1	5	0,1053	10,5	1,0075	0,0190	1,9
29	39,6	0	0,0000	0,0	4	0,6180	52,9	5	0,3947	33,8	6	0,1321	11,3	1,1687	0,0238	2,0
30	28,6	0	0,0000	0,0	3	0,4911	54,5	4	0,3179	35,3	4	0,0797	8,8	0,9014	0,0127	1,4
30	34,0	0	0,0000	0,0	4	0,6355	59,2	4	0,3129	29,2	5	0,1073	10,0	1,0731	0,0174	1,6
30	39,5	0	0,0000	0,0	4	0,6606	53,1	5	0,4206	33,8	6	0,1394	11,2	1,2448	0,0242	1,9
31	29,5	0	0,0000	0,0	4	0,6511	65,5	3	0,2341	23,5	4	0,0914	9,2	0,9946	0,0180	1,8

Apêndice A - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%			
31	35,2	0	0,0000	0,0	4	0,6846	57,8	4	0,3455	29,2	6	0,1389	11,7	1,1840	0,0151	1,3
31	40,8	0	0,0000	0,0	5	0,8382	61,0	5	0,3989	29,0	6	0,1213	8,8	1,3735	0,0151	1,1
32	29,9	0	0,0000	0,0	4	0,6966	64,8	3	0,2534	23,6	5	0,1134	10,6	1,0743	0,0108	1,0
32	36,1	0	0,0000	0,0	5	0,8609	66,5	4	0,3165	24,5	5	0,1031	8,0	1,2943	0,0138	1,1
32	42,2	0	0,0000	0,0	6	1,0248	67,7	4	0,3245	21,4	6	0,1417	9,4	1,5143	0,0234	1,5
33	30,2	0	0,0000	0,0	4	0,7426	64,5	4	0,3282	28,5	3	0,0631	5,5	1,1514	0,0175	1,5
33	36,3	0	0,0000	0,0	5	0,9178	66,2	4	0,3400	24,5	5	0,1130	8,1	1,3873	0,0165	1,2
33	42,5	0	0,0000	0,0	6	1,0926	67,3	5	0,4051	25,0	5	0,1054	6,5	1,6231	0,0201	1,2
34	30,5	0	0,0000	0,0	5	0,9179	74,3	3	0,2322	18,8	3	0,0670	5,4	1,2361	0,0190	1,5
34	36,8	1	0,3028	20,3	5	0,8155	54,8	3	0,2404	16,1	5	0,1148	7,7	1,4893	0,0158	1,1
34	43,0	1	0,3106	17,8	6	0,9930	57,0	4	0,3106	17,8	5	0,1083	6,2	1,7425	0,0200	1,1
35	30,6	1	0,3111	23,7	4	0,6783	51,7	3	0,2385	18,2	3	0,0671	5,1	1,3125	0,0175	1,3
35	36,8	1	0,3210	20,3	5	0,8649	54,7	3	0,2555	16,2	5	0,1226	7,8	1,5813	0,0172	1,1
35	43,1	1	0,3292	17,8	6	1,0531	56,9	4	0,3301	17,8	5	0,1158	6,3	1,8501	0,0218	1,2
36	31,1	1	0,3302	23,3	4	0,7239	51,2	3	0,2602	18,4	4	0,0895	6,3	1,4146	0,0108	0,8
36	38,0	1	0,3413	19,8	5	0,9277	53,8	4	0,3452	20,0	4	0,0916	5,3	1,7251	0,0193	1,1
36	44,8	2	0,6233	30,6	6	1,0002	49,1	4	0,3028	14,9	4	0,0859	4,2	2,0357	0,0235	1,2
37	31,6	1	0,3496	23,1	5	0,8944	59,1	2	0,1622	10,7	4	0,0958	6,3	1,5143	0,0123	0,8
37	38,5	2	0,6398	34,6	5	0,8527	46,2	3	0,2413	13,1	4	0,0936	5,1	1,8467	0,0192	1,0
37	45,4	2	0,6600	30,3	6	1,0645	48,9	4	0,3282	15,1	5	0,1093	5,0	2,1791	0,0171	0,8
38	32,0	2	0,6504	40,2	4	0,6848	42,3	2	0,1691	10,5	4	0,1001	6,2	1,6176	0,0131	0,8
38	39,0	2	0,6765	34,3	5	0,9064	45,9	3	0,2608	13,2	4	0,1045	5,3	1,9727	0,0244	1,2
38	46,0	3	0,9672	41,6	5	0,8784	37,7	4	0,3459	14,9	5	0,1168	5,0	2,3277	0,0194	0,8
39	32,5	2	0,6873	39,7	4	0,7290	42,1	3	0,2434	14,1	3	0,0605	3,5	1,7306	0,0105	0,6

Apêndice A - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%			
39	39,6	2	0,7147	33,9	6	1,0867	51,5	3	0,2241	10,6	3	0,0651	3,1	2,1105	0,0199	0,9
39	46,7	3	1,0221	41,0	6	1,0626	42,7	4	0,3086	12,4	4	0,0804	3,2	2,4904	0,0167	0,7
40	32,3	2	0,7224	39,8	4	0,7647	42,2	3	0,2536	14,0	3	0,0621	3,4	1,8129	0,0102	0,6
40	39,9	3	1,0392	46,4	5	0,8787	39,3	3	0,2325	10,4	3	0,0673	3,0	2,2382	0,0204	0,9
40	47,5	4	1,3496	50,7	5	0,8769	32,9	4	0,3283	12,3	4	0,0882	3,3	2,6634	0,0204	0,8
41	32,6	3	1,0403	54,2	3	0,5456	28,4	3	0,2607	13,6	2	0,0494	2,6	1,9194	0,0234	1,2
41	40,2	3	1,0937	46,2	5	0,9289	39,2	3	0,2489	10,5	3	0,0738	3,1	2,3697	0,0242	1,0
41	47,9	4	1,4205	50,4	6	1,0499	37,2	3	0,2340	8,3	4	0,0932	3,3	2,8199	0,0222	0,8
42	33,4	3	1,0981	53,3	4	0,7154	34,7	2	0,1627	7,9	3	0,0719	3,5	2,0622	0,0140	0,7
42	41,2	4	1,4356	56,4	4	0,7286	28,6	3	0,2676	10,5	4	0,0978	3,8	2,5459	0,0163	0,6
42	49,0	4	1,4990	49,5	6	1,1249	37,1	3	0,2608	8,6	5	0,1256	4,1	3,0296	0,0194	0,6
43	33,6	3	1,1531	53,0	4	0,7548	34,7	2	0,1738	8,0	3	0,0785	3,6	2,1767	0,0166	0,8
43	41,5	4	1,5076	56,1	5	0,8950	33,3	2	0,1655	6,2	4	0,1021	3,8	2,6873	0,0172	0,6
43	49,3	5	1,8599	58,2	5	0,9171	28,7	4	0,3279	10,3	3	0,0675	2,1	3,1979	0,0254	0,8
44	34,1	3	1,2115	52,4	4	0,8007	34,6	2	0,1886	8,2	3	0,0887	3,8	2,3115	0,0220	1,0
44	42,6	4	1,5894	55,0	5	0,9625	33,3	3	0,2489	8,6	3	0,0695	2,4	2,8894	0,0191	0,7
44	51,1	5	1,9657	56,7	6	1,1245	32,4	3	0,2511	7,2	4	0,1009	2,9	3,4672	0,0251	0,7
45	34,5	4	1,5688	64,0	3	0,5696	23,2	2	0,1964	8,0	3	0,0932	3,8	2,4520	0,0240	1,0
45	43,2	5	1,9610	64,0	4	0,7456	24,3	3	0,2618	8,5	3	0,0747	2,4	3,0650	0,0219	0,7
45	51,8	6	2,3532	64,0	5	0,9206	25,0	3	0,2656	7,2	5	0,1226	3,3	3,6780	0,0160	0,4
46	34,7	4	1,6410	63,8	4	0,7255	28,2	1	0,0869	3,4	3	0,0946	3,7	2,5714	0,0234	0,9
46	43,3	5	2,0513	63,8	5	0,9069	28,2	2	0,1580	4,9	3	0,0762	2,4	3,2142	0,0218	0,7
46	52,0	6	2,4616	63,8	6	1,0883	28,2	2	0,1650	4,3	5	0,1262	3,3	3,8571	0,0161	0,4
47	35,0	4	1,7175	63,4	4	0,7655	28,3	2	0,1590	5,9	2	0,0478	1,8	2,7069	0,0172	0,6

Apêndice A - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis*.

(continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES (%)
		nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%	nº toras	v (m³)	%			
47	43,7	6	2,4289	71,8	4	0,6902	20,4	2	0,1633	4,8	3	0,0788	2,3	3,3837	0,0226	0,7
47	52,4	7	2,8615	70,5	5	0,8783	21,6	3	0,2306	5,7	3	0,0676	1,7	4,0604	0,0225	0,6
48	34,7	5	2,0751	74,0	3	0,5195	18,5	1	0,0908	3,2	3	0,0967	3,4	2,8037	0,0217	0,8
48	43,9	6	2,5383	71,5	4	0,7258	20,5	2	0,1736	4,9	4	0,0992	2,8	3,5490	0,0121	0,3
48	53,2	7	2,9986	69,8	5	0,9345	21,8	3	0,2527	5,9	4	0,0922	2,1	4,2943	0,0163	0,4
49	34,9	5	2,1668	73,8	3	0,5460	18,6	2	0,1633	5,6	2	0,0469	1,6	2,9375	0,0146	0,5
49	44,2	6	2,6501	71,3	4	0,7624	20,5	2	0,1841	5,0	4	0,1074	2,9	3,7183	0,0143	0,4
49	53,5	8	3,4105	75,8	4	0,7183	16,0	3	0,2598	5,8	4	0,0942	2,1	4,4992	0,0163	0,4
50	35,1	5	2,2604	73,5	3	0,5731	18,6	2	0,1733	5,6	2	0,0508	1,7	3,0744	0,0169	0,6
50	44,4	6	2,7643	71,0	4	0,7997	20,6	2	0,1950	5,0	4	0,1158	3,0	3,8917	0,0168	0,4
50	53,7	8	3,5582	75,6	5	0,8765	18,6	2	0,1594	3,4	4	0,0978	2,1	4,7089	0,0170	0,4
51	35,3	5	2,3559	73,3	3	0,6008	18,7	2	0,1836	5,7	2	0,0549	1,7	3,2145	0,0194	0,6
51	44,6	7	3,1736	78,0	3	0,5638	13,9	2	0,1987	4,9	4	0,1168	2,9	4,0690	0,0161	0,4
51	54,0	8	3,7089	75,3	5	0,9198	18,7	2	0,1692	3,4	4	0,1057	2,1	4,9235	0,0199	0,4
52	35,0	5	2,4421	73,7	3	0,6169	18,6	2	0,1853	5,6	2	0,0537	1,6	3,3153	0,0172	0,5
52	44,8	7	3,3056	77,8	4	0,7196	16,9	1	0,0891	2,1	4	0,1197	2,8	4,2503	0,0163	0,4
52	54,7	9	4,1589	80,2	4	0,7097	13,7	2	0,1788	3,4	4	0,1143	2,2	5,1854	0,0237	0,5

Sendo: DAP; Diâmetro à altura do peito em centímetros, h_t ; altura média em metros, , S1,S2, S3, S4; Sortimentos florestais, nº toras; número de toras de cada sortimento para o indivíduo; $v(m^3)$; volume em metros cúbicos de cada sortimento para o indivíduo, %; Sortimentos florestais em percentagem, Vol. Árv.; Volume total da árvore em m^3 , RES Vol.; resíduo em m^3 e RES %; percentagem de resíduo da árvore.

