

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

**EFEITO DO DESBASTE NOS PARÂMETROS
DENDROMÉTRICOS E NA QUALIDADE DA MADEIRA
DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**

TESE DE DOUTORADO

Rômulo Trevisan

**Santa Maria, RS, Brasil
2010**

**EFEITO DO DESBASTE NOS PARÂMETROS
DENDROMÉTRICOS E NA QUALIDADE DA MADEIRA DE
Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden**

por

Rômulo Trevisan

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. Clovis Roberto Haselein

**Santa Maria, RS, Brasil
2010**

T814e	<p>Trevisan, Rômulo</p> <p>Efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos e na qualidade da madeira <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden / Rômulo Trevisan ; orientador Clovis Roberto Haselein . – Santa Maria, 2010. 174 f. ; Il.</p> <p>Tese (doutorado)-Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2010.</p> <p>1. Engenharia florestal 2. <i>Eucalyptus grandis</i> 3. Desbaste 4. Qualidade da madeira I. Haselein, Clovis Roberto, orient. II. Título</p> <p>CDU: 630*24</p>
-------	--

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes CRB-10/1160
Biblioteca Setorial do CCNE/UFSM

**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

**EFEITO DO DESBASTE NOS PARÂMETROS DENDROMÉTRICOS E NA
QUALIDADE DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**

elaborada por
Rômulo Trevisan

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

Clovis Roberto Haselein, Dr.
(Presidente/Orientador)

Graciela Inês Bolzon de Muñiz, Dr^a. (UFPR)

Luciano Denardi, Dr. (UFSM)

Elio José Santini, Dr. (UFSM)

Ivanor Müller, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 05 de março de 2010.

*A todos que, de alguma forma,
contribuíram para o êxito desta etapa
dedico esta obra.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e família, base para qualquer conquista.

Ao Prof. Clovis Roberto Haselein e ao Prof. Miguel Antão Durlo, pelas oportunidades, conselhos, ensinamentos e, fundamentalmente, pela amizade.

Ao Prof. Elio José Santini, Prof. Delmar Antonio Bressan, Prof. Darci Gatto, Prof. Paulo Renato Schneider e Prof. César Augusto Guimarães Finger, pela confiança e incentivo.

À secretária, Cerlene (Tita), do Programa de Pós-Graduação, aos amigos da Marcenaria da UFSM e aos funcionários do Laboratório de Produtos Florestais, Jorge, Nelson e Tarso, por todos os serviços prestados, incentivo e amizade.

Ao Leonel de Freitas Menezes, pelo apoio e amizade.

À Empresa Flosul, por toda infraestrutura oferecida e pelo fornecimento do material, sem o qual não seria possível a realização deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos a todos os funcionários, em especial a Raul, Pedro, Tarso e toda sua equipe, pela amizade e colaboração (Arno, Flávio, Paulo e Vanderlei).

A todos os amigos e colegas de laboratório: Fabiana, Joel, Diego, Rafael “Paraíba”, Rafael “Brow”, Dalva, Karina, Ediane, Gabriela, Leandro e Daniela, pelo incentivo, ajuda e, principalmente, pela paciência nas horas difíceis.

Aos colegas e amigos do Departamento de Engenharia Florestal (UFSM/CESNORS – Frederico Westphalen), em especial aos professores Luciano Denardi, Edison “Bacana” Perrando, Fabiano Fortes e Magda Zanon, pela força incondicional.

À Prof. Graciele Barbieri, da Universidade do Oeste de Santa Catarina, pelas inúmeras oportunidades e, principalmente, pela amizade. Ao ex-aluno e agora Engenheiro Florestal Vlademir Martarello, pela amizade, apoio e auxílio nos inventários na Flosul.

À minha mãe Vanise e avó Adelina, que lá de cima me orientam, e ao meu pai Telmo, pela amizade, ensinamentos, conselhos, enfim.... Aos meus irmãos Rodrigo e Tanise, meu cunhado Carlos Eduardo, minha sobrinha Vitória e a Ceres, pelo incentivo.

À minha noiva Mariana (que aguarda pacientemente o término desta etapa), pela força, carinho, amor e por sua compreensão nos dias em que fiquei ausente; e também a Rosane, Jader e Rafael, pela força e incentivo.

Ao tio Nelso, tia Neli, Júnior, Márcio, Marcos e Cristian, pelo prestígio e apoio logístico.

Por fim, a todos os amigos que de alguma forma contribuíram e acreditaram na conclusão deste trabalho.

Muito Obrigado.

RESUMO

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

EFEITO DO DESBASTE NOS PARÂMETROS DENDROMÉTRICOS E NA QUALIDADE DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

Autor: Rômulo Trevisan

Orientador: Dr. Clovis Roberto Haselein

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 05 de março de 2010.

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos e na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 18 anos de idade. Para tanto, foi analisado um experimento situado próximo ao litoral do Rio Grande do Sul, instalado em delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Os sete tratamentos foram definidos devido ao número de desbastes aplicados e variaram de zero até seis intervenções. As árvores foram selecionadas, em cada tratamento, com base no diâmetro dominante de Assmann e no diâmetro da árvore central, sendo denominadas de árvores dominantes e centrais, respectivamente. Após o abate, estas foram medidas e cubadas pelo método de Smalian. Em seguida, foram retirados discos nas posições 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial e no DAP (diâmetro à altura do peito), destinados à determinação da massa específica básica. Com relação ao comprimento das fibras da madeira, somente o disco correspondente à região do DAP foi amostrado. Do fuste foram selecionadas as toras localizadas entre as posições do DAP e 25%; 25% e 50%; 50% e 75%; 75% e 100% da altura comercial, para o estudo das rachaduras de topo. Os resultados indicaram que a aplicação do desbaste ocasionou ganhos significativos em DAP, altura e volume para as árvores centrais, sem alterar o fator de forma. Para as árvores dominantes, o DAP e o volume foram modificados por desbastes superiores a quatro intervenções. Entretanto, com relação à qualidade da madeira serrada, intervenções superiores a dois desbastes mostraram-se desvantajosas em função da redução excessiva de árvores e do pequeno ganho de indivíduos em classes superiores. O índice médio de rachadura de topo das árvores dominantes e centrais foi maior na segunda tora amostrada, evidenciando que a toragem das árvores deve ser realizada em conjunto com técnicas que minimizem as tensões de crescimento, principalmente quando o seccionamento for realizado próximo à metade da altura comercial. O desbaste não modificou o padrão de variação axial da massa específica básica da madeira, e os menores valores foram encontrados próximos ao DAP. O comprimento das fibras apresentou um padrão de variação crescente no sentido medula-casca em todas as intensidades de desbaste analisadas, independentemente do estrato dominante ou médio, e os menores valores foram observados próximos à medula. O desbaste induziu a variação do índice médio de rachadura de topo das toras, da massa específica básica e do comprimento das fibras da madeira, tanto nas árvores dominantes quanto nas centrais; porém, não foi verificada uma tendência clara positiva ou negativa, podendo-se concluir que alterações na taxa de crescimento não afetaram esses parâmetros de maneira uniforme. Em geral, mais do que duas intervenções de desbaste não resultaram em melhorias na qualidade da madeira.

Palavras-chave: *Eucalyptus grandis*; Desbaste; Qualidade da madeira.

ABSTRACT

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

EFFECT OF THINNING IN THE DENDROMETRIC PARAMETERS AND WOOD QUALITY OF *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

Author: Rômulo Trevisan

Adviser: Dr. Clovis Roberto Haselein

Defense Date and Place: Santa Maria, March 05, 2010.

This study was undertaken to evaluate the effect of thinning in the dendrometric parameters and wood quality of the *Eucalyptus grandis* at 18 years of age. There was analyzed a thinning experiment, located in the northern coast of Rio Grande do Sul, installed in randomized blocks with four repetitions. The seven treatments were defined according to the number of thinnings applied and ranged from zero to six interventions. The trees were selected, in each treatment, on the basis of the Assmann's dominant diameter and the central diameter of tree, being referred to as dominant and central trees, respectively. After cutting down, the trees were measured and the volume determined by the method of Smalian. Afterwards, disks were taken at the base, 25, 50, 75 and 100% of the commercial height, and at the DBH (diameter at breast height), for basic density determination. In relation to the wood fiber length, only the disk corresponding to the region of the DBH was sampled. There were selected the logs located between the DBH and 25% positions, 25% and 50%; 50% and 75%; 75% and 100% of the commercial height, for the end splits study. The results indicate that the application of thinnings caused significant gain in DBH, height and volume in central trees, without changing the form factor. For the dominant trees, the DBH and volume were modified by thinning excising four interventions. However, with regard to the quality of lumber, more than two thinning interventions showed disadvantageous due to the excessive tree reduction and a small gain of individuals in the upper classes. The average end splits of the logs in the dominant and central trees was higher at the second log sampled, showing suggesting that sectioning should be carried in conjunction with techniques that minimize the growth stress, especially when this is performed near the half of the commercial height. The thinning did not change the pattern of axial variation of the wood basic density, and the lowest values were found near the DBH. The fiber length showed a pattern of increasing from pith to bark in all thinning intensities analyzed, independently of dominant and average stratum, and the lowest values were observed near the pith. The thinning induced variation in the logs end split, basic density and wood fiber length, both for dominant and central trees; however, there was no clear positive or negative trend, leading to the conclusion that changes in growth rate did not affect these parameters uniformly. In general, more than two thinning interventions did not result in improvements in the wood quality.

Keywords: *Eucalyptus grandis*; Thinnig; Wood quality.

LISTA DE TABELAS

Efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

TABELA 2.1 – Tratamentos empregados para verificar a variação dos parâmetros a serem estudados em relação à intervenção de desbaste, aos 18 anos de idade.....	30
TABELA 2.2 – Comparação de médias do diâmetro à altura do peito das árvores dominantes e das centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> , aos 18 anos de idade, em função dos tratamentos analisados.	35
TABELA 2.3 – Comparação de médias da altura total das árvores centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função do número de desbastes executados.....	41
TABELA 2.4 – Comparação de médias do volume das árvores dominantes e das centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função dos tratamentos de desbaste.	43
TABELA 2.5 – Comparação de médias do volume por hectare para <i>Eucalyptus grandis</i> em função dos tratamentos de desbaste.	44

Efeito do desbaste nas rachaduras de topo das toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

TABELA 3.1 – Comparação de médias do índice de rachadura das árvores dominantes e centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em relação à posição da seção transversal na base e no topo das toras.	63
TABELA 3.2 – Comparação de médias do índice médio de rachadura de topo para <i>Eucalyptus grandis</i> em relação aos estratos e a posição da tora amostrada ao longo do fuste das árvores dominantes e das centrais.....	64

TABELA 3.3 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever o índice médio de rachadura de topo de tora das árvores dominantes de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa no sentido base-topo.	67
TABELA 3.4 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) do índice médio de rachadura de topo de tora das árvores dominantes de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa média e do tratamento de desbaste.....	68
TABELA 3.5 – Valores dos coeficientes da equação reajustada com variável Dummy para o índice médio de rachadura de topo de tora das árvores dominantes de <i>Eucalyptus grandis</i> em função do tratamento de desbaste.	69
TABELA 3.6 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever o índice médio de rachadura de topo de tora das árvores centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa no sentido base-topo.	72
TABELA 3.7 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) do índice médio de rachadura de topo de tora das árvores centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa média e do tratamento de desbaste.....	73

Efeito do desbaste na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

TABELA 4.1 – Massa específica básica média por posição no sentido axial e massa específica básica ponderada em função do volume comercial sem casca para as árvores dominantes e centrais de <i>Eucalyptus grandis</i>	92
TABELA 4.2 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever a massa específica básica da madeira das árvores dominantes de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa no sentido base-topo.	94
TABELA 4.3 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) da massa específica básica da madeira das árvores dominantes de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa e do tratamento de desbaste.....	95

TABELA 4.4 – Valores dos coeficientes da equação reajustada com variável Dummy para massa específica básica da madeira das árvores dominantes de <i>Eucalyptus grandis</i> em função do tratamento de desbaste.....	96
TABELA 4.5 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever a massa específica básica da madeira das árvores centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa no sentido base-topo.	99
TABELA 4.6 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) da massa específica básica da madeira das árvores centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa e do tratamento de desbaste.....	101
TABELA 4.7 – Valores dos coeficientes da equação reajustada com variável Dummy para massa específica básica da madeira das árvores centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função do tratamento de desbaste.....	102
TABELA 4.8 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever a massa específica básica da madeira das árvores agrupadas de <i>Eucalyptus grandis</i> (dominantes e centrais) em função da posição relativa no sentido base-topo.	105
TABELA 4.9 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) da massa específica básica da madeira das árvores agrupadas de <i>Eucalyptus grandis</i> (dominantes e centrais) em função da posição relativa do tratamento desbaste.....	106

Efeito do desbaste no comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

TABELA 5.1 – Valores médios de comprimento das fibras para as árvores dominantes e centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição absoluta no sentido medula-casca e do tratamento de desbaste.	125
TABELA 5.2 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever o comprimento das fibras da madeira das árvores dominantes de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa no sentido medula-casca.	127
TABELA 5.3 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) do comprimento das fibras da madeira das árvores dominantes de	

<i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa e do tratamento de desbaste.....	128
TABELA 5.4 – Valores dos coeficientes da equação reajustada com variável Dummy para comprimento das fibras da madeira das árvores dominantes de <i>Eucalyptus grandis</i> em função do tratamento de desbaste.....	129
TABELA 5.5 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever o comprimento das fibras da madeira das árvores centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa no sentido medula-casca.....	132
TABELA 5.6 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) do comprimento das fibras da madeira das árvores centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa e do tratamento de desbaste.....	134
TABELA 5.7 – Valores dos coeficientes da equação reajustada com variável Dummy para comprimento das fibras da madeira das árvores centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função do tratamento de desbaste.....	134
TABELA 5.8 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) do comprimento das fibras da madeira de <i>Eucalyptus grandis</i> em função dos estratos amostrados.	138

LISTA DE FIGURAS

Efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos de *Eucalyptus grandis* W.

Hill ex Maiden

FIGURA 2.1 – Componentes de um bloco (BREDENKAMP 1984, modificado).....	29
FIGURA 2.2 – Croqui para seleção e localização das árvores-amostra (Fonte: Autor).....	32
FIGURA 2.3 – Dispersão do diâmetro da árvore dominante (d_{100}) e da árvore de diâmetro central (d_z) em função dos tratamentos.....	36
FIGURA 2.4 – Distribuição de frequência do número de árvores por hectare de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da classe diamétrica e do número de desbastes executados.....	38
FIGURA 2.5 – Dispersão do fator de forma artificial em função do tratamento, para o estrato dominante e médio.....	42
FIGURA 2.6 – Distribuição de frequência do número de árvores por hectare de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da classe volumétrica e do número de desbastes executados.....	46

Efeito do desbaste nas rachaduras de topo das toras de *Eucalyptus grandis* W.

Hill ex Maiden

FIGURA 3.1 – Amostragem dos dados de rachadura de topo das toras: A – exemplo de seleção para árvore dominante; B – toras amostradas para análise das rachaduras de topo; C – confecção e dimensionamento das toras; D – identificação e proteção das extremidades das toras; E, F – coleta dos dados (Fonte: Autor).....	58
---	----

FIGURA 3.2 – Variação do índice médio de rachadura de topo de tora das árvores dominantes de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa média no sentido axial e dos tratamentos de desbaste.....	71
FIGURA 3.3 – Variação do índice médio de rachadura de topo (IMRT) de tora das árvores centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa média no sentido axial e dos tratamentos de desbaste.	76

Efeito do desbaste na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

FIGURA 4.1 – Seleção das árvores, amostragem dos discos e confecção das cunhas utilizadas para a análise da massa específica básica (Fonte: Autor).	88
FIGURA 4.2 – Variação da massa específica básica das árvores dominantes de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa no sentido axial e dos tratamentos de desbaste.....	98
FIGURA 4.3 – Variação da massa específica básica das árvores centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa no sentido axial e dos tratamentos de desbaste.....	103
FIGURA 4.4 – Variação da massa específica básica das árvores agrupadas de <i>Eucalyptus grandis</i> (dominantes e centrais) em função da posição relativa no sentido axial e dos tratamentos de desbaste.	108

Efeito do desbaste no comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

FIGURA 5.1 – Procedimento de amostragem dos discos de madeira de cada árvore selecionada, de confecção das baguetas e das amostras utilizadas para a análise do comprimento das fibras (Fonte: Autor).....	121
FIGURA 5.2 – Médias do comprimento das fibras em árvores de <i>Eucalyptus grandis</i> em função do desbaste e das posições absoluta (A) e relativa (B) no sentido medula-casca para o estrato dominante e em função do desbaste e das posições absoluta (C) e relativa (D) no sentido radial para o estrato médio.	126

FIGURA 5.3 – Variação do comprimento das fibras das árvores dominantes de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa no sentido medula-casca e dos tratamentos de desbaste.....	131
FIGURA 5.4 – Variação do comprimento das fibras das árvores centrais de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa no sentido medula-casca e dos tratamentos de desbaste.....	137
FIGURA 5.5 – Variação do comprimento das fibras de <i>Eucalyptus grandis</i> em função da posição relativa no sentido medula-casca e do estrato amostrado.....	139

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1. Tabelas de análise de variância do capítulo efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos de <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden.....	162
APÊNDICE 2. Tabelas de análise de variância do capítulo efeito do desbaste nas rachaduras de topo das toras de <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden	169

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
2 EFEITO DO DESBASTE NOS PARÂMETROS DENDROMÉTRICOS DE <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden	24
2.1 Introdução	24
2.2 Material e métodos	28
2.2.1 Localização e caracterização da área experimental	28
2.2.2 Experimento de desbaste	28
2.2.3 Seleção e amostragem do material	31
2.2.4 Análise das variáveis dendrométricas	32
2.2.4.1 Volume	33
2.2.4.2 Fator de forma artificial	34
2.2.4.3 Volume por hectare	34
2.2.5 Análise estatística dos dados	34
2.3 Resultados e discussão	35
2.3.1 Diâmetro à altura do peito	35
2.3.2 Distribuição diamétrica das árvores	37
2.3.3 Altura total	40
2.3.4 Fator de forma artificial	41
2.3.5 Volume	42
2.3.5.1 Volume individual	42
2.3.5.2 Volume por hectare	44
2.4 Conclusões	47
2.5 Bibliografia	48
3 EFEITO DO DESBASTE NAS RACHADURAS DE TOPO DAS TORAS DE <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden	53
3.1 Introdução	53

3.2 Material e métodos	57
3.2.1 Rachaduras de topo das toras	57
3.2.2 Análise estatística dos dados	60
3.2.2.1 Variação do índice de rachadura na base e no topo da tora	60
3.2.2.2 Variação axial do índice médio de rachadura de topo de tora.....	61
3.2.2.3 Influência do desbaste no índice médio de rachadura de topo de tora	61
3.3 Resultados e discussão	63
3.3.1 Variação do índice de rachadura na base e no topo da tora	63
3.3.2 Variação axial do índice médio de rachadura de topo de tora.....	64
3.3.3 Influência do desbaste no índice médio de rachadura de topo de tora	66
3.4 Conclusões	77
3.5 Bibliografia	78
4 EFEITO DO DESBASTE NA MASSA ESPECÍFICA DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden	83
4.1 Introdução	83
4.2 Material e métodos	87
4.2.1 Massa específica básica	87
4.2.2 Análise estatística dos dados	89
4.3 Resultados e discussão	91
4.3.1 Massa específica básica ponderada da madeira	91
4.3.2 Influência do desbaste na massa específica básica da madeira.....	93
4.4 Conclusões	109
4.5 Bibliografia	110
5 EFEITO DO DESBASTE NO COMPRIMENTO DAS FIBRAS DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden	116
5.1 Introdução	116
5.2 Material e métodos	120
5.2.1 Análise das fibras da madeira	120
5.2.2 Análise estatística dos dados	122
5.3 Resultados e discussão	124
5.3.1 Comprimento das fibras da madeira.....	124
5.3.2 Influência do desbaste no comprimento das fibras	126
5.4 Conclusões	139
5.5 Bibliografia	140

6 CONCLUSÃO GERAL.....	145
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	146
8 BIBLIOGRAFIA	147
9 APÊNDICES	161

1 INTRODUÇÃO

A silvicultura brasileira com essências exóticas como pinus, eucalipto e acácia-negra têm crescido muito nas últimas décadas. Tal fato deve-se, fundamentalmente, ao conhecimento ainda limitado sobre o manejo das florestas nativas remanescentes, aliado a grande pressão ambiental acerca da utilização dessas florestas.

A atual situação pela qual passa a silvicultura com espécies nativas pode ser justificada também pelo surgimento de mercados cada vez mais competitivos e exigentes em termos de qualidade do produto, bem como com questões ambientais envolvidas no processo produtivo.

Dessa forma, diante da pressão ambiental exercida sobre a exploração de florestas nativas como fonte de matéria-prima, os reflorestamentos tornaram-se importantes alternativas na confecção de produtos de madeira. Entretanto, com um mercado sempre em alta e cada vez mais comprometido com a qualidade da madeira, seria fora de propósito abster-se da derrubada dessas matas nativas se não houvesse uma opção adequada tanto no aspecto ecológico quanto no produtivo. Assim, aliado à elevação do valor econômico e à escassez das madeiras nobres, o uso diversificado de espécies do gênero *Eucalyptus* vem apresentando um papel fundamental no setor florestal brasileiro.

Outro fator importante que favorece a utilização de florestas plantadas é a tendência mundial de expansão dos mercados para a “madeira ambientalmente correta”, ou seja, certificada com o chamado “selo verde”. Aliando todos esses fatores com a globalização dos mercados consumidores, tem-se uma crescente necessidade de aumento na produtividade e de atendimento de padrões de qualidade cada vez mais exigentes, estimulando a exploração da madeira de espécies exóticas como, por exemplo, às pertencentes ao gênero *Eucalyptus*.

A introdução e a expansão da eucaliptocultura no Brasil deve-se ao trabalho desenvolvido por Edmundo Navarro de Andrade e pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro. De acordo com Andrade (1961) e Nahuz et al. (1998), o gênero *Eucalyptus* foi inicialmente introduzido e pesquisado no Brasil no início do século XX, com objetivo fundamental de produção de lenha e carvão.

Com o passar do tempo, esse gênero conquistou espaço no mercado, sendo utilizado desde estruturas simples, como postes de transmissão de energia elétrica e de telefonia, como também na produção de celulose e papel, chapas de fibras e de madeira aglomerada.

Porém, um material tão complexo quanto a madeira desse gênero somente poderá ser utilizado em condições de igualdade com as madeiras tradicionais, ou substituí-las, caso se tenha um maior conhecimento científico de suas características, propriedades, condições de crescimento, idade de corte das árvores, bem como das variações peculiares a cada espécie (OLIVEIRA, 2001). Deve-se, ainda, unir práticas silviculturais, técnicas de manejo e estratégias de melhoramento florestal, no intuito de promover ganhos significativos não só na produção volumétrica mas, principalmente, na qualidade da madeira.

Devido à versatilidade e aproveitamento múltiplo da madeira, os eucaliptos já estão sendo empregados na fabricação de uma vasta gama de produtos que nem sempre requerem as mesmas características. Entretanto, historicamente, a ênfase tem sido dada à produção volumétrica, ficando quase sempre em segundo plano as questões relacionadas com a qualidade da madeira.

Conforme Oliveira et al. (2008), até o presente momento, a experiência silvicultural brasileira com o gênero *Eucalyptus* resume-se à produção de florestas jovens, de rotação curta e de rápido crescimento, destinadas exclusivamente à produção de celulose, de carvão vegetal e de painéis. O resultado de qualquer análise sobre outras aplicações da madeira desse gênero como, por exemplo, na produção de tábuas, de móveis e de lâminas, é considerado, ainda, insuficiente.

Percebendo a lacuna de informações acerca dessas aplicações e vislumbrando a possibilidade de abertura de novos mercados, algumas empresas têm investido em pesquisas com espécies de *Eucalyptus*, com objetivo de definir técnicas que permitam a produção de madeira em quantidade e, principalmente, em qualidade adequadas, as quais se apresentam hoje como obstáculos ao desenvolvimento do setor.

Um exemplo dessa tendência foi a implantação realizada pela Flosul Indústria e Comércio de Madeiras Ltda., em meados de 1990, de um experimento de desbaste em

povoamentos de *Eucalyptus grandis*, com a finalidade de esclarecer, entre outros aspectos, as relações entre regime de manejo aplicado e qualidade da madeira obtida.

Com base nos argumentos acima referidos, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em função de seu manejo, com vistas a obtenção de informações que beneficiem tanto o processo industrial como a utilização do produto final.

Nesse sentido, foram formuladas as seguintes hipóteses:

- a) A intervenção silvicultural de desbaste modifica as características dendrométricas.
- b) As rachaduras de topo das toras em árvores submetidas a diferentes intensidades de desbaste são diferentes.
- c) A intensidade de desbaste altera a massa específica da madeira.
- d) O comprimento das fibras da madeira varia em função do desbaste.

Cabe informar inicialmente, que o presente trabalho, a critério do autor, foi dividido em quatro capítulos:

- Efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.
- Efeito do desbaste nas rachaduras de topo das toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.
- Efeito do desbaste na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.
- Efeito do desbaste no comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

Após essas abordagens, o trabalho foi finalizado com a conclusão geral sobre o efeito do desbaste discutido nos quatro capítulos.

2 EFEITO DO DESBASTE NOS PARÂMETROS DENDROMÉTRICOS DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

2.1 Introdução

No planejamento da produção de uma empresa de base florestal, Sanquetta et al. (1998) e Schneider; Schneider (2008) advertem que devem ser avaliados todos os aspectos que possam exercer influência, direta ou indireta, no custo final.

Fatores como espécie vegetal, solo, densidade populacional e tratamentos silviculturais são importantes na determinação da produtividade de um sítio e devem ser considerados, juntamente com o uso final da madeira, na definição de regimes adequados de manejo (BERGER, 2000; LIMA, 2005; MAESTRI et al., 2005).

De acordo com Schneider et al. (1998), os fatores que influenciam a produção de povoamentos florestais estão, em sua maioria, relacionados aos tratamentos silviculturais e, principalmente, à densidade do povoamento. Ao realizar um manejo florestal deve-se levar em consideração todos os fatores que influenciam no crescimento, de tal maneira que seja aproveitada ao máximo a capacidade produtiva do sítio.

Assim, quando a densidade do povoamento for muito baixa, pode-se não estar aproveitando todo o potencial do sítio, em termos de luz, nutrientes e água disponíveis no local (MATTHEWS, 1963; MALAN; HOON, 1992). Por outro lado, se a densidade for muito elevada, esses elementos, muitas vezes, não são suficientes para garantir o bom desenvolvimento das árvores do povoamento (SILVA, 1990; ASSIS et al., 1999; SCHEEREN, 2003; SOARES et al., 2003).

Conforme Schneider et al. (1991), Couto (1995), Scheeren (2003), Scolforo (2008) e Schneider; Schneider (2008), os desbastes são cortes parciais feitos em povoamentos imaturos com objetivo de estimular e distribuir o potencial de crescimento do sítio florestal em um número menor de árvores remanescentes selecionadas em função de suas características superiores de vitalidade, qualidade do fuste e vigor de crescimento, bem como de aumentar a produção de madeira com melhor qualidade. Entende-se como melhor qualidade árvores de maiores dimensões, com vistas à

melhorar o rendimento nas serrarias e também as propriedades físicas, químicas e mecânicas da madeira (COUTO, 1995; DIAS et al., 2005; LIMA, 2005; MAESTRI et al., 2005; ACERBI JUNIOR et al., 2008).

De um modo geral, Schneider; Schneider (2008) relatam que a qualidade da madeira de uma espécie qualquer é dependente de três fatores: da forma do tronco, das dimensões das árvores e das qualidades tecnológicas da madeira. Com a intervenção de desbaste, surge a possibilidade de condução de um povoamento com qualidade, pois árvores com formas ruins podem ser eliminadas e indivíduos de maiores dimensões e com melhores características físico-mecânicas podem ser obtidos através dessa prática (FISHWICK, 1976; ZOBEL, 1981; COUTO, 1995; BERGER, 2000; NOGUEIRA et al., 2001; ACERBI JUNIOR et al., 2008).

A regulação da produção por meio de desbaste, segundo Schneider (2002), depende da densidade ótima ou ideal, que possibilita um máximo de crescimento potencial para determinada espécie. Sobre isso, Reinstorf (1970) observa que desbastes pesados resultam em menor número de árvores e causam um crescimento em diâmetro superior ao dos povoamentos que sofrem desbastes leves, considerando-se um mesmo sítio.

Com respeito à capacidade produtiva, Scolforo (1997) revela que quanto melhor for essa característica em um determinado local, mais pesado pode ser o desbaste, pois maior é a resposta de recuperação do crescimento. Quando os desbastes são efetuados de maneira uniforme em todos os sítios, podem propiciar uma densidade próxima da ideal nos mais produtivos e constituir desbastes pesados em sítios menos produtivos, à medida que mais interferências são efetuadas na população, o que dificulta a reação do crescimento em volume e área basal.

Quanto ao grau de desbaste relacionado com o desenvolvimento individual das árvores, Monteiro Alves (1982) afirma que as árvores remanescentes ao desbaste retomam o crescimento máximo em área basal até um determinado grau intermediário de desbaste, não respondendo com maiores taxas individuais de crescimento aos espaços aéreos maiores, ocasionados por graus de desbastes mais elevados.

De acordo com Fishwick (1976), o aumento da produção volumétrica de madeira de alta qualidade por indivíduo, em muitos casos, não é resultante da adoção de

desbastes excessivamente drásticos, pois as árvores possuem uma capacidade limitada de utilizar todo espaço que é oferecido no interior do povoamento.

Conforme Soares et al. (2003), desbastes intensos podem levar ao aumento desproporcional do tamanho da copa e dos galhos, influenciando a qualidade da madeira pela presença de nós, bem como, em geral, diminuindo a produção volumétrica da floresta.

Para Acerbi Junior et al. (2008) e Scolforo (2008), mudanças bruscas na taxa de crescimento em diâmetro, tais como as que são resultantes de um desbaste pesado, podem ocasionar defeitos na madeira como, por exemplo, rachaduras de topo das toras. Além disso, intervenções pesadas podem ser suficientes para causar alterações na forma e afilamento dos fustes e podem acarretar menor rendimento quando as toras são desdobradas em tábuas, em consequência do desperdício devido ao aumento das costaneiras.

Por outro lado, desbastes com intensidade adequada, aplicados no momento certo, permitem melhorar a qualidade da madeira, homogeneizar os sortimentos e aumentar a dimensão das árvores, sem levar a perdas significativas de volume (BLANCO et al., 1988; SCHNEIDER et al., 1998; BERGER, 2000; LIMA et al., 2000).

Conforme Couto (1995) e Acerbi Junior et al. (2008), um aspecto importante que deve ser levado em consideração nos desbastes de florestas de *Eucalyptus* é o "choque" provocado nas árvores remanescentes quando a intensidade do desbaste é elevada. Isso se dá quando a árvore, adaptada em ambiente abrigado e em competição, encontra-se isolada, sujeita à ação dos ventos e com a arquitetura da copa e do tronco vulneráveis. A consequência é a transferência da energia que seria utilizada no crescimento para a adaptação à nova situação ambiental e, com isso, o crescimento inicial logo após o desbaste é lento. Em casos extremos, quando as árvores não conseguem adaptar-se rapidamente, elas podem morrer (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

De acordo com Maestri et al. (2005), algumas premissas para a condução de povoamentos de *Eucalyptus* spp. foram observadas nas experiências com outras espécies, e pesquisas silviculturais foram iniciadas mundo afora. Conforme Stape e Martini (1991) e Bertolani et al. (1995), em países como Austrália, África do Sul,

Estados Unidos e Costa Rica existem pesquisas e áreas comerciais com plantios desse gênero manejadas em regimes de desbaste, com o objetivo principal de obtenção de madeira para fins estruturais e serraria.

Entretanto, Dias et al. (2005) relatam que, no Brasil, o desbaste em povoamentos desse gênero não pode ser considerado uma atividade usual, visto que, muitas vezes, ainda são necessárias definições em relação à idade de execução e à intensidade desse tratamento, por exemplo.

A carência de experimentos nessa área está associada ao fato de poucos povoamentos de eucalipto terem sido conduzidos com a aplicação dessa intervenção e, também, às ações de melhoramento genético que, até o presente momento, visaram sempre ao incremento do volume total e à melhoria de alguma característica da madeira importante para o processamento de pastas e/ou carvão (NOGUEIRA et al., 2001; MAESTRI et al., 2005; ACERBI JUNIOR et al., 2008).

De uma maneira geral, as pesquisas de desbaste normalmente geram resultados relacionados com a produtividade volumétrica por unidade de área e praticamente nada, em termos de qualidade da madeira (BERTOLANI et al., 1995; DIAS et al., 2005).

Cabe ressaltar ainda que poucas conclusões e algumas controvérsias a respeito do efeito do desbaste nas propriedades físicas e mecânicas da madeira são encontradas na literatura, principalmente no que tange ao gênero *Eucalyptus*, com idades superiores a 15 anos (LIMA; GARCIA, 2005; MAESTRI et al., 2005).

Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, aos 18 anos de idade, a fim de fornecer informações relacionadas à qualidade do material quando submetido a diferentes graus dessa intervenção silvicultural.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Localização e caracterização da área experimental

O material utilizado neste estudo é proveniente de um povoamento experimental pertencente à empresa Flosul Indústria e Comércio de Madeiras Ltda., localizada no município de Capivari do Sul, litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul. O experimento situa-se, aproximadamente, nas coordenadas geográficas de 50° 19' de longitude Oeste e 30° 14' de latitude 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, próxima à região de estudo, fica em torno de 1500 mm, e a temperatura média anual é de aproximadamente 18,8°C.

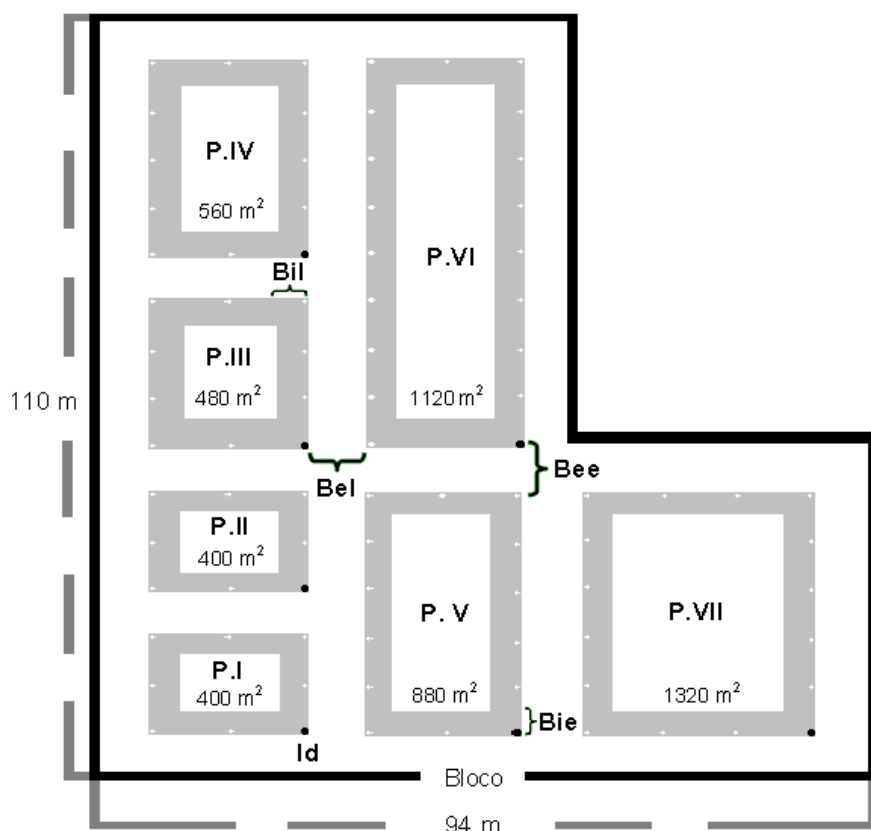
2.2.2 Experimento de desbaste

As sementes utilizadas na produção das mudas do experimento são da espécie *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, procedência Botucatu (PSC - COFFS HARBOUR). Estas foram cultivadas no viveiro florestal da própria empresa, no ano de 1990. O povoamento foi implantado em maio do mesmo ano com espaçamento inicial de 3,0 x 1,7 m.