Apêndice B - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 4 anos de idade.

(continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
10	11,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,0210	51,1	0,0412	0,0202	48,9
10	13,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,0216	46,7	0,0463	0,0247	53,3
10	14,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,0221	43,0	0,0514	0,0293	57,0
11	13,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,0353	63,2	0,0559	0,0206	36,8
11	14,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,0365	58,1	0,0628	0,0263	41,9
11	16,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,0462	66,2	0,0697	0,0236	33,8
12	14,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,0527	72,0	0,0732	0,0205	28,0
12	16,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,0548	66,6	0,0823	0,0275	33,4
12	18,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,0658	72,1	0,0913	0,0255	27,9
13	15,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,0733	78,6	0,0932	0,0199	21,4
13	17,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,0855	81,6	0,1047	0,0192	18,4
13	19,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,0893	76,8	0,1162	0,0270	23,2
14	16,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,0965	84,3	0,1145	0,0180	15,7
14	18,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,1112	85,4	0,1302	0,0190	14,6
14	21,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1258	86,3	0,1458	0,0200	13,7
15	17,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,1233	88,3	0,1397	0,0163	11,7
15	20,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1405	88,6	0,1587	0,0182	11,4
15	22,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	9	0,1577	88,7	0,1777	0,0200	11,3
16	18,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1533	91,5	0,1675	0,0142	8,5
16	21,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	9	0,1735	91,1	0,1903	0,0169	8,9
16	23,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	10	0,1936	90,8	0,2132	0,0195	9,2
17	19,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1777	89,7	0,1981	0,0204	10,3
17	22,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0578	25,7	8	0,1489	66,2	0,2251	0,0184	8,2
17	24,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0589	23,4	9	0,1712	67,9	0,2521	0,0220	8,7
18	20,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0637	27,8	7	0,1454	63,5	0,2288	0,0197	8,6

Apêndice B - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 4 anos de idade. (conclusão)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
18	23,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0652	24,8	9	0,1816	69,1	0,2630	0,0161	6,1
18	26,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0666	22,4	10	0,2090	70,3	0,2972	0,0215	7,2

Apêndice C - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 5 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES %
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
11	13,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,0356	61,9	0,0576	0,0220	38,1
11	15,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,0368	56,9	0,0647	0,0279	43,1
11	16,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,0466	64,8	0,0719	0,0253	35,2
12	15,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,0533	70,6	0,0755	0,0222	29,4
12	16,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,0641	75,6	0,0848	0,0207	24,4
12	18,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,0665	70,7	0,0941	0,0276	29,3
13	16,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,0741	77,2	0,0960	0,0219	22,8
13	18,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,0866	80,3	0,1079	0,0213	19,7
13	20,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,0988	82,5	0,1198	0,0209	17,5
14	17,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,0984	82,4	0,1194	0,0210	17,6
14	19,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,1128	84,1	0,1341	0,0213	15,9
14	21,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1271	85,4	0,1489	0,0217	14,6
15	18,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,1253	87,1	0,1439	0,0186	12,9
15	20,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1428	87,3	0,1635	0,0208	12,7
15	23,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	9	0,1602	87,5	0,1831	0,0229	12,5
16	19,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1560	90,4	0,1726	0,0166	9,6
16	21,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	9	0,1764	90,0	0,1961	0,0197	10,0
16	24,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	10	0,1969	89,7	0,2196	0,0227	10,3

Apêndice C - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 5 anos de idade. (conclusão)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES %
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
17	20,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0568	27,8	7	0,1297	63,5	0,2041	0,0176	8,6
17	22,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0581	25,0	8	0,1522	65,6	0,2319	0,0216	9,3
17	25,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0592	22,8	10	0,1836	70,7	0,2597	0,0170	6,5
18	21,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0641	26,9	8	0,1596	66,9	0,2384	0,0147	6,2
18	23,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0656	24,2	9	0,1860	68,6	0,2710	0,0194	7,2
18	26,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0668	22,0	11	0,2209	72,8	0,3035	0,0157	5,2
19	21,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1254	46,0	7	0,1334	49,0	0,2725	0,0137	5,0
19	24,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1292	41,2	8	0,1636	52,2	0,3133	0,0205	6,5
19	28,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1325	37,4	10	0,2033	57,4	0,3540	0,0183	5,2
20	22,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1400	44,8	7	0,1531	49,1	0,3122	0,0191	6,1
20	25,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,1971	54,9	7	0,1406	39,2	0,3589	0,0212	5,9
20	28,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2032	50,1	9	0,1828	45,1	0,4055	0,0195	4,8
21	22,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2111	59,5	6	0,1250	35,3	0,3547	0,0186	5,2
21	26,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2190	53,7	8	0,1712	42,0	0,4077	0,0176	4,3
21	29,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2794	60,6	8	0,1609	34,9	0,4607	0,0205	4,4

Apêndice D - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 6 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES %
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
12	15,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,0537	69,4	0,0773	0,0236	30,6
12	17,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,0646	74,4	0,0869	0,0222	25,6
12	19,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,0671	69,5	0,0964	0,0294	30,5
13	16,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,0749	76,1	0,0984	0,0236	23,9
13	18,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,0875	79,1	0,1106	0,0231	20,9

Apêndice D - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 6 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES %
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
13	20,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,0999	81,4	0,1227	0,0228	18,6
14	17,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,0995	81,3	0,1223	0,0229	18,7
14	20,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,1141	83,0	0,1375	0,0234	17,0
14	22,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1286	84,3	0,1526	0,0239	15,7
15	18,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,1275	85,5	0,1491	0,0216	14,5
15	21,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1445	86,3	0,1676	0,0230	13,7
15	23,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	9	0,1615	86,8	0,1860	0,0245	13,2
16	19,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1581	89,4	0,1769	0,0188	10,6
16	22,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	9	0,1788	89,0	0,2010	0,0221	11,0
16	25,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	10	0,1996	88,7	0,2251	0,0255	11,3
17	20,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0570	27,3	7	0,1321	63,2	0,2091	0,0200	9,6
17	23,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0583	24,5	9	0,1637	68,9	0,2377	0,0156	6,6
17	26,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0594	22,3	10	0,1871	70,3	0,2662	0,0197	7,4
18	21,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0644	26,4	8	0,1628	66,6	0,2444	0,0172	7,0
18	24,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0658	23,7	9	0,1895	68,2	0,2777	0,0224	8,1
18	27,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1184	38,1	9	0,1706	54,9	0,3110	0,0220	7,1
19	22,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1264	44,7	7	0,1386	49,1	0,2825	0,0175	6,2
19	25,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1299	40,5	9	0,1765	55,0	0,3210	0,0147	4,6
19	28,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1329	37,0	10	0,2063	57,4	0,3596	0,0203	5,7
20	22,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1407	44,0	8	0,1665	52,0	0,3199	0,0128	4,0
20	26,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,1984	53,9	8	0,1541	41,9	0,3677	0,0153	4,1
20	29,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2043	49,2	9	0,1880	45,2	0,4156	0,0232	5,6
21	23,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2125	58,5	7	0,1387	38,1	0,3635	0,0123	3,4
21	27,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2203	52,7	8	0,1764	42,2	0,4178	0,0211	5,0
21	30,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2813	59,6	9	0,1754	37,2	0,4721	0,0154	3,3

Apêndice D - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 6 anos de idade. (conclusão)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES %
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
22	24,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2350	57,3	7	0,1581	38,6	0,4100	0,0170	4,1
22	27,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3004	63,7	7	0,1497	31,8	0,4713	0,0211	4,5
22	31,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3111	58,4	9	0,2002	37,6	0,5325	0,0213	4,0
23	24,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3168	68,9	6	0,1268	27,6	0,4595	0,0159	3,5
23	28,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3847	72,8	6	0,1226	23,2	0,5281	0,0208	3,9
23	32,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,4009	67,2	8	0,1742	29,2	0,5968	0,0217	3,6

Apêndice E - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 7 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
13	17,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,0754	75,1	0,1005	0,0250	24,9
13	19,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,0882	78,2	0,1129	0,0246	21,8
13	21,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,1008	80,5	0,1253	0,0245	19,5
14	18,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,1089	87,2	0,1249	0,0160	12,8
14	20,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	7	0,1152	82,1	0,1403	0,0252	17,9
14	22,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1299	83,4	0,1558	0,0259	16,6
15	19,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1374	90,2	0,1523	0,0149	9,8
15	21,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1460	85,4	0,1711	0,0251	14,6
15	24,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	9	0,1632	85,9	0,1899	0,0267	14,1
16	20,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1608	88,1	0,1826	0,0218	11,9
16	22,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	10	0,1893	92,3	0,2052	0,0159	7,7
16	25,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	11	0,2094	91,9	0,2277	0,0184	8,1
17	21,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0572	26,8	8	0,1428	66,9	0,2135	0,0135	6,3
17	24,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0585	24,1	9	0,1664	68,6	0,2426	0,0177	7,3

Apêndice E - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 7 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
17	26,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0596	21,9	10	0,1900	69,9	0,2718	0,0222	8,2
18	22,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0646	25,9	8	0,1655	66,3	0,2495	0,0194	7,8
18	25,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0661	23,3	10	0,2014	71,1	0,2835	0,0160	5,6
18	28,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1189	37,4	10	0,1823	57,4	0,3175	0,0163	5,1
19	22,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1270	44,0	7	0,1415	49,1	0,2884	0,0199	6,9
19	25,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1304	39,8	9	0,1802	55,0	0,3278	0,0171	5,2
19	29,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1334	36,3	10	0,2104	57,3	0,3671	0,0233	6,3
20	23,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1417	42,9	8	0,1724	52,2	0,3304	0,0163	4,9
20	26,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,1994	53,1	8	0,1582	42,1	0,3754	0,0179	4,8
20	30,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2049	48,7	10	0,1995	47,4	0,4205	0,0161	3,8
21	24,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2137	57,6	7	0,1428	38,5	0,3711	0,0146	3,9
21	27,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2215	51,9	9	0,1903	44,6	0,4266	0,0148	3,5
21	31,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2829	58,7	9	0,1807	37,5	0,4820	0,0184	3,8
22	24,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2363	56,4	7	0,1625	38,8	0,4186	0,0199	4,7
22	28,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3023	62,8	8	0,1640	34,1	0,4811	0,0148	3,1
22	32,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3663	67,4	8	0,1582	29,1	0,5437	0,0191	3,5
23	25,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3189	68,0	6	0,1313	28,0	0,4691	0,0189	4,0
23	29,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3875	71,9	7	0,1371	25,4	0,5392	0,0145	2,7
23	32,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,4036	66,2	9	0,1897	31,1	0,6093	0,0160	2,6
24	25,9	0	0,0000	0,0	1	0,1283	24,6	3	0,2277	43,6	7	0,1544	29,5	0,5226	0,0122	2,3
24	29,8	0	0,0000	0,0	1	0,1314	21,9	4	0,2997	49,9	7	0,1517	25,3	0,6007	0,0179	3,0
24	33,6	0	0,0000	0,0	1	0,1340	19,7	5	0,3710	54,7	8	0,1590	23,4	0,6788	0,0146	2,2
25	26,4	0	0,0000	0,0	1	0,1397	24,1	4	0,3078	53,2	5	0,1108	19,1	0,5791	0,0207	3,6
25	30,4	0	0,0000	0,0	1	0,1430	21,5	5	0,3837	57,6	6	0,1219	18,3	0,6656	0,0170	2,6
25	34,3	0	0,0000	0,0	1	0,1459	19,4	5	0,4064	54,0	8	0,1801	23,9	0,7522	0,0197	2,6