O experimento foi instalado utilizando uma tentativa de monitoramento do crescimento por Curvas de Tendências Correlacionadas (*Correlated Curve Trend - CCT*), inicialmente formulada por O'Conner para pesquisas com *Pinus*, na África do Sul (REINSTORF, 1970). Entretanto, o típico experimento CCT, no qual as áreas das parcelas podem variar de 4046,84 m² a 809,36 m², foi modificado por Bredenkamp (1984). O novo enfoque definiu o tamanho das parcelas, fixando em 49 o número de árvores que deve existir no interior das parcelas desbastadas, incluindo as de

bordadura e 25 árvores úteis. Esse procedimento, denominado de Amostra de Tamanho Padronizado (*Standardize the Sample Size - SSS*), além de permitir a redução ou o aumento do número de parcelas com tratamentos de acordo com a variação de espaço vital buscada nos desbastes, assegurou maior confiabilidade e igual probabilidade de confiança, ao contrário do método original.

O delineamento utilizado na tentativa de executar o programa de desbaste pelo método SSS-CCT foi o em blocos ao acaso, com quatro repetições para cada um dos 7 tratamentos experimentais analisados. Os componentes de cada bloco podem ser visualizados na Figura 2.1.



Legenda:

P.I = Testemunha sem desbaste

P.II = 1 desbaste executado

P.III = 2 desbastes executados

P.IV = 3 desbastes executados

P.V = 4 desbastes executados

P.VI = 5 desbastes executados

P.VII = 6 desbastes executados

Id = Identificação das parcelas

Bee = Bordadura externa na entrelinha de 6,0 m

Bie = Bordadura interna na entrelinha de 6,0 m

Bel = Bordadura externa na linha de 3,4 m

Bil = Bordadura interna na linha de 3,4 m

+ = Delimitação das parcelas

FIGURA 2.1 – Componentes de um bloco (BREDENKAMP 1984, modificado).

A identificação de cada bloco foi realizada pelo posicionamento de uma placa frontal numerada. As parcelas foram delimitadas por meio de estacas de cor branca e, no canto superior direito, numeradas com outra cor.

No experimento, foram executadas de zero até seis intervenções de desbaste por baixo, de acordo com o plano de redução do número de árvores por hectare, ou seja, em cada tratamento foram retiradas diferentes quantidades de árvores dominadas e com dimensões inferiores, favorecendo o desenvolvimento das árvores de maiores dimensões. A Tabela 2.1 apresenta os tratamentos analisados e as condições do experimento aos 18 anos de idade.

TABELA 2.1 – Tratamentos empregados para verificar a variação dos parâmetros a serem estudados em relação à intervenção de desbaste, aos 18 anos de idade.

Trat.	Implantação		Número de desbastes aplicados					Rotação		G (m ² /ha)
	(1990)		1	2	3	4	5	6	(2008)	
	0 ano (N)	4 anos (N)	5 anos (N)	10 anos (N)	11 anos (N)	12 anos (N)	13 anos (N)	18 anos (N)		
1	1960								1960	53,5
2	1960	1176							1176	51,4
3	1960	1176	784						784	47,1
4	1960	1176	784	588					588	40,9
5	1960	1176	784	588	392				392	34,6
6	1960	1176	784	588	392	294			294	25,6
7	1960	1176	784	588	392	294	196		196	20,7

Sendo: Trat. = tratamentos de desbaste; N = número de árvores por hectare; G = área basal por hectare, m²/ha.

O primeiro desbaste, com redução de 1960 para 1176 árvores por hectare, foi realizado antes que o povoamento manifestasse qualquer sinal de competição, sendo executado nos tratamentos 2 a 7, aos quatro anos de idade. É interessante observar

que o tratamento 1 permaneceu inalterado, isto é, sem nenhum desbaste e contendo a população original (Tabela 2.1).

Aos cinco anos de idade foi realizado o segundo desbaste, com redução de 1176 para 784 árvores por hectare, nos tratamentos 3 a 7. Cabe ressaltar que o planejamento dos desbastes era anual, porém, devido a problemas técnicos enfrentados pela empresa, o terceiro desbaste foi executado somente cinco anos depois, quando o povoamento tinha dez anos de idade, nos tratamentos 4 a 7, com redução de 784 para 588 indivíduos por hectare.

O quarto desbaste foi realizado no ano seguinte, nos tratamentos 5 a 7, e reduziu de 588 para 392 árvores por hectare. Aos doze anos de idade, foi executado o quinto desbaste, nos tratamentos 6 e 7, com redução de 392 para 294 árvores por hectare. Por fim, o último desbaste foi aplicado aos treze anos de idade e reduziu de 294 para 196 o número de indivíduos por hectare no tratamento 7.

2.2.3 Seleção e amostragem do material

Após três anos da implantação do experimento, iniciaram os inventários anuais em cada parcela com objetivo de acompanhar o desenvolvimento do povoamento. Dessa forma, antes da seleção das árvores-amostra, foram primeiramente digitalizadas todas as planilhas com os dados de diâmetro à altura do peito (DAP) e altura, nos quatorze inventários realizados.

Em seguida, utilizando os dados devidamente organizados em escritório e o inventário realizado no décimo oitavo ano de idade, foi elaborado um croqui com os DAP's das árvores vivas de cada uma das parcelas experimentais. O mapeamento teve as finalidades de seleção e localização das árvores a serem amostradas e de demarcação de uma bordadura adicional, denominada de bordadura interna das parcelas que, somada com a bordadura externa, resultou em uma redução de 6,8 metros na linha e de 12 metros na entrelinha. A Figura 2.2 exemplifica o croqui confeccionado para o bloco 1 e parcela 4.

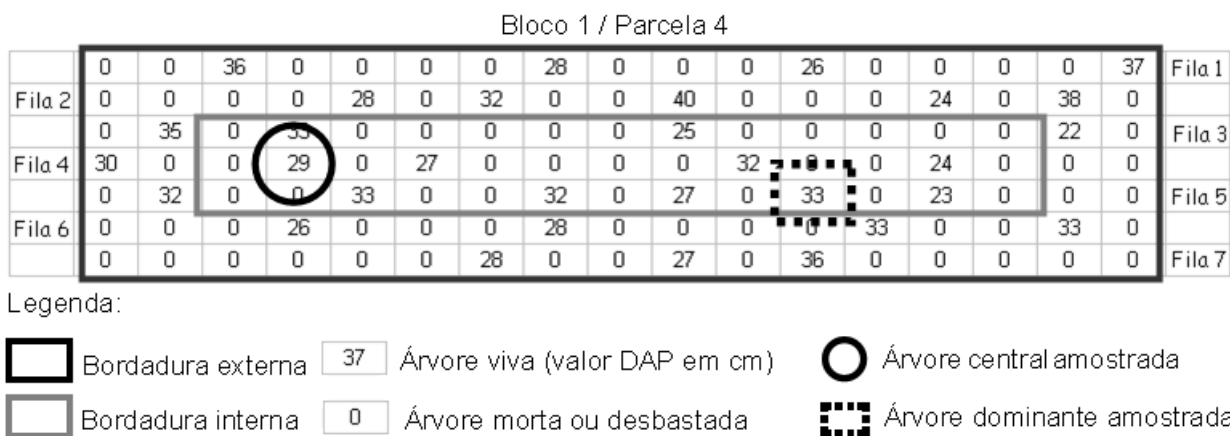


FIGURA 2.2 – Croqui para seleção e localização das árvores-amostra (Fonte: Autor).

A seleção das árvores foi realizada com base no DAP, tendo sido retiradas, de cada tratamento e de cada bloco, uma árvore dominante e uma árvore central, totalizando 56 árvores. Para a escolha da árvore dominante, foi empregado o conceito de Assmann, no qual, em um hectare, as 100 árvores de maior diâmetro são mensuradas. Utilizando regra de três simples e considerando a área interna de cada parcela, foi determinado o número de árvores dominantes e, em seguida, calculada a árvore dominante média a ser amostrada (d_{100}). Para a seleção da árvore central (d_z), procedeu-se da forma tradicional, eliminando o menor e o maior indivíduo, alternadamente, até chegar à d_z . No caso de restarem duas árvores ao final, a escolha foi feita por sorteio.

Assim, após a seleção, localização e abate das árvores com auxílio de uma motosserra, o cronograma de trabalho executado seguiu com a cubagem, a coleta de material e de informações essenciais para as análises das diferentes hipóteses.

2.2.4 Análise das variáveis dendrométricas

Para o estudo dos parâmetros dendrométricos, foram tomados os diâmetros e alturas das árvores selecionadas em cada estrato amostrado (árvores dominantes (d_{100}) e árvores centrais (d_z)). Após a derrubada das árvores, a mensuração dos diâmetros foi realizada com o auxílio de uma suta graduada em décimos de centímetros, e a altura medida com auxílio de uma fita métrica.

Com os dados de diâmetro e altura, as árvores foram cubadas pelo método de Smalian, no qual o volume de cada seção é calculado em função do comprimento e das áreas basais obtidas nas extremidades das seções, conforme Finger (1992).

2.2.4.1 Volume

Para a determinação do volume total com casca das árvores dominantes e centrais (v_{100} e v_z , respectivamente), os diâmetros foram medidos nas alturas de 0,10 m; 0,30 m; 1,30 m, e após, de metro em metro, até a altura total das árvores. Com base nos respectivos dados, foi calculado o volume rigoroso (Equação 2.1).

$$v_i = v_t + \sum v_i + v_c \quad (2.1)$$

Onde: v_i = volume total com casca da árvore i , m^3 ; v_t = volume do toco $[(h * g_b)]$; h = altura do toco, m ; g_b = área basal com casca na base do toco, m^2 ; $\sum v_i$ = somatório do volume das seções intermediárias $[(g_1 + g_2) / 2] * L_i$; g_1 = área basal no ponto 1 de cubagem (base), m^2 ; g_2 = área basal no ponto 2 de cubagem (topo), m^2 ; L_i = diferença de altura entre os dois pontos, m ; v_c = volume do cone $[(1/3 * g_n * L_n)]$; g_n = área basal com casca no último ponto de cubagem, m^2 ; L_n = diferença de altura entre o último ponto de cubagem e a extremidade final da árvore, m].

O volume total sem casca das árvores dominantes e de diâmetro central (v_{100s} e v_{zs} , respectivamente) foram obtidos pela equação anterior (Equação 2.1), porém, considerando os diâmetros sem casca das árvores no cálculo das áreas basais das seções. Para a mensuração da espessura da casca, foi utilizado um paquímetro digital, graduado em milímetros.

O volume comercial para o estrato dominante e para o de diâmetro central com casca (v_{10013} e v_{z13} , respectivamente) e sem casca (v_{10013s} e v_{z13s} , respectivamente) foram obtidos limitando-se o diâmetro até 13 cm, medida que corresponde ao diâmetro mínimo de entrada de toras na serraria da empresa.

2.2.4.2 Fator de forma artificial

O fator de forma artificial foi obtido pela razão entre o volume rigoroso da árvore determinado pelo método de Smalian e o volume do cilindro calculado com o diâmetro corresponde ao DAP e a altura da árvore considerada (Equação 2.2).

$$f = \frac{V_r}{V_{cil}} \quad (2.2)$$

Onde: f = fator de forma artificial com casca; v_r = volume rigoroso com casca, obtido pela cubagem de Smalian, m^3 ; v_{cil} = volume do cilindro, com diâmetro a 1,30m [$(g_{1,3} \cdot h)$]; $g_{1,3}$ = área basal do diâmetro a 1,30 m, m^2 ; h = altura total da árvore, m], m^3 .

2.2.4.3 Volume por hectare

O volume por hectare foi estimado em função dos dados de DAP e altura, extraídos das planilhas de inventário, do fator de forma artificial médio e do respectivo tamanho de cada parcela amostral.

2.2.5 Análise estatística dos dados

Para a análise do efeito do desbaste nas características dendrométricas, os dados amostrados das árvores dominantes e de diâmetro central, aos 18 anos de idade, foram submetidos à análise de variância para delineamento em blocos ao acaso e, no caso de rejeição da hipótese de igualdade entre tratamentos, ao teste de médias (Diferença Mínima Significativa – DMS, $\alpha = 5\%$).

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Diâmetro à altura do peito

Os resultados das análises de variância referentes à avaliação do diâmetro à altura do peito, importante variável dendrométrica-tecnológica, das árvores dominantes e das centrais, em função do desbaste, estão descritos nas Tabelas 9.1.1 a 9.1.2 (Apêndice 1).

Na Tabela 2.2, que apresenta o teste de comparação de médias (teste T – DMS), é possível observar que a variável analisada, tanto para as árvores dominantes quanto para as centrais, não apresenta diferença significativa nos tratamentos acima de 4 desbastes executados.

TABELA 2.2 – Comparação de médias do diâmetro à altura do peito das árvores dominantes e das centrais de *Eucalyptus grandis* em função dos tratamentos analisados.

Tratamento (Desbastes executados)	d ₁₀₀ (cm)	dz (cm)
7 (6)	40,5 a ¹	37,6 a
6 (5)	39,5 a	35,9 a
5 (4)	37,2 b	33,3 b
4 (3)	35,2 b	28,9 c
3 (2)	36,9 b	25,9 d
2 (1)	36,7 b	22,8 e
1 (0)	36,0 b	17,7 f
CV (%)	6,4	24,0

Sendo: d₁₀₀ = diâmetro da árvore dominante de Assmann, cm; dz = árvore de diâmetro central, cm; CV = coeficiente de variação, %. ¹ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste DMS (Diferença Mínima Significativa, $\alpha = 5\%$).

A comparação de médias para as árvores dominantes mostrou que, aos 18 anos de idade, o diâmetro à altura do peito foi influenciado significativamente somente

quando o número de desbastes aplicados foi superior a 4 intervenções. Os resultados encontrados para esse estrato, provavelmente, estão associados à própria execução dos numerosos desbastes, uma vez que essa intervenção baseou-se na retirada das árvores dominadas e com dimensões inferiores.

A Figura 2.3 mostra que a dispersão dos diâmetros foi decrescente conforme o aumento dos tratamentos de desbaste (Tabela 2.1). Essa redução na dispersão ocorreu nos diâmetros inferiores ao da árvore de diâmetro central devido ao desbaste por baixo utilizado.

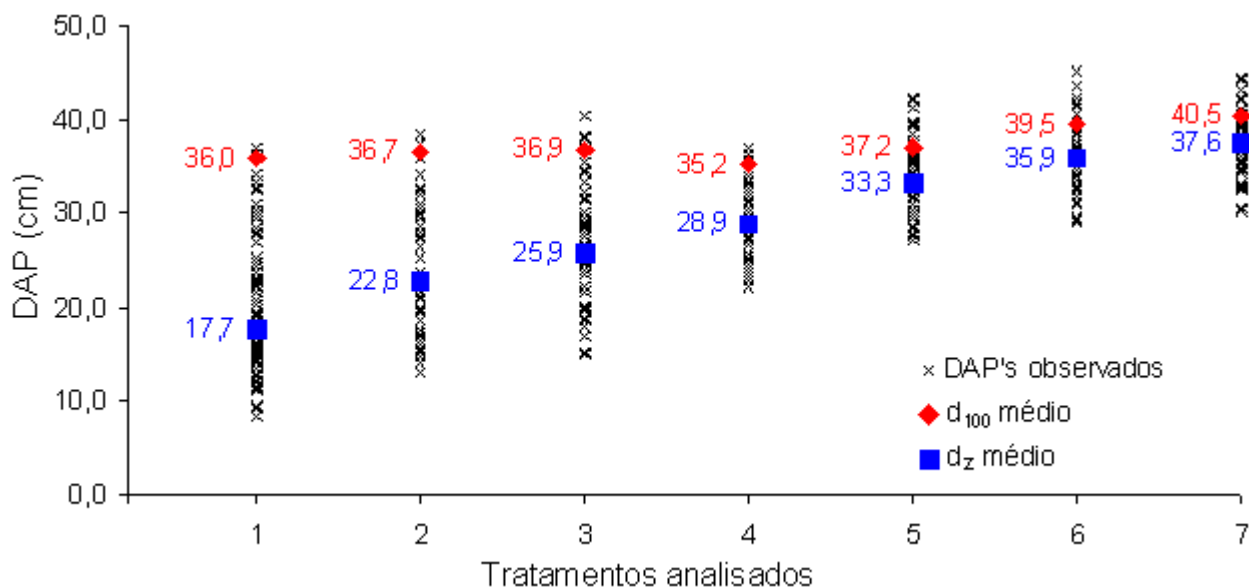


FIGURA 2.3 – Dispersão do diâmetro da árvore dominante (d_{100}) e da árvore de diâmetro central (d_z) em função dos tratamentos.

Resultados encontrados por Trevisan (2006) para a espécie *Eucalyptus grandis*, aos 14 anos de idade, indicam que os desbastes, quando aplicados por baixo, não alteram as características dendrométricas das árvores dominantes e, dentre elas, o diâmetro à altura do peito. Entretanto, quando comparada à forma de amostragem dos estratos, percebe-se que a análise aos 14 anos de idade baseou-se na seleção da maior árvore da parcela e não na média das árvores dominantes, como realizada nesse estudo.

Com relação às árvores centrais, a Figura 2.3 mostra uma tendência de aumento do diâmetro das árvores desse estrato (d_z) com o aumento do espaço vital. Contudo,

pode-se notar, na Tabela 2.2, que o acréscimo em diâmetro variou significativamente até o tratamento 6, correspondente a 5 desbastes aplicados.

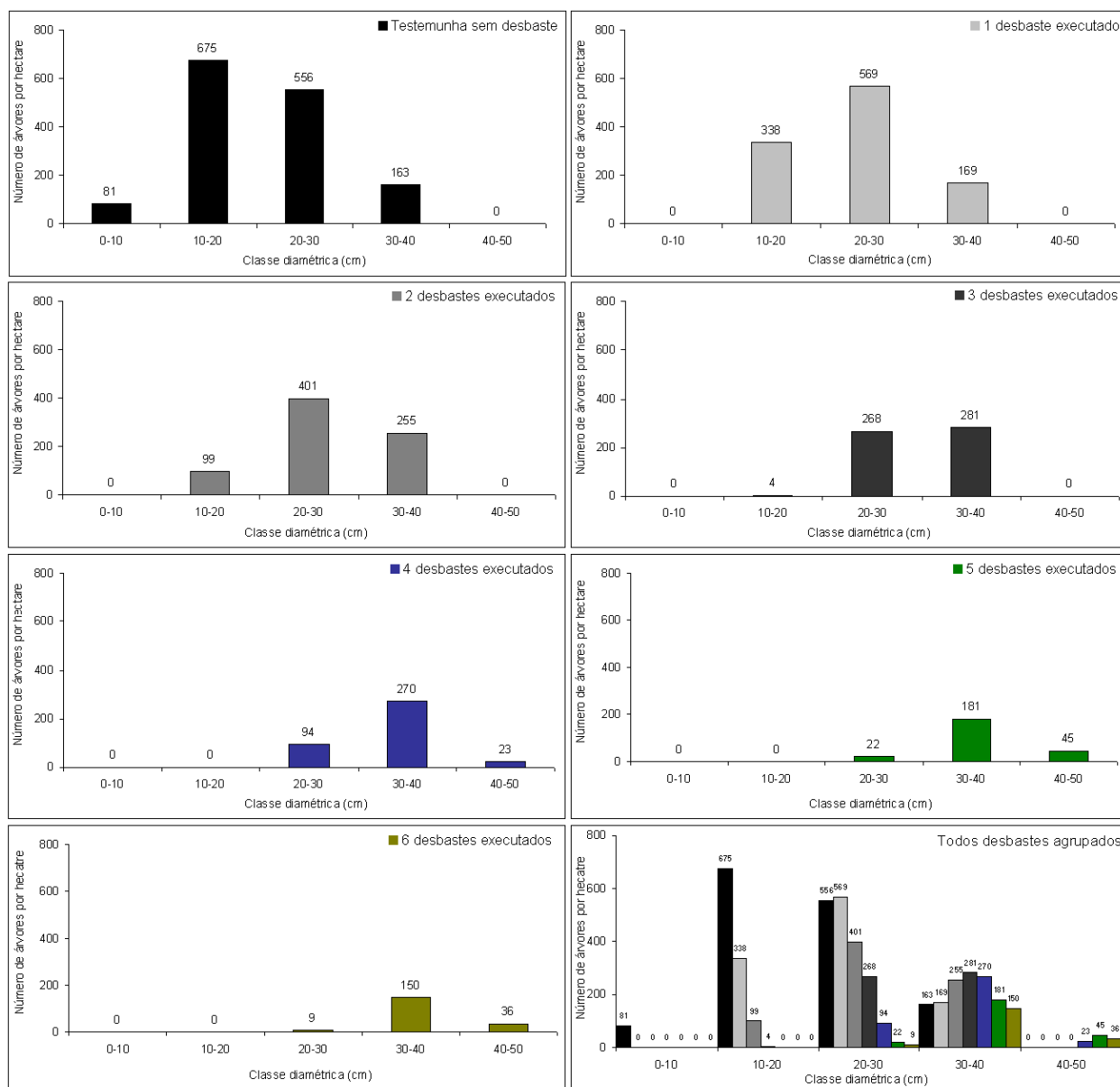
Observa-se ainda que o maior aumento em diâmetro, obtido nas árvores centrais, ocorreu entre os tratamentos testemunha (sem desbaste) e com 6 desbastes executados, resultando em um acréscimo de 19,9 cm (112,4%), não diferindo estatisticamente da relação entre a testemunha e o tratamento com 5 desbastes, igual a 18,2 cm, ou seja, 102,8%. Para os demais tratamentos, quando comparados com a testemunha, verifica-se um acréscimo significativo em diâmetro, com valores de 28,8% (5,1 cm); 46,3% (8,2 cm); 63,3% (11,2 cm) e 88,1% (15,6 cm) nos tratamentos 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

Esses resultados logicamente eram esperados devido aos desbastes executados por baixo, já que assim se eleva o valor do diâmetro central, imediatamente após a intervenção, e também com o decorrer do tempo devido à reação fisiológica das árvores e, estão de acordo com a maioria dos relatos encontrados na literatura, como os de Monteiro et al. (1984); Blanco et al. (1988), Berger (2000), Lima et al. (2000) e Scheeren (2003).

2.3.2 Distribuição diamétrica das árvores

Para complementar os resultados encontrados na comparação entre as médias dos diâmetros, foi elaborada a distribuição diamétrica dos indivíduos. A Figura 2.4 mostra a distribuição de frequência para o número de árvores por hectare, em distintas classes diamétricas, para os diferentes tratamentos, aos 18 anos de idade.

Conforme já era esperado, principalmente pelos desbastes terem sido executados por baixo, ou seja, retirando indivíduos defeituosos e de menores dimensões, pode-se observar que o maior número de desbastes proporcionou um aumento em diâmetro nas árvores remanescentes, com uma respectiva redução do número de árvores por hectare (Figura 2.4).



Legenda:

Testemunha sem desbaste
 1 desbaste executado
 2 desbastes executados
 3 desbastes executados
 4 desbastes executados
 5 desbastes executados
 6 desbastes executados

FIGURA 2.4 – Distribuição de frequência do número de árvores por hectare de *Eucalyptus grandis* em função da classe diamétrica e do número de desbastes executados.

Assim, do ponto de vista silvicultural, a execução dos desbastes atendeu um dos seus objetivos principais, que é, segundo Schneider et al. (1991), elevar o valor comercial dos sortimentos com o aumento da dimensão individual das árvores.

Entretanto, analisando o número de árvores por hectare em função da classe diamétrica na Figura 2.4 e considerando um enfoque tecnológico, como a produção de toras para serraria, por exemplo, verifica-se que desbastes superiores a duas intervenções mostram-se desnecessários ou até desvantajosos.

A principal justificativa de tal argumento baseia-se na redução excessiva do número de árvores nas classes diamétricas inferiores quando mais uma intervenção é executada, em confrontação com o pequeno acréscimo de indivíduos nas classes diamétricas superiores. Isso pode ser evidenciado comparando o número de indivíduos pertencentes à classe diamétrica de 20 a 30 cm e de 30 a 40 cm, quando dois ou três; três ou quatro; quatro ou cinco e cinco ou seis desbastes são efetuados (Figura 2.4).

Os resultados da primeira comparação, por exemplo, (dois ou três desbastes) mostraram que desbastes com duas intervenções proporcionaram um enquadramento de 401 árvores por hectare na classe de 20 a 30 cm, ao passo que, na execução de três desbastes, esse número se reduziu quase pela metade (258 árvores por hectare). Quando comparada a classe de 30 a 40 cm, percebe-se que o número de indivíduos é próximo para as duas situações analisadas (255 e 281 árvores por hectare com dois e três desbastes, respectivamente). Ou seja, o incremento em número de indivíduos de maior diâmetro é pequeno em relação ao número de indivíduos retirados, permitindo inferir que desbastes superiores a duas intervenções são dispensáveis.

Cabe ressaltar mais uma vez que o raciocínio também é válido quando três ou mais desbastes são executados. Um exemplo pode ser observado na comparação entre quatro e cinco desbastes aplicados (Figura 2.4), em que o aumento do número dessa intervenção resulta no acréscimo de 22 árvores por hectare na classe de 40 a 50 cm. Porém, nas classes imediatamente inferiores, de 30 a 40 cm e de 20 a 30 cm, reduz-se, consideravelmente, o número de árvores por hectare em 89 e 72 indivíduos por hectare, respectivamente.

Dessa forma, percebe-se que, excluindo a justificativa da existência de um mercado que compense a perda de árvores de menores dimensões, intervenções superiores a dois desbastes no povoamento não são recomendadas.

2.3.3 Altura total

A análise de variância para a variável altura total das árvores dominantes (h_{100}), na Tabela 9.1.3 (Apêndice 1), evidenciou que o fator número de desbastes não foi significativo em nível $\alpha = 5\%$ de probabilidade de erro, apresentando valor de F igual a 1,13.

Esse resultado era esperado e confirma a Teoria de Assmann de que os desbastes, quando executados por baixo, não afetam a altura das árvores dominantes, mesmo quando a média desse estrato é estudada. Resultados obtidos por Aguiar et al. (1995) para *Corymbia citriodora*, aos 14 anos de idade, também mostram que a altura dominante média não foi alterada pelo desbaste. As mesmas conclusões foram descritas por Trevisan (2006) estudando a espécie *Eucalyptus grandis*, aos 14 anos de idade, porém analisando as maiores árvores de cada tratamento.

Com relação às árvores centrais, a Tabela 9.1.4 (Apêndice 1) mostra que a análise de variância para a variável altura total (h_z) foi significativa em função do número de desbastes analisados, com valor de F igual a 25,32. Na Tabela 2.3, que apresenta o teste de comparação de médias (teste T – DMS), é possível observar que a variável h_z não apresenta diferença significativa nos tratamentos com desbastes acima de três intervenções.

Verifica-se ainda, na Tabela 2.3, que todas as médias foram estatisticamente diferentes em relação à testemunha sem desbaste. Esse resultado evidenciou que o efeito da competição no crescimento da altura média não foi eliminado pelo desbaste, mesmo quando o número de intervenções executadas foi baixo. Assim, a estabilização da competição pode ser observada somente quando tratamentos com intervenções superiores a três desbastes são aplicados.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Lopez; Aparício (1995) e Trevisan (2006), que relacionaram as diferenças de altura encontradas com o nível de competição entre os indivíduos, concluindo que o maior número de árvores dominadas resulta em uma tendência de alturas médias menores nos povoamentos mais densos.

TABELA 2.3 – Comparação de médias da altura total das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função do número de desbastes executados.

Tratamento (Desbastes executados)	hz (m)	Incremento em relação à testemunha sem desbaste	
		metros	%
6 (5)	41,8 a ¹	13,2	46,2
7 (6)	41,4 a	12,8	44,8
5 (4)	40,7 ab	12,1	42,3
4 (3)	39,6 ab	11,0	38,5
3 (2)	38,4 b	9,8	34,3
2 (1)	35,0 c	6,4	22,4
1 (0)	28,6 d	-	-
CV (%)	9,2	-	-

Sendo: hz = altura total da árvore de diâmetro central, m; CV = coeficiente de variação, %. ¹ Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste DMS (Diferença Mínima Significativa, $\alpha = 5\%$).

Da mesma forma, Balloni; Simões (1980) também descrevem uma diminuição da altura média com o uso de menores espaços vitais, comentando ainda a existência de várias controvérsias em relação à influência desse fator sobre o crescimento em altura das árvores. Uma dessas controvérsias pode ser observada nas citações de Scheeren (2003), em que o autor relata a eliminação da competição sobre a altura média com a utilização de desbastes, mesmo no caso de desbastes com intervenções leves.

2.3.4 Fator de forma artificial

As análises de variância para a variável fator de forma artificial (f) das árvores dominantes e das centrais, em função número de desbastes aplicados (Tabelas 9.1.5 e 9.1.6 no Apêndice 1), assim como a comparação entre esses estratos em cada tratamento (Tabelas 9.1.7 a 9.1.13 no Apêndice 1), não evidenciaram diferenças significativas em nível $\alpha = 5\%$ de probabilidade de erro.

Dessa maneira, o fator de forma artificial médio, encontrado para a espécie *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, foi de 0,4383. A Figura 2.5 apresenta a

dispersão dessa variável para cada tratamento (Tabela 2.1) e a respectiva média em destaque, por estrato analisado.

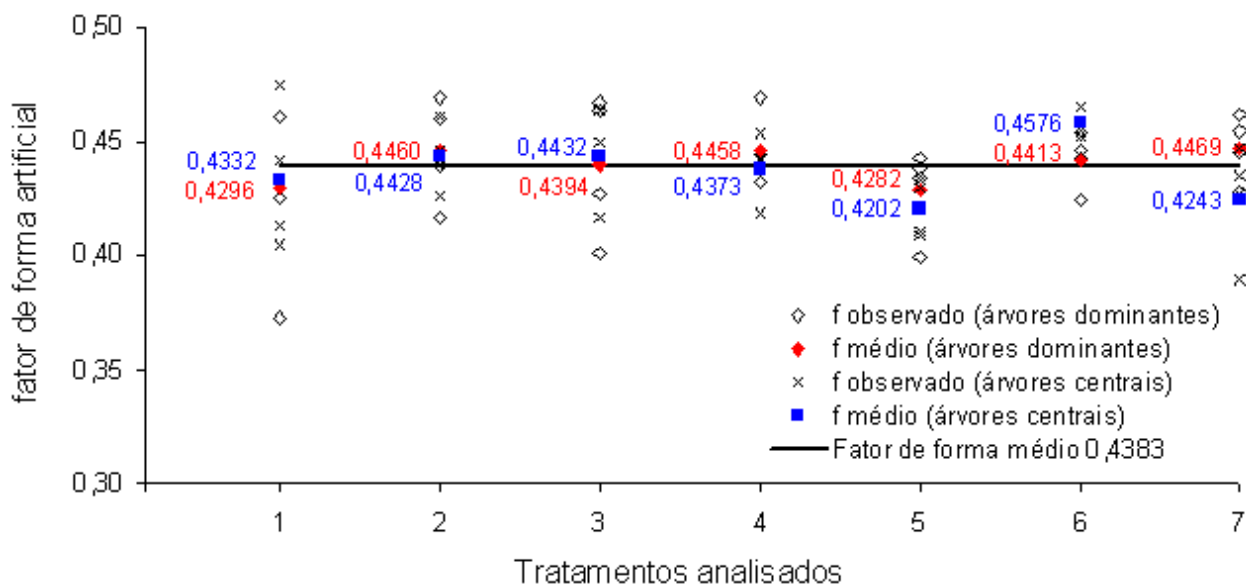


FIGURA 2.5 – Dispersão do fator de forma artificial em função do tratamento, para o estrato dominante e médio.

Resultados semelhantes foram descritos por Scheeren (2003) que, estudando a espécie *Eucalyptus saligna*, aos 11 anos de idade, evidenciou não haver influência do desbaste no fator de forma artificial.

2.3.5 Volume

2.3.5.1 Volume individual

Os resultados das análises de variância referentes à avaliação do volume das árvores dominantes e centrais, em função dos tratamentos de desbaste, estão descritos nas Tabelas 9.1.14 e 9.1.15, respectivamente (Apêndice 1).

Na Tabela 2.4, que apresenta o teste de comparação de médias (teste T – DMS), é possível observar que o volume das árvores dominantes e das centrais seguiu a

mesma variação encontrada para o estudo do diâmetro, ou seja, não apresenta diferença significativa nos tratamentos com intervenções superiores a quatro desbastes.

TABELA 2.4 – Comparação de médias do volume das árvores dominantes e das centrais de *Eucalyptus grandis* em função dos tratamentos de desbaste.

Tratamento (Desbastes executados)	V ₁₀₀ (m ³)	V _z (m ³)
7 (6)	2,4262 a ¹	2,0691 a
6 (5)	2,3867 a	1,9396 a
5 (4)	1,9672 b	1,3857 b
4 (3)	1,8095 b	1,1366 c
3 (2)	1,9837 b	0,8442 d
2 (1)	2,0178 b	0,6333 e
1 (0)	1,7886 b	0,3142 f
CV (%)	14	54

Sendo: v₁₀₀ = volume da árvore dominante de Assmann, m³; v_z = volume da árvore de diâmetro central, m³; CV = coeficiente de variação, %. ¹ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste DMS (Diferença Mínima Significativa, $\alpha = 5\%$).

Para as árvores dominantes, o resultado apresentado na Tabela 2.4 já era esperado, uma vez que a altura total dos indivíduos desse estrato não foi influenciada pelo desbaste. Assim, a justificativa para o efeito significativo dessa intervenção silvicultural, provavelmente, também está associada com a execução dos desbastes, conforme já mencionado no estudo do diâmetro à altura do peito das árvores dominantes.

Com relação às árvores centrais, observa-se, na Tabela 2.4, que todas as médias do volume foram estatisticamente diferentes em relação à testemunha sem desbaste. Esse resultado confirma que o efeito da competição no volume, assim como no diâmetro à altura do peito e na altura total desse estrato, também não foi eliminado com o desbaste, mesmo quando o número de desbastes executados foi baixo. Dessa maneira, verifica-se que a estabilização da competição pode ser observada somente quando intervenções superiores a quatro desbastes são realizadas.

Os resultados apresentados são semelhantes aos encontrados por Fishwick (1976), Berger (2000) e Trevisan (2006), nos quais os maiores espaços vitais ocasionaram maiores volumes individuais. O desenvolvimento em diâmetro e altura também contribuiu significativamente para a obtenção de maiores volumes individuais nesses espaçamentos.

2.3.5.2 Volume por hectare

O resultado da análise de variância referente à avaliação do volume por hectare em função dos tratamentos de desbaste está descrito na Tabela 9.1.16 (Apêndice 1). Na Tabela 2.5, que mostra o teste de comparação de médias (teste T – DMS), verifica-se que o volume por hectare apresentou diferenças significativas entre os tratamentos de desbaste, aos 18 anos de idade.

TABELA 2.5 – Comparação de médias do volume por hectare para *Eucalyptus grandis* em função dos tratamentos de desbaste.

Tratamento (Desbastes executados)	V (m ³ /ha)
1 (0)	773,9 a
2 (1)	796,2 a
3 (2)	769,2 a
4 (3)	695,0 b
5 (4)	610,8 c
6 (5)	452,1 d
7 (6)	350,8 e
CV (%)	26,4

Sendo: V = volume por hectare, m³; CV = coeficiente de variação, %. ¹ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste DMS (Diferença Mínima Significativa, $\alpha = 5\%$).

Ao analisar as médias da Tabela 2.5, observa-se que, a partir do segundo desbaste executado, correspondente ao tratamento 3, quanto maior o número dessas intervenções e conseqüente aumento do espaço vital, menor o volume por hectare.

Percebe-se que, quando comparado com a testemunha sem desbaste, esse tratamento acarretou uma redução volumétrica não significativa igual a 0,6% (4,7 m³/ha).

Entretanto, a partir de dois desbastes, os resultados indicam uma redução volumétrica significativa quando comparada com a testemunha sem desbaste, variando de 10,2% (78,9 m³/ha), no tratamento 4, até 54,7% (423,1 m³/ha), no tratamento 7. Assim, pode-se evidenciar que, considerando a variável volume por hectare, desbastes superiores a duas intervenções ainda mostram-se desnecessários em função da elevada redução volumétrica ocasionada.