Apêndice E - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 7 anos de idade. (conclusão)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
26	27,0	0	0,0000	0,0	1	0,1516	23,7	4	0,3362	52,6	6	0,1363	21,3	0,6387	0,0145	2,3
26	31,0	0	0,0000	0,0	2	0,2741	37,3	4	0,3059	41,7	6	0,1337	18,2	0,7341	0,0203	2,8
26	35,0	0	0,0000	0,0	2	0,2807	33,8	5	0,3852	46,4	7	0,1461	17,6	0,8295	0,0176	2,1

Apêndice F - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 8 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
15	19,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	8	0,1388	89,5	0,1550	0,0163	10,5
15	22,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	9	0,1560	89,6	0,1742	0,0182	10,4
15	24,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	10	0,1732	89,6	0,1933	0,0201	10,4
16	20,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	9	0,1711	92,0	0,1859	0,0148	8,0
16	23,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	10	0,1913	91,6	0,2089	0,0175	8,4
16	25,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	11	0,2116	91,3	0,2319	0,0203	8,7
17	21,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0575	26,2	8	0,1462	66,5	0,2199	0,0161	7,3
17	24,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0587	23,8	9	0,1687	68,3	0,2470	0,0197	8,0
17	27,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0597	21,8	10	0,1912	69,7	0,2742	0,0233	8,5
18	22,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0650	25,3	9	0,1781	69,3	0,2569	0,0138	5,4
18	25,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0663	23,0	10	0,2044	70,8	0,2886	0,0180	6,2
18	28,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1191	37,2	10	0,1839	57,4	0,3204	0,0174	5,4
19	23,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1275	43,4	8	0,1531	52,1	0,2936	0,0131	4,5
19	26,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1309	39,2	9	0,1835	55,0	0,3337	0,0193	5,8
19	29,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1339	35,8	11	0,2227	59,6	0,3737	0,0171	4,6
20	24,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1422	42,3	8	0,1757	52,2	0,3364	0,0185	5,5
20	27,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2003	52,4	8	0,1617	42,3	0,3822	0,0203	5,3

Apêndice F - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 8 anos de idade. (conclusão)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
20	30,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2057	48,1	10	0,2038	47,6	0,4281	0,0186	4,3
21	24,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2154	56,4	7	0,1484	38,8	0,3822	0,0184	4,8
21	28,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2224	51,2	9	0,1946	44,8	0,4343	0,0172	4,0
21	31,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2836	58,3	9	0,1830	37,6	0,4864	0,0198	4,1
22	25,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2922	67,8	6	0,1210	28,1	0,4311	0,0179	4,1
22	28,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3039	62,0	8	0,1686	34,4	0,4898	0,0174	3,5
22	32,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3674	67,0	8	0,1606	29,3	0,5486	0,0206	3,8
23	25,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3208	67,2	7	0,1449	30,3	0,4776	0,0119	2,5
23	29,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3899	71,0	7	0,1418	25,8	0,5489	0,0172	3,1
23	33,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,4058	65,4	9	0,1955	31,5	0,6203	0,0190	3,1
24	26,4	0	0,0000	0,0	1	0,1287	24,2	3	0,2293	43,1	7	0,1594	30,0	0,5320	0,0146	2,7
24	30,3	0	0,0000	0,0	1	0,1318	21,5	4	0,3020	49,4	7	0,1567	25,6	0,6115	0,0210	3,4
24	34,2	0	0,0000	0,0	1	0,1344	19,5	5	0,3740	54,1	8	0,1650	23,9	0,6910	0,0176	2,6
25	26,9	0	0,0000	0,0	1	0,1401	23,8	4	0,3106	52,7	6	0,1256	21,3	0,5896	0,0132	2,2
25	30,9	0	0,0000	0,0	1	0,1435	21,2	5	0,3871	57,1	6	0,1268	18,7	0,6777	0,0203	3,0
25	35,0	0	0,0000	0,0	1	0,1464	19,1	6	0,4637	60,6	7	0,1383	18,1	0,7658	0,0175	2,3
26	27,4	0	0,0000	0,0	1	0,1521	23,4	4	0,3391	52,2	6	0,1416	21,8	0,6502	0,0174	2,7
26	31,5	0	0,0000	0,0	2	0,2750	36,8	4	0,3092	41,4	7	0,1494	20,0	0,7474	0,0137	1,8
26	35,6	0	0,0000	0,0	2	0,2816	33,3	5	0,3893	46,1	7	0,1524	18,0	0,8445	0,0212	2,5
27	27,9	0	0,0000	0,0	2	0,2894	40,5	4	0,3083	43,2	5	0,1024	14,3	0,7139	0,0137	1,9
27	32,1	0	0,0000	0,0	2	0,2977	36,3	5	0,3931	47,9	5	0,1073	13,1	0,8206	0,0225	2,7
27	36,3	0	0,0000	0,0	3	0,4210	45,4	5	0,3679	39,7	6	0,1196	12,9	0,9273	0,0187	2,0
28	28,4	0	0,0000	0,0	2	0,3123	40,0	4	0,3355	43,0	5	0,1151	14,7	0,7807	0,0177	2,3
28	32,7	0	0,0000	0,0	3	0,4420	49,3	4	0,3125	34,8	6	0,1281	14,3	0,8974	0,0148	1,6
28	36,9	0	0,0000	0,0	3	0,4544	44,8	5	0,4008	39,5	7	0,1448	14,3	1,0140	0,0140	1,4

Apêndice G - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 9 anos de idade.

(continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
17	22,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0577	25,8	8	0,1480	66,3	0,2234	0,0176	7,9
17	24,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0589	23,5	9	0,1707	68,0	0,2510	0,0215	8,5
17	27,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0599	21,5	10	0,1934	69,4	0,2786	0,0253	9,1
18	23,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0651	25,0	9	0,1805	69,2	0,2610	0,0154	5,9
18	25,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0664	22,7	10	0,2069	70,6	0,2932	0,0199	6,8
18	28,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1195	36,7	10	0,1867	57,4	0,3255	0,0193	5,9
19	23,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1282	42,5	8	0,1575	52,2	0,3017	0,0160	5,3
19	26,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1313	38,7	9	0,1863	54,9	0,3390	0,0214	6,3
19	29,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1341	35,6	11	0,2242	59,6	0,3763	0,0180	4,8
20	24,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1430	41,4	9	0,1896	54,9	0,3456	0,0130	3,8
20	27,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2011	51,8	8	0,1647	42,4	0,3883	0,0226	5,8
20	30,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2061	47,8	10	0,2054	47,6	0,4310	0,0196	4,5
21	25,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2163	55,7	7	0,1514	39,0	0,3883	0,0206	5,3
21	28,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2233	50,6	9	0,1984	45,0	0,4412	0,0195	4,4
21	32,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2848	57,6	9	0,1869	37,8	0,4942	0,0224	4,5
22	25,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2937	67,1	6	0,1240	28,3	0,4379	0,0202	4,6
22	29,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3053	61,3	8	0,1726	34,7	0,4977	0,0198	4,0
22	32,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3692	66,2	8	0,1647	29,5	0,5574	0,0235	4,2
23	26,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3235	65,9	7	0,1517	30,9	0,4908	0,0155	3,2
23	30,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3921	70,3	7	0,1458	26,1	0,5577	0,0198	3,5
23	33,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,4067	65,1	9	0,1977	31,7	0,6246	0,0202	3,2
24	27,1	0	0,0000	0,0	1	0,1293	23,6	4	0,2871	52,5	6	0,1174	21,5	0,5467	0,0130	2,4
24	30,8	0	0,0000	0,0	1	0,1321	21,3	4	0,3040	48,9	8	0,1710	27,5	0,6213	0,0142	2,3
24	34,5	0	0,0000	0,0	1	0,1346	19,3	5	0,3751	53,9	8	0,1672	24,0	0,6958	0,0189	2,7

Apêndice G - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 9 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
25	27,3	0	0,0000	0,0	1	0,1405	23,5	4	0,3130	52,2	6	0,1300	21,7	0,5990	0,0155	2,6
25	31,4	0	0,0000	0,0	1	0,1438	20,9	5	0,3902	56,7	7	0,1410	20,5	0,6885	0,0135	2,0
25	35,5	0	0,0000	0,0	1	0,1467	18,9	6	0,4673	60,1	7	0,1434	18,4	0,7780	0,0205	2,6
26	27,9	0	0,0000	0,0	1	0,1525	23,1	4	0,3416	51,7	6	0,1462	22,1	0,6606	0,0202	3,1
26	32,0	0	0,0000	0,0	2	0,2759	36,3	4	0,3121	41,1	7	0,1549	20,4	0,7593	0,0164	2,2
26	36,2	0	0,0000	0,0	2	0,2825	32,9	5	0,3928	45,8	8	0,1678	19,6	0,8580	0,0149	1,7
27	28,4	0	0,0000	0,0	2	0,2904	40,0	4	0,3118	43,0	5	0,1068	14,7	0,7253	0,0163	2,3
27	32,6	0	0,0000	0,0	2	0,2986	35,8	5	0,3973	47,7	6	0,1227	14,7	0,8337	0,0151	1,8
27	36,9	0	0,0000	0,0	3	0,4224	44,8	5	0,3725	39,5	6	0,1249	13,3	0,9421	0,0222	2,4
28	28,9	0	0,0000	0,0	2	0,3134	39,5	4	0,3391	42,8	5	0,1198	15,1	0,7932	0,0208	2,6
28	33,2	0	0,0000	0,0	3	0,4436	48,7	4	0,3164	34,7	6	0,1338	14,7	0,9117	0,0178	2,0
28	37,5	0	0,0000	0,0	3	0,4560	44,3	5	0,4056	39,4	7	0,1514	14,7	1,0302	0,0172	1,7
29	29,3	0	0,0000	0,0	3	0,4619	53,4	4	0,3047	35,3	4	0,0813	9,4	0,8642	0,0163	1,9
29	33,7	0	0,0000	0,0	3	0,4776	48,1	5	0,3990	40,2	5	0,1007	10,1	0,9933	0,0160	1,6
29	38,1	0	0,0000	0,0	4	0,6118	54,5	5	0,3800	33,9	6	0,1162	10,4	1,1224	0,0145	1,3
30	29,7	0	0,0000	0,0	3	0,4961	52,9	4	0,3307	35,2	4	0,0911	9,7	0,9383	0,0205	2,2
30	34,2	0	0,0000	0,0	4	0,6363	59,0	4	0,3146	29,2	5	0,1091	10,1	1,0786	0,0185	1,7
30	38,6	0	0,0000	0,0	4	0,6571	53,9	5	0,4123	33,8	6	0,1305	10,7	1,2188	0,0188	1,5
31	30,2	0	0,0000	0,0	4	0,6553	64,5	3	0,2399	23,6	5	0,1092	10,8	1,0156	0,0113	1,1
31	34,7	0	0,0000	0,0	4	0,6820	58,4	4	0,3406	29,2	5	0,1216	10,4	1,1674	0,0232	2,0
31	39,2	0	0,0000	0,0	5	0,8285	62,8	4	0,3276	24,8	6	0,1413	10,7	1,3192	0,0217	1,6
32	30,5	0	0,0000	0,0	4	0,7009	63,9	3	0,2593	23,7	5	0,1215	11,1	1,0961	0,0144	1,3
32	35,1	0	0,0000	0,0	5	0,8535	67,7	4	0,3053	24,2	4	0,0827	6,6	1,2599	0,0183	1,5
32	39,7	0	0,0000	0,0	5	0,8861	62,2	5	0,4115	28,9	5	0,1065	7,5	1,4237	0,0196	1,4
33	30,9	0	0,0000	0,0	4	0,7481	63,4	4	0,3388	28,7	4	0,0815	6,9	1,1797	0,0113	1,0
33	35,5	0	0,0000	0,0	5	0,9112	67,2	4	0,3300	24,3	4	0,0921	6,8	1,3560	0,0226	1,7

Apêndice G - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 9 anos de idade. (conclusão)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
33	40,1	0	0,0000	0,0	6	1,0721	70,0	4	0,3233	21,1	5	0,1147	7,5	1,5323	0,0222	1,4

Apêndice H - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 10 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
17	22,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0578	25,5	8	0,1496	66,0	0,2265	0,0191	8,4
17	25,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0590	23,2	9	0,1724	67,7	0,2545	0,0231	9,1
17	27,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0600	21,2	11	0,2039	72,2	0,2825	0,0186	6,6
18	23,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0653	24,7	9	0,1826	69,0	0,2647	0,0168	6,4
18	26,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0666	22,4	10	0,2092	70,3	0,2974	0,0216	7,3
18	29,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1198	36,3	10	0,1892	57,3	0,3301	0,0212	6,4
19	24,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1286	42,0	8	0,1598	52,2	0,3060	0,0176	5,8
19	27,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1317	38,3	10	0,1974	57,4	0,3438	0,0147	4,3
19	30,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1344	35,2	11	0,2273	59,5	0,3817	0,0200	5,2
20	25,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1435	40,9	9	0,1925	54,9	0,3505	0,0146	4,2
20	28,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2017	51,2	9	0,1765	44,8	0,3939	0,0156	4,0
20	31,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2067	47,3	10	0,2087	47,7	0,4372	0,0217	5,0
21	25,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2171	55,1	8	0,1635	41,5	0,3938	0,0132	3,4
21	29,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2771	61,9	8	0,1542	34,5	0,4475	0,0162	3,6
21	32,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2859	57,0	10	0,1993	39,8	0,5012	0,0159	3,2
22	26,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2950	66,4	7	0,1363	30,7	0,4442	0,0128	2,9
22	29,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3065	60,7	8	0,1761	34,9	0,5047	0,0221	4,4

Apêndice H - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 10 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
22	33,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3709	65,6	9	0,1777	31,4	0,5653	0,0168	3,0
23	26,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3250	65,3	7	0,1552	31,2	0,4978	0,0175	3,5
23	30,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3939	69,6	7	0,1494	26,4	0,5656	0,0223	3,9
23	34,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,4615	72,9	8	0,1547	24,4	0,6335	0,0173	2,7
24	27,5	0	0,0000	0,0	1	0,1296	23,4	4	0,2891	52,1	6	0,1209	21,8	0,5545	0,0150	2,7
24	31,2	0	0,0000	0,0	1	0,1324	21,0	4	0,3058	48,5	8	0,1755	27,9	0,6301	0,0164	2,6
24	35,0	0	0,0000	0,0	1	0,1349	19,1	5	0,3774	53,5	8	0,1719	24,4	0,7058	0,0216	3,1
25	27,7	0	0,0000	0,0	1	0,1409	23,2	4	0,3151	51,9	6	0,1338	22,0	0,6075	0,0178	2,9
25	31,9	0	0,0000	0,0	1	0,1442	20,6	5	0,3928	56,3	7	0,1456	20,8	0,6983	0,0157	2,3
25	36,0	0	0,0000	0,0	1	0,1471	18,6	6	0,4706	59,6	7	0,1479	18,7	0,7891	0,0235	3,0
26	28,3	0	0,0000	0,0	1	0,1529	22,8	5	0,3994	59,6	5	0,1015	15,2	0,6700	0,0162	2,4
26	32,5	0	0,0000	0,0	2	0,2767	35,9	4	0,3146	40,9	7	0,1598	20,7	0,7701	0,0190	2,5
26	36,7	0	0,0000	0,0	2	0,2832	32,5	5	0,3960	45,5	8	0,1734	19,9	0,8702	0,0176	2,0
27	28,8	0	0,0000	0,0	2	0,2912	39,6	4	0,3148	42,8	5	0,1107	15,1	0,7356	0,0189	2,6
27	33,1	0	0,0000	0,0	2	0,2994	35,4	5	0,4010	47,4	6	0,1274	15,1	0,8456	0,0178	2,1
27	37,4	0	0,0000	0,0	3	0,4238	44,3	6	0,4232	44,3	5	0,0893	9,3	0,9555	0,0192	2,0
28	29,3	0	0,0000	0,0	2	0,3143	39,1	4	0,3424	42,6	6	0,1352	16,8	0,8045	0,0127	1,6
28	33,7	0	0,0000	0,0	3	0,4451	48,1	4	0,3199	34,6	6	0,1388	15,0	0,9247	0,0209	2,3
28	38,0	0	0,0000	0,0	3	0,4574	43,8	5	0,4099	39,2	7	0,1573	15,1	1,0449	0,0203	1,9
29	29,7	0	0,0000	0,0	3	0,4635	52,9	4	0,3089	35,2	4	0,0850	9,7	0,8765	0,0190	2,2
29	34,2	0	0,0000	0,0	3	0,4791	47,6	5	0,4040	40,1	5	0,1053	10,5	1,0075	0,0190	1,9
29	38,6	0	0,0000	0,0	4	0,6140	53,9	5	0,3852	33,8	6	0,1218	10,7	1,1384	0,0174	1,5
30	30,2	0	0,0000	0,0	3	0,4978	52,3	4	0,3351	35,2	5	0,1066	11,2	0,9517	0,0122	1,3
30	34,7	0	0,0000	0,0	4	0,6388	58,4	4	0,3192	29,2	5	0,1141	10,4	1,0939	0,0218	2,0

Apêndice H - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 10 anos de idade. (conclusão)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol (m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
30	39,2	0	0,0000	0,0	4	0,6595	53,3	5	0,4179	33,8	6	0,1365	11,0	1,2361	0,0223	1,8
31	30,6	0	0,0000	0,0	4	0,6581	63,9	3	0,2437	23,7	5	0,1145	11,1	1,0301	0,0138	1,3
31	35,2	0	0,0000	0,0	4	0,6846	57,8	4	0,3455	29,2	6	0,1389	11,7	1,1840	0,0151	1,3
31	39,7	0	0,0000	0,0	5	0,8320	62,2	5	0,3868	28,9	5	0,1005	7,5	1,3380	0,0187	1,4
32	31,0	0	0,0000	0,0	4	0,7039	63,3	4	0,3195	28,7	4	0,0773	7,0	1,1117	0,0110	1,0
32	35,6	0	0,0000	0,0	5	0,8574	67,1	4	0,3112	24,4	4	0,0873	6,8	1,2778	0,0219	1,7
32	40,2	0	0,0000	0,0	5	0,8898	61,6	5	0,4185	29,0	5	0,1122	7,8	1,4440	0,0235	1,6
33	31,3	0	0,0000	0,0	4	0,7512	62,8	4	0,3449	28,8	4	0,0864	7,2	1,1965	0,0140	1,2
33	36,0	0	0,0000	0,0	5	0,9153	66,6	4	0,3362	24,4	5	0,1093	7,9	1,3753	0,0145	1,1
33	40,7	0	0,0000	0,0	6	1,0772	69,3	4	0,3296	21,2	6	0,1323	8,5	1,5541	0,0150	1,0

Apêndice I - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 11 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES %
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
18	23,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0654	24,4	9	0,1844	68,8	0,2681	0,0182	6,8
18	26,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	1	0,0667	22,2	10	0,2112	70,1	0,3012	0,0233	7,7
18	29,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1201	35,9	10	0,1914	57,2	0,3344	0,0229	6,8
19	24,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1289	41,6	8	0,1619	52,2	0,3100	0,0191	6,2
19	27,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1320	37,9	10	0,2000	57,4	0,3483	0,0162	4,7
19	30,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1348	34,9	11	0,2300	59,5	0,3866	0,0218	5,6
20	25,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,1966	55,4	7	0,1387	39,1	0,3551	0,0197	5,6
20	28,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2024	50,7	9	0,1793	44,9	0,3989	0,0173	4,3
20	31,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2073	46,8	10	0,2117	47,8	0,4428	0,0238	5,4