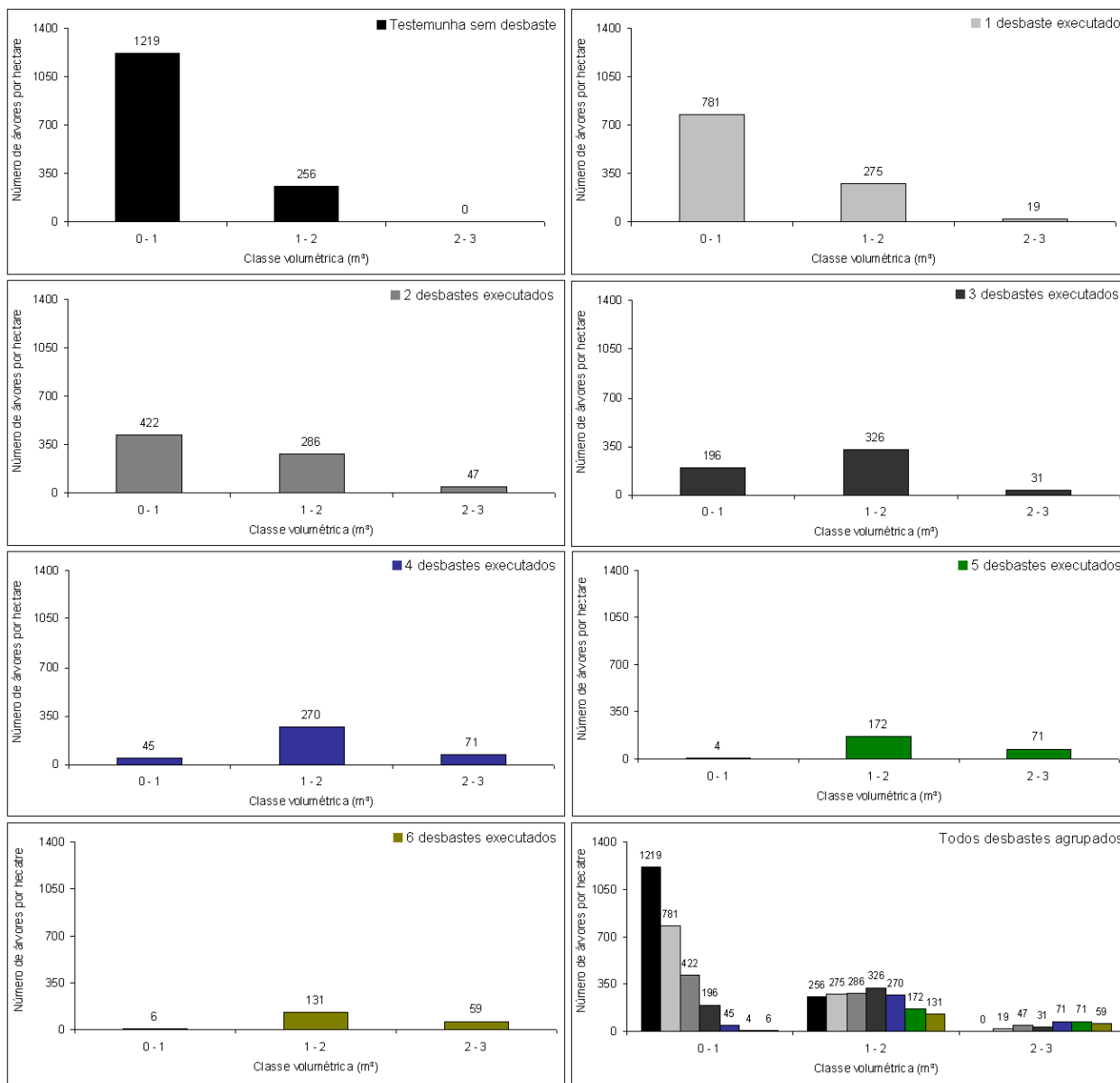
Esses resultados estão de acordo com a constatação de Assmann (1970) apud Schneider (2002) de que as áreas manejadas com desbastes pesados produzem menores volumes que as com desbastes leves, mesmo quando desbastes pesados proporcionam maior crescimento em área basal.

Para complementar os resultados obtidos, foi realizada a distribuição volumétrica dos indivíduos em três classes de volume (0 a 1 m³; 1 a 2 m³; 2 a 3 m³), considerando o número de árvores por hectare em cada tratamento de desbaste, aos 18 anos de idade (Figura 2.6).

Conforme já mencionado no estudo do número de árvores por hectare em função da distribuição diamétrica, pode-se observar que os tratamentos com maior número de desbastes executados também transferiram maior número de árvores por hectare para classes volumétricas superiores (Figura 2.6).

Assim, da mesma forma como citado anteriormente, porém agora analisando o número de árvores por hectare em função da classe volumétrica (Figura 2.6) e considerando o enfoque tecnológico de produção de toras para serraria, por exemplo, verifica-se que desbastes superiores a duas intervenções ainda mostram-se desnecessários ou até desvantajosos.

A principal justificativa de tal argumento baseia-se na redução excessiva do número de árvores quando duas ou mais intervenções de desbaste são executadas e no pequeno acréscimo de indivíduos em classes volumétricas superiores. Isso pode ser evidenciado comparando, por exemplo, o número de indivíduos pertencentes à classe volumétrica de 0 a 1 m³; 1 a 2 m³ e 2 a 3 m³ quando dois e três desbastes são efetuados (Figura 2.6).



Legenda:

- Testemunha sem desbaste ■ 2 desbastes executados ■ 4 desbastes executados ■ 6 desbastes executados
- 1 desbaste executado ■ 3 desbastes executados ■ 5 desbastes executados

FIGURA 2.6 – Distribuição de frequência do número de árvores por hectare de *Eucalyptus grandis* em função da classe volumétrica e do número de desbastes executados.

Percebe-se que a área com dois desbastes apresenta 422 indivíduos por hectare na classe volumétrica de 0 a 1 m³, ao passo que, com a execução de mais um desbaste, esse número reduz para 196 árvores por hectare. Quando comparada a

classe de 1 a 2 m³ pode-se observar que o número de indivíduos é próximo para os dois tratamentos analisados (286 e 326 árvores por hectare com dois e três desbastes, respectivamente), ou seja, o incremento em 40 árvores por hectare a favor do tratamento com três desbastes é pequeno em relação ao número de indivíduos retirados na classe imediatamente abaixo.

Por fim, analisando a classe volumétrica de 2 a 3 m³, verifica-se que o tratamento com dois desbastes resultou em 16 indivíduos por hectare a mais que o tratamento com três desbastes, comprovando que intervenções superiores à recomendada são dispensáveis. Cabe ressaltar ainda que o raciocínio também é válido quando três ou mais desbastes são executados.

Dessa forma, percebe-se que, para a variável volume, intervenções superiores a dois desbastes no povoamento, excluindo a justificativa da existência de um mercado que compense a perda de árvores de menores dimensões, não são recomendadas.

2.4 Conclusões

Os resultados do efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, permitem concluir que:

- Os desbastes por baixo alteraram os parâmetros dendrométricos das árvores de diâmetro central mas não interferem nos das dominantes.
- Para as árvores centrais, o DAP mostrou uma tendência significativa de aumento com o número de desbastes executados. Entretanto, cabe salientar que, assim como nas árvores dominantes, nos tratamentos com 5 e 6 desbastes, o DAP dos indivíduos foi estatisticamente igual.
- A altura das árvores dominantes não foi alterada pelos tratamentos de desbaste, porém, com relação às árvores centrais, verificou-se uma tendência significativa de aumento com o aumento do espaço vital até o terceiro desbaste.

- O fator de forma artificial, tanto para as árvores dominantes quanto para as de diâmetro central em função do desbaste, assim como a comparação entre esses estratos, não resultou em diferenças significativas.

- Para as árvores dominantes, intervenções superiores a quatro desbastes modificaram a média do volume individual, enquanto no estrato médio houve uma tendência significativa de aumento gradativo do volume individual com o espaço vital, até o quinto desbaste executado.

- As maiores intervenções de desbaste proporcionaram um aumento em DAP, na altura e no volume das árvores remanescentes, com uma respectiva redução no volume e no número de árvores por hectare. Num enfoque tecnológico, como produção de madeira serrada, verifica-se que desbastes superiores a duas intervenções mostraram-se desvantajosos devido a redução excessiva do número de árvores e do volume por hectare, assim como, devido ao pequeno acréscimo de indivíduos em classes diamétricas e volumétricas superiores.

- Por fim, os estudos realizados atestam que é possível aliar o manejo de povoamentos do gênero *Eucalyptus* com aspectos práticos que envolvem a utilização de madeira com características dimensionais desejáveis, com vistas ao melhor aproveitamento tecnológico e/ou comercial.

2.5 Bibliografia

ACERBI JUNIOR, F. W. et al. Manejo para produção de múltiplos produtos da madeira de eucalipto. In: OLIVEIRA, J.T.S.; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. **TECNOLOGIAS APLICADAS AO SETOR MADEIREIRO III**. 1 ed. Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora Ltda., 2008. p.163-193. v.1.

AGUIAR, I. B. et al. Efeito de intensidades de desbaste sobre o crescimento em altura e diâmetro de *Corymbia citriodora* Hook. **Revista IPEF**, Piracicaba, n. 48/49, p.1-7, 1995.

ANDRADE, E. N. **O eucalipto**. 2. ed. Jundiaí: Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 1961. 667 p.

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

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **Revista IPEF**, 1980. 16 p. (Série Técnica, 3).

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilização**. 2000. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

BERTOLANI, F.; NICOLIELO, N.; CHAVES, R. Manejo de *Eucalyptus* sp. para serraria: a experiência da Duratex S.A. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: LCF/ESALQ/USP, 1995. p. 31-40.

BLANCO, J. J. et al. Comportamiento de *Pinus tropicalis* en cinco espaciamentos de plantación en los suelos ferralíticos cuarcíticos amarillos de Viñales, Cuba. **Revista Forestal Baracoa**, La Habana, v. 18, n. 2, p. 21-30, 1988.

BREDENKAMP, B. The CCT concept in spacing research – a review. In: THE IUFRO SYMPOSIUM. 1984, Pietermaritzburg. **Proceedings...** Pietermaritzburg: IUFRO, 1984.

COUTO, H. T. Z. Manejo de floresta e sua utilização em serraria. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: LCF/ESALQ/USP, 1995. p. 21-30.

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

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

FISHWICK, R. W. Estudo de espaçamentos e desbastes em plantações brasileiras. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, v. 7, p. 13-23, jun. 1976.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; NOGUEIRA, M. C. S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 58, p. 111-125, dez. 2000.

LIMA, I. L. **Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2005. 161 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)—Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2005.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Influência do desbaste em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 151-160, dez. 2005.

LOPEZ, J. A.; APARICIO, J. L. Crecimiento y producción de *Eucalyptus grandis* com diferentes densidades de plantación (Información hasta el 120 año de edad). **INTA**, Bella Vista, 1995. 12 p. (Informe Técnico nº 8).

MAESTRI, R.; NUTTO, L.; SARTORIO, R. C. Ganhos tecnológicos na produção de madeira reflorestada sob manejo. In: SEMINÁRIO DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO E TECNOLOGIAS EMERGENTES PARA A INDÚSTRIA MOVELEIRA – MADETEC, 3., 2005, Vitória. **Anais...** Viçosa, MG: SIF/DEF/UFV, 2005.

MALAN, F. S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n.163, p.13-20, dez. 1992.

MATTHEWS, J. D. Some applications of genetics and physiology in thinning. **Forestry**, Oxford, v. 36, n. 2, p. 172-180, jan. 1963.

MONTEIRO ALVES, A. A. **Técnicas de produção florestal: fundamentos, tipificação e métodos**. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Científica, 1982. 331 p.

MONTEIRO, R. F. R.; CORDEIRO, J. A.; KIKUTI, P. Competição entre espaçamentos com *Eucalyptus dunnii* Maiden. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 5., 1984. Nova Prata, RS. **Anais...** Nova Prata, 1984.

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.

NAHUZ, M. A. R.; FRANCO, N.; FIGUEROA, F. M. Z. O uso estrutural da madeira de eucalipto: a experiência do IPT. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA E ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIA APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1., 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SIF, 1998. p. 125-133.

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

NOGUEIRA, G. S.; LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C. C.; et al. Determinação da idade técnica de desbaste em plantações de eucalipto utilizando o método dos ingressos percentuais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 59, p. 51-59, jun. 2001.

OLIVEIRA, J. T. S. Experiência mundial com a madeira de eucalipto. **Revista da Madeira**, Curitiba, v.9, n.54, p.98-100, fev. 2001.

OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: Ed. Suprema, 2008. 290p.

REINSTORF, L. O. **The influence of stand density on growth of *Pinus elliottii***. 1970. 62 f. Dissertação (Mestrado)–University of Stellenbosch, Stellenbosch, 1970.

SANQUETTA, C. R. et al. Produção de madeira para laminação em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a diferentes densidades e regimes de desbaste: uma abordagem experimental. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 28, n. 1/2, p. 80-96, jun./dez. 1998.

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

SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: Planejamento da produção florestal**. Santa Maria: UFSM, 2002. 492 p.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; COZER, E. Efeito da intensidade de desbaste sobre o crescimento e produção de povoamentos de *Pinus elliottii* E. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE FLORESTAS PLANTADAS, 1., 1991, Esteio, **Anais...** Santa Maria: CEPEF/FATEC/ UFSM, p.150-167. 1991.

SCHNEIDER, P. R. et al. Produção de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 129-140, nov. 1998.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566p.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. Curso de Especialização Pós-Graduação “Lato-Sensu” por Tutoria à Distância – Manejo de florestas plantadas ou nativas. Lavras: UFLA/FAEPE, 2008. 585p.

_____. **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 438 p.

SILVA, J. F. **Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e sua interação com espaçamentos**. 1990. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

SOARES, T. S.; SILVA M. L.; GAMA J. R. V.; et al. Avaliação econômica de plantações de eucalipto submetidas a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 481-486, jul./ago. 2003.

STAPE, J. L.; MARTINI, E. L. Desbaste de *Eucalyptus*: opção de manejo para áreas com limitações ambientais ao corte raso. In: ENCONTRO TÉCNICO FLORESTAL, 5. 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, p. 30-51. 1991.

TREVISAN, R. **Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)—Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

ZOBEL, B. Wood quality from fast-grown plantations. **Tappi**, Atlanta, v. 64, n. 1, p. 17-74, Jan. 1981.

3 EFEITO DO DESBASTE NAS RACHADURAS DE TOPO DAS TORAS DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

3.1 Introdução

As restrições impostas à utilização de madeiras nobres, devido ao uso insustentável dessa matéria-prima e à crescente preocupação com a conservação das espécies nativas euxilóforas, foram quesitos importantes para o êxito do gênero *Eucalyptus* no setor florestal brasileiro. Desde então, a busca por produtividade e qualidade desses povoamentos florestais tem sido alvo de inúmeras pesquisas (TREVISAN et al., 2008).

Entretanto, a grande maioria das espécies de *Eucalyptus* de rápido crescimento apresenta limitações técnicas quanto à substituição das madeiras tropicais na indústria madeireira devido a ocorrência de defeitos na madeira como, por exemplo, rachaduras e empenamentos, que podem ser causados pelas tensões de crescimento (SCHACHT et al., 1998; TRUGILHO et al., 2002; SCANAVACA JUNIOR; GARCIA, 2003; HASELEIN et al., 2004; LIMA et al., 2004). Nesse contexto, atualmente, busca-se estudar esse fenômeno, na expectativa de avaliar a sua relação com a ocorrência de defeitos na madeira sólida e, com isso, tentar amenizar o seu efeito, provocando a melhoria da qualidade do produto, agregando valor e aumentando sua competitividade (MALAN; HOON, 1992; SCHACHT et al., 1998; ROCHA; TOMASELLI, 2002; TRUGILHO et al., 2002).

Alguns autores, como Lima et al. (2004), Trugilho et al. (2004) e Lima et al. (2007), relatam que, mesmo considerando a importância do conhecimento dos níveis, dos efeitos, das variações e das possíveis formas de controle das tensões de crescimento para a utilização da madeira de eucalipto, esse tema tem sido pouco estudado no Brasil.

De acordo com Del Menezzi (1999) e Assis (2000), o gênero *Eucalyptus* é, por vezes, referido como de difícil processamento, em razão dos altos níveis de tensões de

crescimento, os quais, aliados às perdas durante a secagem, dificultam a obtenção de material com qualidade superior. As rachaduras associadas a essas tensões, juntamente com os defeitos de secagem, trazem como resultado perdas significativas de material durante o processamento industrial, aspectos considerados como principais entraves à utilização econômica desse gênero (MALAN, 1979; JANKOWSKY, 1995; TRUGILHO et al., 2004; LIMA et al., 2007).

As tensões de crescimento, características intrínsecas ao crescimento natural de coníferas e folhosas, resultam da ação de forças internas sobre os tecidos das árvores de forma a mantê-las estáveis e eretas (JACOBS, 1945; FERRAND, 1983; WASHUSEN, 2002; LIMA et al., 2004). Essas forças desenvolvem-se no interior do fuste de árvores vivas e se originam na região cambial durante a maturação das células (DINWOODIE, 1966). Nessa fase, as células tendem a contrair-se longitudinalmente e, ao mesmo tempo, expandir-se transversalmente (JACOBS, 1945).

Segundo Vermaas (2000), esse é um problema próprio e inerente ao uso de florestas jovens, nas quais os níveis de tensões de crescimento manifestam-se de forma mais proeminente que em florestas maduras. Nicholson (1973) também relata que a idade da árvore pode contribuir para a redução da magnitude das tensões de crescimento, uma vez que, com o passar do tempo, aumentam o comprimento e a espessura da parede das fibras, a porcentagem de cerne e a massa específica básica da madeira.

Conforme Lisboa (1993), as tensões de crescimento devem ser diferenciadas de outras tensões adicionais que possam se desenvolver no interior da madeira. São distintas de forças gravitacionais, exercidas sobre a árvore antes da derrubada, e não devem ser confundidas com forças de tensões de seiva, tensões de secagem e nem com forças criadas pelo efeito do abate da árvore.

Em resumo, as tensões de crescimento não incluem qualquer força de origem externa, e todas as rachaduras que ocorrem na madeira com umidade acima do ponto de saturação das fibras têm sua origem nessas tensões (MIRANDA; NAHUZ, 1999; BARISKA, 1990).

De acordo com Lisboa (1993), Latorraca; Albuquerque (2000), Rocha; Tomaselli (2002) e Trugilho et al. (2004), o impacto das tensões de crescimento sobre a madeira

resulta no aparecimento de rachaduras de topo e rachaduras internas, no momento em que a pressão (tensão) é liberada, ou seja, no momento do corte. Assim, conforme Malan (1979) e Garcia (1995) a zona periférica da tora, sob tração, tende, após a derrubada, a contrair-se e, a parte central sob compressão, a expandir-se, causando as rachaduras de topo nas toras.

Oliveira et al. (1999) relatam que árvores com elevado nível de tensões de crescimento desenvolvem rachaduras radiais durante e após o abate, principalmente se tais árvores forem mantidas diretamente expostas ao sol. Essas rachaduras de topo normalmente ocorrem até um período de 3 dias (MALAN, 1979); 4 dias (SCHACHT; GARCIA, 1997; SCHACHT et al., 1998); 5 dias (BARISKA, 1990) ou uma semana após a derrubada (OLIVEIRA et al., 1999). Posteriormente a esse período, geralmente ocorrem fendilhamentos adicionais, além de empenamentos nas tábuas, devido à influência de outros tipos de tensões existentes nas toras (HILLIS, 1984; PURNELL, 1988).

Segundo Shönau; Coetzee (1989), os elevados níveis de tensões de crescimento da madeira ainda não são totalmente conhecidos, mas há fortes indícios que possam estar ligados ao seu genótipo, idade, tamanho da tora, taxa de crescimento e inclinação da árvore. Entretanto, de acordo com Opie et al. (1984), esses níveis podem ainda ser agravados dependendo das práticas silviculturais adotadas, das condições de crescimento da árvore e dos métodos de exploração utilizados.

Hillis; Brown (1978) consideram que não existe evidência quantitativa do aumento das tensões de crescimento relacionado com a rapidez de crescimento da árvore. Para Ponce (1995), há uma tendência de se atribuir grandes taxas de crescimento à causa das tensões de crescimento e suas consequências nos eucaliptos. Todavia, não está provado que taxas maiores de crescimento induzem maiores níveis de tensões.

De acordo com Malan (1979), existem poucas informações a respeito da influência da intervenção de desbaste nas tensões de crescimento. Entretanto, Kubler (1987) e Nutto; Maestri (2002) evidenciaram que o nível e a distribuição das tensões de crescimento em árvores dependem, provavelmente, de parâmetros de crescimento que podem ser influenciados por meio do manejo.

Ferrand (1983), analisando o efeito do manejo em *Eucalyptus delegatensis* e *Eucalyptus nitens*, verificou que desbastes moderados não influenciaram as tensões de crescimento. Contudo, intervenções intensas e precoces reduziram-nas.

Conforme Wilkins; Kitahara (1991), intervenções silviculturais de desbaste efetuadas em uma população de *Eucalyptus grandis*, aos 12,5 anos de idade, aumentaram a taxa de crescimento das árvores e diminuíram a tensão de crescimento, que, segundo Ferrand (1983), é a causa principal do aparecimento de rachaduras na madeira. As mesmas conclusões foram descritas por Miranda; Nahuz (1999), que afirmam que o maior espaçamento de plantio reduziu a percentagem de rachaduras de topo das tábuas e, conseqüentemente, a perda de material serrado.

Já Malan; Hoon (1992), estudando um povoamento de *Eucalyptus grandis*, com 34 anos de idade, relataram que os desbastes gradativos permitem a manutenção do ritmo de crescimento, resultando em tensões menores e com menos rachaduras de topo de tora. Os autores observaram ainda que ritmos de crescimento acelerados e constantes reduziram as variações internas das propriedades da madeira, concluindo que devem ser realizados desbastes e outras práticas silviculturais para superar os problemas mais importantes no uso da madeira serrada de eucalipto.

Lima et al. (2000), analisando a influência dos desbastes nos níveis de tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, concluíram que, dentro de uma mesma classe de DAP, as diferentes intensidades de desbaste não influenciaram significativamente as rachaduras de peças serradas úmidas. Entretanto, com relação às rachaduras de topos de toras e ao encurvamento de peças serradas úmidas, houve influência da intervenção silvicultural.

Contudo, Malan (1988) e Lima et al. (2007), em seus relatos sobre a espécie *Eucalyptus grandis*, supõem que as práticas silviculturais não podem ser caracterizadas como um instrumento único para reduzir o nível de tensões de crescimento, pois os fatores genéticos também podem estar envolvidos.

Resultados semelhantes descritos por Zobel; Jett (1995), para as espécies de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus globulus*, evidenciaram que, devido à grande variação das rachaduras de árvore para árvore, é possível a seleção e clonagem de genótipos com menor propensão a esse parâmetro.

No que se refere à variação da tensão de crescimento com a altura da árvore, a bibliografia revela que existem 4 tipos de tendências: sem correlação (KUBLER, 1987; SANTOS, 2002; LIMA et al., 2007); crescente (CHAFE, 1981; GARCIA, 1995; MIRANDA; NAHUZ, 1999; TRUGILHO et al., 2002); crescente até a metade da altura da árvore e a partir desse ponto decrescente (PURNELL, 1988; MELLADO, 1993; DEL MENEZZI, 1999; LIMA et al., 2000;); e decrescente (CHAFE, 1985; SCHACHT; GARCIA, 1997;).

Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo verificar o efeito do desbaste nas rachaduras de topo das toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, aos 18 anos de idade, bem como a variação longitudinal desse fenômeno em árvores dominantes e centrais, no intuito de fornecer mais informações relacionadas à qualidade do material quando submetido a essa intervenção.

3.2 Material e métodos

A localização e a caracterização da área experimental, bem como a descrição do experimento de desbaste, seleção e amostragem das árvores utilizadas, seguem os procedimentos descritos nos itens 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3, respectivamente.

3.2.1 Rachaduras de topo das toras

Para a análise das rachaduras de topo das árvores dominantes e das centrais, selecionadas em cada tratamento (Figura 3.1A), foram confeccionadas quatro toras formadas entre as posições do DAP e 25%; 25% e 50%; 50% e 75%; e 75% e 100% da altura comercial, definida pelo diâmetro de 13 cm, que corresponde ao limite para entrada de toras na serraria da empresa (Figura 3.1B), totalizando 224 unidades amostradas.

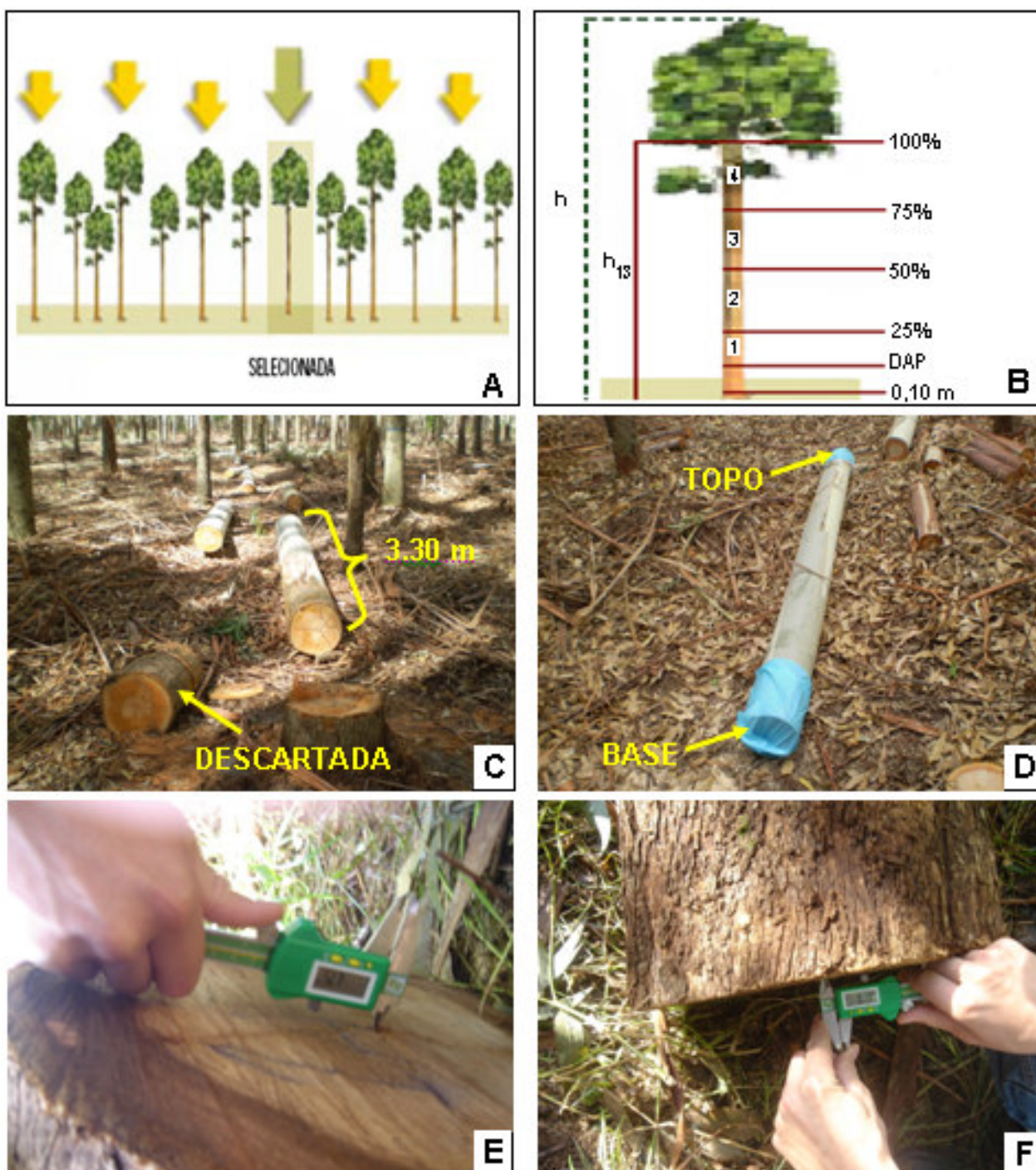


FIGURA 3.1 – Amostragem dos dados de rachadura de topo das toras: A – exemplo de seleção para árvore dominante; B – toras amostradas para análise das rachaduras de topo; C – confecção e dimensionamento das toras; D – identificação e proteção das extremidades das toras; E, F – coleta dos dados (Fonte: Autor).

O comprimento total de cada tora, igual a 3,30 m a partir das posições iniciais já mencionadas, também seguiu as especificações de desdobro da empresa. Por essa razão e devido à coleta de material para outras análises, a primeira porção da árvore formada pela base (0,10 m) e DAP não foi amostrada (Figura 3.1C). Cabe ressaltar ainda que, no momento da toragem, as árvores foram devidamente apoiadas para evitar as rachaduras resultantes das tensões de flexão.

Após o dimensionamento, cada tora recebeu, em ambas as extremidades, uma numeração de acordo com sua localização experimental e posicionamento em relação à altura, para em seguida, ser coberta com saco plástico (Figura 3.1D). Essa ação teve por objetivo minimizar as perdas naturais de umidade e, conseqüentemente, os efeitos da secagem ao ar livre no desenvolvimento de rachaduras.

As toras permaneceram no campo sem sofrer qualquer restrição mecânica por um período de quatro dias após o abate. No início do quinto dia, o saco plástico foi retirado de cada extremidade da amostra, e as mensurações de abertura máxima e comprimento das rachaduras na seção transversal (base e topo), quando ocorriam, assim como o raio médio livre desse defeito, foram realizadas com auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm (Figuras 3.1E e 3.1F). É interessante destacar que o período de permanência das toras no campo foi baseado na literatura mencionada por Hillis (1984) e Purnell (1988), a qual relata a influência da tensão de crescimento no desenvolvimento de rachaduras de topo das toras até um limite máximo de 7 dias após a derrubada das árvores.

Os dados coletados foram empregados no cálculo do índice de rachadura, utilizando metodologia proposta por Lima (2000), que consiste na mensuração direta de cada rachadura de topo de tora, sem atribuição de pesos (Equação 3.1).

$$IRT = 200 \left(\frac{\sum_{i=1}^n a_i C_i}{\pi D^2} \right) \quad (3.1)$$

Onde: IRT = índice de rachadura de topo de tora das árvores dominantes e centrais, %; D = diâmetro médio da seção de corte, cm; a_i = abertura máxima da rachadura ($i = 1; \dots; n$), cm; C_i = comprimento da rachadura, cm.

3.2.2 Análise estatística dos dados

As análises estatísticas envolvendo a variável dependente descrita como índice de rachadura de topo de tora foram realizadas após a constatação das pressuposições dos modelos matemáticos. Dessa forma, verificando-se a necessidade de modificação dos dados originais, utilizou-se a transformação potência (BOX; COX, 1964), conforme mostra a Equação 3.2.

$$IRT' = \left(\frac{IRT^{0,2} - 1}{0,3176} \right) + 2 \quad (3.2)$$

Onde: IRT' = dado transformado do índice de rachadura de topo de tora; IRT = dado original do índice de rachadura de topo de tora, %.

Cabe ressaltar ainda que, considerando a hipótese de transformação dos dados, somente a apresentação dos resultados das médias da variável dependente foi descrita na forma original.

3.2.2.1 Variação do índice de rachadura na base e no topo da tora

Os dados do índice de rachadura de topo de tora das árvores dominantes e das centrais, em função da mensuração realizada na base e no topo de cada amostra, foram submetidos à análise de variância para delineamento experimental em blocos ao acaso e, no caso de rejeição da hipótese de igualdade de médias, ao teste de médias (Diferença Mínima Significativa – DMS, $\alpha = 5\%$).

3.2.2.2 Variação axial do índice médio de rachadura de topo de tora

Para a realização dessa análise, o índice médio de rachadura de topo da tora, correspondente à média dos valores obtidos para cada uma das suas extremidades, foi previamente calculado.

Após esse procedimento, os dados desse índice médio em função da tora amostrada ao longo do fuste das árvores dominantes e centrais foram submetidos à análise de variância para delineamento experimental em blocos ao acaso e, no caso de rejeição da hipótese de igualdade entre tratamentos, ao teste de médias (Diferença Mínima Significativa – DMS, $\alpha = 5\%$)

3.2.2.3 Influência do desbaste no índice médio de rachadura de topo de tora

A análise estatística do efeito das diferentes intensidades de desbaste no desenvolvimento de rachaduras de topo foi realizada após a determinação da posição relativa média no sentido axial (base-topo), correspondente à média dos valores em percentual de cada extremidade da tora e do índice médio de rachaduras de topo das toras, conforme descrito anteriormente.

Dessa forma, para o estudo da influência do espaço vital no índice médio de rachaduras de topo das toras das árvores dominantes e centrais e da respectiva variação no sentido axial, os dados foram submetidos à análise de regressão. Estes foram processados pelo pacote “Statistical Analysis System” (SAS, 1993), onde foi aplicado o procedimento Stepwise de modelagem de regressão. O modelo gigante foi definido pela Equação 3.3.

$$\text{IMRT}; \ln(\text{IMRT}) = f \left(P; \frac{1}{P}; P^2; \frac{1}{P^2}; \ln P; \frac{1}{\ln P}; \sqrt{P}; \frac{1}{\sqrt{P}} \right) \quad (3.3)$$

Onde: IMRT = índice médio de rachadura de topo de tora das árvores dominantes e centrais, %; P = posição relativa média (sentido base-topo), %.

O melhor modelo foi selecionado com base no coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), erro padrão da estimativa (S_{xy}), valor de F calculado e análise da distribuição dos resíduos.

Após esse procedimento, no modelo escolhido para estimar a variação axial desse defeito, no estrato dominante e médio, foram adicionadas variáveis Dummy, que assumiram valores de 0 e 1, conforme o tratamento de desbaste aplicado em cada parcela, da seguinte forma:

$D_i = 1$, se a árvore estivesse presente na parcela/tratamento com desbaste i ;

$D_i = 0$, se a árvore estivesse ausente nessa parcela/tratamento com desbaste i ;

Com isso, foi possível expressar as regressões individuais ajustadas para os sete tratamentos de desbaste em função de uma regressão linear múltipla, denominada de modelo gigante, representada pelas variáveis independentes descritas na Equação 3.4.

$$IMRT = f(X; D_i; D_i.X) \quad (3.4)$$

Onde: IMRT = índice médio de rachadura de topo de tora das árvores dominantes e centrais, %; X = posição relativa média (sentido base-topo) selecionada pelo procedimento Stepwise de regressão, %; D_i = Dummy (tratamento de desbaste, onde $i = 1; 2; 3; 4; 5; 6$ e 7); $D_i.X$ = interação da variável D_i com a variável X .

Considerando a possibilidade dos dados de rachadura de topo de tora das árvores dominantes e centrais apresentarem uma tendência semelhante de variação axial e assim agrupar os estratos amostrados para verificar a influência dos desbastes, foi aplicado o Teste-t para duas amostras com variância equivalentes.

As hipóteses verificadas foram h_0 : variação axial homogênea entre estratos (todos os procedimentos anteriores novamente realizados, porém com os dados agrupados) e h_1 : variação axial heterogênea entre estratos. Esse procedimento foi executado após os dados terem sido submetidos ao Teste de Bartlett de homogeneidade de variâncias.

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Variação do índice de rachadura na base e no topo da tora

Os resultados das análises de variância referentes à avaliação do índice de rachaduras de topo de tora das árvores dominantes e das centrais, em função da posição da seção transversal na base e no topo de cada amostra, estão descritas nas Tabelas 9.2.1 a 9.2.10, respectivamente (Apêndice 2).

Na Tabela 3.1, que apresenta o teste de comparação de médias (teste T – DMS), é possível observar uma variação semelhante do índice de rachadura de topo entre as posições da base e do topo das toras, tanto nas árvores dominantes quanto nas centrais.

TABELA 3.1 – Comparação de médias do índice de rachadura das árvores dominantes e centrais de *Eucalyptus grandis* em relação à posição da seção transversal na base e no topo das toras.

Posição	IRT árvores dominantes (%)				
	Tora 1	Tora 2	Tora 3	Tora 4	\bar{X}
Base	1,1 A ¹	2,3 A	1,7 A	0,8 A	1,5 a
Topo	2,0 B	2,5 A	1,4 A	0,8 A	1,7 a
CV	8,3	7,3	7,6	7,4	4,6
IRT árvores centrais (%)					
Base	1,0 A	1,7 A	1,4 A	0,8 A	1,2 a
Topo	1,5 B	1,6 A	1,1 A	0,8 A	1,2 a
CV	9,7	7,7	8,2	8,5	4,5

Sendo: IRT = índice de rachadura de topo de tora, %; \bar{X} = média geral de cada posição, %; CV = coeficiente de variação, %; ¹ Médias seguidas de letras diferentes na coluna, em maiúsculo para comparação entre base e topo de cada tora e em minúsculo para comparação da média geral entre posições, em cada estrato, diferem estatisticamente pelo teste (Diferença Mínima Significativa – DMS, α = 5%)

Dessa forma, comparando as médias desse índice na Tabela 3.1, verifica-se que somente a primeira tora, denominada de tora 1, das árvores dominantes e das centrais, apresentou diferença significativa entre as posições analisadas. Entretanto, com relação à comparação da média geral da base e do topo das toras nota-se, para ambos os estratos, que o índice de rachaduras não sofreu alterações significativas ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Cabe ressaltar também que a amplitude entre as médias da base e do topo das toras 1, 2, 3 e 4 apresentou uma tendência de decréscimo com a altura, nos dois estratos estudados.

3.3.2 Variação axial do índice médio de rachadura de topo de tora

As Tabelas 9.2.11 a 9.2.13 (Apêndice 2) mostram os resultados das análises de variância do índice médio de rachadura de topo em função da tora amostrada ao longo do fuste das árvores dominantes e das centrais e em função dos estratos, respectivamente.

A comparação de médias (teste T – DMS) para esse índice, apresentada na Tabela 3.2, evidencia que houve diferenças significativas entre as toras, tanto nas árvores dominantes quanto nas centrais, e entre os estratos amostrados.

TABELA 3.2 – Comparação de médias do índice médio de rachadura de topo para *Eucalyptus grandis* em relação aos estratos e a posição da tora amostrada ao longo do fuste das árvores dominantes e das centrais.

Estrato	Índice médio de rachadura de topo (%)					
	Tora 1	Tora 2	Tora 3	Tora 4	\bar{X}	CV
Dominante	1,7 B ¹	2,4 A	1,6 B	0,8 C	1,6 a	6,2
Médio	1,2 A	1,4 A	1,2 A	0,8 B	1,1 b	5,2

Sendo: \bar{X} = média geral de cada estrato, %; CV = coeficiente de variação, %; ¹ Médias seguidas de letras diferentes, em maiúsculo na linha (comparação entre toras de cada estrato) e em minúsculo na coluna (comparação entre estratos), diferem estatisticamente pelo teste (Diferença Mínima Significativa – DMS, $\alpha = 5\%$).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3.2, verifica-se que, para ambos os estratos, houve uma tendência de aumento do índice de rachadura de topo, da primeira para a segunda tora, seguido de decréscimo até a quarta tora amostrada. É interessante observar ainda que o estrato médio apresentou, na tora 2, maior intensidade de rachadura e, embora de maneira não significativa, a mesma tendência do estrato dominante. Entretanto, cabe ressaltar que, somente para as árvores dominantes, essa diferença foi significativa entre as 3 primeiras toras. Na mesma tabela, pode-se observar também que o estrato dominante, com valor médio do índice de rachadura igual 1,6%, diferiu estatisticamente do estrato médio, com valor de 1,1%.

Os resultados encontrados estão de acordo com o modelo de variação longitudinal descrito por Malan (1984) e citado por Mellado (1993), que, estudando a espécie *Eucalyptus grandis*, evidenciaram um aumento do índice de rachadura, até 4,8 metros de altura, com posterior declínio até o topo das árvores.

Lima (2000), analisando a mesma espécie com 18 anos de idade, também relata a influência da posição ao longo da altura da árvore no índice de rachadura, atribuindo o aumento na parte central das árvores à tendência de melhor orientação da grã nessa região. As toras posicionadas na metade da altura comercial apresentaram os maiores valores desse índice, corroborando com os resultados encontrados na Tabela 3.2, principalmente para árvores dominantes. Entretanto, os valores médios de 0,39%, 0,88% e 0,67% para a tora da base, meio e topo, respectivamente, evidenciam que, além dos valores serem mais baixos do que os descritos na Tabela 3.2, o menor índice de rachadura ocorreu na região da base das árvores.

Resultados obtidos por Del Menezzi (1999) também indicaram uma tendência de aumento dos defeitos relacionados à tensão de crescimento na segunda tora das árvores de *Eucalyptus grandis*, aos 21 anos de idade. Estudando as diferenças entre a primeira e a segunda tora, o autor conclui ainda que toras obtidas da parte superior das árvores seriam mais problemáticas no desdobro, em comparação às toras mais próximas da base.

Entretanto, os resultados do presente estudo não são semelhantes aos obtidos por Santos (2002) e Lima et al. (2007), que afirmam não existir diferença significativa entre os índices de rachaduras nas primeiras e segundas toras de *Eucalyptus grandis*.

Outra variação conflitante é descrita por Chafe (1985), quando, após analisar medidas tomadas em seis diferentes alturas, relata, para *Eucalyptus nitens*, com 8 anos de idade, que a tensão de crescimento tem uma relação inversa com a altura da árvore.

Já os resultados divulgados por Chafe (1981) para *Eucalyptus regnans* evidenciam uma tendência crescente das tensões de crescimento no sentido base-topo, embora não comprovada estatisticamente. Os níveis de tensão foram maiores nas proximidades do ápice das árvores onde, conseqüentemente, as toras estão mais susceptíveis às rachaduras, uma vez que as tensões são distribuídas em um menor diâmetro de tora.

Com relação à diferença significativa encontrada entre os estratos amostrados, Chafe (1981), analisando *Eucalyptus regnans*, e Wilson (1985), estudando *Eucalyptus macarthurii* e *Eucalyptus elata*, também observaram um aumento na proporção de rachadura com o aumento do diâmetro na mesma idade, relacionando essa ocorrência à maior proporção de madeira juvenil do que adulta nessas espécies.

3.3.3 Influência do desbaste no índice médio de rachadura de topo de tora

Árvores dominantes

Os resultados dos coeficientes e das estatísticas da seleção da equação, gerados pelo procedimento Stepwise para descrever a variação axial (base-topo) do índice médio de rachadura de topo de tora, nas árvores dominantes de *Eucalyptus grandis*, encontram-se na Tabela 3.3.

Analisando a Tabela 3.3, verifica-se, no passo 1, que o modelo de regressão selecionado para estimar a variação axial do índice médio de rachadura de topo de tora foi em função apenas da posição relativa média ao quadrado. O teste de significância para os parâmetros da equação foi significativo ao nível de 99,9% de probabilidade de confiança, e para o coeficiente angular (b_1) o valor de F' foi igual a 56,57.

TABELA 3.3 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever o índice médio de rachadura de topo de tora das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido base-topo.

Passos	Modelo	Estatísticas				R ² _{aj.}	F
		b _j	Valor	F'	Prob>F		
1	IMRT = e ^{b₀ + b₁P²}	b ₀	0,643920	88,89	< 0,001**	0,38	56,57
		b ₁	-0,000142	56,57	< 0,001**		
2	IMRT = e ^{b₀ + b₁P² + b₂1/√P}	b ₀	1,784440	76,51	< 0,001**	0,54	55,28
		b ₁	-0,000262	99,51	< 0,001**		
		b ₂	-4,312720	34,08	< 0,001**		

Sendo: IMRT = índice médio de rachadura de topo de tora, %; P = posição relativa média no sentido base-topo, %; b_j = parâmetros da equação; F' = valor de F calculado para teste de hipótese dos parâmetros; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; R²_{aj.} = coeficiente de determinação ajustado; F = valor de F calculado para o modelo; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

No passo 2, o procedimento Stepwise incluiu no modelo mais uma variável para descrever esse índice. Assim, a equação selecionada dá-se em função da posição relativa média ao quadrado e pelo inverso da raiz quadrada da posição relativa média. O teste de significância para os parâmetros da equação foi significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro, e o coeficiente de determinação ajustado (R²_{aj.}), com valor igual a 0,54, foi superior ao do passo 1 (0,38), evidenciando que a inclusão da variável em questão é válida para explicar os dados. Entretanto, a adição de mais variáveis independentes no modelo não foi possível para um nível de 5% de probabilidade de erro.

Dessa forma, a equação selecionada para estimar a variação do índice médio de rachadura de topo de tora no sentido axial das árvores dominantes, com coeficiente de variação de 42% e com erro padrão da estimativa igual a 0,64%, foi expressa por:

$$\text{IMRT} = e^{1,784440 - 0,000262P^2 - 4,312720(1/\sqrt{P})}$$

Onde: IMRT = índice médio de rachadura de topo de tora, %; P = posição relativa média no sentido base-topo, %.

Determinado o padrão de variação axial desse índice, os dados foram então relacionados com os respectivos tratamentos de desbaste e submetidos à análise de regressão com o emprego de variáveis Dummy, conforme mostra a Tabela 3.4.

TABELA 3.4 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) do índice médio de rachadura de topo de tora das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa média e do tratamento de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	14	18,23415	1,302439	8,46	<,0001**
P ²	1	11,53700	11,53700	74,92	<,0001**
1/√P	1	5,141229	5,141229	33,39	<,0001**
D1	1	0,050299	0,050299	0,33	0,5692 ^{ns}
D2	1	0,195025	0,195025	1,27	0,2638 ^{ns}
D3	1	0,721260	0,721260	4,68	0,0334*
D4	1	0,008201	0,008201	0,05	0,8181 ^{ns}
D5	1	0,120235	0,120235	0,78	0,3795 ^{ns}
D6	1	0,104803	0,104803	0,68	0,4118 ^{ns}
D7	0	0	0	0	0
D1.P ²	1	0,002424	0,002424	0,02	0,9005 ^{ns}
D2.P ²	1	0,114229	0,114229	0,74	0,3916 ^{ns}
D3.P ²	1	0,006091	0,006091	0,04	0,8428 ^{ns}
D4.P ²	1	0,000875	0,000875	0,01	0,9401 ^{ns}
D5.P ²	1	0,213743	0,213743	1,39	0,2422 ^{ns}
D6.P ²	1	0,018729	0,018729	0,12	0,7282 ^{ns}
D7.P ²	0	0	0	0	0
Erro	81	12,473688	0,153996	-	-
Total	95	30,707837	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; P = posição relativa média no sentido base-topo, %; D_i = tratamentos de desbaste (Dummy); D_i.P² = interação tratamento (Dummy) com a variável P²; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Os resultados encontrados indicam que a equação selecionada pelo procedimento Stepwise de modelagem de regressão, para estimar a variação longitudinal do índice médio de rachadura de topo de tora, não pode ser utilizada para todas as intensidades de desbaste analisadas, pois a Dummy correspondente ao tratamento 3 (D3), utilizada no modelo gigante, foi significativa em nível de 5% de probabilidade de erro. Cabe ressaltar também que nenhuma das interações entre o desbaste e a posição relativa média no sentido axial foi significativa ao mesmo nível de probabilidade (Tabela 3.4).

Assim, a equação com variável Dummy apresentou um coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) com valor igual a 0,59 e erro padrão da estimativa de 0,66%, mostrando-se significativa. Os coeficientes dessa equação reajustada, que descreve o índice de rachadura de topo de tora em função do desbaste executado, são descritos na Tabela 3.5.

TABELA 3.5 – Valores dos coeficientes da equação reajustada com variável Dummy para o índice médio de rachadura de topo de tora das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função do tratamento de desbaste.

Parâmetros			
b_0	b_1	b_2	b_3
1,82117	- 0,00026	- 4,32961	- 0,23331

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 e b_3 = coeficientes.

Na Tabela 3.5, o sinal negativo do coeficiente b_3 , associado à variável Dummy 3, indica que o índice médio de rachadura de topo de tora no tratamento 3 (dois desbastes executados), será menor em relação aos demais tratamentos. Já as variáveis Dummy não significativas (D1, D2, D4, D5, D6 e todas as interações) e a Dummy 7, juntamente com sua interação, por apresentarem um coeficiente associado igual a zero, foram ignoradas no modelo gigante. Assim, os índices para esses tratamentos de desbaste foram obtidos pela equação original, atribuindo-se o valor zero para a variável Dummy 3.

Dessa forma, com vistas a analisar as diferenças do índice médio de rachadura de topo de tora entre os desbastes detectadas na análise de variância, os dados foram

plotados em função da posição relativa média no sentido base-topo, ajustando-se à equação selecionada pelo procedimento Stepwise. A Figura 3.2 mostra os valores desse índice para a espécie *Eucalyptus grandis*, estimados pelo modelo gigante abaixo descrito, nas sete intervenções silviculturais de desbaste estudadas.

$$\text{IMRT} = e^{1,82117 - 0,00026P^2 - 4,32961(1/\sqrt{P}) - 0,23331D3}$$

Onde: IMRT = índice médio de rachadura de topo de tora, %; P = posição relativa média no sentido base-topo, %; D3 = variável Dummy correspondente ao tratamento 3 (dois desbastes executados).

De acordo com a Figura 3.2, o índice médio de rachadura de topo de tora, nas árvores dominantes da madeira de *Eucalyptus grandis*, apresentou o mesmo padrão de variação no sentido base-topo para todas as intensidades de desbaste analisadas. Observa-se que os valores desse parâmetro têm acréscimo da base até, aproximadamente, 30% da altura comercial e, a partir dessa posição, um decréscimo com a altura. Os resultados encontrados estão de acordo com o modelo de variação longitudinal descrito por Purnell (1988), Mellado (1993), Del Menezzi (1999) e Lima (2000).

Com relação à intervenção silvicultural verifica-se, na Figura 3.2, que houve influência das diferentes formas de competição proporcionadas pelas diferentes intensidades de desbaste no índice médio de rachadura de topo de tora. Entretanto, esse fato justifica-se apenas pela variação encontrada no tratamento 3 (2 desbastes executados), o qual apresentou um índice menor em relação aos demais tratamentos estudados.

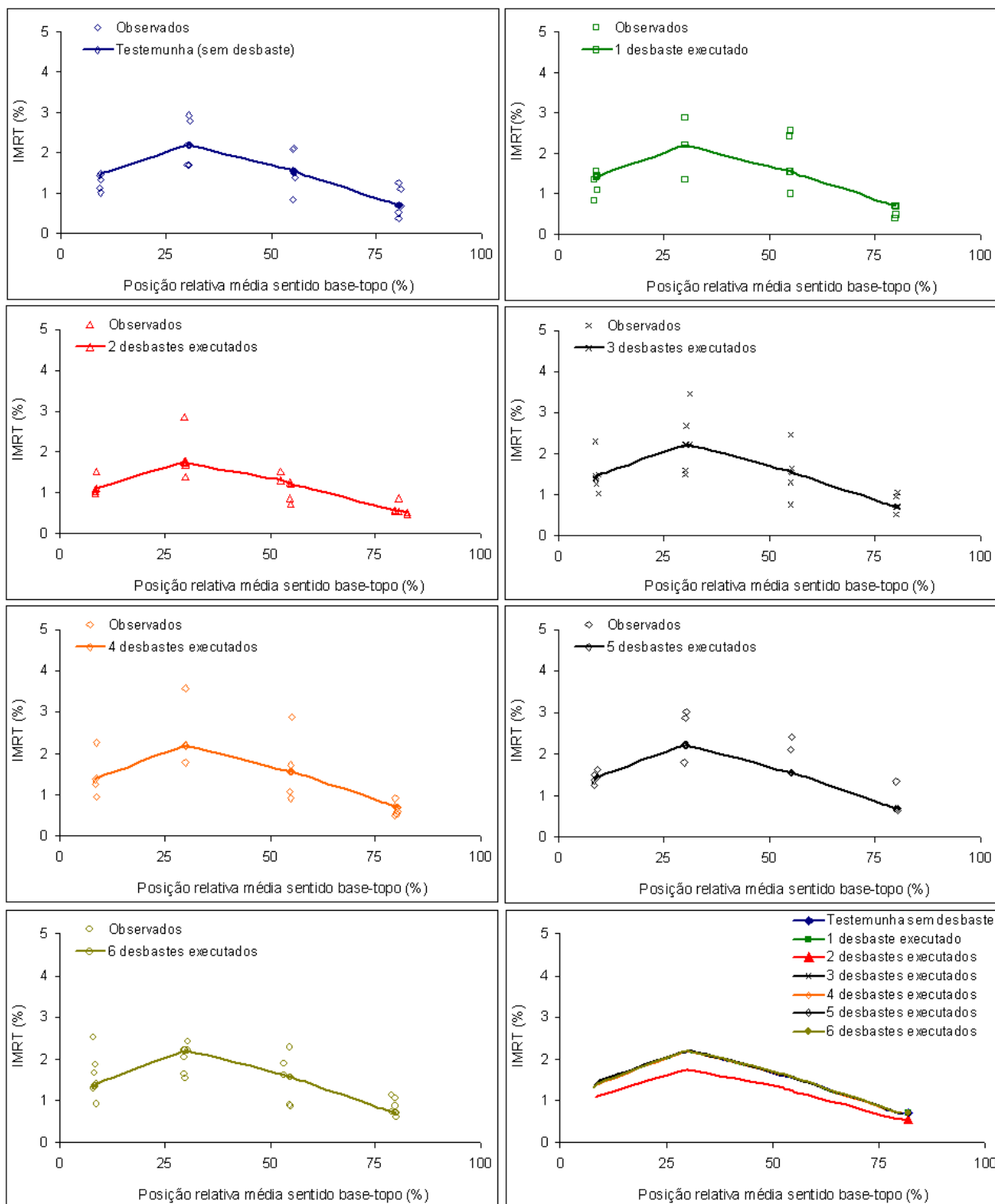


FIGURA 3.2 – Variação do índice médio de rachadura de topo de tora das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa média no sentido axial e dos tratamentos de desbaste.

Árvores centrais

Os coeficientes e as estatísticas da seleção da equação para descrever a variação do índice médio de rachadura de topo de tora das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* no sentido base-topo encontram-se na Tabela 3.6.

TABELA 3.6 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever o índice médio de rachadura de topo de tora das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido base-topo.

Passo	Modelo	Estatísticas				R ² _{aj.}	F
		b _j	Valor	F'	Prob.>F		
1	IMRT = e ^{b₀ + b₁P²}	b ₀	0,221780	8,55	< 0,004**	0,10	10,41
		b ₁	-0,000063	10,41	< 0,002**		

Sendo: IMRT = índice médio de rachadura de topo de tora, %; P = posição relativa média no sentido base-topo, %; b_j = parâmetros da equação; F' = valor de F calculado para teste de hipótese dos parâmetros; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; R²_{aj.} = coeficiente de determinação ajustado; F = valor de F calculado para o modelo; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

De acordo com a Tabela 3.6, observa-se que o modelo de regressão para estimar o índice médio de rachadura de topo de tora foi selecionado em função da posição relativa média ao quadrado. O teste de significância para os parâmetros dessa equação foi significativo ao nível de 99% de probabilidade de confiança, apresentando um coeficiente angular (b₁) com valor de F' igual a 10,41 e coeficiente de determinação ajustado (R²_{aj.}) de 0,10. Entretanto, diferentemente das árvores dominantes, a adição de mais variáveis independentes ao modelo não foi possível para um nível de 5% de probabilidade de erro.

Dessa forma, a equação de regressão selecionada para estimar a variação axial do índice médio de rachadura de topo de tora nas árvores centrais, com coeficiente de variação igual a 50% e erro padrão da estimativa de 0,59%, foi expressa por:

$$\text{IMRT} = e^{0,221780 - 0,000063P^2}$$

Onde: IMRT = índice médio de rachadura de topo de tora, %; P = posição relativa média no sentido base-topo, %.

Utilizando o modelo selecionado, os dados desse índice médio em função da posição relativa média no sentido base-topo foram então relacionados com as intervenções de desbaste e submetidos à análise de regressão com o emprego de variável Dummy (Tabela 3.7).

TABELA 3.7 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) do índice médio de rachadura de topo de tora das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa média e do tratamento de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	13	6,805342	0,523488	2,09	0,0222*
P ²	1	2,717609	2,717609	10,85	0,0014**
D1	1	1,801904	1,801904	7,20	0,0087**
D2	1	0,026017	0,026017	0,10	0,7480 ^{ns}
D3	1	0,116781	0,116781	0,47	0,4965 ^{ns}
D4	1	0,014380	0,014380	0,06	0,8112 ^{ns}
D5	1	0,197868	0,197868	0,79	0,3765 ^{ns}
D6	1	0,454240	0,454240	1,81	0,1815 ^{ns}
D7	0	0	0	0	0
D1.P ²	1	0,593462	0,593462	2,37	0,1273 ^{ns}
D2.P ²	1	0,012002	0,012002	0,05	0,8272 ^{ns}
D3.P ²	1	0,030939	0,030939	0,12	0,7261 ^{ns}
D4.P ²	1	0,430871	0,430871	1,72	0,1930 ^{ns}
D5.P ²	1	0,221437	0,221437	0,88	0,3496 ^{ns}
D6.P ²	1	0,187828	0,187828	0,75	0,3888 ^{ns}
D7.P ²	0	0	0	0	0
Erro	89	22,288554	0,250433	-	-
Total	102	29,093896	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; P = posição relativa média no sentido base-topo, %; D₁₋₇ = tratamentos de desbaste (Dummy); D₁₋₇.P² = interação tratamento (Dummy) com a variável P²; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Os resultados obtidos indicam que a equação, selecionada no procedimento Stepwise de modelagem de regressão, assim como nas árvores dominantes, não pode ser utilizada para todos os desbastes analisados, pois a Dummy 1 (D1), associada ao tratamento testemunha sem desbaste, utilizada no modelo gigante, foi significativa em nível de 1% de probabilidade de erro.

É interessante observar ainda, na Tabela 3.7, que as interações entre o desbaste executado e a posição relativa média no sentido base-topo apresentaram a mesma resposta das árvores dominantes, ou seja, não foram significativas ao mesmo nível de probabilidade já mencionado.

Dessa forma, para a equação com variáveis Dummy, o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) apresentou um valor igual a 0,24; coeficiente de variação de 49% e erro padrão da estimativa igual a 0,58%, mostrando-se significativa e sendo expressa por:

$$IMRT = e^{0,269138 - 0,000060P^2 - 0,365883D1}$$

Onde: IMRT = índice médio de rachadura de topo de tora, %; P = posição relativa média no sentido base-topo, %; D1 = variável Dummy correspondente ao tratamento testemunha sem desbaste.

Na equação acima, o sinal negativo para o coeficiente b_3 , associado à variável Dummy 1, indica que o índice médio de rachadura de topo de tora no tratamento testemunha sem desbaste será menor em relação aos outros tratamentos.

Com relação às variáveis Dummy não significativas (D2, D3, D4, D5, D6 e todas as interações) e à Dummy 7 juntamente com sua interação, por apresentarem um coeficiente associado igual a zero foram ignoradas no modelo gigante. Assim como nas árvores dominantes, os índices para esses desbastes foram obtidos pela equação original, porém, nas árvores centrais, atribuindo-se o valor zero para a variável Dummy 1.

Com o objetivo de verificar as diferenças do índice médio de rachadura de topo de tora existentes entre os desbastes executados, detectadas na análise de variância,

os dados dessa característica foram plotados em função da posição relativa média no sentido axial, ajustando-se à equação selecionada pelo procedimento Stepwise. Os valores desse índice, bem como sua respectiva variação, nas árvores centrais de *Eucalyptus grandis*, estimados para as sete intervenções silviculturais de desbaste pelo modelo gigante já mencionado, podem ser observados na Figura 3.3.

Analisando a Figura 3.3, verifica-se que o padrão de variação longitudinal do índice médio de rachadura de topo de tora, nas árvores centrais da madeira de *Eucalyptus grandis*, não apresentou a mesma tendência que nas dominantes, ou seja, para esse estrato, ocorreu um decréscimo desse índice no sentido base-topo. Os resultados encontrados corroboram o modelo de variação longitudinal decrescente descrito por Chafe (1985) e Schacht; Garcia (1997).

Entretanto, cabe ressaltar que a variação decrescente foi semelhante em todos os desbastes estudados, evidenciando que essa intervenção silvicultural, assim como nas árvores dominantes, também não altera o comportamento do índice de rachadura de topo de tora no sentido axial.

Com relação ao efeito dos desbastes, pode-se observar, na Figura 3.3, que houve influência das diferentes formas de competição no índice médio de rachadura de topo de tora. Entretanto, diferentemente da variação encontrada nas árvores dominantes, as árvores centrais apresentaram uma tendência positiva entre o índice de rachadura e o desbaste aplicado.

Contudo, nota-se que essa relação é verdadeira até o tratamento 2, correspondente a um desbaste executado, pois intensidades superiores não influenciaram significativamente o desenvolvimento do índice médio de rachadura de topo de tora.

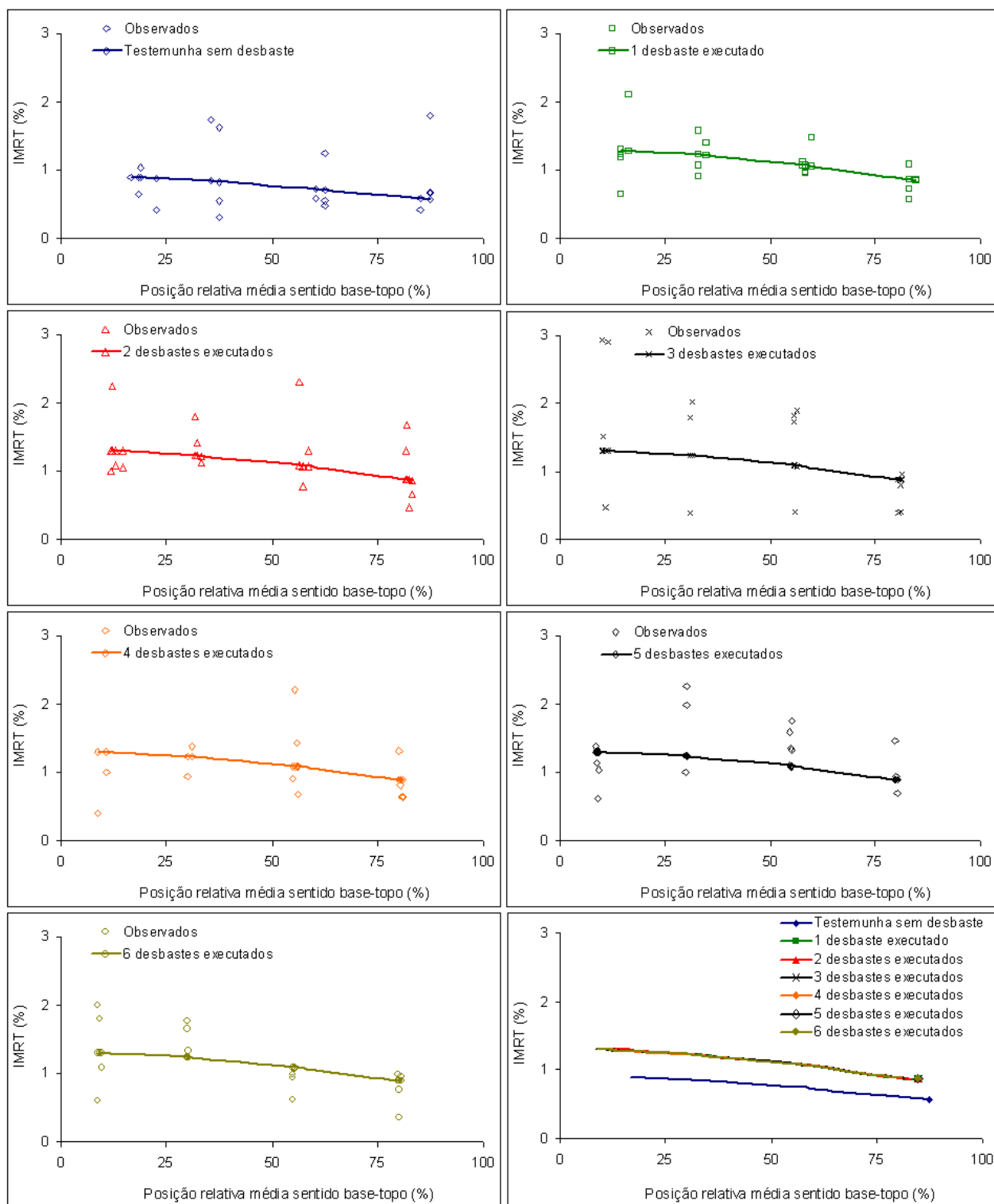


FIGURA 3.3 – Variação do índice médio de rachadura de topo (IMRT) de tora das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa média no sentido axial e dos tratamentos de desbaste.

Árvores dominantes e centrais

A hipótese de homogeneidade de variâncias, realizada pelo Teste de Bartlett, entre as médias estimadas pelas equações selecionadas para descrever o índice médio de rachadura de topo de tora e, também, para as médias observadas desse índice, nas árvores dominantes e centrais, foi aceita em nível de 1% de probabilidade de erro.

Dessa forma, o Teste-t para duas amostras com variância equivalentes foi aplicado, resultando na rejeição da hipótese de igualdade de variação axial entre os estratos, tanto para os valores médios observados do índice médio de rachadura de topo de tora ($t_{\text{cal}} = 3,446 > t_{\text{tab}} = 1,972$) quanto para os estimados pelas equações em árvores dominantes e centrais ($t_{\text{cal}} = 6,226 > t_{\text{tab}} = 1,972$).

Assim, os resultados obtidos indicam que essa característica apresenta uma variação axial heterogênea entre os estratos estudados, evidenciando que os dados do índice médio de rachadura de topo de tora das árvores dominantes e centrais não podem ser agrupados para analisar essa tendência.

3.4 Conclusões

Os resultados do efeito do desbaste nas rachaduras de topo das toras de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, permitem concluir que:

- Não houve variação do índice de rachadura de topo nas posições da base e do topo das toras das árvores dominantes e das centrais. Em ambos os estratos, a amplitude entre as médias das posições da base e do topo diminuíram com a altura das árvores.
- O índice médio de rachadura de topo das árvores dominantes e das centrais foi maior na segunda tora amostrada, indicando que a toragem das árvores deve ser realizada em conjunto com técnicas que minimizem as tensões de crescimento, principalmente quando o seccionamento for realizado próximo à metade da altura comercial. Cabe ressaltar ainda que as árvores dominantes apresentaram os maiores valores desse índice.

- O padrão de variação do índice médio de rachadura de topo das toras no sentido longitudinal não apresentou a mesma tendência nos estratos analisados, sendo que, nas árvores dominantes, esse índice aumentou da base até, aproximadamente, 30% da altura comercial, seguido de decréscimo com a altura. Com relação às árvores centrais, ocorreu um decréscimo desse parâmetro no sentido base-topo.
- Os diferentes tratamentos de desbaste não modificaram o padrão longitudinal descrito para o índice médio de rachadura de topo das toras das árvores dominantes e centrais.
- O desbaste induz à variação do índice médio de rachadura de topo das toras, tanto nas árvores dominantes como nas centrais, sem contudo apresentar uma tendência sistemática.

3.5 Bibliografia

ASSIS, T. F. Qualificação tecnológica da madeira de *Eucalyptus* para serraria: Aspectos genéticos e de manejo. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 1., 2000. Santa Maria, UFSM, **Anais...** Santa Maria: Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal , 2000. p. 59-80.

BARISKA, M. A method for predicting timber quality in eucalypts. In: VON GADOW, K.; BREDEKAMP, B. V. **Management of *Eucalyptus grandis* in South Africa.** Stellenbosch: Southern African Institute of Forestry, 1990. p.215-228.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, New York, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.

CHAFE, S. C. Variation in longitudinal growth stress with height in trees of *Eucalyptus nitens* Maiden. **Australian Forest Research**, Canberra, v. 15, n.1, p. 51-55. 1985.

_____. Variation in longitudinal growth stress, basic density and modulus of elasticity with height in the tree. **Australian Forest Research**, Canberra, v. 11, n.1, p. 79-82. 1981.

DEL MENEZZI, C. H. **Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e**

***Eucalyptus cloeziana* F. Muell.** Piracicaba, 1999. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1999.

DINWOODIE, J. M. Growth stresses in timber – A review of literature. **Forestry**, Oxford, v. 39, n. 2, p. 162-170. Jan. 1966.

FERRAND, J. C. Growth stresses and silviculture of eucalypts. **Australian Forest Research**, Canberra, v. 13, n. 1, p. 75-81. 1983.

GARCIA, J. N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1995, p.59-67.

HASELEIN, C. R. et al. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 145-155, abr./jun. 2004.

HILLIS, W. E. Chemical aspects of heartwood formation. **Wood Science and Technology**, Madison, v. 2, n. 4, p. 241-259, Dec. 1968.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. ***Eucalyptus* for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1978. 434 p.

JACOBS, M. R. The Growth Stresses of Woddy Stems. **Commonwealth Forestry Bureau**. Canberra, 1945. 67 p. (Bulletin, n. 28).

JANKOWSKY, I. P. Equipamentos e processos para a secagem de madeiras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPEF/IPT/IUFRO/LCF/ESALQ/USP, 1995, p. 109-118.

KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forestry Abstracts**, Oxford, v. 48, n.3, p. 131-189, 1987.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279-291. jan./dez. 2000.

LIMA, I. L. **Variação de propriedades indicativas da tensão de crescimento em função da posição na árvore e da intensidade de desbaste**. 2000. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; NOGUEIRA, M. C. S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 58, p. 111-125, dez. 2000.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 170-177, abr./jun. 2007.

LIMA, J. T. et al. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 107-116, jan./fev. 2004.

LISBOA, C. D. J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden**. 1993. 298 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

MALAN, F. S. Relationships between growth stress and some tree characteristics in South African grown *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 144, p. 43-46. 1988.

MALAN, F. S. The control of end splitting in sawlogs: a short literature review. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 109, p.14-79, 1979.

MALAN, F. S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 163, p. 13-20. 1992.

MELLADO, E. C. E. R. **Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para a utilização de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden na geração de produtos com maior valor agregado**. 1993. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

MIRANDA, J. A. C.; NAHUZ, M. A. R. Estudo do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* Smith nos índices de rachamento após o desdobro e após a secagem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 55, p. 107-116, jun. 1999.

NICHOLSON, J. E. Growth stresses differences in *Eucalyptus*. **Forest Science**, Bethesda, v. 19, n. 3, p. 169-174, 1973.

NUTTO, L.; MAESTRI, R. Growth rate and growth stresses in brazilian eucalypts: preliminary results of growth and quality modeling on an individual tree basis. In: IUFRO DIVISION 5.01.04 – BIOLOGICAL IMPROVEMENT OF WOOD PROPERTIES. **Proceedings...** Harrison Hot Springs, 2002.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 113-124, dez. 1999.

OPIE, J. E.; CURTIN, R. A.; INCOLL, W. D. Stand management. In. HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalypts for wood production**. Sydney, CSIRO/Academic Press, 1984. p. 179-197.

PONCE, H. R. Madeira serrada de Eucalipto: desafios e perspectivas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1., 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPT, 1995. p. 50-58.

PURNELL, R.C. Variation in wood properties of *Eucalyptus nitens* in a provenance trial on the eastern Transvaal highveld in South Africa. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 144, p. 10-22, 1988.

ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito do modelo de desdobro na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 70-83, jul./set. 2002.

SANTOS, P. E. T. **Avaliação de características tecnológicas de madeira para serraria em progênies de polinização aberta de eucalipto e implicações para o melhoramento genético**. 2002. 153 f. Tese (Doutorado em Agronomia)–Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SAS – STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM: **Programa de computador**, ambiente VM. Cary, 1993. Versão 6.08.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento de madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 32-43, jun. 2003.

SCHACHT, L.; GARCIA, J. N. Variação entre e intra clones nas rachaduras de topo em *Eucalyptus urophylla*. In: CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo: EMBRAPA/CNPF, 1997. p.401-404.

SCHACHT, L.; GARCIA, J. N.; VENCOSKY, R. Variação genética de indicadores de tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba v. 54, p. 55-68, dez. 1998.

SHÖNAU, A. P. G.; COETZEE, J. Initial spacing, stand density and thinning in eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 29, p. 245-266, June 1989.

TREVISAN, R. et al. Variação radial da massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 553-559, jul./set. 2008.

TRUGILHO, P. F. et al. Efeitos da idade e classe diamétrica na deformação residual longitudinal em árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 725-731, set./out. 2004.

TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação da tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 9, n. 1, p. 38-44, jan./dez. 2002.