Apêndice I - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 11 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m ³)	RES Vol(m ³)	RES %
		n ^o toras	v(m) ³	%	n ^o toras	v(m) ³	%	n ^o toras	v(m) ³	%	n ^o toras	v(m) ³	%			
21	26,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2184	54,1	8	0,1688	41,9	0,4034	0,0162	4,0
21	29,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2781	61,4	8	0,1572	34,7	0,4533	0,0180	4,0
21	32,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2862	56,9	10	0,2004	39,8	0,5031	0,0165	3,3
22	26,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2962	65,8	7	0,1393	31,0	0,4499	0,0144	3,2
22	30,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3076	60,2	9	0,1887	36,9	0,5113	0,0149	2,9
22	33,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3723	65,0	9	0,1814	31,7	0,5726	0,0188	3,3
23	27,2	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3262	64,7	7	0,1584	31,4	0,5042	0,0195	3,9
23	30,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3956	69,1	8	0,1623	28,3	0,5729	0,0149	2,6
23	34,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,4637	72,3	8	0,1585	24,7	0,6417	0,0195	3,0
24	27,8	0	0,0000	0,0	1	0,1299	23,1	4	0,2908	51,8	6	0,1241	22,1	0,5617	0,0169	3,0
24	31,6	0	0,0000	0,0	1	0,1327	20,8	4	0,3074	48,2	8	0,1796	28,1	0,6383	0,0185	2,9
24	35,4	0	0,0000	0,0	1	0,1352	18,9	5	0,3795	53,1	9	0,1852	25,9	0,7148	0,0150	2,1
25	28,4	0	0,0000	0,0	1	0,1414	22,7	4	0,3186	51,2	7	0,1502	24,1	0,6224	0,0121	1,9
25	32,3	0	0,0000	0,0	1	0,1445	20,4	5	0,3952	55,9	7	0,1496	21,2	0,7073	0,0180	2,5
25	36,2	0	0,0000	0,0	1	0,1472	18,6	6	0,4715	59,5	8	0,1586	20,0	0,7922	0,0149	1,9
26	28,6	0	0,0000	0,0	1	0,1532	22,6	5	0,4023	59,3	5	0,1048	15,4	0,6786	0,0184	2,7
26	32,9	0	0,0000	0,0	2	0,2774	35,6	4	0,3169	40,6	7	0,1642	21,0	0,7800	0,0216	2,8
26	37,2	0	0,0000	0,0	2	0,2839	32,2	5	0,3988	45,2	8	0,1785	20,3	0,8814	0,0202	2,3
27	29,2	0	0,0000	0,0	2	0,2920	39,2	4	0,3175	42,6	5	0,1142	15,3	0,7451	0,0214	2,9
27	33,5	0	0,0000	0,0	2	0,3002	35,0	5	0,4043	47,2	6	0,1316	15,4	0,8565	0,0204	2,4
27	37,9	0	0,0000	0,0	3	0,4249	43,9	5	0,3800	39,3	7	0,1448	15,0	0,9678	0,0181	1,9
28	29,7	0	0,0000	0,0	2	0,3151	38,7	4	0,3452	42,4	6	0,1397	17,2	0,8148	0,0148	1,8
28	34,1	0	0,0000	0,0	3	0,4464	47,7	4	0,3230	34,5	7	0,1538	16,4	0,9366	0,0134	1,4
28	38,5	0	0,0000	0,0	3	0,4586	43,3	5	0,4137	39,1	7	0,1627	15,4	1,0584	0,0234	2,2

Apêndice I - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 11 anos de idade. (conclusão)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES %
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
29	30,1	0	0,0000	0,0	3	0,4650	52,4	4	0,3126	35,2	4	0,0884	10,0	0,8878	0,0218	2,5
29	34,6	0	0,0000	0,0	3	0,4805	47,1	5	0,4085	40,0	5	0,1095	10,7	1,0204	0,0219	2,1
29	39,1	0	0,0000	0,0	4	0,6160	53,4	5	0,3898	33,8	6	0,1269	11,0	1,1531	0,0204	1,8
30	30,6	0	0,0000	0,0	3	0,4994	51,8	4	0,3390	35,2	5	0,1111	11,5	0,9640	0,0144	1,5
30	35,1	0	0,0000	0,0	4	0,6410	57,9	4	0,3233	29,2	6	0,1297	11,7	1,1080	0,0140	1,3
30	39,7	0	0,0000	0,0	4	0,6616	52,8	5	0,4228	33,8	7	0,1526	12,2	1,2521	0,0151	1,2
31	31,0	0	0,0000	0,0	4	0,6606	63,3	3	0,2471	23,7	5	0,1193	11,4	1,0434	0,0163	1,6
31	35,6	0	0,0000	0,0	4	0,6870	57,3	5	0,4048	33,8	4	0,0849	7,1	1,1993	0,0226	1,9
31	40,2	0	0,0000	0,0	5	0,8350	61,6	5	0,3928	29,0	5	0,1054	7,8	1,3552	0,0220	1,6
32	31,4	0	0,0000	0,0	4	0,7065	62,7	4	0,3246	28,8	4	0,0815	7,2	1,1260	0,0134	1,2
32	36,1	0	0,0000	0,0	5	0,8609	66,5	4	0,3165	24,5	5	0,1031	8,0	1,2943	0,0138	1,1
32	40,8	0	0,0000	0,0	6	1,0131	69,3	4	0,3103	21,2	5	0,1139	7,8	1,4626	0,0252	1,7
33	31,8	0	0,0000	0,0	5	0,8773	72,4	3	0,2326	19,2	4	0,0871	7,2	1,2119	0,0149	1,2
33	36,5	0	0,0000	0,0	5	0,9190	66,0	4	0,3418	24,5	5	0,1148	8,2	1,3930	0,0175	1,3
33	41,2	1	0,2906	18,5	5	0,8069	51,3	4	0,3278	20,8	6	0,1329	8,4	1,5741	0,0159	1,0
34	32,1	1	0,2961	22,8	4	0,6548	50,3	3	0,2435	18,7	4	0,0911	7,0	1,3011	0,0156	1,2
34	36,9	1	0,3030	20,3	5	0,8170	54,6	3	0,2419	16,2	5	0,1167	7,8	1,4955	0,0168	1,1
34	41,7	1	0,3091	18,3	5	0,8604	50,9	5	0,4089	24,2	4	0,0867	5,1	1,6899	0,0248	1,5

Apêndice J - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 12 anos de idade.

(continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
19	24,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1292	41,2	8	0,1637	52,2	0,3136	0,0206	6,6
19	27,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1324	37,6	10	0,2023	57,4	0,3524	0,0177	5,0
19	30,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	2	0,1351	34,5	11	0,2325	59,4	0,3911	0,0235	6,0
20	25,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,1972	54,9	7	0,1407	39,2	0,3592	0,0213	5,9
20	28,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2029	50,3	9	0,1818	45,1	0,4036	0,0189	4,7
20	32,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2079	46,4	11	0,2232	49,8	0,4480	0,0169	3,8
21	26,4	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	3	0,2191	53,7	8	0,1714	42,0	0,4081	0,0177	4,3
21	29,7	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2790	60,8	8	0,1598	34,8	0,4586	0,0197	4,3
21	32,9	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2871	56,4	10	0,2037	40,0	0,5090	0,0183	3,6
22	27,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,2983	64,8	7	0,1445	31,4	0,4604	0,0176	3,8
22	30,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3086	59,7	9	0,1920	37,1	0,5173	0,0166	3,2
22	33,8	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3726	64,9	9	0,1822	31,7	0,5742	0,0193	3,4
23	27,5	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3274	64,2	8	0,1706	33,5	0,5101	0,0121	2,4
23	31,3	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3972	68,5	8	0,1658	28,6	0,5796	0,0167	2,9
23	35,0	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,4656	71,7	8	0,1620	24,9	0,6492	0,0217	3,3
24	28,1	0	0,0000	0,0	1	0,1301	22,9	4	0,2924	51,5	6	0,1269	22,3	0,5683	0,0188	3,3
24	32,0	0	0,0000	0,0	1	0,1329	20,6	5	0,3626	56,2	7	0,1351	20,9	0,6458	0,0150	2,3
24	35,8	0	0,0000	0,0	1	0,1354	18,7	5	0,3813	52,7	9	0,1895	26,2	0,7233	0,0170	2,3
25	28,7	0	0,0000	0,0	1	0,1417	22,5	4	0,3203	50,9	7	0,1539	24,4	0,6297	0,0138	2,2
25	32,7	0	0,0000	0,0	1	0,1448	20,2	5	0,3974	55,5	7	0,1533	21,4	0,7156	0,0202	2,8
25	36,6	0	0,0000	0,0	1	0,1474	18,4	6	0,4741	59,2	8	0,1630	20,3	0,8015	0,0170	2,1
26	29,3	0	0,0000	0,0	2	0,2710	39,0	4	0,2954	42,5	5	0,1072	15,4	0,6945	0,0208	3,0
26	33,3	0	0,0000	0,0	2	0,2780	35,2	5	0,3734	47,3	6	0,1201	15,2	0,7892	0,0177	2,2
26	37,3	0	0,0000	0,0	2	0,2840	32,1	5	0,3994	45,2	8	0,1796	20,3	0,8839	0,0208	2,4

Apêndice J - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 12 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES%
		n ^o toras	v(m)³	%	n ^o toras	v(m)³	%	n ^o toras	v(m)³	%	n ^o toras	v(m)³	%			
27	29,5	0	0,0000	0,0	2	0,2927	38,8	4	0,3200	42,4	6	0,1283	17,0	0,7539	0,0130	1,7
27	33,9	0	0,0000	0,0	2	0,3008	34,7	5	0,4073	47,0	6	0,1354	15,6	0,8665	0,0229	2,6
27	38,3	0	0,0000	0,0	3	0,4260	43,5	5	0,3833	39,1	7	0,1493	15,2	0,9792	0,0206	2,1
28	30,0	0	0,0000	0,0	2	0,3158	38,3	5	0,4026	48,8	4	0,0844	10,2	0,8244	0,0215	2,6
28	34,5	0	0,0000	0,0	3	0,4476	47,2	4	0,3258	34,4	7	0,1587	16,7	0,9476	0,0155	1,6
28	39,0	0	0,0000	0,0	3	0,4598	42,9	6	0,4709	44,0	6	0,1203	11,2	1,0708	0,0198	1,9
29	30,5	0	0,0000	0,0	3	0,4663	51,9	4	0,3160	35,2	5	0,1029	11,5	0,8982	0,0130	1,4
29	35,0	0	0,0000	0,0	3	0,4818	46,7	5	0,4125	40,0	6	0,1241	12,0	1,0324	0,0140	1,4
29	39,6	0	0,0000	0,0	4	0,6178	53,0	5	0,3941	33,8	6	0,1315	11,3	1,1667	0,0234	2,0
30	30,9	0	0,0000	0,0	3	0,5008	51,3	4	0,3426	35,1	5	0,1152	11,8	0,9753	0,0167	1,7
30	35,5	0	0,0000	0,0	4	0,6430	57,4	4	0,3270	29,2	6	0,1346	12,0	1,1210	0,0163	1,5
30	40,2	0	0,0000	0,0	4	0,6635	52,4	5	0,4272	33,7	7	0,1583	12,5	1,2668	0,0178	1,4
31	31,3	0	0,0000	0,0	4	0,6629	62,8	3	0,2502	23,7	5	0,1237	11,7	1,0557	0,0188	1,8
31	36,0	0	0,0000	0,0	4	0,6891	56,8	5	0,4101	33,8	5	0,0999	8,2	1,2134	0,0143	1,2
31	40,7	0	0,0000	0,0	5	0,8378	61,1	5	0,3981	29,0	5	0,1098	8,0	1,3711	0,0254	1,9
32	31,7	0	0,0000	0,0	4	0,7090	62,2	4	0,3293	28,9	4	0,0853	7,5	1,1393	0,0157	1,4
32	36,5	0	0,0000	0,0	5	0,8641	66,0	4	0,3213	24,5	5	0,1078	8,2	1,3095	0,0164	1,2
32	41,2	0	0,0000	0,0	6	1,0171	68,7	4	0,3151	21,3	6	0,1305	8,8	1,4798	0,0171	1,2
33	32,1	0	0,0000	0,0	5	0,8810	71,8	3	0,2366	19,3	4	0,0911	7,4	1,2262	0,0174	1,4
33	36,9	0	0,0000	0,0	5	0,9223	65,4	4	0,3468	24,6	5	0,1198	8,5	1,4094	0,0205	1,5
33	41,7	0	0,0000	0,0	6	1,0859	68,2	5	0,3945	24,8	5	0,0971	6,1	1,5926	0,0151	1,0
34	32,5	1	0,2967	22,5	4	0,6582	50,0	3	0,2478	18,8	4	0,0954	7,2	1,3164	0,0183	1,4
34	37,3	1	0,3036	20,1	5	0,8214	54,3	3	0,2462	16,3	5	0,1221	8,1	1,5131	0,0198	1,3
34	42,2	1	0,3097	18,1	5	0,8644	50,6	5	0,4159	24,3	5	0,1032	6,0	1,7098	0,0166	1,0

Apêndice J - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 12 anos de idade. (conclusão)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
35	32,8	1	0,3149	22,3	4	0,7008	49,7	3	0,2667	18,9	4	0,1052	7,5	1,4098	0,0222	1,6
35	37,7	1	0,3223	19,9	5	0,8745	54,0	4	0,3229	19,9	4	0,0842	5,2	1,6205	0,0166	1,0
35	42,6	1	0,3287	18,0	6	1,0483	57,3	4	0,3247	17,7	5	0,1107	6,0	1,8311	0,0187	1,0

Apêndice K - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 13 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
23	28,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	4	0,3296	63,2	8	0,1769	33,9	0,5215	0,0150	2,9
23	31,6	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	5	0,3986	68,0	8	0,1689	28,8	0,5859	0,0185	3,2
23	35,1	0	0,0000	0,0	0	0,0000	0,0	6	0,4659	71,6	8	0,1625	25,0	0,6504	0,0220	3,4
24	28,8	0	0,0000	0,0	1	0,1306	22,5	4	0,2953	50,8	7	0,1421	24,5	0,5809	0,0128	2,2
24	32,3	0	0,0000	0,0	1	0,1332	20,4	5	0,3645	55,8	7	0,1383	21,2	0,6527	0,0168	2,6
24	35,9	0	0,0000	0,0	1	0,1355	18,7	5	0,3816	52,7	9	0,1902	26,2	0,7245	0,0173	2,4
25	29,4	0	0,0000	0,0	1	0,1422	22,1	4	0,3235	50,2	7	0,1608	25,0	0,6438	0,0173	2,7
25	33,0	0	0,0000	0,0	1	0,1450	20,0	5	0,3993	55,2	7	0,1567	21,7	0,7233	0,0223	3,1
25	36,7	0	0,0000	0,0	1	0,1475	18,4	6	0,4745	59,1	8	0,1636	20,4	0,8029	0,0173	2,2
26	30,0	0	0,0000	0,0	2	0,2722	38,3	4	0,2997	42,2	6	0,1237	17,4	0,7100	0,0144	2,0
26	33,7	0	0,0000	0,0	2	0,2786	34,9	5	0,3760	47,1	6	0,1234	15,5	0,7977	0,0198	2,5
26	37,4	0	0,0000	0,0	2	0,2841	32,1	5	0,3998	45,1	8	0,1803	20,4	0,8855	0,0212	2,4
27	30,2	0	0,0000	0,0	2	0,2940	38,1	4	0,3245	42,1	6	0,1356	17,6	0,7708	0,0167	2,2
27	34,3	0	0,0000	0,0	2	0,3015	34,4	5	0,4101	46,8	7	0,1495	17,1	0,8759	0,0149	1,7
27	38,4	0	0,0000	0,0	3	0,4262	43,4	5	0,3838	39,1	7	0,1500	15,3	0,9810	0,0210	2,1
28	30,7	0	0,0000	0,0	2	0,3172	37,6	5	0,4093	48,6	5	0,1016	12,0	0,8429	0,0148	1,8

Apêndice K - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 13 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
28	34,9	0	0,0000	0,0	3	0,4487	46,8	5	0,3830	40,0	5	0,1042	10,9	0,9579	0,0220	2,3
28	39,0	0	0,0000	0,0	3	0,4600	42,9	6	0,4716	44,0	6	0,1209	11,3	1,0728	0,0203	1,9
29	31,2	0	0,0000	0,0	3	0,4688	51,1	4	0,3223	35,1	5	0,1102	12,0	0,9184	0,0171	1,9
29	35,4	0	0,0000	0,0	3	0,4830	46,3	5	0,4162	39,9	6	0,1284	12,3	1,0436	0,0161	1,5
29	39,7	0	0,0000	0,0	4	0,6181	52,9	5	0,3947	33,8	6	0,1322	11,3	1,1688	0,0239	2,0
30	31,6	0	0,0000	0,0	3	0,5035	50,5	4	0,3492	35,0	5	0,1229	12,3	0,9972	0,0216	2,2
30	35,9	0	0,0000	0,0	4	0,6449	56,9	4	0,3304	29,2	6	0,1391	12,3	1,1332	0,0187	1,7
30	40,2	0	0,0000	0,0	4	0,6638	52,3	6	0,4811	37,9	5	0,1018	8,0	1,2691	0,0225	1,8
31	31,7	0	0,0000	0,0	4	0,6650	62,3	4	0,3083	28,9	4	0,0794	7,4	1,0671	0,0144	1,3
31	36,4	0	0,0000	0,0	4	0,6911	56,3	5	0,4148	33,8	5	0,1040	8,5	1,2265	0,0166	1,4
31	41,1	0	0,0000	0,0	5	0,8404	60,6	5	0,4030	29,1	6	0,1254	9,0	1,3860	0,0172	1,2
32	32,1	0	0,0000	0,0	4	0,7112	61,8	4	0,3336	29,0	4	0,0888	7,7	1,1516	0,0181	1,6
32	36,9	0	0,0000	0,0	5	0,8670	65,5	4	0,3256	24,6	5	0,1122	8,5	1,3237	0,0189	1,4
32	41,7	0	0,0000	0,0	6	1,0207	68,2	4	0,3195	21,4	6	0,1357	9,1	1,4957	0,0199	1,3
33	32,5	0	0,0000	0,0	5	0,8843	71,3	3	0,2403	19,4	4	0,0948	7,7	1,2394	0,0200	1,6
33	37,3	0	0,0000	0,0	5	0,9254	65,0	4	0,3513	24,7	5	0,1244	8,7	1,4246	0,0234	1,6
33	42,2	0	0,0000	0,0	6	1,0897	67,7	5	0,4005	24,9	5	0,1018	6,3	1,6098	0,0178	1,1
34	32,8	1	0,2972	22,3	4	0,6613	49,7	3	0,2517	18,9	4	0,0994	7,5	1,3306	0,0210	1,6
34	37,7	1	0,3041	19,9	5	0,8253	54,0	4	0,3048	19,9	4	0,0795	5,2	1,5294	0,0157	1,0
34	42,7	1	0,3102	17,9	6	0,9894	57,2	4	0,3064	17,7	5	0,1045	6,0	1,7282	0,0177	1,0
35	33,2	1	0,3155	22,1	4	0,7040	49,4	3	0,2708	19,0	5	0,1222	8,6	1,4251	0,0126	0,9
35	38,2	1	0,3228	19,7	5	0,8786	53,6	4	0,3286	20,1	4	0,0884	5,4	1,6380	0,0195	1,2
35	43,1	1	0,3293	17,8	6	1,0534	56,9	4	0,3304	17,8	5	0,1160	6,3	1,8509	0,0220	1,2
36	33,5	1	0,3343	22,0	5	0,8745	57,4	3	0,2299	15,1	3	0,0657	4,3	1,5229	0,0185	1,2

Apêndice K - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 13 anos de idade. (conclusão)

DAP (cm)	Ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m ³)	RES Vol(m ³)	RES
		n ^o toras	v(m) ³	%	n ^o toras	v(m) ³	%	n ^o toras	v(m) ³	%	n ^o toras	v(m) ³	%			
36	38,5	1	0,3421	19,5	6	1,0569	60,4	3	0,2359	13,5	4	0,0941	5,4	1,7504	0,0215	1,2
36	43,5	2	0,6200	31,3	5	0,8652	43,7	4	0,3469	17,5	5	0,1223	6,2	1,9780	0,0236	1,2
37	33,8	1	0,3537	21,8	5	0,9282	57,2	3	0,2473	15,2	3	0,0725	4,5	1,6240	0,0222	1,4
37	38,9	2	0,6412	34,3	5	0,8583	46,0	3	0,2464	13,2	4	0,0983	5,3	1,8666	0,0225	1,2
37	44,0	2	0,6561	31,1	6	1,0449	49,5	4	0,3076	14,6	4	0,0823	3,9	2,1093	0,0184	0,9
38	34,2	2	0,6592	38,1	4	0,7150	41,4	3	0,2566	14,8	3	0,0749	4,3	1,7284	0,0227	1,3
38	39,3	2	0,6775	34,1	5	0,9102	45,8	3	0,2643	13,3	5	0,1208	6,1	1,9867	0,0139	0,7
38	44,4	2	0,6931	30,9	6	1,1079	49,4	4	0,3305	14,7	4	0,0909	4,0	2,2449	0,0225	1,0
39	34,4	2	0,6956	37,9	4	0,7571	41,2	3	0,2747	15,0	4	0,0960	5,2	1,8361	0,0128	0,7
39	39,6	2	0,7147	33,9	6	1,0867	51,5	3	0,2241	10,6	3	0,0651	3,1	2,1105	0,0199	0,9
39	44,7	3	1,0129	42,5	5	0,9085	38,1	4	0,3449	14,5	4	0,0950	4,0	2,3849	0,0236	1,0
40	34,7	2	0,7329	37,6	5	0,9310	47,8	2	0,1694	8,7	4	0,1004	5,2	1,9472	0,0135	0,7
40	39,9	3	1,0392	46,4	5	0,8787	39,3	3	0,2325	10,4	3	0,0673	3,0	2,2382	0,0204	0,9
40	45,1	3	1,0673	42,2	6	1,0893	43,1	3	0,2466	9,7	4	0,1004	4,0	2,5291	0,0256	1,0
41	35,0	3	1,0589	51,4	4	0,7121	34,5	2	0,1747	8,5	4	0,1027	5,0	2,0616	0,0133	0,6
41	40,2	3	1,0937	46,2	5	0,9289	39,2	3	0,2489	10,5	3	0,0738	3,1	2,3697	0,0242	1,0
41	45,4	4	1,4028	52,4	5	0,8878	33,2	3	0,2563	9,6	4	0,1043	3,9	2,6777	0,0265	1,0
42	35,2	3	1,1131	51,1	4	0,7520	34,5	3	0,2461	11,3	2	0,0463	2,1	2,1793	0,0218	1,0
42	40,5	4	1,4295	57,1	4	0,7177	28,7	3	0,2573	10,3	3	0,0759	3,0	2,5050	0,0246	1,0
42	45,8	4	1,4747	52,1	5	0,9376	33,1	4	0,3307	11,7	3	0,0657	2,3	2,8306	0,0220	0,8
43	35,5	3	1,1687	50,8	4	0,7929	34,5	3	0,2627	11,4	3	0,0648	2,8	2,3004	0,0112	0,5
43	40,8	4	1,5011	56,8	5	0,8799	33,3	2	0,1580	6,0	4	0,0927	3,5	2,6441	0,0124	0,5
43	46,1	5	1,8252	61,1	5	0,8536	28,6	2	0,1668	5,6	5	0,1270	4,2	2,9879	0,0153	0,5

Apêndice L- Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 14 anos de idade.