VERMAAS, H. F. A. Review of drying technology for young fast-grown eucalypts. In: THE FUTURE OF *EUCALYPTUS* FOR WOOD PRODUCTS, 2000, LAUNCESTON. **Proceedings...** Launceston: IUFRO, p. 193-203, 2000.

WASHUSEN, R. Tension wood occurrence in *Eucalyptus globulus* Labill. II. The spatial distribution of tension wood and its association with stem form. **Australian Forestry**, Yarralumla, v. 65, n. 2, p. 127-134. 2002.

WILKINS, A. P.; KITAHARA, R. Silvicultural treatments and associated growth rates, growth strains and wood properties in 12,5-year-old *Eucalyptus grandis*. **Australian Forestry**, Yarralumla, v. 54, n. 1/2, p.99-104, 1991.

WILSON, P. J. Splitting studies on logs of *Eucalyptus macarthurii*, *E. elata*, and *E.radiata*. INSTITUTE FOR COMMERCIAL FORESTRY RESERCH, 1985, Pietermaritzburg. **Annual Report**, Pietermaritzburg: University of Natal, 1985, p. 135-142.

ZOBEL, B. J.; JETT, J. B. **Genetics of wood production**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 337 p.

4 EFEITO DO DESBASTE NA MASSA ESPECÍFICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

4.1 Introdução

De maneira geral, a correta utilização de um material está associada às suas características físico-mecânicas. A madeira não foge à regra, tornando-se importante o conhecimento de suas variações, a fim de prognosticar seu comportamento em diferentes usos.

A massa específica da madeira, por ser o resultado de uma complexa combinação dos seus constituintes internos, é o principal parâmetro tecnológico usado para expressar a qualidade nos diversos segmentos da atividade industrial, devido à íntima relação com várias outras propriedades e também por ser de fácil determinação (DURLO, 1991; LIMA, 1994; DOWNES et al., 1997; HASELEIN et al., 2002; SCHNEIDER, 2002, LIMA; GARCIA, 2005; WASHUSEN et al., 2005).

Entende-se como massa específica a relação entre a massa de um corpo, expressa em grama ou quilograma, e o seu volume, expresso em centímetro cúbico ou metro cúbico. Para o material madeira, Durlo (1991) afirma que o valor obtido indica a quantidade aproximada de massa lenhosa ou, de modo inverso, o volume de espaços vazios existentes na madeira.

As variações da massa específica se devem às diferenças na estrutura anatômica da madeira e, em menor proporção, à quantidade de substâncias extrativas presentes por unidade de volume, em razão, principalmente, da idade da árvore, genótipo, qualidade e índice de sítio, clima, localização geográfica e tratos silviculturais (KOLLMANN; CÔTÉ, 1968; PANSHIN; DE ZEEUW, 1970; HAYGREEN; BOWYER, 1982; LADRACH, 1986; DURLO, 1991; MALAN; HOON, 1992; SCHNEIDER, 2002; WASHUSEN et al., 2005; TREVISAN et al., 2007).

A estrutura da madeira a que se referem os autores compreende os diferentes tipos celulares (fibras, traqueoides, elementos vasculares e parênquima) e sua

proporção no lenho, bem como suas dimensões. Nas madeiras da mesma espécie, as variações da massa específica são decorrentes, principalmente, de alterações nos componentes estruturais, como lenho inicial ou outonal, lenho de nó, lenho de reação, alterações químicas e posição de coleta da amostra no fuste.

Em resumo, o crescimento desse parâmetro pode ser resultado do aumento da espessura da parede das fibras ou de um aumento na proporção das fibras em relação, por exemplo, à proporção de vasos. De maneira inversa, um aumento na proporção de vasos, com ou sem decréscimo na espessura da parede celular, leva à redução da massa específica (OLIVEIRA; SILVA, 2003).

Segundo Bodig; Jayne (1982) e Shimoyama (1990), podem ocorrer variações significativas na massa específica básica da madeira principalmente entre gêneros, entre espécies do mesmo gênero e, até mesmo, entre diferentes partes da mesma árvore. Do ponto de vista tecnológico, Barrichello et al. (1983) afirmam que tão importante quanto o estudo da variação entre indivíduos é o diagnóstico da variabilidade dentro da árvore, tanto no sentido transversal ou radial (medula-casca) como no sentido longitudinal (base-topo).

Para Tomazello Filho (1985), Silva et al. (2004) e Alzate et al. (2005), essas variações nos sentidos longitudinal e radial para a madeira de *Eucalyptus* estão relacionadas com a idade da árvore, a amostragem, o genótipo e as condições ambientais. De acordo com Barrichello et al. (1983) e Sette Junior (2007), a explicação normalmente encontrada na literatura para esse tipo de variação está baseada na ocorrência de madeira de reação, cujos principais agentes seriam peso da copa, ângulo de inserção dos ramos, ação dos ventos e inclinação do terreno.

Com relação ao sentido radial, uma tendência bem definida de aumento da massa específica tem sido observada e confirmada pelos resultados de Panshin; De Zeeuw (1970), Brasil; Ferreira (1972), Malan; Hoon (1992), Malan (1995), Carmo (1996), Downes et al. (1997), Oliveira (1998), Lima et al. (2000), Oliveira; Silva (2003), Silva et al. (2004) Lima; Garcia (2005) e Trevisan et al. (2008).

O comprimento médio das fibras, o diâmetro e a espessura das paredes também acompanharam o aumento da massa específica, especialmente no lenho juvenil (TAYLOR, 1973; MALAN; GERISCHER, 1987; MALAN, 1988; BHAT et al., 1990). Em

áreas de crescimento rápido, esse tipo de estrutura adquire considerável importância, pois representa uma grande proporção do lenho, sendo uma importante fonte de variação (MALAN, 1995). Porém, apesar do comportamento geral de aumento nessa direção, cada espécie apresenta um perfil específico de variação, inclusive com variantes para cada altura do tronco (OLIVEIRA, 1998).

Com relação ao sentido longitudinal, Panshin; De Zeeuw (1970) e Downes; Raymond (1997) citam pelo menos quatro modelos de variação dessa característica: aumento da massa específica, diminuição da massa específica, diminuição inicial seguida de aumento e de não variar com a altura.

Várias pesquisas evidenciam que a massa específica do gênero *Eucalyptus* aumenta conforme a idade das árvores devido à presença de células relativamente longas com paredes espessas e à maior proporção de lenho tardio (DURLO, 1991; LIMA, 1994). Sobre isso, Silva (2002) relata que as alterações decorrentes da influência da variação da idade somam-se, também, às influências das variações ambientais, edáficas e de base genética. Contudo, segundo Vital; Della Lucia (1980), as condições do ambiente e o tratamento silvicultural exercem acentuado efeito na massa específica das árvores.

Downes; Raymond (1997) relatam, em seus estudos com *Eucalyptus grandis*, que não há efeito do sítio em relação à massa específica da madeira e explicam que variações dentro e entre árvores são mais importantes. Todavia, os autores apresentam relatos com *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus nitens*, nos quais diferenças significativas de massa específica foram encontradas devido, principalmente, às condições do sítio.

Estudando a madeira de *Eucalyptus alba*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis* (BRASIL; FERREIRA, 1971) e *Eucalyptus propinqua* (BRASIL, 1972) esses autores concluíram que houve diferença significativa entre a massa específica das espécies, principalmente com relação ao local, onde maiores valores foram encontrados em sítios no qual o ritmo de crescimento foi menor.

Alguns experimentos silviculturais têm mostrado que tratamentos realizados com o objetivo de acelerar o ritmo de crescimento também tendem a elevar a massa específica da madeira. Essas pesquisas, conforme Downes; Raymond (1997), comparam os efeitos da aplicação de fertilizantes, herbicidas ou inseticidas e desbaste.

Contudo, essa relação não é perfeita, ou seja, os tratamentos que aumentam o volume de produção nem sempre tendem a elevar a massa específica da madeira (DOWNES; RAYMOND, 1997; DEBELL et al., 2001; LIMA, 2005).

Investigando as propriedades de um clone de *Eucalyptus saligna*, Haselein et al. (2002) relatam que a dose de adubação e o espaçamento de plantio influenciam na massa específica, no módulo de ruptura e no módulo de elasticidade da madeira. Afirmam que, quanto maior a dose de adubação e espaçamento, maiores serão os valores dessas propriedades.

De acordo com Malan; Hoon (1992), o controle da densidade populacional por meio do espaçamento inicial, o desbaste ou uma combinação de ambos são práticas silviculturais que influenciam o crescimento, a formação das árvores e, conseqüentemente, a massa específica da madeira. Segundo Malan (1995), isso ocorre devido ao impacto que o desbaste acarreta no desenvolvimento em diâmetro, ocasionando um aumento do lenho juvenil e diminuindo a massa específica da madeira.

Para coníferas, Schneider (2002) relata que a atividade silvicultural de desbaste influencia na qualidade tecnológica da madeira. Nessas espécies, o aumento do espaço vital resulta na formação de anéis de crescimento mais largos, com maior percentual de lenho inicial (KOLLMANN; CÔTÉ, 1968). Esse tipo de lenho, como se sabe, caracteriza-se por apresentar traqueoides longitudinais de lúmes grandes e paredes delgadas, o que resulta em menor massa específica.

Com relação às folhosas, a influência do desbaste na massa específica da madeira dependerá do tipo de porosidade. Em madeiras com porosidade em anel, o lenho inicial concentra um grande número de poros de grandes dimensões, ao passo que no lenho tardio, os poros são sensivelmente menores. Nesse caso, quanto maior a largura do anel de crescimento, em virtude de um desbaste, por exemplo, maior será a massa específica da madeira, pois a camada de lenho inicial (com poros grandes e conseqüentemente mais leve) permanece mais ou menos constante, ao passo que a de lenho tardio aumenta. Para madeiras com porosidade difusa, onde o diâmetro e a distribuição dos poros é mais ou menos uniforme dentro do anel, não há correlação comprovada entre largura do anel e massa específica (HAYGREEN; BOWYER, 1982; VITAL, 1984; DURLO, 1991).

Debell et al. (2001) relatam que o conhecimento dos fatores que afetam a massa específica, bem como informações sobre a influência das práticas silviculturais ou sobre a relação entre a taxa de crescimento e essa característica tecnológica, ainda não são conclusivas. Em *Eucalyptus grandis*, por exemplo, muitos estudos com a massa específica indicam que a influência do nível de crescimento tem correlação negativa (MALAN, 1988, 1995; WILKINS; HORNE, 1991; REZENDE et al., 1998; WASHUSEN et al., 2005), assim como sem correlação (TAYLOR, 1973; MALAN, 1979, 1991; VITAL; DELLA LUCIA, 1987; ZOBEL; JETT, 1995; LIMA; GARCIA, 2005; LIMA, 2005) ou correlações positivas (BAMBER et al., 1982; WILKINS, 1990; MALAN; HOON, 1992; LUZ et al., 1993).

Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo verificar o efeito do desbaste na massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, bem como a variação longitudinal dessa característica tecnológica em árvores dominantes e centrais de um povoamento com 18 anos de idade.

4.2 Material e métodos

A localização e a caracterização da área experimental, bem como a descrição do experimento de desbaste, seleção e amostragem das árvores utilizadas seguem os procedimentos descritos nos itens 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3, respectivamente.

4.2.1 Massa específica básica

Para o estudo da massa específica básica, foram retirados discos com, aproximadamente, dois centímetros de espessura, nas seguintes posições do tronco: 0,10 m (base), 25, 50, 75 e 100% da altura comercial (definida pelo diâmetro mínimo do tronco igual a 13 cm) e no diâmetro à altura do peito (DAP) da árvore dominante e de diâmetro central de cada tratamento, por bloco, totalizando 336 unidades.

Os discos foram numerados de acordo com sua posição relativa no tronco e localização experimental. Em seguida, os mesmos foram acondicionados em sacos plásticos e transportados para o Laboratório de Produtos Florestais (LPF) da

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde foram marcadas e seccionadas duas cunhas simetricamente opostas, contendo partes de cerne e albarno (Figura 4.1).

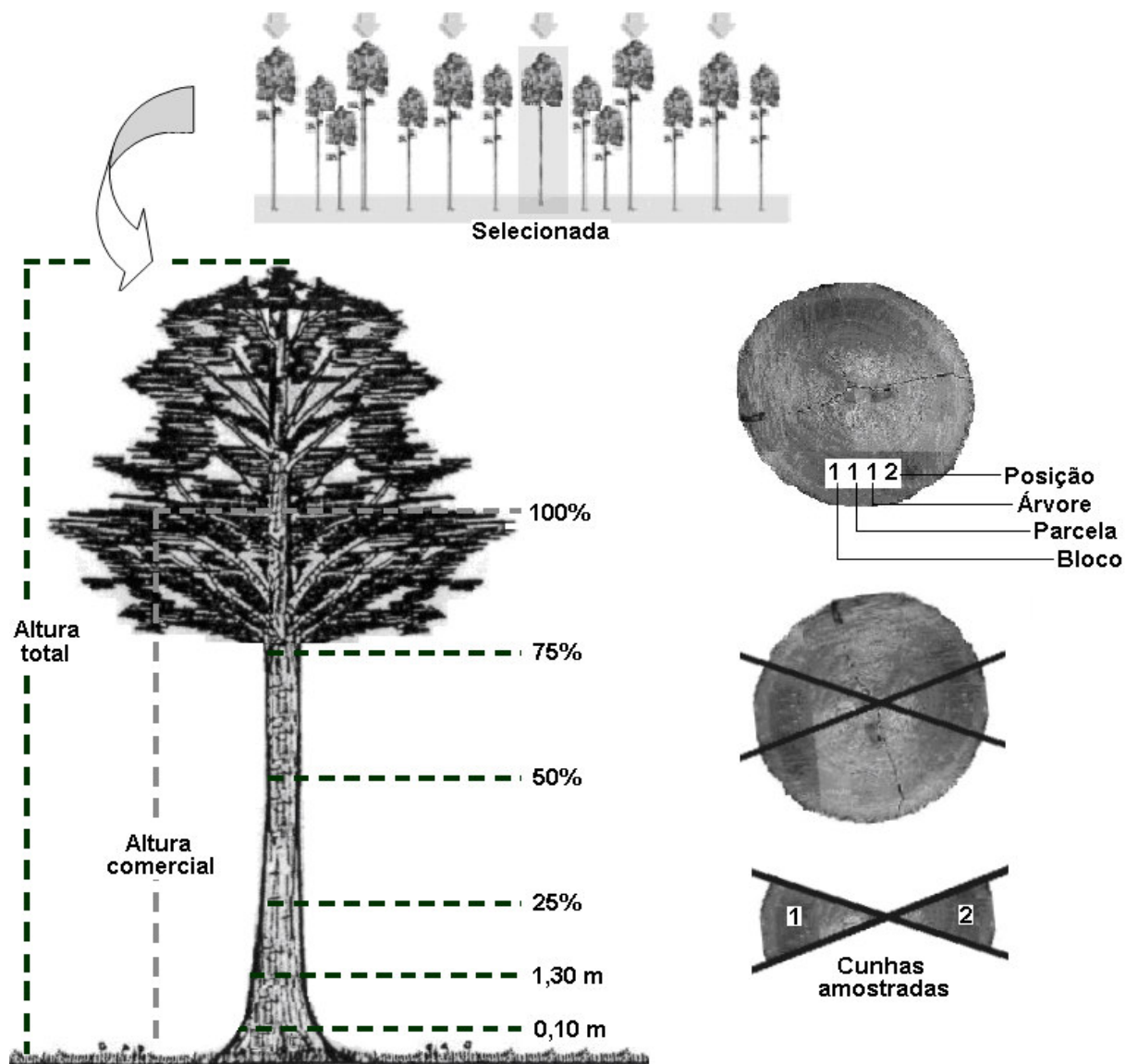


FIGURA 4.1 – Seleção das árvores, amostragem dos discos e confecção das cunhas utilizadas para a análise da massa específica básica (Fonte: Autor).

As cunhas de madeira foram submersas em água, onde permaneceram até atingir peso constante. Para a obtenção da massa específica básica de cada cunha (Equação 4.1), determinou-se, primeiramente, o volume verde, utilizando o método da balança hidrostática, descrito por Vital (1984).

A massa seca foi obtida deixando-se as amostras em estufa a 103°C até atingirem peso constante.

$$\rho_b = \frac{M_o}{V_u} \quad (4.1)$$

Onde: ρ_b = massa específica básica da madeira, g/cm³; M_o = massa seca em estufa (103 °C), g; V_u = volume saturado, cm³.

A massa específica básica da madeira em cada posição relativa do tronco foi então determinada pela média dos valores das duas cunhas. Em seguida, calculou-se a massa específica básica ponderada em função do volume de cada árvore. Esse cálculo baseia-se na ponderação dos valores de massa específica básica obtidos em cada posição relativa com os volumes sem casca correspondentes entre duas posições sucessivas (Equação 4.2).

$$\rho_{b\text{ pond}} = \frac{\frac{(\rho_{b\text{ 0\%}} + \rho_{b\text{ DAP}})}{2} v_1 + \frac{(\rho_{b\text{ DAP}} + \rho_{b\text{ 25\%}})}{2} v_2 + \frac{(\rho_{b\text{ i}} + \rho_{b\text{ i} + 1})}{2} v_i}{V_{13s}} \quad (4.2)$$

Onde: $\rho_{b\text{ pond}}$ = massa específica básica ponderada em função do volume da árvore, g/cm³; $\rho_{b\text{ "i"}}$ = massa específica básica na posição "i", g/cm³; v_1, v_2, v_i = volume sem casca correspondente a duas posições sucessivas, m³; v_{13s} = volume comercial sem casca da árvore, m³.

4.2.2 Análise estatística dos dados

Para a análise do efeito das diferentes intensidades de desbaste na massa específica das árvores dominantes e das centrais, os dados amostrados por posição relativa foram submetidos à análise de regressão. Estes foram processados pelo pacote "Statistical Analysis System" (SAS, 1993), no qual foi, primeiramente, aplicado o procedimento Stepwise de modelagem de regressão. O modelo gigante foi definido pela Equação 4.3.

$$\rho_b = f \left(P; \frac{1}{P}; P^2; \frac{1}{P^2}; \ln P; \frac{1}{\ln P}; \sqrt{P} \right) \quad (4.3)$$

Onde: ρ_b = massa específica das árvores dominantes e centrais, g/cm³; P = posição relativa (sentido base-topo), %.

O melhor modelo foi selecionado com base no coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), erro padrão da estimativa (S_{xy}), valor de F calculado e análise da distribuição dos resíduos.

Após esse procedimento, no modelo escolhido para descrever a variação axial da massa específica, no estrato dominante e médio, foram adicionadas variáveis Dummy, que assumiram valores de 0 e 1, conforme o tratamento de desbaste aplicado em cada parcela, da seguinte forma:

$D_i=1$, se a árvore estivesse presente na parcela/tratamento com desbaste i ;

$D_i=0$, se a árvore estivesse ausente nessa parcela/tratamento com desbaste i ;

Com isso, foi possível expressar as regressões individuais ajustadas para os sete tratamentos de desbaste em função de uma regressão linear múltipla, denominada de modelo gigante, representada pelas variáveis independentes descritas na Equação 4.4.

$$\rho_b = f (X; D_i; D_i.X) \quad (4.4)$$

Onde: ρ_b = massa específica das árvores dominantes e centrais, g/cm³; X = posição relativa (sentido base-topo) selecionada pelo procedimento Stepwise de regressão, %; D_i = Dummy (tratamento de desbaste, onde $i = 1; \dots; 7$); $D_i.X$ = interação variável D_i com a variável X.

Considerando a possibilidade dos dados de massa específica das árvores dominantes e centrais apresentarem uma tendência semelhante de variação axial e assim agrupar os estratos amostrados para verificar a influência dos desbastes, foi aplicado o Teste-t para duas amostras com variância equivalentes.

As hipóteses verificadas foram h_0 : variação axial homogênea entre estratos (todos os procedimentos anteriores novamente realizados, porém com os dados

agrupados) e h_1 : variação axial heterogênea entre estratos. Esse procedimento foi executado após os dados terem sido submetidos ao Teste de Bartlett de homogeneidade de variâncias.

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Massa específica básica ponderada da madeira

Os valores médios da massa específica básica por posição no sentido base-topo e da massa específica básica ponderada em função do volume comercial sem casca, de cada estrato e tratamento de desbaste, estão na Tabela 4.1.

Analisando a Tabela 4.1, percebe-se que os valores médios de massa específica básica ponderada em função do volume comercial sem casca, encontrados para as árvores dominantes e centrais de *Eucalyptus grandis*, em todos os tratamentos, são sensivelmente menores do que os normalmente citados na literatura para a mesma espécie (JESUS; VITAL, 1986; LIMA et al., 1992; LOPES, 2003; ALZATE et al., 2005). Essa diferença entre valores de massa específica, segundo autores Kollmann; Côté (1968), Brasil; Ferreira (1972), Panshin; De Zeeuw (1970), Tomazello Filho (1985), Silva et al. (2004) e Alzate et al. (2005), pode ser atribuída à idade e, principalmente, a fatores ambientais e/ou genéticos.

Lima et al. (1992) e Alzate et al. (2005), estudando a massa específica básica do tronco de *Eucalyptus grandis*, com 8 e 3,5 anos de idade, concluem que a média para essa característica foi de 0,460 g/cm³ e 0,440 g/cm³, respectivamente. Já Jesus; Vital (1986) e Lopes (2003), estudando árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* com 7 e 27 anos de idade, respectivamente, evidenciam que a média para essa característica tecnológica foi igual a 0,460 g/cm³, confirmando a existência de variabilidade dentro da espécie.

TABELA 4.1 – Massa específica básica média por posição no sentido axial e massa específica básica ponderada em função do volume comercial sem casca para as árvores dominantes e centrais de *Eucalyptus grandis*.

Massa específica básica das árvores dominantes (g/cm ³)							
Tratamento (Desbastes)	Posição relativa no sentido base-topo						$\rho_{\text{pond.}}$ (σ)
	0,1 m	DAP	25%	50%	75%	100%	
1 (0)	0,404	0,389	0,404	0,423	0,442	0,471	0,415 ($\pm 0,021$)
2 (1)	0,414	0,391	0,412	0,433	0,450	0,474	0,422 ($\pm 0,027$)
3 (2)	0,436	0,418	0,425	0,431	0,450	0,459	0,431 ($\pm 0,049$)
4 (3)	0,463	0,456	0,469	0,470	0,500	0,509	0,473 ($\pm 0,036$)
5 (4)	0,464	0,391	0,439	0,465	0,485	0,488	0,446 ($\pm 0,028$)
6 (5)	0,450	0,422	0,439	0,460	0,474	0,470	0,448 ($\pm 0,029$)
7 (6)	0,421	0,390	0,413	0,418	0,455	0,451	0,417 ($\pm 0,049$)

Massa específica básica das árvores centrais (g/cm ³)							
Tratamento (Desbastes)	Posição relativa no sentido base-topo						$\rho_{\text{pond.}}$ (σ)
	0,1 m	DAP	25%	50%	75%	100%	
1 (0)	0,428	0,400	0,401	0,415	0,431	0,444	0,417 ($\pm 0,044$)
2 (1)	0,430	0,352	0,370	0,403	0,412	0,425	0,390 ($\pm 0,026$)
3 (2)	0,468	0,443	0,427	0,438	0,490	0,481	0,449 ($\pm 0,045$)
4 (3)	0,412	0,396	0,407	0,429	0,425	0,480	0,424 ($\pm 0,022$)
5 (4)	0,460	0,422	0,421	0,456	0,463	0,474	0,440 ($\pm 0,016$)
6 (5)	0,457	0,424	0,424	0,450	0,476	0,498	0,443 ($\pm 0,017$)
7 (6)	0,465	0,446	0,448	0,473	0,499	0,494	0,462 ($\pm 0,027$)

Sendo: $\rho_{\text{pond.}}$ = massa específica básica ponderada em função do volume da árvore, g/cm³; σ = desvio padrão, g/cm³.

Analisando os valores divulgados pelos autores mencionados e comparando com os resultados obtidos neste estudo, percebe-se que, mesmo aos 18 anos de idade, somente o tratamento 4 das árvores dominantes apresentou uma média de massa específica básica ponderada superior a $0,470 \text{ g/cm}^3$ (Tabela 4.1).

Entretanto, a literatura referente à relação entre o diâmetro e/ou dimensões das árvores e à massa específica do lenho é bastante controversa. Autores como Souza et al. (1979), relacionando os valores dessa propriedade e o diâmetro das árvores de *Eucalyptus microcorys*, com 8 anos de idade, relatam que, nas menos vigorosas (DAP inferior a 10 cm), a média para essa característica foi significativamente inferior ($0,570 \text{ g/cm}^3$) em relação às dominantes (DAP superior a 15 cm) com massa específica igual a $0,610 \text{ g/cm}^3$.

De outra forma, pesquisadores como Hans et al. (1972), Ferreira et al. (1978) e Migliorini et al. (1988) indicam que as árvores com menores diâmetros apresentam maior massa específica da madeira. Já para Hillis (1968), a massa específica do lenho não é influenciada ou é fracamente correlacionada com o nível de crescimento, com algumas exceções.

4.3.2 Influência do desbaste na massa específica básica da madeira

Árvores dominantes

Os resultados dos coeficientes e das estatísticas da seleção da equação para descrever a variação axial (base-topo) da massa específica básica nas árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* encontram-se na Tabela 4.2.

Conforme a Tabela 4.2, verifica-se, no passo 1, que o modelo de regressão encontrado para estimar a variação axial dessa característica tecnológica deu-se em função apenas da posição relativa. O teste de significância para os parâmetros da equação foi significativo ao nível de 99,9% de probabilidade de confiança, sendo que, para o coeficiente angular (b_1), o valor de F' foi igual a 40,73.

TABELA 4.2 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever a massa específica básica da madeira das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido base-topo.

Passos	Modelo	Estatísticas				R ² _{aj.}	F
		b _j	Valor	F'	Prob>F		
1	$\rho_b = b_0 + b_1P$	b ₀	0,419130	7472,1	< 0,001**	0,20	40,73
		b ₁	0,000553	40,73	< 0,001**		
2	$\rho_b = b_0 + b_1P + b_2(1/P^2)$	b ₀	0,408230	4533,3	< 0,001**	0,24	25,43
		b ₁	0,000701	50,09	< 0,001**		
		b ₂	0,002460	8,34	0,0044**		

Sendo: ρ_b = massa específica básica, g/cm³; P = posição relativa no sentido base-topo, %; b_j = parâmetros da equação; F' = valor de F calculado para teste de hipótese dos parâmetros; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; R²_{aj.} = coeficiente de determinação ajustado; F = valor de F calculado para o modelo; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

No passo 2, a equação encontrada para descrever a massa específica básica dá-se em função da posição relativa e pelo inverso da posição relativa ao quadrado. O teste de significância para os parâmetros da equação foi significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro e o coeficiente de determinação ajustado (R²_{aj.}), com valor igual a 0,24, foi superior ao do passo 1 (0,20), evidenciando que a inclusão da variável em questão é válida para explicar os dados. De outra forma, não foi possível adicionar mais variáveis independentes no modelo para um nível de 5% de probabilidade de erro.

Assim, a equação de regressão selecionada para estimar a variação axial da massa específica básica nas árvores dominantes, com coeficiente de variação igual a 9% e erro padrão da estimativa de 0,040 g/cm³, foi expressa por:

$$\rho_b = 0,408230 + 0,000701P + 0,002460(1/P^2)$$

Onde: ρ_b = massa específica básica da madeira, g/cm³; P = posição relativa no sentido base-topo, %.

Depois de selecionado o modelo, os dados de massa específica básica em função da posição relativa no sentido axial foram então relacionados com os respectivos tratamentos de desbaste e submetidos à análise de regressão com o emprego de variável Dummy (Tabela 4.3).

TABELA 4.3 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) da massa específica básica da madeira das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa e do tratamento de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	14	0,13944	0,00996	7,31	<,0001**
P	1	0,06854	0,06854	50,30	<,0001**
1/P ²	1	0,01345	0,01345	9,87	0,0017**
D1	1	0,01080	0,01080	7,93	0,0049**
D2	1	0,00826	0,00826	6,06	0,0135*
D3	1	0,00516	0,00516	3,79	0,0501 ^{ns}
D4	1	0,02076	0,02076	15,23	0,0001**
D5	1	0,00457	0,00457	3,35	0,0649 ^{ns}
D6	1	0,00354	0,00354	2,60	0,1083 ^{ns}
D7	0	0	0	0	0
D1.P	1	0,00093	0,00093	0,68	0,4027 ^{ns}
D2.P	1	0,00142	0,00142	1,04	0,3014 ^{ns}
D3.P	1	0,00090	0,00090	0,66	0,4106 ^{ns}
D4.P	1	3,7E-05	3,7E-05	0,03	0,8668 ^{ns}
D5.P	1	0,00079	0,00079	0,58	0,4422 ^{ns}
D6.P	1	0,00028	0,00028	0,21	0,6456 ^{ns}
D7.P	0	0	0	0	0
Erro	153	0,20849	0,00136	-	-
Total	167	0,34793	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; P = posição relativa no sentido base-topo, %; D_i = tratamentos de desbaste (Dummy); D_i.P = interação tratamento (Dummy) com a variável P; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A análise estatística da Tabela 4.3 indica que a equação selecionada não pode ser utilizada para todos os tratamentos de desbaste, pois algumas Dummy's (D1, D2 e D4) empregadas no modelo gigante para verificar a influência dos tratamentos na massa específica básica foram significativas em nível máximo de $\alpha = 5\%$ de

probabilidade de erro. Na mesma tabela, observa-se ainda que não houve interação significativa dos desbastes e da posição relativa no sentido base-topo.

Cabe salientar ainda que a equação com variáveis Dummy apresentou um coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) de 0,42; coeficiente de variação de 8,2% e erro padrão da estimativa igual a 0,036 g/cm³, mostrando-se significativa. Na Tabela 4.4, são apresentados os coeficientes da equação reajustada com variável Dummy, para estudo da massa específica em função do desbaste.

TABELA 4.4 – Valores dos coeficientes da equação reajustada com variável Dummy para massa específica básica da madeira das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função do tratamento de desbaste.

Parâmetros					
b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
0,404177	0,000701	0,002465	- 0,015593	- 0,009629	+ 0,039450

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 e b_5 = coeficientes.

O sinal negativo para os coeficientes b_3 e b_4 (associados às variáveis Dummy 1 e 2, respectivamente) indica que, para os tratamentos 1 (testemunha sem desbaste) e 2 (1 desbaste executado), a massa específica básica da madeira é menor que a dos demais tratamentos. De outra forma, o coeficiente b_5 (Dummy 4), correspondente ao tratamento 4, com 3 desbastes aplicados no povoamento, por apresentar sinal positivo, aumenta essa característica tecnológica em relação aos demais tratamentos.

As variáveis Dummy não significativas (D3, D5, D6 e todas as interações) e a Dummy 7, com sua respectiva interação, por apresentarem um coeficiente associado igual a zero, foram ignoradas no modelo gigante. Assim, a massa específica da madeira para esses desbastes foi obtida pela equação original, atribuindo-se o valor zero para as variáveis Dummy 1, 2 e 4.

Com o objetivo de verificar as diferenças de massa específica existentes entre os desbastes, detectadas na análise de variância, os dados dessa característica foram plotados em função da posição relativa no sentido axial, ajustando-se a equação selecionada pelo procedimento Stepwise. Os valores de massa específica da madeira

de *Eucalyptus grandis*, estimados para as sete intervenções silviculturais de desbaste pelo modelo gigante abaixo descrito, podem ser observados na Figura 4.2.

$$\rho_b = 0,404177 + 0,00070P + 0,002465(1/P^2) - 0,015593D1 - 0,009629D2 + 0,039450D4$$

Onde: ρ_b = massa específica básica da madeira, g/cm³; P = posição relativa no sentido base-topo, %; D1, D2 e D4 = variáveis Dummy correspondentes aos tratamentos testemunha (sem desbaste), 2 (1 desbaste) e 4 (3 desbastes), respectivamente.

Na Figura 4.2, observa-se que, independentemente do número de desbastes aplicados, há um mesmo padrão de variação da massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* no sentido base-topo. Os valores dessa variável decrescem da base até, aproximadamente, a região do DAP. A partir dessa posição, os valores são crescentes, sem tendência de estabilização com a altura.

A constatação da diminuição da massa específica até a região do DAP, seguida de aumento a partir desse ponto, também é amplamente referida na literatura (PANSHIN; DE ZEEUW, 1970; TAYLOR, 1973; BARRICHELO et al., 1983; JESUS; VITAL, 1986; BHAT et al., 1990; WILKINS; HORNE, 1991; LIMA et al., 1992; DOWNES; RAYMOND, 1997; REZENDE et al., 1998; LOPES, 2003; ALZATE et al., 2005; TREVISAN et al., 2006; SETTE JUNIOR, 2007).

Com relação à intervenção silvicultural, nota-se, na Figura 4.2, que houve influência das diferentes formas de competição proporcionadas pelos desbastes, porém sem uma tendência sistemática positiva (BAMBER et al., 1982; WILKINS, 1990; MALAN; HOON, 1992; LUZ et al., 1993) ou negativa (MALAN, 1988, 1995; WILKINS; HORNE, 1991; REZENDE et al., 1998; WASHUSEN et al., 2005) definida em relação ao espaço vital, mas sim com uma interação entre essas sistemáticas.

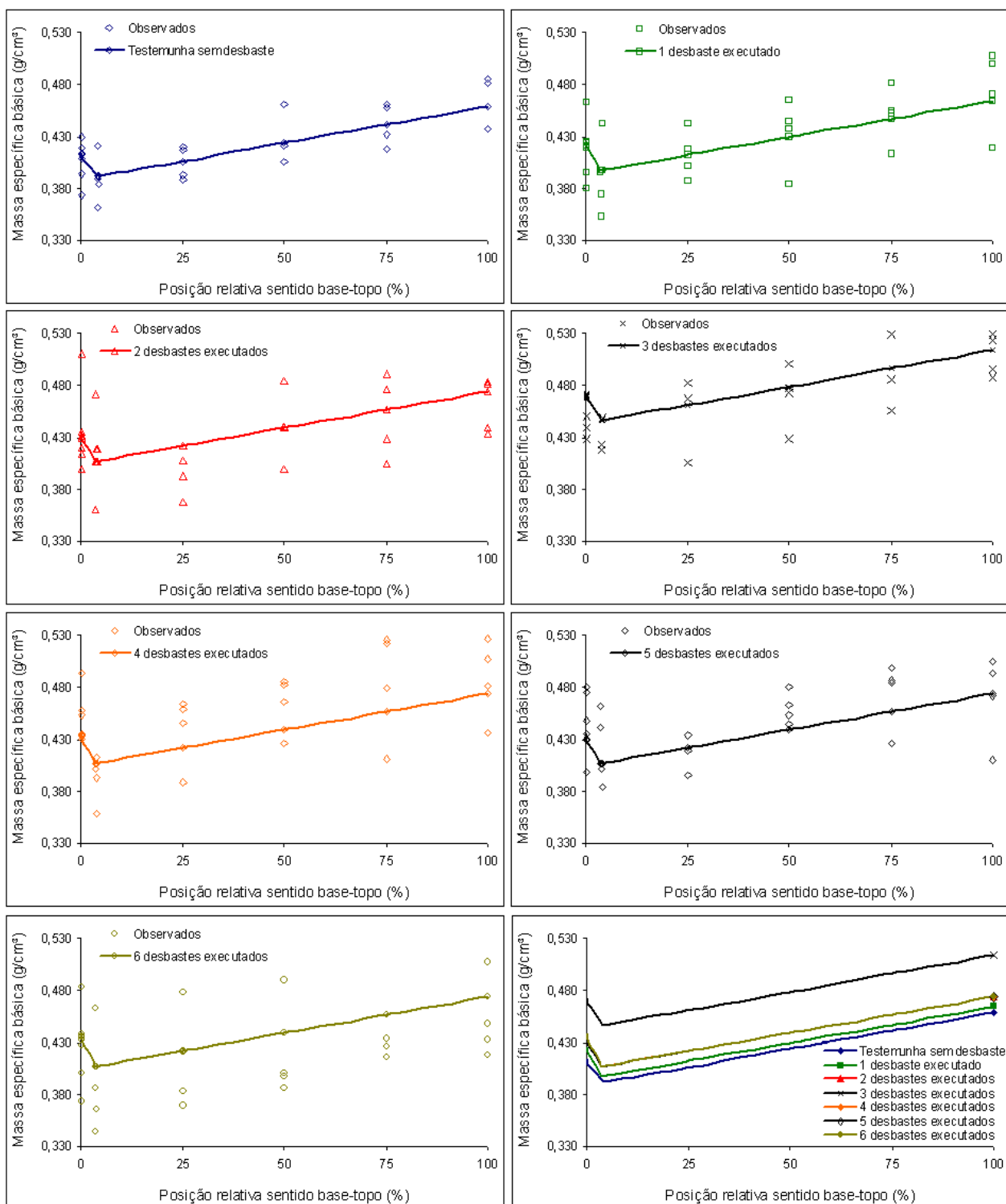


FIGURA 4.2 – Variação da massa específica básica das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido axial e dos tratamentos de desbaste.