(continua)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
26	30,3	0	0,0000	0,0	2	0,2728	38,0	4	0,3016	42,1	6	0,1267	17,7	0,7171	0,0160	2,2
26	34,0	0	0,0000	0,0	2	0,2791	34,6	5	0,3784	47,0	6	0,1264	15,7	0,8057	0,0218	2,7
26	37,7	0	0,0000	0,0	2	0,2847	31,8	6	0,4555	50,9	7	0,1366	15,3	0,8943	0,0175	2,0
27	30,8	0	0,0000	0,0	2	0,2952	37,5	4	0,3288	41,8	6	0,1425	18,1	0,7873	0,0208	2,6
27	34,6	0	0,0000	0,0	2	0,3020	34,1	5	0,4126	46,6	7	0,1533	17,3	0,8847	0,0167	1,9
27	38,4	0	0,0000	0,0	3	0,4263	43,4	5	0,3840	39,1	7	0,1504	15,3	0,9820	0,0213	2,2
28	31,3	0	0,0000	0,0	3	0,4377	50,8	4	0,3019	35,1	5	0,1044	12,1	0,8610	0,0170	2,0
28	35,2	0	0,0000	0,0	3	0,4497	46,5	5	0,3862	39,9	6	0,1176	12,2	0,9674	0,0140	1,4
28	39,1	0	0,0000	0,0	3	0,4601	42,8	6	0,4720	44,0	6	0,1213	11,3	1,0739	0,0205	1,9
29	31,8	0	0,0000	0,0	3	0,4712	50,2	4	0,3282	35,0	5	0,1170	12,5	0,9381	0,0216	2,3
29	35,8	0	0,0000	0,0	3	0,4841	45,9	5	0,4195	39,8	6	0,1322	12,5	1,0540	0,0182	1,7
29	39,7	0	0,0000	0,0	4	0,6182	52,8	5	0,3951	33,8	6	0,1326	11,3	1,1700	0,0241	2,1
30	31,9	0	0,0000	0,0	3	0,5047	50,1	4	0,3522	35,0	6	0,1377	13,7	1,0072	0,0126	1,3
30	36,3	0	0,0000	0,0	4	0,6466	56,5	4	0,3335	29,1	6	0,1433	12,5	1,1445	0,0211	1,8
30	40,6	0	0,0000	0,0	5	0,7843	61,2	5	0,3721	29,0	5	0,1022	8,0	1,2818	0,0233	1,8
31	32,4	0	0,0000	0,0	4	0,6691	61,4	4	0,3162	29,0	4	0,0860	7,9	1,0901	0,0189	1,7
31	36,8	0	0,0000	0,0	5	0,8129	65,6	4	0,3045	24,6	5	0,1042	8,4	1,2388	0,0171	1,4
31	41,2	0	0,0000	0,0	5	0,8407	60,6	5	0,4035	29,1	6	0,1259	9,1	1,3874	0,0174	1,3
32	32,8	0	0,0000	0,0	4	0,7155	60,8	4	0,3419	29,1	5	0,1072	9,1	1,1765	0,0118	1,0
32	37,2	0	0,0000	0,0	5	0,8696	65,0	4	0,3296	24,7	5	0,1162	8,7	1,3369	0,0215	1,6
32	41,7	0	0,0000	0,0	6	1,0210	68,2	4	0,3199	21,4	6	0,1362	9,1	1,4973	0,0202	1,3
33	33,2	0	0,0000	0,0	5	0,8908	70,4	3	0,2474	19,5	5	0,1146	9,1	1,2662	0,0133	1,1
33	37,7	0	0,0000	0,0	5	0,9282	64,5	5	0,4101	28,5	4	0,0818	5,7	1,4389	0,0188	1,3
33	42,2	0	0,0000	0,0	6	1,0901	67,6	5	0,4011	24,9	5	0,1022	6,3	1,6116	0,0181	1,1

Apêndice L - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 14 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
34	33,2	1	0,2977	22,2	4	0,6642	49,4	3	0,2553	19,0	5	0,1150	8,6	1,3439	0,0117	0,9
34	38,1	1	0,3046	19,7	5	0,8289	53,7	4	0,3098	20,1	4	0,0832	5,4	1,5447	0,0182	1,2
34	43,1	1	0,3107	17,8	6	0,9937	56,9	4	0,3114	17,8	5	0,1091	6,3	1,7455	0,0205	1,2
35	33,5	1	0,3160	22,0	4	0,7070	49,1	4	0,3317	23,0	3	0,0650	4,5	1,4393	0,0196	1,4
35	38,5	1	0,3234	19,5	5	0,8824	53,3	4	0,3339	20,2	4	0,0923	5,6	1,6544	0,0224	1,4
35	43,5	1	0,3298	17,6	6	1,0580	56,6	4	0,3356	18,0	5	0,1208	6,5	1,8695	0,0252	1,3
36	33,9	1	0,3349	21,8	5	0,8789	57,1	3	0,2343	15,2	3	0,0688	4,5	1,5381	0,0212	1,4
36	38,9	1	0,3427	19,4	6	1,0622	60,1	3	0,2403	13,6	4	0,0982	5,6	1,7679	0,0246	1,4
36	44,0	2	0,6211	31,1	5	0,8696	43,5	4	0,3525	17,6	6	0,1393	7,0	1,9977	0,0152	0,8
37	34,2	1	0,3543	21,6	5	0,9328	56,9	3	0,2519	15,4	4	0,0889	5,4	1,6402	0,0122	0,7
37	39,3	2	0,6424	34,1	5	0,8634	45,8	3	0,2510	13,3	5	0,1150	6,1	1,8853	0,0134	0,7
37	44,4	2	0,6573	30,9	6	1,0510	49,3	4	0,3139	14,7	4	0,0866	4,1	2,1304	0,0216	1,0
38	34,5	2	0,6606	37,8	4	0,7194	41,2	3	0,2615	15,0	4	0,0918	5,3	1,7457	0,0124	0,7
38	39,6	2	0,6787	33,8	5	0,9156	45,6	4	0,3256	16,2	3	0,0651	3,2	2,0065	0,0216	1,1
38	44,8	2	0,6944	30,6	6	1,1143	49,1	4	0,3371	14,9	4	0,0955	4,2	2,2674	0,0261	1,1
39	34,8	2	0,6970	37,6	5	0,8862	47,8	2	0,1617	8,7	4	0,0963	5,2	1,8545	0,0132	0,7
39	40,0	3	0,9883	46,4	5	0,8366	39,2	3	0,2220	10,4	3	0,0647	3,0	2,1316	0,0200	0,9
39	45,2	3	1,0150	42,1	6	1,0370	43,0	3	0,2354	9,8	4	0,0963	4,0	2,4087	0,0250	1,0
40	35,1	2	0,7343	37,3	5	0,9376	47,7	2	0,1732	8,8	4	0,1055	5,4	1,9667	0,0160	0,8
40	40,3	3	1,0416	46,1	5	0,8858	39,2	3	0,2382	10,5	3	0,0711	3,1	2,2606	0,0239	1,1
40	45,6	3	1,0695	41,9	6	1,0974	43,0	3	0,2523	9,9	5	0,1188	4,7	2,5544	0,0163	0,6
41	35,3	3	1,0614	51,0	4	0,7182	34,5	2	0,1787	8,6	4	0,1080	5,2	2,0822	0,0160	0,8
41	40,6	3	1,0962	45,8	5	0,9363	39,1	3	0,2550	10,7	4	0,0917	3,8	2,3934	0,0143	0,6
41	45,9	4	1,4062	52,0	5	0,8955	33,1	3	0,2624	9,7	5	0,1235	4,6	2,7045	0,0169	0,6

Apêndice L - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 14 anos de idade. (conclusão)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
42	35,6	3	1,1158	50,7	4	0,7584	34,5	3	0,2526	11,5	3	0,0630	2,9	2,2011	0,0114	0,5
42	40,9	4	1,4333	56,6	4	0,7244	28,6	3	0,2637	10,4	4	0,0943	3,7	2,5301	0,0144	0,6
42	46,2	4	1,4783	51,7	6	1,0671	37,3	3	0,2230	7,8	3	0,0670	2,3	2,8590	0,0235	0,8
43	35,9	3	1,1715	50,4	4	0,7996	34,4	3	0,2695	11,6	3	0,0691	3,0	2,3234	0,0137	0,6
43	41,2	4	1,5051	56,4	5	0,8892	33,3	2	0,1626	6,1	4	0,0985	3,7	2,6706	0,0152	0,6
43	46,6	5	1,8303	60,7	5	0,8631	28,6	3	0,2309	7,7	3	0,0692	2,3	3,0178	0,0241	0,8
44	36,1	4	1,5193	62,0	4	0,6973	28,5	2	0,1549	6,3	3	0,0661	2,7	2,4490	0,0114	0,5
44	41,5	4	1,5787	56,1	5	0,9376	33,3	2	0,1735	6,2	4	0,1072	3,8	2,8150	0,0181	0,6
44	46,9	5	1,9201	60,4	5	0,9104	28,6	3	0,2467	7,8	4	0,0891	2,8	3,1809	0,0147	0,5
45	36,3	4	1,5921	61,8	4	0,7349	28,5	2	0,1653	6,4	3	0,0721	2,8	2,5780	0,0136	0,5
45	41,8	5	1,9409	65,5	4	0,7166	24,2	2	0,1783	6,0	4	0,1094	3,7	2,9632	0,0180	0,6
45	47,2	5	2,0119	60,1	5	0,9589	28,6	3	0,2628	7,8	4	0,0973	2,9	3,3485	0,0176	0,5
46	36,5	4	1,6666	61,5	4	0,7733	28,5	2	0,1759	6,5	3	0,0784	2,9	2,7104	0,0161	0,6
46	42,0	5	2,0319	65,2	4	0,7544	24,2	3	0,2516	8,1	3	0,0643	2,1	3,1154	0,0131	0,4
46	47,5	6	2,3924	68,0	4	0,7399	21,0	3	0,2708	7,7	4	0,0996	2,8	3,5204	0,0176	0,5
47	36,8	5	2,0307	71,3	3	0,5421	19,0	2	0,1792	6,3	3	0,0788	2,8	2,8461	0,0153	0,5
47	42,3	5	2,1250	65,0	4	0,7931	24,2	3	0,2675	8,2	3	0,0701	2,1	3,2713	0,0156	0,5
47	47,7	6	2,5023	67,7	5	0,9054	24,5	2	0,1668	4,5	4	0,1036	2,8	3,6966	0,0185	0,5

Apêndice M - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 15 anos de idade.

(continua)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
30	32,6	0	0,0000	0,0	4	0,6279	61,1	4	0,2985	29,0	4	0,0825	8,0	1,0281	0,0192	1,9
30	36,6	0	0,0000	0,0	4	0,6481	56,1	5	0,3908	33,8	5	0,0994	8,6	1,1551	0,0168	1,5
30	40,6	0	0,0000	0,0	5	0,7843	61,2	5	0,3722	29,0	5	0,1023	8,0	1,2822	0,0234	1,8
31	33,0	0	0,0000	0,0	4	0,6730	60,5	4	0,3237	29,1	5	0,1036	9,3	1,1128	0,0125	1,1
31	37,1	0	0,0000	0,0	5	0,8153	65,2	4	0,3080	24,6	5	0,1077	8,6	1,2503	0,0193	1,5
31	41,2	0	0,0000	0,0	5	0,8407	60,6	5	0,4036	29,1	6	0,1260	9,1	1,3878	0,0175	1,3
32	33,5	0	0,0000	0,0	4	0,7197	59,9	4	0,3498	29,1	5	0,1155	9,6	1,2009	0,0160	1,3
32	37,6	0	0,0000	0,0	5	0,8721	64,6	4	0,3333	24,7	5	0,1199	8,9	1,3494	0,0241	1,8
32	41,7	0	0,0000	0,0	6	1,0211	68,2	4	0,3200	21,4	6	0,1364	9,1	1,4978	0,0202	1,4
33	33,9	0	0,0000	0,0	5	0,8970	69,4	3	0,2542	19,7	5	0,1235	9,6	1,2925	0,0178	1,4
33	38,0	0	0,0000	0,0	6	1,0523	72,5	4	0,2988	20,6	4	0,0819	5,6	1,4523	0,0193	1,3
33	42,2	0	0,0000	0,0	6	1,0902	67,6	5	0,4013	24,9	5	0,1024	6,4	1,6120	0,0182	1,1
34	33,9	1	0,2987	21,8	4	0,6701	48,8	4	0,3180	23,2	3	0,0641	4,7	1,3720	0,0211	1,5
34	38,5	1	0,3051	19,6	5	0,8323	53,4	4	0,3144	20,2	4	0,0866	5,6	1,5591	0,0208	1,3
34	43,1	1	0,3107	17,8	6	0,9939	56,9	4	0,3116	17,8	5	0,1093	6,3	1,7462	0,0206	1,2
35	34,2	1	0,3171	21,6	4	0,7132	48,5	4	0,3425	23,3	4	0,0837	5,7	1,4694	0,0128	0,9
35	38,9	1	0,3238	19,4	5	0,8860	53,1	4	0,3388	20,3	5	0,1078	6,5	1,6698	0,0134	0,8
35	43,6	1	0,3298	17,6	6	1,0581	56,6	4	0,3358	18,0	5	0,1210	6,5	1,8702	0,0254	1,4
36	34,6	1	0,3360	21,4	5	0,8880	56,6	3	0,2434	15,5	4	0,0888	5,7	1,5702	0,0140	0,9
36	39,3	1	0,3432	19,2	6	1,0671	59,8	3	0,2443	13,7	5	0,1148	6,4	1,7844	0,0150	0,8
36	44,0	2	0,6212	31,1	5	0,8698	43,5	4	0,3527	17,6	6	0,1396	7,0	1,9985	0,0153	0,8
37	34,9	2	0,6277	37,5	4	0,6868	41,0	3	0,2534	15,1	4	0,0922	5,5	1,6745	0,0144	0,9
37	39,7	2	0,6435	33,8	5	0,8682	45,6	3	0,2553	13,4	5	0,1201	6,3	1,9028	0,0157	0,8
37	44,4	2	0,6573	30,8	6	1,0512	49,3	4	0,3142	14,7	4	0,0868	4,1	2,1312	0,0217	1,0

Apêndice M - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 15 anos de idade. (continua)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m³)	RES Vol(m³)	RES%
		nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%	nºtoras	v(m)³	%			
38	34,8	2	0,6618	37,6	4	0,7234	41,1	3	0,2661	15,1	4	0,0961	5,5	1,7619	0,0146	0,8
38	40,0	2	0,6799	33,6	5	0,9205	45,5	4	0,3318	16,4	3	0,0683	3,4	2,0252	0,0247	1,2
38	45,2	3	0,9638	42,1	5	0,8687	38,0	4	0,3346	14,6	4	0,0951	4,2	2,2885	0,0263	1,1
39	35,1	2	0,6983	37,3	5	0,8920	47,7	2	0,1651	8,8	4	0,1008	5,4	1,8718	0,0156	0,8
39	40,4	3	0,9904	46,0	5	0,8428	39,2	3	0,2271	10,6	3	0,0681	3,2	2,1515	0,0231	1,1
39	45,6	3	1,0170	41,8	6	1,0441	42,9	3	0,2405	9,9	5	0,1137	4,7	2,4312	0,0159	0,7
40	35,4	2	0,7357	37,1	5	0,9437	47,5	3	0,2346	11,8	3	0,0596	3,0	1,9850	0,0114	0,6
40	40,7	3	1,0437	45,7	5	0,8923	39,1	3	0,2436	10,7	4	0,0881	3,9	2,2816	0,0140	0,6
40	46,0	3	1,0716	41,6	6	1,1049	42,9	3	0,2576	10,0	5	0,1247	4,8	2,5782	0,0193	0,7
41	35,7	3	1,0638	50,6	4	0,7239	34,4	3	0,2419	11,5	3	0,0608	2,9	2,1016	0,0113	0,5
41	41,0	3	1,0984	45,5	5	0,9431	39,0	3	0,2606	10,8	4	0,0966	4,0	2,4157	0,0170	0,7
41	46,3	4	1,4094	51,6	5	0,9026	33,1	4	0,3248	11,9	3	0,0673	2,5	2,7297	0,0255	0,9
42	35,9	3	1,1183	50,3	4	0,7643	34,4	3	0,2585	11,6	3	0,0669	3,0	2,2216	0,0137	0,6
42	41,3	4	1,4368	56,3	4	0,7306	28,6	3	0,2696	10,6	4	0,0995	3,9	2,5536	0,0172	0,7
42	46,7	4	1,4816	51,3	6	1,0765	37,3	3	0,2291	7,9	4	0,0838	2,9	2,8856	0,0145	0,5
43	36,2	3	1,1741	50,1	5	0,9316	39,7	2	0,1557	6,6	3	0,0694	3,0	2,3450	0,0142	0,6
43	41,6	4	1,5087	56,0	5	0,8978	33,3	2	0,1668	6,2	4	0,1039	3,9	2,6954	0,0182	0,7
43	47,0	5	1,8351	60,2	5	0,8720	28,6	3	0,2374	7,8	4	0,0866	2,8	3,0459	0,0148	0,5
44	36,4	4	1,5234	61,6	4	0,7049	28,5	2	0,1594	6,4	3	0,0703	2,8	2,4718	0,0138	0,6
44	41,9	4	1,5825	55,7	5	0,9465	33,3	2	0,1779	6,3	4	0,1129	4,0	2,8412	0,0214	0,8
44	47,3	5	1,9251	60,0	5	0,9196	28,6	3	0,2534	7,9	4	0,0947	3,0	3,2105	0,0178	0,6
45	36,7	4	1,5964	61,4	4	0,7428	28,5	2	0,1700	6,5	3	0,0766	2,9	2,6020	0,0164	0,6
45	42,1	5	1,9464	65,1	4	0,7247	24,2	3	0,2432	8,1	3	0,0630	2,1	2,9908	0,0135	0,5
45	47,6	5	2,0172	59,7	5	0,9684	28,7	3	0,2698	8,0	4	0,1032	3,1	3,3796	0,0211	0,6

Apêndice M - Tabela para sortimentos florestais de madeira para árvores individuais da espécie *Eucalyptus grandis* aos 15 anos de idade. (conclusão)

DAP (cm)	ht (m)	S1 (d ≥ 33 cm)			S2 (33 > d ≥ 23 cm)			S3 (23 > d ≥ 16 cm)			S4 (16 > d ≥ 8 cm)			Vol. Árv. (m ³)	RES Vol(m ³)	RES%
		n ^o toras	v(m) ³	%	n ^o toras	v(m) ³	%	n ^o toras	v(m) ³	%	n ^o toras	v(m) ³	%			
46	36,9	4	1,6710	61,1	4	0,7815	28,6	2	0,1808	6,6	3	0,0831	3,0	2,7356	0,0191	0,7
46	42,4	5	2,0377	64,8	4	0,7628	24,3	3	0,2590	8,2	3	0,0689	2,2	3,1444	0,0161	0,5
46	47,9	6	2,3996	67,5	5	0,8714	24,5	2	0,1616	4,5	4	0,1015	2,9	3,5531	0,0190	0,5
47	37,1	5	2,0372	70,9	3	0,5490	19,1	2	0,1843	6,4	3	0,0836	2,9	2,8726	0,0184	0,6
47	42,6	5	2,1311	64,5	5	0,9271	28,1	2	0,1559	4,7	3	0,0712	2,2	3,3018	0,0166	0,5
47	48,2	6	2,5098	67,3	5	0,9169	24,6	2	0,1720	4,6	4	0,1100	2,9	3,7310	0,0223	0,6
48	37,3	5	2,1289	70,7	3	0,5770	19,2	2	0,1955	6,5	3	0,0903	3,0	3,0129	0,0213	0,7
48	42,9	6	2,5164	72,7	4	0,6994	20,2	2	0,1592	4,6	3	0,0720	2,1	3,4631	0,0161	0,5
48	48,5	6	2,6224	67,0	5	0,9636	24,6	3	0,2438	6,2	3	0,0663	1,7	3,9133	0,0172	0,4
49	37,5	5	2,2226	70,4	4	0,7339	23,2	1	0,0864	2,7	3	0,0924	2,9	3,1567	0,0214	0,7
49	43,1	6	2,6274	72,4	4	0,7349	20,3	2	0,1692	4,7	3	0,0780	2,2	3,6284	0,0188	0,5
49	48,7	7	3,0301	73,9	4	0,7358	17,9	3	0,2498	6,1	3	0,0674	1,6	4,1001	0,0170	0,4
50	37,7	5	2,3183	70,2	4	0,7702	23,3	1	0,0916	2,8	3	0,0993	3,0	3,3038	0,0245	0,7
50	43,3	6	2,7407	72,2	4	0,7713	20,3	2	0,1794	4,7	3	0,0843	2,2	3,7975	0,0218	0,6
50	49,0	7	3,1610	73,7	4	0,7722	18,0	3	0,2651	6,2	3	0,0731	1,7	4,2912	0,0198	0,5