Essa interação entre sistemáticas pode ser verificada observando, na Figura 4.2, a variação positiva do tratamento 1 (testemunha sem desbaste), que apresentou os menores valores de massa específica básica, até o tratamento 4 (3 desbastes executados), com posterior declínio e estabilização para os demais tratamentos (5, 6 e 7 que correspondem a 4, 5 e 6 desbastes, respectivamente).

Árvores centrais

Os coeficientes e as estatísticas da seleção da equação para descrever a variação da massa específica básica das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*, no sentido base-topo, encontram-se na Tabela 4.5.

TABELA 4.5 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever a massa específica básica da madeira das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido base-topo.

Passos	Modelo	Estatísticas				R ² _{aj.}	F
		b _j	Valor	F'	Prob>F		
1	$\rho_b = b_0 + b_1P^2$	b ₀	0,4243810	9961,7	< 0,001**	0,15	28,84
		b ₁	0,0000048	28,84	< 0,001**		
2	$\rho_b = b_0 + b_1P^2 + b_2(1/P^2)$	b ₀	0,4156439	7896,4	< 0,001**	0,22	22,97
		b ₁	0,0000059	43,08	< 0,001**		
		b ₂	0,0042018	14,69	0,0002**		

Sendo: ρ_b = massa específica básica, g/cm³; P = posição relativa no sentido base-topo, %; b_j = parâmetros da equação; F' = valor de F calculado para teste de hipótese dos parâmetros; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; R²_{aj.} = coeficiente de determinação ajustado; F = valor de F calculado para o modelo; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

Analisando a Tabela 4.5, observa-se que, no passo 1, o modelo de regressão para descrever a variação axial dessa característica tecnológica foi em função da posição relativa ao quadrado. O teste de significância para os coeficientes da equação

foi significativo ao nível de 99,9% de probabilidade de confiança, sendo que, para o coeficiente angular (b_1), o valor de F' foi igual a 28,84.

No passo 2, foi incluída mais uma variável na equação de regressão. A modelagem apresentou a determinação da massa específica básica em função da posição relativa ao quadrado e pelo inverso da posição relativa ao quadrado. O teste de significância para os parâmetros da equação foi significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro, e o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), com valor igual a 0,22, foi superior a do passo 1 (0,15), justificando assim a inclusão de mais uma variável. A adição de mais variáveis independentes ao modelo não foi possível para um nível de 5% de probabilidade de erro.

Dessa maneira, a equação de regressão para estimar a variação axial da massa específica básica nas árvores centrais, com coeficiente de variação igual a 9,1% e erro padrão da estimativa de $0,039 \text{ g/cm}^3$, foi expressa por:

$$\rho_b = 0,4156439 + 0,0000059P^2 + 0,0042018 (1/P^2)$$

Onde: ρ_b = massa específica básica da madeira, g/cm^3 ; P = posição relativa no sentido base-topo, %.

Com base no modelo selecionado, os dados de massa específica básica em função da posição relativa no sentido base-topo foram então relacionados com os respectivos tratamentos de desbaste e submetidos à análise de regressão com o emprego de variável Dummy (Tabela 4.6).

Assim como nas árvores dominantes, a análise estatística da Tabela 4.6 também evidenciou que a equação selecionada não pode ser utilizada para todos os desbastes, pois as Dummy's D1, D2 e D4, empregadas para verificar a influência dos tratamentos 1 (testemunha sem desbaste), 2 (1 desbaste) e 4 (3 desbastes), respectivamente, na massa específica básica, foram significativas em nível máximo de $\alpha = 5\%$ de probabilidade de erro. Na mesma tabela, observa-se, ainda, que também não houve interação significativa entre os desbastes e a posição relativa no sentido base-topo.

TABELA 4.6 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) da massa específica básica da madeira das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa e do tratamento de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	14	0,1606359	0,0114740	10,66	<,0001**
P ²	1	0,0496984	0,0496984	46,19	<,0001**
1/P ²	1	0,0233594	0,0233594	21,71	<,0001**
D1	1	0,0071191	0,0071191	6,62	0,0134*
D2	1	0,0494572	0,0494572	45,97	<,0001**
D3	1	0,0019081	0,0019081	1,77	0,1971 ^{ns}
D4	1	0,0198081	0,0198081	18,41	0,0001**
D5	1	0,0025588	0,0025588	2,38	0,1356 ^{ns}
D6	1	0,0031966	0,0031966	2,97	0,0956 ^{ns}
D7	0	0	0	0	0
D1. P ²	1	0,0016933	0,0016933	1,57	0,2242 ^{ns}
D2. P ²	1	0,0009773	0,0009773	0,91	0,3553 ^{ns}
D3. P ²	1	0,0009525	0,0009525	0,89	0,3615 ^{ns}
D4. P ²	1	0,0005588	0,0005588	0,52	0,4843 ^{ns}
D5. P ²	1	0,0008193	0,0008193	0,76	0,3973 ^{ns}
D6. P ²	1	0,0003629	0,0003629	0,34	0,5729 ^{ns}
D7. P ²	0	0	0	0	0
Erro	151	0,1624698	0,0010760	-	-
Total	165	0,323106	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; P = posição relativa no sentido base-topo, %; D_{ij} = tratamentos de desbaste (Dummy); D_{ij}.P² = interação tratamento (Dummy) com a variável P²; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A equação reajustada com variáveis Dummy mostrou-se significativa, apresentando um coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) de 0,48, coeficiente de variação igual a 7,7% e baixo valor de erro padrão da estimativa (0,034 g/cm³). Na Tabela 4.7, são apresentados os coeficientes da equação reajustada com as variáveis Dummy.

TABELA 4.7 – Valores dos coeficientes da equação reajustada com variável Dummy para massa específica básica da madeira das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função do tratamento de desbaste.

Parâmetros					
b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
0,4352245	0,0000058	0,0031623	- 0,0344564	- 0,0565064	- 0,0327161

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 e b_5 = coeficientes.

O sinal negativo para os coeficientes b_3 , b_4 e b_5 (associados às variáveis Dummy 1, 2 e 4, respectivamente) indica que, para os tratamentos 1 (testemunha sem desbaste), 2 (1 desbaste) e 4 (3 desbastes), a massa específica básica da madeira é menor em relação à dos demais tratamentos, evidenciando uma variação diferente das árvores dominantes.

As variáveis Dummy não significativas (D3, D5, D6 e todas as interações) e a Dummy 7 juntamente com sua interação, por apresentarem um coeficiente associado igual a zero, foram ignoradas no modelo gigante. Dessa forma, a massa específica da madeira para esses tratamentos foi obtida pela equação original, atribuindo-se o valor zero para as variáveis Dummy 1, 2 e 4.

Com o objetivo de verificar as diferenças de massa específica existentes entre os desbastes nas árvores centrais, os dados dessa característica foram plotados em função da posição relativa no sentido axial, ajustando-se a equação selecionada pelo procedimento Stepwise. Os valores de massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis*, estimados para as sete intervenções silviculturais de desbaste pelo modelo gigante abaixo descrito, podem ser observados na Figura 4.3.

$$\rho_b = 0,4352245 + 0,0000058P^2 + 0,0031623(1/P^2) - 0,0344564D1 - 0,0565064D2 - 0,0327161D4$$

Onde: ρ_b = massa específica básica, g/cm³; P = posição relativa no sentido base-topo, %; D1, D2 e D4 = variáveis Dummy correspondentes aos tratamentos testemunha (sem desbaste), 2 (1 desbaste) e 4 (3 desbastes), respectivamente.

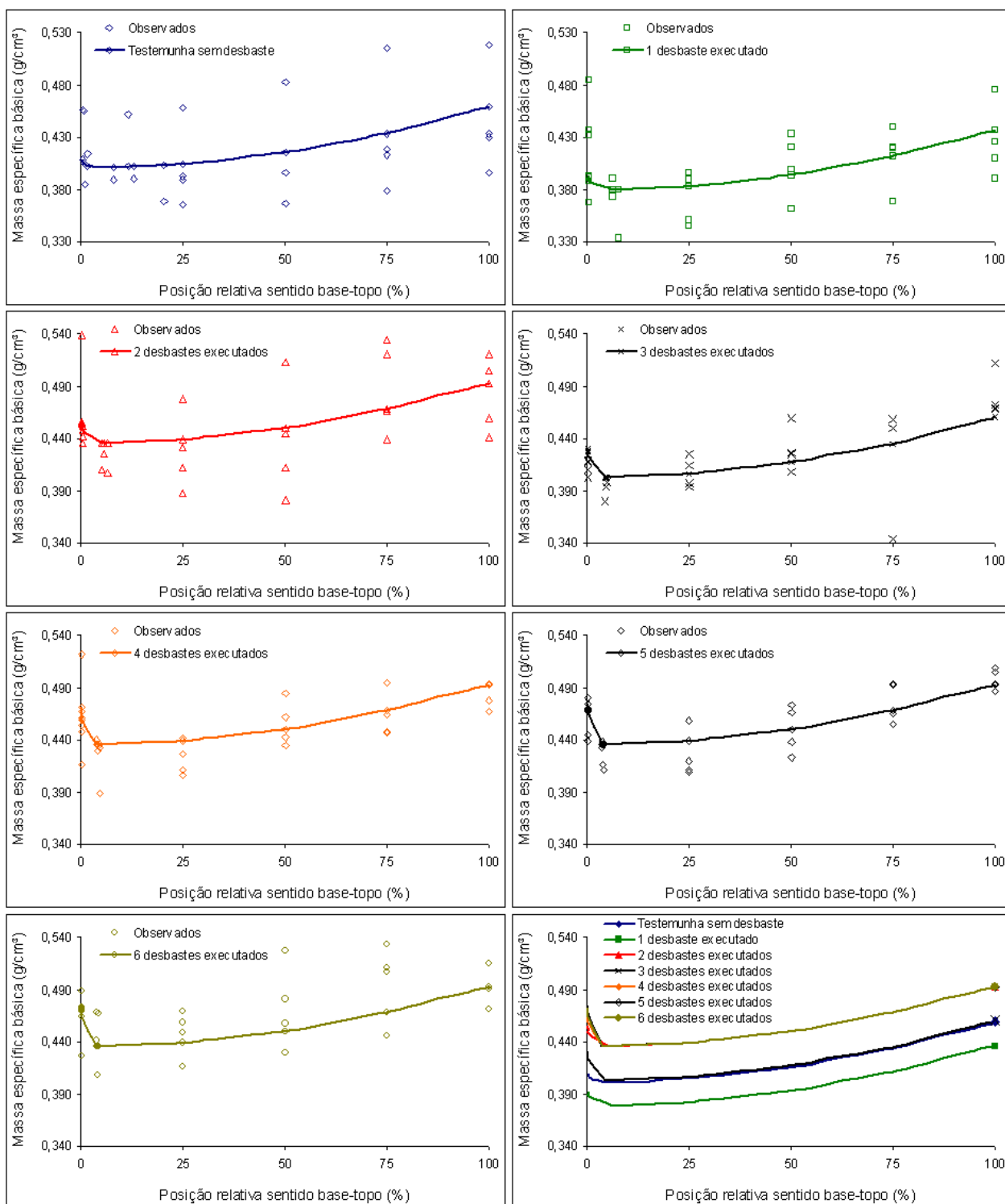


FIGURA 4.3 – Variação da massa específica básica das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido axial e dos tratamentos de desbaste.

A variação da massa específica básica das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido axial apresentou a mesma tendência que a das dominantes, ou seja, um decréscimo da base até a região do DAP, seguido de acréscimo com a altura. Para esse estrato, o padrão de variação longitudinal também não foi alterado pelos desbastes (Figura 4.3).

Entretanto, apesar das intervenções influenciarem significativamente a massa específica, estas não seguiram o mesmo padrão encontrado nas árvores dominantes, ou seja, não apresentaram tendência sistemática clara de aumento e/ou decréscimo em função do espaço vital.

Cabe ressaltar também que, como nas árvores dominantes, os tratamentos 1, 2 e 4 foram os responsáveis pela variação da massa específica básica nas árvores centrais, assim como as demais intensidades de desbaste (tratamentos 3, 5, 6 e 7) também não influenciaram a massa específica básica.

Resultados semelhantes são descritos por Lima; Garcia (2005) que, estudando a influência do desbaste na massa específica básica de árvores de *Eucalyptus grandis*, distribuídas em um intervalo de classe de diâmetro entre 25 e 30 cm, também encontraram diferenças significativas para esse parâmetro tecnológico sem tendências sistemáticas definidas.

Árvores dominantes e centrais

O Teste de Bartlett permite aceitar a hipótese para homogeneidade de variâncias entre as médias estimadas pelas duas equações selecionadas para descrever a massa específica básica e também para as médias observadas dessa característica tecnológica nas árvores dominantes e centrais, em nível de 1% de probabilidade de erro.

Assim, o Teste-t para duas amostras com variância equivalentes foi aplicado, resultando na aceitação da hipótese de igualdade tanto para os valores médios observados de massa específica básica ($t_{cal} = 0,265 < t_{tab} = 1,967$) quanto para os estimados pelas equações em árvores dominantes e centrais ($t_{cal} = 1,118 < t_{tab} = 1,967$).

Com esse resultado, os dados dos dois estratos estudados foram então agrupados para seleção de uma nova equação para descrever a variação no sentido base-topo dessa característica tecnológica (Tabela 4.8).

TABELA 4.8 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever a massa específica básica da madeira das árvores agrupadas de *Eucalyptus grandis* (dominantes e centrais) em função da posição relativa no sentido base-topo.

Passos	Modelo	Estatísticas				R ² _{aj.}	F
		b _j	Valor	F'	Prob>F		
1	$\rho_b = b_0 + b_1P^2$	b ₀	0,424850	20390	< 0,001**	0,17	68,71
		b ₁	0,0000052	68,71	< 0,001**		
2	$\rho_b = b_0 + b_1P^2 + b_2(1/P^2)$	b ₀	0,418640	15188	< 0,001**	0,20	42,03
		b ₁	0,0000060	83,96	< 0,001**		
		b ₂	0,002310	12,89	0,0004**		

Sendo: ρ_b = massa específica básica, g/cm³; P = posição relativa no sentido base-topo, %; b_j = parâmetros da equação; F' = valor de F calculado para teste de hipótese dos parâmetros; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; R²_{aj.} = coeficiente de determinação ajustado; F = valor de F calculado para o modelo; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

Na Tabela 4.8, observa-se que o modelo de regressão para descrever a massa específica básica da madeira deu-se em função da posição relativa ao quadrado e pelo inverso da posição relativa ao quadrado, ou seja, semelhante ao modelo selecionado para as árvores centrais.

A equação de regressão para estimar a variação axial dessa característica nas árvores dominantes e centrais, com coeficiente de variação igual a 9,2% e erro padrão da estimativa de 0,040 g/cm³, ficou sendo expressa por:

$$\rho_b = 0,418640 + 0,0000060P^2 + 0,002310 (1/P^2)$$

Onde: ρ_b = massa específica básica da madeira, g/cm³; P = posição relativa no sentido base-topo, %.

Os dados agrupados de massa específica básica em função da posição relativa no sentido base-topo dos dois estratos foram então relacionados com os respectivos tratamentos de desbaste e submetidos à análise de regressão com o emprego de variável Dummy (Tabela 4.9).

TABELA 4.9 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) da massa específica básica da madeira das árvores agrupadas de *Eucalyptus grandis* (dominantes e centrais) em função da posição relativa do tratamento desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	14	0,2072904	0,0148065	10,48	<,0001**
P ²	1	0,1156218	0,1156218	81,87	<,0001**
1/P ²	1	0,0195102	0,0195102	13,82	0,0002**
D1	1	0,0210955	0,0210955	14,94	0,0001**
D2	1	0,0466746	0,0466746	33,05	<,0001**
D3	1	0,0007293	0,0007293	0,52	0,4729 ^{ns}
D4	1	0,0004952	0,0004952	0,35	0,5542 ^{ns}
D5	1	0,0001296	0,0001296	0,09	0,7622 ^{ns}
D6	1	0,0009666	0,0009666	0,68	0,4087 ^{ns}
D7	0	0	0	0	0
D1. P ²	1	0,0000014	0,0000014	0,00	0,9749 ^{ns}
D2. P ²	1	0,0000012	0,0000012	0,00	0,9770 ^{ns}
D3. P ²	1	0,0013136	0,0013136	0,93	0,3356 ^{ns}
D4. P ²	1	0,0007139	0,0007139	0,51	0,4776 ^{ns}
D5. P ²	1	0,0000056	0,0000056	0,00	0,9499 ^{ns}
D6. P ²	1	0,0000320	0,0000320	0,02	0,8804 ^{ns}
D7. P ²	0	0	0	0	0
Erro	317	0,4476742	0,0014122	-	-
Total	331	0,6549646		-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; P = posição relativa no sentido base-topo, %; D₁₋₇ = tratamentos de desbaste (Dummy); D₁₋₇.P² = interação tratamento (Dummy) com a variável P²; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A análise da Tabela 4.9, assim como nas árvores dominantes e centrais, mostrou que a equação que descreve a massa específica básica não pode ser utilizada para todos os desbastes, pois as Dummy's D1 e D2, correspondentes aos tratamentos 1 (testemunha sem desbaste) e 2 (1 desbaste), respectivamente, foram significativas ao nível de $\alpha = 1\%$ de probabilidade de erro. Na mesma tabela, verifica-se ainda que não houve interação significativa entre o desbaste aplicado e a posição relativa no sentido base-topo.

A equação reajustada da massa específica básica em função da posição relativa no sentido base-topo e dos tratamentos de desbaste, utilizando variável Dummy, resultou em um coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) de 0,32, coeficiente de variação igual a 8,5% e valor de erro padrão da estimativa de $0,037 \text{ g/cm}^3$, mostrando-se significativa.

$$\rho_b = 0,4293137 + 0,0000059P^2 + 0,0019112 (1/P^2) - 0,0285447D1 - 0,0345234D2$$

Onde: ρ_b = massa específica básica da madeira, g/cm^3 ; P = posição relativa no sentido base-topo, %; D1 e D2 = variáveis Dummy correspondentes aos tratamentos testemunha (sem desbaste) e 2 (1 desbaste), respectivamente.

A fim de verificar as diferenças de massa específica existentes entre os desbastes nas árvores agrupadas, os dados dessa característica foram plotados em função da posição relativa no sentido axial, ajustando-se a equação selecionada pelo procedimento Stepwise, da mesma forma como aplicado nos estratos anteriores. Os valores de massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis*, estimados para as sete intervenções silviculturais de desbaste pelo modelo gigante abaixo descrito, podem ser observados na Figura 4.4.

A variação da massa específica básica nas árvores dominantes e centrais agrupadas de *Eucalyptus grandis*, em função da posição relativa no sentido axial, também apresentou o mesmo padrão de variação encontrado para os estratos analisados de forma individual (Figura 4.4).

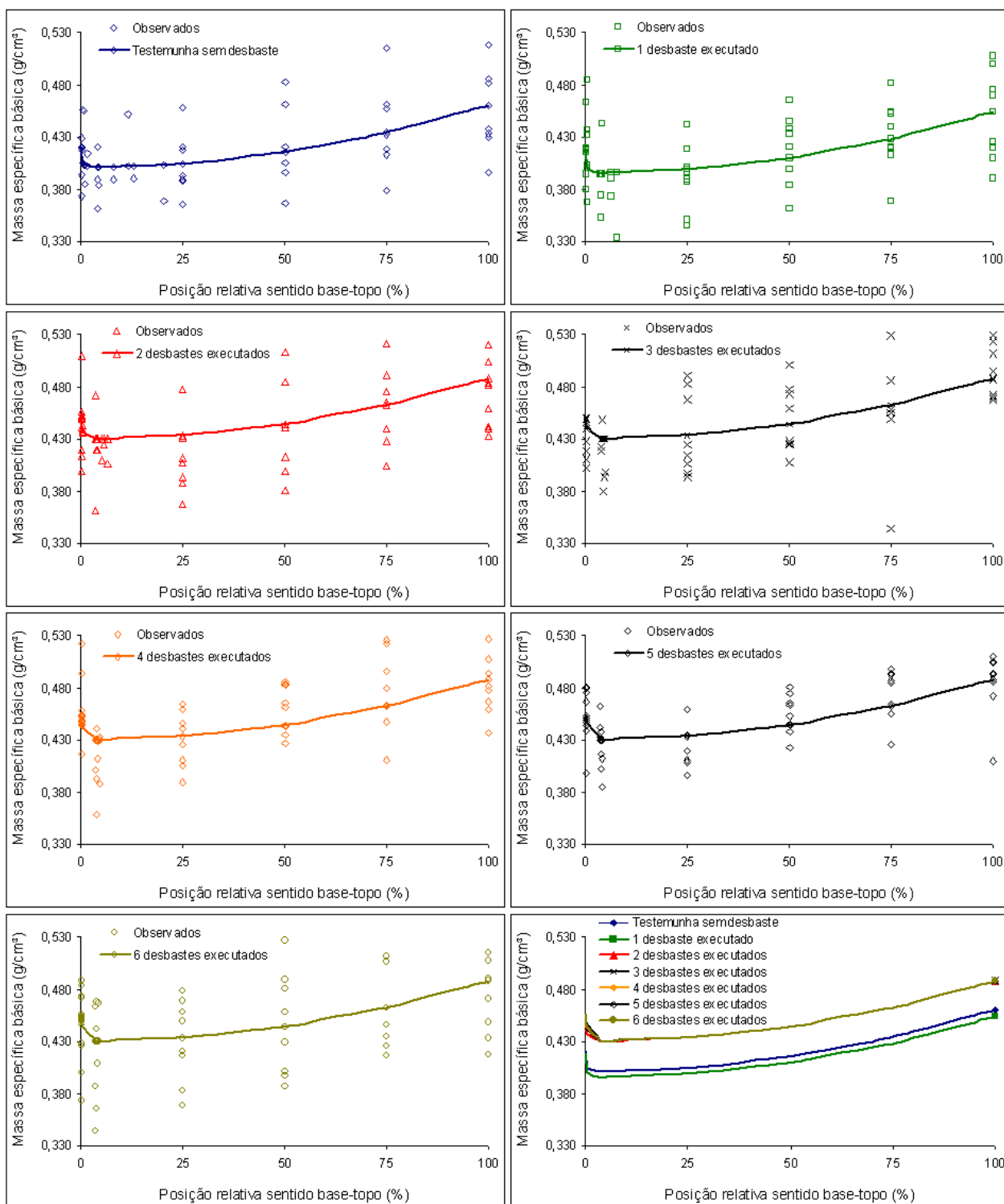


FIGURA 4.4 – Variação da massa específica básica das árvores agrupadas de *Eucalyptus grandis* (dominantes e centrais) em função da posição relativa no sentido axial e dos tratamentos de desbaste.

Assim, percebe-se que os modelos que descrevem essa variação se caracterizam pelo decréscimo até a região do DAP nas árvores dominantes e centrais do tratamento 1 (0,420 até 0,401 g/cm³), 2 (0,418 até 0,395 g/cm³), 3, 4, 5, 6 e 7 (0,451 até 0,430 g/cm³), seguido de um aumento, sem tendência de estabilização, até a altura comercial estipulada, no tratamento 1 (0,401 até 0,460 g/cm³), 2 (0,395 até 0,454 g/cm³), 3, 4, 5, 6 e 7 (0,430 até 0,488 g/cm³).

Esses maiores valores de massa específica do lenho das árvores de eucalipto, nas regiões basal e apical do tronco, devem-se, provavelmente, às exigências mecânicas de sustentação do fuste e copa, tipo e ângulo de inserção dos ramos e ação dos ventos, e foram também verificados por Barrichello et al. (1983) e Sette Junior (2007).

Com relação às intensidades de desbaste aplicadas, nota-se, na Figura 4.4, que para as árvores agrupadas também houve influência das diferentes formas de competição proporcionadas pelos desbastes na massa específica, seguindo o mesmo padrão verificado para as dominantes, ou seja, com uma interação entre a tendência sistemática negativa e positiva descritas na literatura.

Isso pode ser verificado observando a variação, agora negativa, do tratamento 1 (testemunha sem desbaste) até o tratamento 2 (1 desbaste executado), o qual apresentou os menores valores, com posterior aumento e estabilização para as demais intensidades (tratamentos 3, 4, 5, 6 e 7 que correspondem a 2, 3, 4, 5 e 6 desbastes, respectivamente).

4.4 Conclusões

Os resultados do efeito do desbaste sobre a massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, permitem concluir que:

- O padrão de variação da massa específica básica no sentido longitudinal, em árvores dominantes e centrais e também desses estratos agrupados, apresentou um decréscimo até a região do DAP, seguido de acréscimo, sem tendência de estabilização com a altura.

- O desbaste induz à variação da massa específica básica tanto nas árvores dominantes como nas centrais, porém não foi verificada uma tendência sistemática positiva ou negativa em relação ao espaço vital proporcionado pelo desbaste.
- Para árvores dominantes, a aplicação de 3 desbastes aumenta a massa específica com posterior declínio e estabilização enquanto que nas árvores centrais, não há uma tendência clara da influência do desbaste nessa propriedade.
- A análise dos estratos agrupados evidencia que intervenções superiores a dois desbastes não aumentam a massa específica básica da madeira.
- Apesar de os resultados divergirem com a literatura no que se refere a tendências de acréscimo ou decréscimo dessa característica tecnológica, estes podem ser considerados importantes na determinação do espaço vital que maximiza a massa específica básica relacionando, por exemplo, com o estrato estudado e também com outros fatores, como o controle da perda de volume por hectare, associado a pesadas intensidades de desbaste.

4.5 Bibliografia

- ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 87-95, ago. 2005.
- BAMBER, R. K.; HORNE, R.; GRAHAM-HIGGS, A. Effect of fast growth on the wood properties of *Eucalyptus grandis*. **Australian Forestry Research**, Melbourne, v. 12, n. 2, p. 163-167, Dec. 1982.
- BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O.; MIGLIORINI, A. J. Estudo da variação da densidade básica em *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo, SBS, 1983, p.726-731.

BHAT, K. M.; BHAT, K. V.; DHAMODARAN, T. K. Wood density and fibre length of *Eucalyptus grandis* grown in Kerala, India. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 22, n. 1, p. 54-61, Jan. 1990.

BODIG, J.; JAYNE, B. **Mechanics of wood and wood composites**. New York: Van Nostrand Reinhof, 1982. 712 p.

BRASIL, M. A. M. **Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus propinqua* Deane & Maiden em função do local e do espaçamento**. 1972. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)—Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1972.

BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. **Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw, *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos cinco anos de idade, em função do local e do espaçamento**. **Revista IPEF**, Piracicaba, v. 2, n. 3, p. 129-149, jun./dez. 1971.

_____. **Variação da densidade básica e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden ao nível do dap: análise preliminar**. **Revista IPEF**, Piracicaba, n. 5, p. 81-90, dez. 1972.

CARMO, A. P. T. **Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto**. 1996. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)—Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

DEBELL, D. S.; CHRISTOPHER, R. K.; GARTNER, B. L. Wood density of *Eucalyptus saligna* grown in Hawaiian plantations: effects of silvicultural practices and relation to growth rate. **Australian Forestry**. v. 64, n. 2, p. 106-110, 2001.

DOWNES, G. M. et al. **Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties**. Australia: CSIRO Publishing. 1997. 132 p.

DOWNES, G. M.; RAYMOND, C. A. Variation in wood density in plantation eucalypts. In: DOWNES, G. M. et al. **Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties**. Australia: CSIRO Publishing, p. 88-99. 1997.

DURLO, M. A. **Tecnologia da madeira: peso específico**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1991. 29 p. n. 8.

FERREIRA, C. A.; FREITAS, M.; FERREIRA, M. A. **Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp., em função da idade e qualidade de local**. **Boletim Informativo IPEF**, Piracicaba, v. 6, n. 20, p. 1-19, nov. 1978.

HANS, A. S.; BURLEY, J.; WILLIAMSON, P. Wood quality of *Eucalyptus grandis* grown in Zambia. **Holzforschung**, Berlin, v. 26, n. 4, p. 138-141, Jan. 1972.

HASELEIN, C. R. et al. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12 % de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith quando submetido a diferentes espaçamentos e doses de adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 147-152, 2002.

HAYGREEN, J. G.; BOWYER, J. L. **Forest products and wood science: an introduction**. Ames: Iowa Sate University, 1982. 459 p.

HILLIS, W. E. Chemical aspects of heartwood formation. **Wood Science and Technology**, Madison, v. 2, n. 4, p. 241-259, Dec. 1968.

JESUS, R. M.; VITAL, B. R. Comparação entre densidades de matrizes e de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 82-90, jan./jun. 1986.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. **Principles of wood science and technology: I. Solid Wood**. New York: Springer-Verlag, 1968. 592 p.

LADRACH, W. E. Control of wood properties in plantations. In: IUFRO WORLD CONGRESS 18., 1986, Ljubljana. **Proceedings...** Ljubljana, p. 369-379, 1986.

LIMA, I. L. **Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2005. 161 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2005.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Influência do desbaste em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 151-160, dez. 2005.

LIMA, J. T. The wood density of three *Eucalyptus saligna* Smith clones in relation to age. **Annuary Science Forestry**, v. 52, p. 347-352, 1994.

LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Variation in wood density and mechanical properties in *Eucalyptus* clones. In: THE FUTURE OF EUCALYPTS FOR WOOD PRODUCTS. 2000, Launceston, **Proceedings...** Launceston: IUFRO. 2000, p. 282-291.

LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; OLIVEIRA, A. D. Variação da densidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, *E. tereticornis* e *E. camaldulensis* no sentido longitudinal dos caules. **Ciência e Prática**. Lavras, v. 16, n. 1, p. 123-127. jan./mar. 1992.

LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira**. 2003. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2003.

LUZ, H. F.; MELZER, J. F.; COUTINHO, C. J.; et al. Manejo de florestas de eucalipto para usos múltiplos. In: CONGRESSO FLORESTAL PAN-AMERICANO, 1,

CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1993. p.283-290.

MALAN, F. S. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, IPEF/IPT, 1995. **Anais ...**, São Paulo, IPEF/IPT, 1995. p.1-19.

_____. Relationships between growth stress and some tree characteristics in South African grown *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 144, p. 43-46. 1988.

_____. The control of end splitting in sawlogs: a short literature review. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 109, p.14-79, 1979.

_____. Variation, association and inheritance of juvenile wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden with special reference to the effect of rate of growth. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 157, p. 16-23. 1991.

MALAN, F. S.; GERISCHER, G. F. R. Wood property differences in South African grown *Eucalyptus grandis* trees of different growth stress levels. **Holzforschung**, Berlin, v. 41, n. 6, p. 331- 335. 1987.

MALAN, F. S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 163, p. 13-20. 1992.

MIGLIORINI, A. J. et al. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* em função de diferentes níveis de floresta. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 21., 1988, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: ABCP, 1988. p. 17-23.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1998. 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)–Universidade de São Paulo, 1998.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. R. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira *Eucalyptus saligna* Smith. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 381-385, maio/jun. 2003.

PANSHIN, A. J.; de ZEEUW, C. **Text book of wood technology**. 4th ed. New York: Mc Graw Hill, 1970. 722 p.

REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R. C.; CHAVES, R. Variação da massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 8 anos de idade em função de diferentes níveis de produtividade. **Scientia Forestalis**, n. 53, p. 71-78, 1998.

SAS – STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM: **Programa de computador**, ambiente VM. Cary, 1993. Versão 6.08.

SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: Planejamento da produção florestal**. Santa Maria: UFSM, 2002. 492 p.

SETTE JUNIOR, C. R. **Efeito da aplicação do lodo de esgoto e de fertilização mineral no crescimento e propriedades da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2007. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

SHIMOYAMA, V. R. S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus sp.*** 1990. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1990.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)–Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2002.

SILVA, J. C. et al. Influência da idade e da posição radial na massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 13-22, jan./abr. 2004.

SOUZA, A. P.; DELLA LUCIA, R. M.; RESENDE, G. C. Estudo da densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys* cultivado na região de Dionísio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 3, n. 1, p. 16-27. jan./jun. 1979.

TAYLOR, F. W. Variation in the anatomical properties of South African grown *Eucalyptus grandis*. **Appita Journal**, Melbourne, v. 27, n. 3, p. 171-184, 1973.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. **Revista IPEF**, Piracicaba, v. 29, p. 37-45, abr. 1985.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; DENARDI, L.; et al. Variação axial da massa específica de árvores médias e dominantes de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, 4., 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, ESALQ/IPEF, 2006.

TREVISAN, R. et al. Variação radial da massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 553-559, jul./set. 2008.

TREVISAN, R. et al. Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 377-387, out./dez. 2007.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. SIF/UFV. p. 1-21, 1984. (Boletim Técnico, 1).

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Características físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 4, n. 1, p. 70-74, jan./jun. 1980.

_____. Efeito do espaçamento na produção em peso e na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* aos 52 meses de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 11, n. 2, p. 132-145, jan./jun. 1987.

WASHUSEN, R. et al. Effect of thinning and fertilizer on the cellulose crystallite width of *Eucalyptus globulus*. **Wood Science and Technology**, Berlin, v. 39, n. 7, p. 569-578, Oct. 2005.

WILKINS, A. P. Influence of silvicultural treatment on growth and wood density of *Eucalyptus grandis* growth on a previous pasture site. **Australian Forestry**, Yarralumla, v. 53, n. 3, p.168-172, 1990.

WILKINS, A. P.; HORNE, R. Wood-density variation of young plantation grown *Eucalyptus grandis* in response to silvicultural treatments. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 40, n. 1/2, p. 39-50, May 1991.

ZOBEL, B. J.; JETT, J. B. **Genetics of wood production**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 337 p.

5 EFEITO DO DESBASTE NO COMPRIMENTO DAS FIBRAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

5.1 Introdução

A anatomia da madeira pode ser definida pelo estudo de diferentes tipos de células que constituem o lenho ou xilema secundário, suas funções, organização e peculiaridades estruturais visando à correta utilização desse material, bem como pela compreensão do seu comportamento quando em uso (EAMES; MACDANIELS, 1953; ESAU, 1959; BURGER; RICHTER, 1991).

Segundo Oliveira (1998), o objetivo principal do estudo anatômico da madeira é obter informações para fins tecnológicos com vistas ao entendimento do seu comportamento nos mais diversos usos. Dessa forma, conforme Brasil; Ferreira (1972), Scurfield (1976), Haygreen; Bowyer (1982), Downes et al. (1997), Denardi (2007) e Trugilho et al. (2007), o conhecimento das características anatômicas, assim como da composição química da madeira é de suma importância, pois permite, pelo menos em parte, compreender as propriedades desse valioso recurso natural.

Para Kollmann; Côté (1968), Burger; Richter (1991), Jorge; Pereira (1998) e Denardi (2007), a análise da estrutura anatômica, principalmente em folhosas, por si só complexa e variável, e de suas correlações com as propriedades da madeira deve ser extremamente cautelosa, visto que fatores genéticos e ambientais podem influenciar a atividade cambial e, conseqüentemente, aumentar a heterogeneidade do lenho.

De acordo com Tomazello Filho (1985), Downes et al. (1997) e Trugilho et al. (2007) a madeira do gênero *Eucalyptus* apresenta uma estrutura heterogênea, resultante das alterações de seus elementos anatômicos e, com vistas a prognosticar sua correta utilização, torna-se importante determinar os padrões de variação existentes.

A morfologia dos elementos anatômicos das madeiras do gênero *Eucalyptus*, segundo Brasil; Ferreira (1972), Tomazello Filho (1985), Shimoyama (1990), Florsheim et al. (2000), Silva et al. (2004), Alzate et al. (2005) e Denardi (2007) é, notavelmente,

variável entre diferentes indivíduos, bem como em um mesmo indivíduo. Tal variação deve-se, fundamentalmente, a fatores relacionados à interação genótipo e ambiente, à idade, à amostragem e às diferentes práticas silviculturais executadas.

O comprimento, a largura, a espessura da parede e o diâmetro do lúme das fibras em madeiras de *Eucalyptus* representam diferentes estágios de seu desenvolvimento e são associados a processos fisiológicos distintos. O comprimento das fibras resultante de divisões periclinais das células iniciais fusiformes do câmbio vascular é controlado pela taxa de hormônios produzidos, os quais, por sua vez, variam com as condições ambientais (SHIMOYAMA, 1990).

Do ponto de vista tecnológico, Barrichelo et al. (1983) afirmam que tão importante quanto o estudo da variação anatômica da madeira entre indivíduos é o diagnóstico da variabilidade em uma árvore, tanto no sentido transversal ou radial (medula-casca) como no sentido longitudinal (base-topo), fato esse que é amplamente observado em madeiras de eucalipto. Essas variações na anatomia têm como consequência alterações nas propriedades físicas e mecânicas da madeira, afetando diretamente a qualidade do material (HAYGREEN; BOWYER, 1982; CRUZ, 2000; CALONEGO et al., 2005).

Com respeito ao comprimento das fibras, por exemplo, Hillis e Brown (1978) relatam que a diferença existente entre a madeira formada ao longo da vida de uma única árvore é maior do que a verificada entre árvores de uma mesma espécie. Os autores observaram que, para espécies de eucalipto, o comprimento, o diâmetro e a espessura da parede das fibras aumentam com a idade.

Segundo Malan (1995), a heterogeneidade das propriedades da madeira verificadas no sentido radial é uma importante fonte de variação, sendo sua extensão determinada pela proporção de madeira juvenil e pelas características físicas, químicas e anatômicas ao longo do tronco. De um modo geral, considerando somente as características anatômicas, o modelo de variação medula-casca para as espécies do gênero *Eucalyptus* caracteriza-se pelo aumento do comprimento e da espessura da parede das fibras e do diâmetro dos vasos (BAMBER et al., 1963; BRASIL; FERREIRA, 1972; MALAN; GERISCHER, 1987; VITAL; DELLA LUCIA, 1987; BHAT et al., 1990; SHIMOYAMA, 1990; MALAN; HOON, 1992; PAULA, 1995; SILVA, 2001; SETTE

JUNIOR, 2007). Por outro lado, quanto mais próximo da casca, observa-se uma tendência de decréscimo da frequência dos vasos e da largura e diâmetro do lúme das fibras (BAMBER et al., 1963; TAYLOR, 1973; HILLIS; BROWN, 1978; MALAN; GERISCHER, 1987).

Com relação ao sentido axial, Florsheim et al. (2000), estudando a madeira de *Eucalyptus saligna*, aos 7 anos de idade, constataram que os maiores valores do comprimento das fibras foram encontrados a 25% da altura comercial. Resultados semelhantes haviam sido encontrados por Taylor (1973) e Bhat et al. (1990) em *Eucalyptus grandis*, no entanto, a variação do diâmetro das fibras mostrou-se não significativa.

Em estudo realizado com *Eucalyptus grandis*, aos 8,5 anos de idade, Malan (1991) evidenciou que 82% da variação total das propriedades básicas da madeira podem ser descritas pela massa específica, comprimento de fibra e diâmetro de vaso. É consenso entre os pesquisadores que a massa específica da madeira está intimamente relacionada com a variação qualitativa e quantitativa dos elementos anatômicos que constituem a madeira.

Barrichelo et al. (1983) e posteriormente Silva (2002a) também relatam que as características anatômicas da madeira, como comprimento de fibra, espessura da parede, proporções dos vários tipos de células e tecidos, como vasos e parênquima, possuem certa relação com a massa específica. Tal propriedade correlaciona-se com as dimensões das fibras, com exceção da largura, que permanece praticamente inalterada. Essas tendências, segundo os autores, definem certos padrões de qualidade da madeira para determinados usos.

Para Taylor (1973), Malan; Gerischer (1987), Malan (1988), Bhat et al. (1990) e Shimoyama (1990) o comprimento médio das fibras, diâmetro e espessura das paredes influenciam a massa específica da madeira, especialmente no lenho juvenil. Em áreas de crescimento rápido, a observação desses parâmetros adquire considerável importância por representar uma grande proporção do lenho, o que resulta em fonte de variação (MALAN, 1995). Porém, apesar do comportamento geral de aumento no sentido axial, cada espécie apresentou um perfil específico de variação, inclusive com variantes para cada altura do tronco (OLIVEIRA, 1998).

Com relação à influência de intervenções silviculturais, resultados obtidos por Minghui; Li (2001), para a espécie *Tilia amurensis*, evidenciam que o desbaste não alterou o comprimento das fibras e a porcentagem de parede celular. De outra forma, descrevem que a largura do anel de crescimento apresentou uma tendência de aumento em função das diferentes intensidades dessa intervenção silvicultural.

Estudos realizados com *Eucalyptus grandis* por Malan; Hoon (1992) indicam que o comprimento das fibras e sua variação no sentido medula-casca bem como a proporção e dimensão dos vasos e raios também não são influenciados pela intervenção silvicultural de desbaste. Entretanto, Malan (1991) relata que, com o emprego dessa técnica, pode ser esperada, ao menos nas árvores suprimidas, uma grande proporção de fibras com paredes espessas.

De um modo geral, sabe-se que alterações nas condições de crescimento das árvores devido à aplicação de fertilizantes ou qualquer outro tratamento silvicultural são frequentemente associadas a alterações na qualidade da madeira (DOWNES et al., 1997). Sobre isso, Silva (2001) diz que práticas como a adubação, por exemplo, podem alterar as dimensões dos elementos anatômicos da madeira e a constituição química da parede celular.

Atualmente, poucas e/ou inconsistentes são as informações sobre a influência da intervenção silvicultural de desbaste nas características anatômicas das madeiras de folhosas e, em especial, das do gênero *Eucalyptus*. Entretanto, inúmeros são os trabalhos que comparam floras ou espécies em diferentes ambientes de regiões temperadas ou tropicais, e tais estudos têm demonstrado que as variações ambientais resultam em alterações estruturais do lenho, principalmente quanto às dimensões dos elementos celulares, tais como diâmetro, comprimento e frequência de vasos, espessura da parede e comprimento de fibras, altura e largura de raios (BAAS et al. 1983; CARLQUIST; HOEKMAN, 1985; DOWNES et al., 1997; DEBELL et al., 2001; MINGHUI; LI, 2001; PLOMION et al., 2001; SETTE JUNIOR, 2007).

Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo verificar o efeito do desbaste no comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, aos 18 anos de idade, bem como a variação radial dessa característica tecnológica, com vistas

à melhor compreensão da qualidade desse material quando submetido a intervenções silviculturais.

5.2 Material e métodos

A localização e a caracterização da área experimental, bem como a descrição do experimento de desbaste, seleção e amostragem das árvores utilizadas, seguem os procedimentos descritos nos itens 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3, respectivamente.

5.2.1 Análise das fibras da madeira

O estudo da variação das fibras no sentido medula-casca foi realizado somente na posição do DAP. Para tanto, a amostragem foi representada por um disco da árvore dominante e de diâmetro central procedente dos tratamentos de desbaste 1, 3, 5 e 7 (Tabela 2.1) de cada bloco, totalizando 32 unidades.

Os discos selecionados foram identificados de acordo com a localização experimental e embalados em sacos plásticos. Em seguida, os mesmos foram transportados para o Laboratório de Produtos Florestais (LPF) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde foram marcados e seccionados em baguetas centrais (contendo a medula) de 2 cm de largura (Figura 5.1).

Para acelerar a retirada da água presente na madeira, após um período de quatro dias de aclimação ao ambiente, as baguetas foram acondicionadas em álcool 95%, onde permaneceram submersas por mais sete dias. O intervalo de troca e renovação do álcool utilizado no recipiente não foi superior a dois dias.

Após esse período e com vistas à completa evaporação do álcool absorvido, as baguetas foram novamente expostas ao ambiente por mais dois dias. Em seguida, as mesmas foram seccionadas na medula, sendo selecionada para maceração apenas a porção livre de defeitos. O material restante foi armazenado em câmara climatizada a uma temperatura de 20°C e umidade relativa do ar igual a 65%, conservando suas propriedades em razão de uma eventual substituição das amostras.

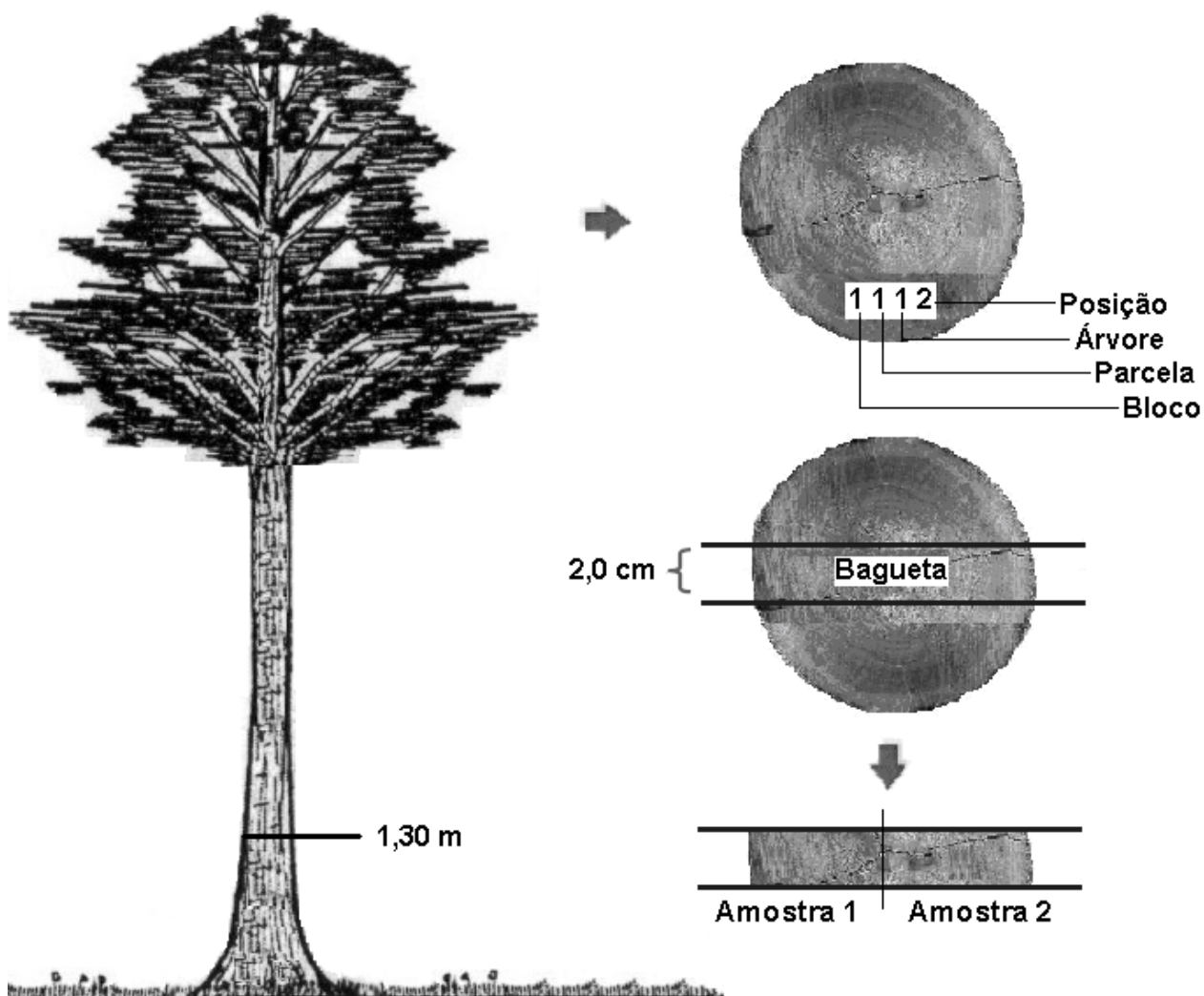


FIGURA 5.1 – Procedimento de amostragem dos discos de madeira de cada árvore selecionada, de confecção das baguetas e das amostras utilizadas para a análise do comprimento das fibras (Fonte: Autor).

As amostras destinadas à maceração foram novamente seccionadas a cada centímetro, ao passo que os fragmentos resultantes dessa atividade foram devidamente identificados e acondicionados em sacos de papel na câmara climatizada. Para a maceração, foram selecionados os fragmentos com intervalos regulares de 3 cm. Em alguns casos, onde não foi possível amostrar um mínimo de 4 pontos devido à pequena dimensão dos raios, o intervalo utilizado foi de 2 cm. Cabe ressaltar ainda que, visando a uma posterior análise, as distâncias lineares absolutas tomadas no sentido medula-casca de todas as amostras selecionadas foram transformadas em posições relativas.

De cada fragmento foram confeccionadas, com uso de um estilete, lascas de madeira semelhantes a palitos de fósforo, porém mais estreitas, que foram colocadas em tubos de ensaio numerados. A dissociação do tecido lenhoso foi realizada pelo método de peróxido de hidrogênio e ácido acético, conforme descrito por Kraus; Arduin (1997).

Nesse procedimento de maceração, o peróxido de hidrogênio 30% foi misturado com ácido acético glacial, ambos na mesma proporção (1:1). O material lenhoso em contato com essa mistura foi então armazenado em estufa a uma temperatura de 60 °C, durante um período de 24 a 48 horas.

Após essa etapa, o produto da maceração resultou em uma pasta de fibras com coloração esbranquiçada, a qual foi disposta em um papel filtro sobre um funil, lavada com água destilada e, em seguida, com etanol 50%. Depois de concluídos esses procedimentos, o processo foi finalizado com a coloração das fibras em solução aquosa de safranina 1%, durante trinta minutos.

Em seguida, foi efetuada, para cada fragmento amostrado, a montagem de três lâminas semipermanentes, utilizadas para a determinação de 30 leituras de comprimento das fibras em microscópio ótico com ocular graduada, conforme as normas da IAWA (IAWA-Committee, 1989).

5.2.2 Análise estatística dos dados

Para a análise do efeito dos desbastes no comprimento das fibras das árvores dominantes e de diâmetro central, os dados amostrados, por posição relativa no sentido medula-casca, foram submetidos à análise de regressão. Estes foram processados pelo pacote “Statistical Analysis System” (SAS, 1993), em que foi, primeiramente, aplicado o procedimento Stepwise de modelagem de regressão. O modelo gigante foi definido pela Equação 5.1.

$$Cf = f \left(P; \frac{1}{P}; P^2; \frac{1}{P^2}; \ln P; \frac{1}{\ln P}; \sqrt{P} \right) \quad (5.1)$$

Onde: Cf = comprimento de fibra das árvores dominantes e centrais, μm ; P = posição relativa (sentido medula-casca), %.

O melhor modelo foi selecionado com base no coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), erro padrão da estimativa (S_{xy}), valor de F calculado e análise da distribuição dos resíduos.

Após esse procedimento, no modelo escolhido para estimar a variação radial dessa característica anatômica, nos estratos dominante e médio, foram adicionadas variáveis Dummy, que assumiram valores de 0 e 1, conforme o tratamento de desbaste aplicado em cada parcela, da seguinte forma:

$D_i = 1$, se a árvore estivesse presente na parcela/tratamento com desbaste i ;

$D_i = 0$, se a árvore estivesse ausente nessa parcela/tratamento com desbaste i ;

Com isso, foi possível expressar as regressões individuais ajustadas para os quatro tratamentos de desbaste em função de uma regressão linear múltipla, denominada de modelo gigante, representada pelas variáveis independentes descritas na Equação 5.2:

$$Cf = f (X; D_i; D_i.X) \quad (5.2)$$

Onde: Cf = comprimento de fibra das árvores dominantes e centrais, μm ; X = posição relativa (sentido medula-casca) selecionada pelo procedimento Stepwise de regressão, %; D_i = Dummy (tratamento de desbaste, onde $i = 1; 3; 5$ e 7); $D_i.X$ = interação variável D_i com a variável X.

Considerando a possibilidade de os dados de comprimento de fibras da madeira apresentarem uma tendência semelhante de variação radial nas árvores dominantes e centrais, e assim agrupar os estratos amostrados para verificar a influência dos desbastes, o procedimento com variáveis Dummy foi novamente executado. A única

diferença em relação à análise anterior foi a adição dessas variáveis que, nessa etapa, assumiram valores de 0 e 1 conforme o estrato amostrado (dominante ou médio), da seguinte forma:

$D_i = 1$, se a árvore estivesse presente no estrato i ;

$D_i = 0$, se a árvore estivesse ausente nesse estrato i ;

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Comprimento das fibras da madeira

Os valores médios encontrados para o comprimento das fibras, das árvores de diâmetro central e das dominantes, em função do desbaste e da posição absoluta amostrada no sentido radial, indicaram que essa variável aumentou rapidamente nos primeiros anos, com uma sensível estabilização do comprimento na região cambial, independente do diâmetro das árvores. Contudo, a diminuição da variação do comprimento das fibras, na região mais periférica do tronco foi mais evidente nas árvores dominantes e nos tratamentos com maior número de desbastes nas árvores centrais (Tabela 5.1).

Os resultados encontrados também permitem observar que o estrato dominante, com média geral de comprimento das fibras igual a 1173 μm , foi 4,2% superior ao médio, com comprimento médio de 1124 μm . Resultados semelhantes foram descritos por Rocha et al. (2004) onde essa característica anatômica, nas árvores dominantes, apresentou valores 4,6% mais elevado que nas árvores intermediárias.

Entretanto, analisando a Tabela 5.1, observa-se que o estrato dominante não apresentou os maiores valores médios de comprimento das fibras em todos os tratamentos, uma vez que no tratamento 7, que corresponde a 6 desbastes, essa característica foi maior no estrato médio. Cabe ressaltar ainda que os coeficientes de variação, com valores de 20 e 22% para as árvores dominantes e centrais, respectivamente, foram baixos, indicando uma boa precisão dos dados amostrados e evidenciando uma baixa variabilidade intra-árvores, considerando a região do DAP, que representa o material analisado neste trabalho.

TABELA 5.1 – Valores médios de comprimento das fibras para as árvores dominantes e centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição absoluta no sentido medula-casca e do tratamento de desbaste.

Comprimento das fibras (μm) das árvores dominantes							
Tratamento (Desbaste executado)	Posição absoluta no sentido medula-casca (cm)						\bar{X} (σ)
	1	4	7	10	13	16	
1 (0)	891	1033	1190	1276	1330	1339	1177 (± 220)
3 (2)	950	1041	1183	1237	1332	1411	1192 (± 219)
5 (4)	814	1025	1195	1262	1318	1341	1159 (± 242)
7 (6)	882	1021	1189	1232	1315	1355	1166 (± 237)

Comprimento das fibras (μm) das árvores centrais									
Tratamento (Desbaste executado)	Posição absoluta no sentido medula-casca (cm)								\bar{X} (σ)
	1	3	4	5	7	10	13	16	
1 (0)	867	976	-	1171	1293	-	-	-	1077 (± 230)
3 (2)	849	-	1008	-	1166	1257	-	-	1070 (± 236)
5 (4)	814	-	966	-	1181	1285	1353	1324	1154 (± 270)
7 (6)	901	-	1061	-	1216	1328	1355	1314	1196 (± 248)

Sendo: \bar{x} = comprimento de fibra médio para o tratamento "i" de desbaste ($i = 1; 3; 5$ e 7), μm ; σ = desvio padrão, μm ; - = posições absolutas não amostradas.

De qualquer forma, os valores encontrados foram semelhantes aos descritos por Barrichelo; Brito (1976) que, estudando a madeira de diversas espécies do gênero *Eucalyptus*, observaram uma faixa de variação para o comprimento das fibras entre 750 a 1300 μm .

Brasil; Ferreira (1972), Tomazello Filho (1985) e Silva (2002b), analisando a estrutura anatômica da espécie *Eucalyptus grandis*, aos 10, 16 e 24 anos de idade, respectivamente, também relataram um intervalo semelhante para o comprimento das fibras com valores entre 890 e 1520 μm .

5.3.2 Influência do desbaste no comprimento das fibras

O emprego da posição relativa em detrimento da absoluta, nas análises que explicam a variação do comprimento das fibras no sentido radial e a influência do desbaste, ocorreu devido a amplitude diamétrica das árvores centrais, o que resultou em dimensões desiguais das amostras selecionadas (Figura 5.2).

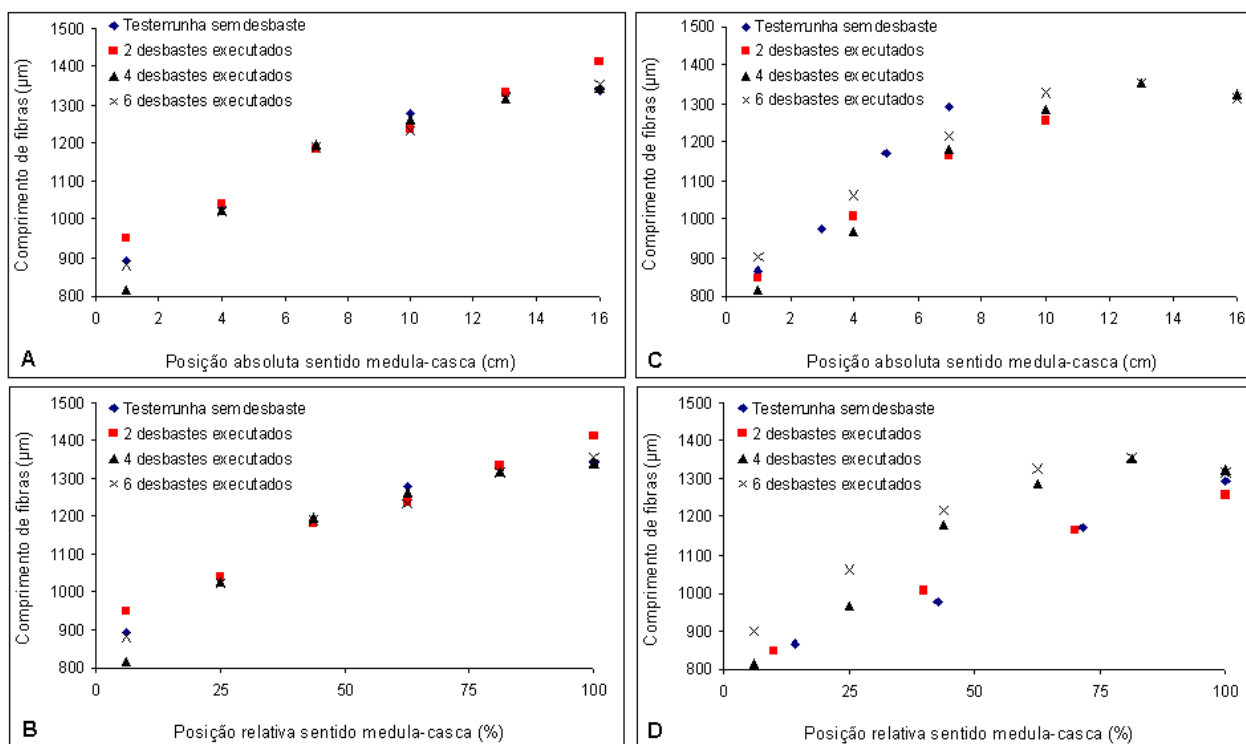


FIGURA 5.2 – Médias do comprimento das fibras em árvores de *Eucalyptus grandis* em função do desbaste e das posições absoluta (A) e relativa (B) no sentido medula-casca para o estrato dominante e em função do desbaste e das posições absoluta (C) e relativa (D) no sentido radial para o estrato médio.

Observando as Figuras 5.2A e 5.2B, que representam os valores médios dos comprimentos de fibra das árvores dominantes em função da variação no sentido medula-casca, pode-se evidenciar que, devido ao fato de as amostras serem semelhantes, os fragmentos retirados para maceração seguiram intervalos regulares de 3 cm, não apresentando diferenças quanto à utilização da posição absoluta ou relativa no sentido radial.

Entretanto, as mesmas condições não foram observadas para as árvores centrais (Figuras 5.2C e 5.2D), nas quais a grande amplitude dos diâmetros das árvores-amostra resultou em amostras com diferentes dimensões, impossibilitando a retirada de fragmentos em intervalos regulares e a respectiva comparação utilizando a posição absoluta em centímetros.

Árvores dominantes

Os coeficientes e as estatísticas gerados pelo procedimento Stepwise para selecionar a equação que descreve a variação radial do comprimento das fibras nas árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* encontram-se na Tabela 5.2.

TABELA 5.2 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever o comprimento das fibras da madeira das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido medula-casca.

Passo	Modelo	Estatísticas				$R^2_{aj.}$	F
		b_j	Valor	F'	Prob>F		
1	$Cf = b_0 + b_1\sqrt{P}$	b_0	718,14	6151,46	< 0,0001**	0,50	2638,34
		b_1	64,34	2638,34	< 0,0001**		

Sendo: Cf = comprimento de fibra, μm ; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; b_j = parâmetros da equação; F' = valor de F calculado para teste de hipótese dos parâmetros; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; $R^2_{aj.}$ = coeficiente de determinação ajustado; F = valor de F calculado para o modelo; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

Na Tabela 5.2, observa-se que o procedimento de modelagem executado selecionou apenas uma variável para descrever a variação do comprimento das fibras. O teste de significância para os parâmetros da equação foi significativo ao nível de 99,9% de probabilidade de confiança, apresentando um coeficiente angular (b_1) com valor de F' igual a 2638,34 e coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) de 0,50. Nessa análise, a adição de mais variáveis independentes no modelo não foi possível para um nível de 5% de probabilidade de erro.

Dessa forma, a equação de regressão para estimar a variação radial do comprimento das fibras nas árvores dominantes, com coeficiente de variação igual a 14% e erro padrão da estimativa de 163 μm , foi expressa por:

$$Cf = 718,14 + 64,34\sqrt{P}$$

Onde: Cf = comprimento de fibra, μm ; P = posição relativa no sentido medula-casca, %.

Com a determinação do padrão de variação radial do comprimento das fibras, os dados dessa característica anatômica foram então relacionados com os respectivos tratamentos de desbaste e submetidos à análise de regressão com variáveis Dummy (Tabela 5.3).

TABELA 5.3 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) do comprimento das fibras da madeira das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa e do tratamento de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	7	71135665,7	10162238	385,7	<,0001**
\sqrt{P}	1	70243774,3	70243774,3	2666,0	<,0001**
D1	1	221203,4	221203,4	8,4	0,0037**
D3	1	372034,3	372034,3	14,1	0,0002**
D5	1	11651,5	11651,5	0,44	0,5055 ^{ns}
D7	0	0	0	0	0
D1 \sqrt{P}	1	34461,4	34461,4	1,31	0,2522 ^{ns}
D3 \sqrt{P}	1	237260,4	237260,4	9,01	0,0027**
D5 \sqrt{P}	1	15280,4	15280,4	0,58	0,4466 ^{ns}
D7 \sqrt{P}	0	0	0	0	0
Erro	2646	69715529,1	26347,5	-	-
Total	2653	140851195	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; D_i = tratamento de desbaste (Dummy), onde i = 1; 3; 5 e 7; D_i \sqrt{P} = interação tratamento “i” de desbaste (Dummy) com a variável \sqrt{P} ; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A análise da Tabela 5.3 evidencia que a equação selecionada para descrever o comprimento das fibras da madeira não pode ser utilizada para todos os desbastes, pois as Dummy's correspondentes aos tratamentos 1 e 3 (D1 e D3, respectivamente) e a interação entre o tratamento 3 e a posição relativa ($D3\sqrt{P}$), utilizadas no modelo gigante, foram significativas em nível máximo de $\alpha = 5\%$ de probabilidade de erro.

O coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) para a equação com variáveis Dummy apresentou valor igual a 0,50, coeficiente de variação de 13,9% e erro padrão da estimativa igual a 162 μm , mostrando-se significativa. Na Tabela 5.4, são apresentados os coeficientes dessa equação reajustada que descreve o comprimento das fibras da madeira em função do desbaste executado.

TABELA 5.4 – Valores dos coeficientes da equação reajustada com variável Dummy para comprimento das fibras da madeira das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função do tratamento de desbaste.

Parâmetros				
b_0	b_1	b_2	b_3	b_4
700,91	66,18	- 12,41	+ 76,89	- 7,06

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 e b_4 = coeficientes.

O sinal negativo para o coeficiente b_2 (correspondente à variável Dummy 1) indica que o comprimento das fibras no tratamento testemunha, sem desbaste, será menor em relação aos demais tratamentos. Já o coeficiente b_3 , que representa o tratamento com dois desbastes e está associado à Dummy 3, por apresentar sinal positivo, aumenta o comprimento das fibras em comparação com os outros tratamentos. Entretanto, devido à interação entre esse tratamento de desbaste e a posição relativa significativa, deve-se incluir o coeficiente b_4 na equação, resultando em uma redução na magnitude dos valores de comprimento das fibras no sentido medula-casca.

As variáveis Dummy não significativas (D5 e as demais interações) e a Dummy 7, juntamente com sua interação, por apresentarem um coeficiente associado igual a zero, foram ignoradas no modelo gigante. Assim, o comprimento das fibras da madeira para esses desbastes foram obtidos pela equação original, atribuindo-se o valor zero para as variáveis Dummy 1, 3 e interação $D3\sqrt{P}$.

Dessa forma, para analisar as diferenças de comprimento das fibras entre os desbastes detectadas na análise de variância, os dados foram plotados em função da posição relativa no sentido medula-casca, ajustando-se a equação selecionada pelo procedimento Stepwise. Os valores de comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis*, estimados para os quatro tratamentos de desbaste pelo modelo gigante abaixo descrito, podem ser observados na Figura 5.3.

$$Cf = 700,91 + 66,18\sqrt{P} - 12,41D1 + 76,89D3 - 7,06D3\sqrt{P}$$

Onde: Cf = comprimento das fibras, μm ; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; D1, D3 e $D3\sqrt{P}$ = variáveis Dummy correspondentes aos tratamentos testemunha (sem desbaste), 3 (2 desbastes) e interação com a posição relativa, respectivamente.

De acordo com a Figura 5.3, o comprimento das fibras nas árvores dominantes apresentou o mesmo padrão de variação no sentido radial para todos os desbastes analisados, com valores crescentes em direção à casca. Os resultados encontrados já eram esperados e estão em conformidade com Bamber et al. (1963), Brasil; Ferreira (1972), Malan; Gerischer (1987), Vital; Della Lucia (1987), Bhat et al. (1990), Shimoyama (1990), Malan; Hoon (1992), Paula (1995), Cruz (2000), Silva (2001), Silva (2002b), Rocha et al. (2004) e Sette Junior (2007) que também evidenciaram esse comportamento no sentido medula-casca.

Com relação aos tratamentos desbaste, verifica-se, na Figura 5.3, que o tratamento correspondente à testemunha apresentou os menores valores para o comprimento das fibras, com média estimada igual a 1144 μm , seguidos de acréscimo até 2 desbastes executados (1183 μm) e de posterior decréscimo e estabilização para os demais desbastes (4 e 6), com média estimada de 1154 μm .

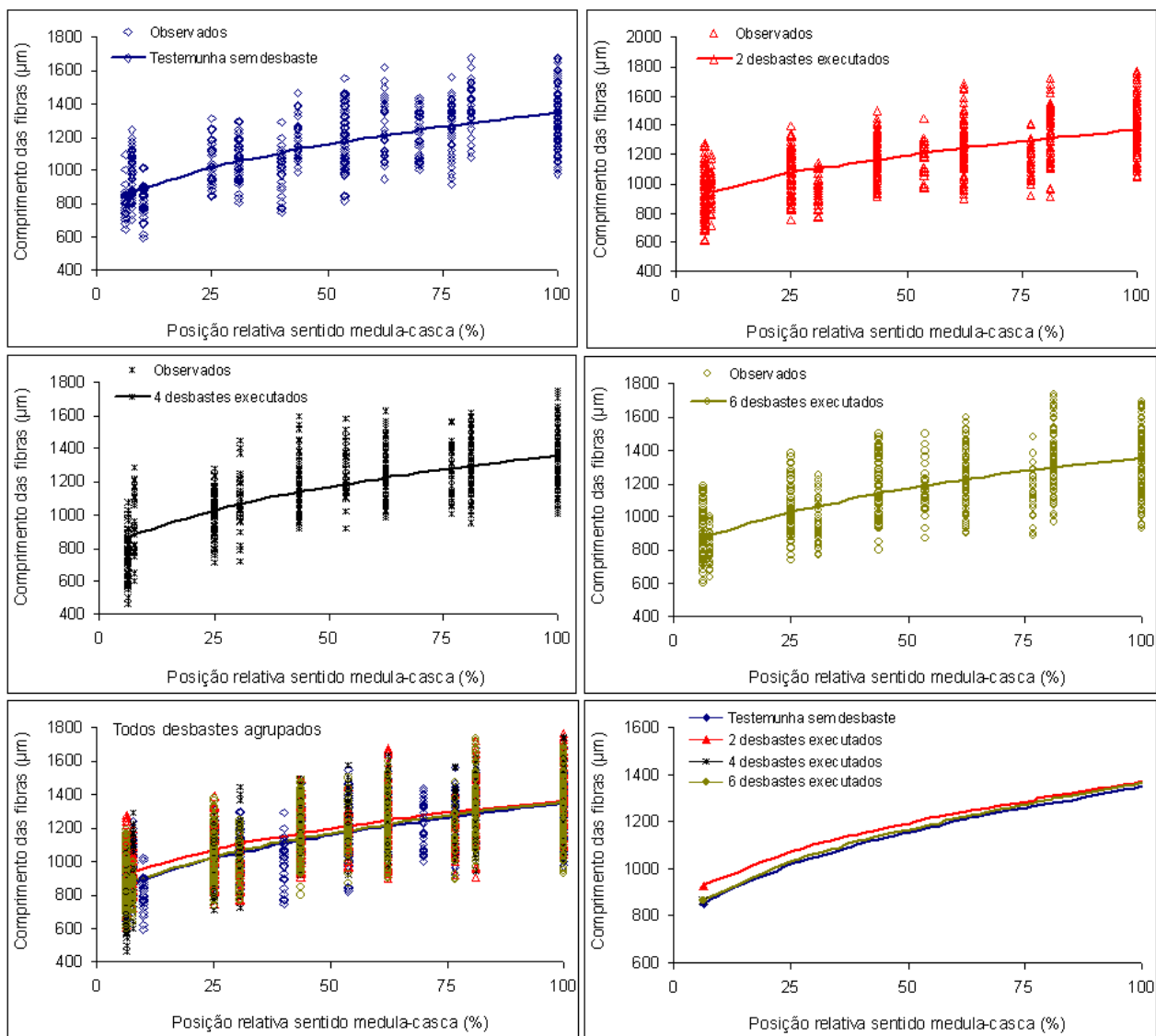


FIGURA 5.3 – Variação do comprimento das fibras das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido medula-casca e dos tratamentos de desbaste.

A diferença dos valores de comprimento das fibras em função dos desbastes aplicados pode ser observada, de forma evidente, na região próxima à medula, diminuindo de magnitude ao se aproximar da casca, devido ao efeito da interação significativa entre o tratamento 3 (dois desbastes executados) e a posição radial.

Como já era esperada, a justificativa para a variabilidade do comprimento das fibras no sentido radial deve-se, provavelmente, à presença de uma zona de madeira juvenil próxima à medula, a qual apresenta, dentre outras características, fibras curtas,

com menor diâmetro, paredes mais estreitas e maior ângulo fibrilar na camada S2, o que repercute diretamente na qualidade da madeira.

Sobre isso, Plomion et al. (2001) estabeleceram uma explicação para essa variação, relatando que as mudanças nas dimensões dos elementos anatômicos do lenho ocorrem em função do envelhecimento das células do câmbio vascular e resultam em modificações fisiológicas e moleculares. Assim, para Tomazello Filho (1985) e Horacek et al. (1999), no xilema primário da zona cambial, as divisões celulares são menos frequentes com o aumento da idade da árvore, permitindo que os elementos vasculares tenham mais tempo para sua alongação longitudinal e transversal, passando a formar estruturas de maiores dimensões até atingir a estabilização em idades mais avançadas.

Árvores centrais

Os resultados dos coeficientes e das estatísticas da seleção da equação para descrever a variação radial do comprimento das fibras das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* encontram-se na Tabela 5.5.

TABELA 5.5 – Modelos de regressão obtidos pelo procedimento Stepwise para descrever o comprimento das fibras da madeira das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido medula-casca.

Passo	Modelo	Estatísticas				R ² _{aj.}	F
		b _j	Valor	F'	Prob.>F		
1	Cf = b ₀ + b ₁ √P	b ₀	666,91	3229,98	< 0,001**	0,43	1752,4
		b ₁	66,58	1752,46	< 0,001**		

Sendo: Cf = comprimento de fibra, µm; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; b_j = parâmetros da equação; F' = valor de F calculado para teste de hipótese dos parâmetros; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; R²_{aj.} = coeficiente de determinação ajustado; F = valor de F calculado para o modelo; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

Conforme a Tabela 5.5, verifica-se que o modelo de regressão para descrever o comprimento das fibras foi selecionado em função da raiz quadrada da posição relativa, ou seja, semelhante ao modelo selecionado para as árvores dominantes. O teste de significância para os parâmetros da equação foi significativo ao nível de 99,9% de probabilidade de confiança, apresentando um coeficiente angular (b_1) com valor de F' igual a 1752,46 e um coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) de 0,43. Assim como nas árvores dominantes, a adição de mais variáveis independentes ao modelo não foi possível para um nível de 5% de probabilidade de erro.

A equação de regressão selecionada para estimar a variação radial do comprimento das fibras nas árvores centrais, com coeficiente de variação igual a 16% e erro padrão da estimativa de 191 μm , foi expressa por:

$$Cf = 666,91 + 66,58\sqrt{P}$$

Onde: Cf = comprimento de fibra, μm ; P = posição relativa no sentido medula-casca, %.

Utilizando o modelo selecionado, os dados de comprimento das fibras em função da posição relativa no sentido medula-casca foram então relacionados com as intervenções silviculturais de desbaste e submetidos à análise de regressão com o emprego de variável Dummy (Tabela 5.6).

Assim como nas árvores dominantes, a análise estatística da Tabela 5.6 também evidencia que a equação selecionada não pôde ser utilizada para todas as intensidades de desbaste, pois as Dummy's D1, D3 e D5, empregadas no modelo gigante para verificar a influência dos tratamentos 1 (testemunha sem desbaste), 3 (2 desbastes executados) e 5 (4 desbastes executados), respectivamente, no comprimento das fibras, foram significativas em nível $\alpha = 1\%$ de probabilidade de erro. Na mesma tabela, observa-se ainda que houve interação significativa entre o tratamento 3 e a posição relativa ($D3\sqrt{P}$) e entre o tratamento 5 e a posição relativa ($D5\sqrt{P}$).

TABELA 5.6 – Análise de variância da regressão são com variável Dummy (tipo SS1) do comprimento das fibras da madeira das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa e do tratamento de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	7	71647026,1	10235289,4	307,1	<,0001**
\sqrt{P}	1	64016995	64016995	1920,7	<,0001**
D1	1	1876174,7	1876174,7	56,2	<,0001**
D3	1	3666579,0	3666579,0	110,0	<,0001**
D5	1	1543306,6	1543306,6	46,3	<,0001**
D7	0	0	0	0	0
D1 \sqrt{P}	1	11144,7	11144,7	0,33	0,5630 ^{ns}
D3 \sqrt{P}	1	178152,7	178152,7	5,35	0,0208*
D5 \sqrt{P}	1	354673,1	354673,1	10,64	0,0011**
D7 \sqrt{P}	0	0	0	0	0
Erro	2316	77192284,9	33330,0	-	-
Total	2323	148839311	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; D_i = tratamento de desbaste (Dummy), onde i = 1; 3; 5 e 7; D_i \sqrt{P} = interação tratamento “i” de desbaste (Dummy) com a variável \sqrt{P} ; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Cabe salientar, também, que a equação com variáveis Dummy apresentou um coeficiente de determinação ajustado de 0,48, coeficiente de variação de 16% e erro padrão da estimativa igual a 182 μm , mostrando-se significativa. Na Tabela 5.7, são apresentados os coeficientes da equação reajustada com variável Dummy para estudo do comprimento das fibras em função do desbaste.

TABELA 5.7 – Valores dos coeficientes da equação reajustada com variável Dummy para comprimento das fibras da madeira das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função do tratamento de desbaste.

Parâmetros						
b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6
750,57	65,09	- 126,75	- 103,11	- 148,41	- 4,37	+ 11,71

Sendo: b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_4 , b_5 e b_6 = coeficientes.

Os coeficientes b_2 , b_3 e b_4 (correspondentes às variáveis Dummy 1, 3 e 5, respectivamente), por apresentarem sinal negativo, indicam que, para os tratamentos testemunha (sem desbaste), 3 (2 desbastes executados) e 5 (4 desbastes executados), o comprimento das fibras da madeira será menor que as do tratamento 7 (6 desbastes executados) associado à Dummy 7.

Já os coeficientes b_5 e b_6 , correspondentes às interações $D3\sqrt{P}$ (2 desbastes e posição relativa) e $D5\sqrt{P}$ (4 desbastes e posição relativa), respectivamente, por apresentarem sinal negativo e positivo, indicam uma variação diferente no sentido medula-casca, ou seja, enquanto a interação $D3\sqrt{P}$ diminui a magnitude dos valores do comprimento das fibras quanto mais próximo da casca, a interação $D5\sqrt{P}$ aumenta esses valores no mesmo sentido.

Da mesma forma que nas árvores dominantes, as variáveis Dummy não significativas, a Dummy 7 e sua respectiva interação, por apresentarem um coeficiente associado igual a zero, foram ignoradas no modelo gigante. Assim, o comprimento das fibras da madeira para esse tratamento foi obtido pela equação original, atribuindo-se o valor zero para as variáveis Dummy 1, 3, 5 e interações $D3\sqrt{P}$ e $D5\sqrt{P}$.

Com vistas a verificar a influência dos desbastes no comprimento das fibras da madeira das árvores centrais, os dados dessa característica anatômica foram plotados em função da posição relativa no sentido medula-casca, ajustando-se a equação selecionada pelo procedimento Stepwise, da mesma forma como aplicado no estrato anterior.

Os valores de comprimento das fibras de *Eucalyptus grandis*, estimados para os quatro desbastes, pelo modelo gigante abaixo descrito, podem ser observados na Figura 5.4.

$$Cf = 750,57 + 65,09\sqrt{P} - 126,75D1 - 103,11D3 - 148,41D5 - 4,37D3\sqrt{P} + 11,71D5\sqrt{P}$$

Onde: Cf = comprimento das fibras, μm ; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; D1, D3, D5, $D3\sqrt{P}$ e $D5\sqrt{P}$ = variáveis Dummy correspondentes aos tratamentos testemunha (sem desbaste), 3 (2 desbastes), 5 (4 desbastes) e interações com a posição relativa, respectivamente.

O comprimento das fibras das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido radial apresentou a mesma tendência que o das dominantes, ou seja, crescente da medula até a região mais periférica do tronco (Figura 5.4).

Com relação ao efeito dos desbastes, pode-se observar, na Figura 5.4, que houve influência das diferentes formas de competição no comprimento das fibras, porém sem uma tendência sistemática positiva ou negativa definida em relação ao espaço vital, mas sim com uma interação entre essas sistemáticas. Isso pode ser evidenciado, primeiramente, pela existência de uma fraca relação, ainda que significativa, de diminuição do comprimento das fibras até dois desbastes executados, resultando nos menores valores dessa característica anatômica com média de 1070 μm . De outra forma, para os tratamentos com quatro e seis desbastes, observa-se uma tendência de aumento do comprimento das fibras, com valores médios estimados de 1130 μm e 1196 μm , respectivamente.

Nota-se ainda que, devido à interação significativa do tratamento com quatro desbastes e da posição radial, a magnitude desses valores aumentou de forma proeminente em direção à casca, quase se igualando aos do tratamento com seis desbastes executados na posição mais periférica do tronco (Figura 5.4).

Os resultados encontrados não foram semelhantes aos descritos por Malan; Hoon (1992) e Minghui; Li (2001), os quais indicam que o comprimento das fibras e sua variação no sentido medula-casca, bem como a proporção e dimensão dos vasos e raios, não são influenciados pelo desbaste.

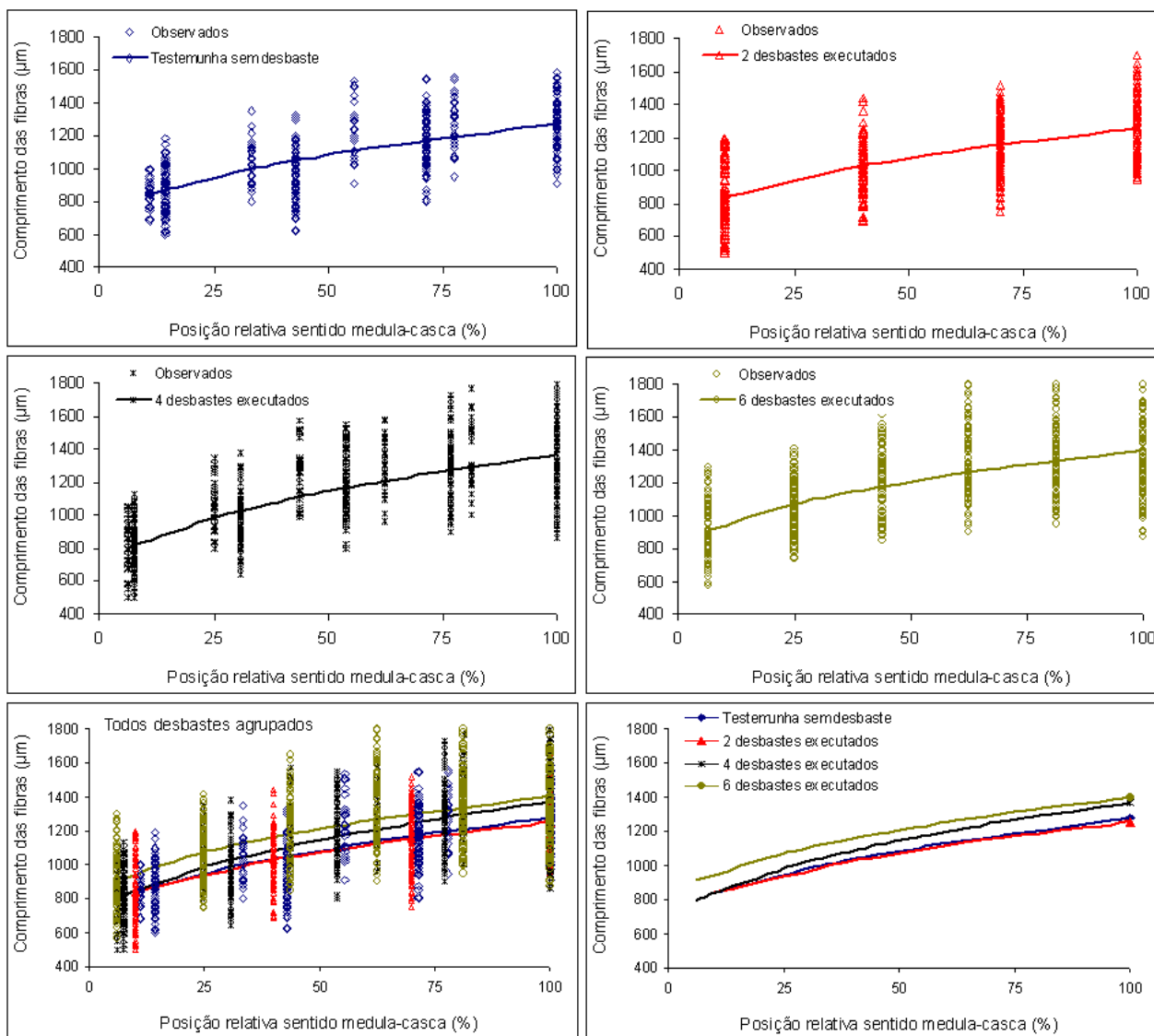


FIGURA 5.4 – Variação do comprimento das fibras das árvores centrais de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido medula-casca e dos tratamentos de desbaste.

Árvores dominantes e centrais

Os resultados do procedimento com variáveis Dummy utilizado para verificar a semelhança entre os modelos que descrevem a variação radial do comprimento das fibras das árvores dominantes e centrais estão na Tabela 5.8.

TABELA 5.8 – Análise de variância da regressão com variável Dummy (tipo SS1) do comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* em função dos estratos amostrados.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	3	135386855,4	45128951,8	1444,20	<,0001**
\sqrt{P}	1	133762506,3	133762506,3	4280,61	<,0001**
D1	1	1585292,7	1585292,7	50,73	<,0001**
D2	0	0	0	0	0
D1 \sqrt{P}	1	39056,5	39056,5	1,25	0,2636 ^{ns}
D2 \sqrt{P}	0	0	0	0	0
Erro	4974	155429736,3	31248,4	-	-
Total	4977	290816591,8	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; D_i = estratos amostrados (Dummy), onde i = 1 (dominante) e 2 (médio); D_i \sqrt{P} = interação estrato “i” (Dummy) com a variável \sqrt{P} ; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Na Tabela 5.8, observa-se que a equação selecionada para estimar o comprimento das fibras não pode ser utilizada para todos os estratos amostrados, pois a Dummy D1, utilizada no modelo gigante para verificar a influência das árvores dominantes nessa característica anatômica, foi significativa em nível $\alpha = 1\%$ de probabilidade de erro. Verifica-se ainda que não houve interação significativa entre o estrato dominante e a posição relativa (D1 \sqrt{P}).

A variável Dummy D2 (relacionada ao estrato médio) e sua respectiva interação, por apresentarem um coeficiente igual a zero, foram ignoradas no modelo gigante. Assim, o comprimento das fibras da madeira para esse estrato foi obtido pela equação original, atribuindo-se o valor zero para a variável Dummy 1.

Os valores de comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis*, estimados para o estrato dominante e médio pelo modelo gigante abaixo descrito, com coeficiente de variação igual a 15%, erro padrão da estimativa de 177 μm e coeficiente de determinação igual a 0,47 podem ser observados na Figura 5.5.

$$C_f = 675,31 + 65,37\sqrt{P} + 35,77D1$$

Onde: C_f = comprimento das fibras, μm ; P = posição relativa no sentido medula-casca, %; $D1$ = variável Dummy correspondente ao estrato dominante.

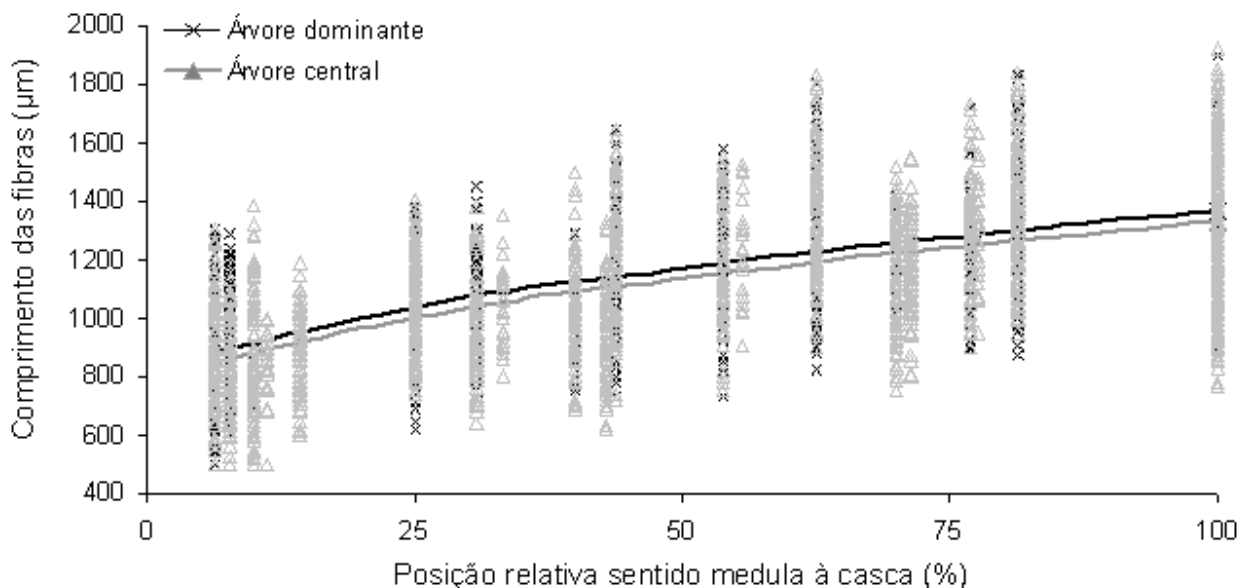


FIGURA 5.5 – Variação do comprimento das fibras de *Eucalyptus grandis* em função da posição relativa no sentido medula-casca e do estrato amostrado.

5.4 Conclusões

Os resultados do efeito do desbaste no comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, permitem concluir que:

- O incremento nos valores médios do comprimento das fibras em função da posição absoluta foi superior na região da medula, com tendência de estabilização quando próximo à casca, independente do diâmetro das árvores. Todavia, a tendência de diminuição da amplitude das médias, na região mais periférica do tronco, foi mais evidente nas árvores dominantes e nas maiores intensidades de desbaste das árvores centrais.

- O desbaste influenciou o comprimento das fibras das árvores dominantes e centrais, porém não foi verificada uma tendência sistemática de acréscimo ou decréscimo dessa estrutura em função do espaço vital utilizado.

- Nas árvores dominantes, o tratamento sem desbaste apresentou os menores valores para o comprimento das fibras, seguido de acréscimo até 2 desbastes executados, com posterior decréscimo e estabilização para as intensidades de 4 e 6 desbastes.

- Para as árvores centrais, ao contrário das dominantes, ocorreu uma tendência de decréscimo do comprimento das fibras até 2 desbastes executados, seguido de aumento até a intensidade de 6 desbastes.

- O valor médio do comprimento das fibras das árvores dominantes foi 4,2% superior ao das árvores centrais, evidenciando que, na prática, a seleção de um estrato, em detrimento do outro, não é um fator determinante na qualidade da matéria-prima de produtos que envolvem essa característica anatômica.

- O comprimento das fibras em função da posição relativa, nos estratos dominante e médio, apresentou um padrão de variação crescente no sentido medula-casca independentemente da intensidade de desbaste aplicada. Assim, considerando aspectos práticos que envolvem a utilização da madeira, pode-se indicar que os menores valores do comprimento das fibras da madeira foram próximos à medula.

5.5 Bibliografia

ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 87-95, ago. 2005.

BAAS, P., WHEELER, E.; FAHN, A. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 4, n. 2, p. 141-159, 1983.

BAMBER, R. K.; HORNE, R.; GRAHAN-HIGGS, A.; et al. A preliminary study of some wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Journal of the Institute of Wood Science**, Buckinghamshire, v. 11, n. 1, p. 66-70, 1963.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. A madeira das espécies de eucalipto como matéria prima para a indústria de celulose e papel. **PRODEPEF – Projeto de desenvolvimento e pesquisa florestal**, Brasília, n. 13, p. 1-145, 1976.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O.; MIGLIORINI, A. J. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 726-731, fev. 1983.

BHAT, K. M.; BHAT, K. V.; DHAMODARAN, T. K. Wood density and fibre length of *Eucalyptus grandis* grown in Kerala, India. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 22, n. 1, p. 54-61, Jan. 1990.

BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden ao nível do dap: análise preliminar. **Revista IPEF**, Piracicaba, n. 5, p. 81-90, dez. 1972.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D.; ASSI, P. P. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Corymbia citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p.113-121. ago. 2005.

CARLQUIST, S.; HOEKMAN, D. A. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 6, n. 4, p. 319-347, 1985.

CRUZ, C. R. da. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus* para a utilização na indústria madeireira**. Curitiba, 2000. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, 2000.

DEBELL, D. S.; CHRISTOPHER, R. K.; GARTNER, B. L. Wood density of *Eucalyptus saligna* grown in Hawaiian plantations: effects of silvicultural practices and relation to growth rate. **Australian Forestry**. v. 64, n. 2, p. 106-110, 2001.

DENARDI, L. **Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos de água**. 2007. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

DOWNES, G. M. et al. **Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties**. Australia: CSIRO Publishing. 1997. 132 p.

EAMES, A. J.; MACDANIELS, L. H. **An introduction to plant anatomy**. Bombay – New Delhi: 1953. 427 p.

ESAU, E. **Anatomia vegetal**. Barcelona: Omega, 1959. 729 p.

FLORSHEIM, S. M. B. et al. Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* aos 7 anos. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 179-191, dez. 2000.

HAYGREEN, J. G.; BOWYER, J. L. **Forest products and wood science: an introduction**. Ames: Iowa Sate University, 1982. 459 p.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1978. 434 p.

HORACEK, P.; SLEZINGEROVA, J.; GANDELOVA, L. Effects of environment on the xylogenesis of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst). In: WIMMER, R.; VETTER, R.E. (eds.), **Tree-ring analysis**. Oxon: CAB International, 1999. p. 33-53.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMY. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n. 3, p. 226-332, 1989.

JORGE, F.; PEREIRA, H. Influência da silvicultura na qualidade da madeira. **Revista Florestal**, Lisboa, v. 11, n. 2, p. 27-31, jul./dez. 1998.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. **Principles of wood science and technology: I. Solid Wood**. New York: Springer-Verlag, 1968. 592 p.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. EDUR, 1997.

MALAN, F. S. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, IPEF/IPT, 1995. **Anais ...**, São Paulo, IPEF/IPT, 1995. p.1-19.

_____. Relationships between growth stress and some tree characteristics in South African grown *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 144, p. 43-46. 1988.

_____. Variation, association and inheritance of juvenile wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden with special reference to the effect of rate of growth. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 157, p. 16-23. 1991.

MALAN, F. S.; GERISCHER, G. F. R. Wood property differences in South African grown *Eucalyptus grandis* trees of different growth stress levels. **Holzforschung**, Berlin, v. 41, n. 6, p. 331- 335. 1987.

MALAN, F. S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 163, p. 13-20. 1992.

MINGHUI, G.; LI, G. The effects of thinning intensity on wood qualities of *Tilia amurensis*. **Journal of Northeast Forestry University**. Harbin, v. 29, n. 5, p. 26-27. 2001.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1998. 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)–Universidade de São Paulo, 1998.

PAULA, J. E. Anatomia e dendrometria de *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 745-757, jun. 1995.

PLOMION, C.; LEPROVOST, G.; STOKES, A. Wood Formation in Trees. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 127, n. 4, p. 1513-1523, Dec. 2001.

ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. do. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 43-55, jun. 2004.

SAS – STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM: **Programa de computador**, ambiente VM. Cary, 1993. Versão 6.08.

SCURFIELD, G. Structural features of hardwood and their influence on paper properties. **TAPPI**, Atlanta, v. 59, n. 7, p. 110-113, July 1976.

SETTE JUNIOR, C. R. **Efeito da aplicação do lodo de esgoto e de fertilização mineral no crescimento e propriedades da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2007. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

SHIMOYAMA, V. R. S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus sp.*** 1990. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1990.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)–Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2002a.

_____. Influência dos tratamentos silviculturais na qualidade da madeira. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 10, n. 55, p.62-65, 2001.

SILVA, J. C. et al. Influência da idade e da posição radial na massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 13-22, jan./abr. 2004.

SILVA, J. R. M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2002. 179f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2002b.

TAYLOR, F. W. Variation in the anatomical properties of South African grown *Eucalyptus grandis*. **Appita Journal**, Melbourne, v. 27, n. 3, p. 171-184, 1973.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. **Revista IPEF**, Piracicaba, v. 29, p. 37-45, abr. 1985.

TRUGILHO, P. F. et al. Qualidade da madeira de clones de espécies e híbridos naturais de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 73, p. 55-62, mar. 2007.

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Características físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 4, n. 1, p. 70-74, jan./jun. 1980.

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Efeito do espaçamento na produção em peso e na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* aos 52 meses de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 11, n. 2, p. 132-145, jan./jun. 1987.

6 CONCLUSÃO GERAL

De maneira geral, a intervenção silvicultural de desbaste alterou os parâmetros dendrométricos e, conseqüentemente, a qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, aos 18 anos de idade. Nesse cenário e sob as condições em que o presente trabalho foi desenvolvido, conclui-se que:

As maiores intensidades de desbaste proporcionaram um aumento do diâmetro à altura do peito, na altura das árvores e, conseqüentemente, no volume das árvores remanescentes, com uma respectiva redução no número e no volume de árvores por hectare. Todavia, considerando um enfoque tecnológico, como produção de madeira serrada, verifica-se que desbastes superiores a duas intervenções mostram-se desvantajosos devido a redução excessiva de árvores em maiores intensidades e do pequeno acréscimo de indivíduos em classes superiores.

O desbaste induz à variação de rachadura de topo das toras, na massa específica básica e no comprimento das fibras nas árvores dominantes e centrais, porém, sem uma tendência sistemática de acréscimo ou decréscimo em relação ao aumento do espaço vital. De maneira geral, intervenções superiores a dois desbastes são desnecessárias quando se objetiva melhorar a qualidade da matéria-prima florestal.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sucesso do planejamento de um empreendimento de base florestal está relacionado com a produção de madeira de qualidade e não apenas com o incremento volumétrico. Assim, torna-se evidente que a estratégia comercial está intimamente ligada ao regime de manejo a ser adotado em povoamentos do gênero *Eucalyptus* e deve ser precedida da definição do uso final da madeira, a fim de maximizar, além da quantidade, a qualidade do material produzido.

Entretanto, considerando a boa adaptação e desenvolvimento do gênero *Eucalyptus*, juntamente com sua crescente aceitação no mercado de madeira brasileiro e mundial, e relacionando essas características com a ampla variedade de produtos derivados dessa matéria-prima, é notória a dificuldade de estabelecimento de um único regime de manejo que resulte em madeira de qualidade. Possivelmente, a adoção de outras práticas silviculturais, em conjunto com os desbastes, minimize esse problema e, conseqüentemente, atenda o mercado consumidor com maior eficiência.

8 BIBLIOGRAFIA

ACERBI JUNIOR, F. W. et al. Manejo para produção de múltiplos produtos da madeira de eucalipto. In: OLIVEIRA, J.T.S.; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. **TECNOLOGIAS APLICADAS AO SETOR MADEIREIRO III**. 1 ed. Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora Ltda., 2008. p.163-193. v.1.

AGUIAR, I. B. et al. Efeito de intensidades de desbaste sobre o crescimento em altura e diâmetro de *Corymbia citriodora* Hook. **Revista IPEF**, Piracicaba, n. 48/49, p.1-7, 1995.

ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 87-95, ago. 2005.

ANDRADE, E. N. **O eucalipto**. 2. ed. Jundiaí: Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 1961. 667 p.

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

ASSIS, T. F. Qualificação tecnológica da madeira de *Eucalyptus* para serraria: Aspectos genéticos e de manejo. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 1., 2000. Santa Maria, UFSM, **Anais...** Santa Maria: Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, 2000. p. 59-80.

BAAS, P., WHEELER, E.; FAHN, A. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 4, n. 2, p. 141-159, 1983.

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **Revista IPEF**, 1980. 16 p. (Série Técnica, 3).

BAMBER, R. K.; HORNE, R.; GRAHAM-HIGGS, A. Effect of fast growth on the wood properties of *Eucalyptus grandis*. **Australian Forestry Research**, Melbourne, v. 12, n. 2, p. 163-167, Dec. 1982.

BAMBER, R. K.; HORNE, R.; GRAHAM-HIGGS, A.; et al. A preliminary study of some wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Journal of the Institute of Wood Science**, Buckinghamshire, v. 11, n. 1, p. 66-70, 1963.

BARISKA, M. A method for predicting timber quality in eucalypts. In: VON GADOW, K.; BREDEKAMP, B. V. **Management of *Eucalyptus grandis* in South Africa**. Stellenbosch: Southern African Institute of Forestry, 1990. p.215-228.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. A madeira das espécies de eucalipto como matéria prima para a indústria de celulose e papel. **PRODEPEF – Projeto de desenvolvimento e pesquisa florestal**, Brasília, n. 13, p. 1-145, 1976.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O.; MIGLIORINI, A. J. Estudo da variação da densidade básica em *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo, SBS, 1983, p.726-731.

_____. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 726-731, fev. 1983.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilização**. 2000. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

BERTOLANI, F.; NICOLIELO, N.; CHAVES, R. Manejo de *Eucalyptus* sp. para serraria: a experiência da Duratex S.A. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: LCF/ESALQ/USP, 1995. p. 31-40.

BHAT, K. M.; BHAT, K. V.; DHAMODARAN, T. K. Wood density and fibre length of *Eucalyptus grandis* grown in Kerala, India. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 22, n. 1, p. 54-61, Jan. 1990.

BLANCO, J. J. et al. Comportamiento de *Pinus tropicalis* en cinco espaciamentos de plantación en los suelos ferralíticos cuarcíticos amarillos de Viñales, Cuba. **Revista Forestal Baracoa**, La Habana, v. 18, n. 2, p. 21-30, 1988.

BODIG, J.; JAYNE, B. **Mechanics of wood and wood composites**. New York: Van Nostrand Reinhof, 1982. 712 p.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, New York, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.

BRASIL, M. A. M. **Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus propinqua* Deane & Maiden em função do local e do espaçamento**. 1972. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1972.

BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw, *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos cinco anos de idade, em função do local e do espaçamento. **Revista IPEF**, Piracicaba, v. 2, n. 3, p. 129-149, jun./dez. 1971.

_____. Variação da densidade básica e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden ao nível do dap: análise preliminar. **Revista IPEF**, Piracicaba, n. 5, p. 81-90, dez. 1972.

BREDENKAMP, B. The CCT concept in spacing research – a review. In: THE IUFRO SYNPOSIUM. 1984, Pietermaritzburg. **Proceedings...** Pietermaritzburg: IUFRO, 1984.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D.; ASSI, P. P. Mensuração do comprimento das fibras para a determinação da madeira juvenil em *Corymbia citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p.113-121. ago. 2005.

CARLQUIST, S.; HOEKMAN, D. A. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 6, n. 4, p. 319-347, 1985.

CARMO, A. P. T. **Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto**. 1996. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

CHAFE, S. C. Variation in longitudinal growth stress with height in trees of *Eucalyptus nitens* Maiden. **Australian Forest Research**, Canberra, v. 15, n.1, p. 51-55. 1985.

_____. Variation in longitudinal growth stress, basic density and modulus of elasticity with height in the tree. **Australian Forest Research**, Canberra, v. 11, n.1, p. 79-82. 1981.

COUTO, H. T. Z. Manejo de floresta e sua utilização em serraria. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: LCF/ESALQ/USP, 1995. p. 21-30.

CRUZ, C. R. da. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus* para a utilização na indústria madeireira**. Curitiba, 2000. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, 2000.

DEBELL, D. S.; CHRISTOPHER, R. K.; GARTNER, B. L. Wood density of *Eucalyptus saligna* grown in Hawaiian plantations: effects of silvicultural practices and relation to growth rate. **Australian Forestry**. v. 64, n. 2, p. 106-110, 2001.

DEL MENEZZI, C. H. **Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell**. Piracicaba, 1999. 77 f. Dissertação (Mestrado em.....)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1999.

DENARDI, L. **Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos de água**. 2007. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

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

DINWOODIE, J. M. Growth stresses in timber – A review of literature. **Forestry**, Oxford, v. 39, n. 2, p. 162-170. Jan. 1966.

DOWNES, G. M. et al. **Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties**. Australia: CSIRO Publishing. 1997. 132 p.

DOWNES, G. M.; RAYMOND, C. A. Variation in wood density in plantation eucalypts. In: DOWNES, G. M. et al. **Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties**. Australia: CSIRO Publishing, p. 88-99. 1997.

DURLO, M. A. **Tecnologia da madeira: peso específico**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1991. 29 p. n. 8.

EAMES, A. J.; MACDANIELS, L. H. **An introduction to plant anatomy**. Bombay – New Delhi: 1953. 427 p.

ESAU, E. **Anatomia vegetal**. Barcelona: Omega, 1959. 729 p.

FERRAND, J. C. Growth stresses and silviculture of eucalypts. **Australian Forest Research**, Canberra, v. 13, n. 1, p. 75-81. 1983.

FERREIRA, C. A.; FREITAS, M.; FERREIRA, M. A. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp., em função da idade e qualidade de local. **Boletim Informativo IPEF**, Piracicaba, v. 6, n. 20, p. 1-19, nov. 1978.

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

FISHWICK, R. W. Estudo de espaçamentos e desbastes em plantações brasileiras. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, v. 7, p. 13-23, jun. 1976.

FLORSHEIM, S. M. B. et al. Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* aos 7 anos. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 179-191, dez. 2000.

GARCIA, J. N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1995, p.59-67.

HANS, A. S.; BURLEY, J.; WILLIAMSON, P. Wood quality of *Eucalyptus grandis* grown in Zambia. **Holzforschung**, Berlin, v. 26, n. 4, p. 138-141, Jan. 1972.

HASELEIN, C. R. et al. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12 % de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith quando submetido a diferentes espaçamentos e doses de adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 147-152, 2002.

HASELEIN, C. R. et al. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 145-155, abr./jun. 2004.

HAYGREEN, J. G.; BOWYER, J. L. **Forest products and wood science: an introduction**. Ames: Iowa State University, 1982. 459 p.

HILLIS, W. E. Chemical aspects of heartwood formation. **Wood Science and Technology**, Madison, v. 2, n. 4, p. 241-259, Dec. 1968.

_____. Wood quality and utilization. In: HILLIS W. H.; BROWN, A. G. **Eucalypts for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1984. 434 p.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1978. 434 p.

HORACEK, P.; SLEZINGEROVA, J.; GANDELOVA, L. Effects of environment on the xylogenesis of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst). In: WIMMER, R.; VETTER, R.E. (eds.), **Tree-ring analysis**. Oxon: CAB International, 1999. p. 33-53.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMY. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n. 3, p. 226-332, 1989.

JACOBS, M. R. The Growth Stresses of Woddy Stems. **Commonwealth Forestry Bureau**. Canberra, 1945. 67 p. (Bulletin, n. 28).

JANKOWSKY, I. P. Equipamentos e processos para a secagem de madeiras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPEF/IPT/IUFRO/LCF/ESALQ/USP, 1995, p. 109-118.

JESUS, R. M.; VITAL, B. R. Comparação entre densidades de matrizes e de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 82-90, jan./jun. 1986.

JORGE, F.; PEREIRA, H. Influência da silvicultura na qualidade da madeira. **Revista Florestal**, Lisboa, v. 11, n. 2, p. 27-31, jul./dez. 1998.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. **Principles of wood science and technology: I. Solid Wood.** New York: Springer-Verlag, 1968. 592 p.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal.** EDUR, 1997.

KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forestry Abstracts**, Oxford, v. 48, n.3, p. 131-189, 1987.

LADRACH, W. E. Control of wood properties in plantations. In: IUFRO WORLD CONGRESS 18., 1986, Ljubljana. **Proceedings...** Ljubljana, p. 369-379, 1986.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279-291. jan./dez. 2000.

LIMA, I. L. **Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** 2005. 161 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)—Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2005.

_____. **Variação de propriedades indicativas da tensão de crescimento em função da posição na árvore e da intensidade de desbaste.** 2000. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)—Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Influência do desbaste em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 151-160, dez. 2005.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; NOGUEIRA, M. C. S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 58, p. 111-125, dez. 2000.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 170-177, abr./jun. 2007.

LIMA, J. T. The wood density of three *Eucalyptus saligna* Smith clones in relation to age. **Annuary Science Forestry**, v. 52, p. 347-352, 1994.

LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Variation in wood density and mechanical properties in *Eucalyptus* clones. In: THE FUTURE OF EUCALYPTS FOR WOOD PRODUCTS. 2000, Launceston, **Proceedings...** Launceston: IUFRO. 2000, p. 282-291.

LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; OLIVEIRA, A. D. Variação da densidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, *E. tereticornis* e *E. camaldulensis* no sentido longitudinal dos caules. **Ciência e Prática**. Lavras, v. 16, n. 1, p. 123-127. jan./mar. 1992.

LIMA, J. T. et al. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 107-116, jan./fev. 2004.

LISBOA, C. D. J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden**. 1993. 298 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)– Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira**. 2003. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2003.

LOPEZ, J. A.; APARICIO, J. L. Crecimiento y producción de *Eucalyptus grandis* com diferentes densidades de plantación (Información hasta el 120 año de edad). **INTA**, Bella Vista, 1995. 12 p. (Informe Técnico nº 8).

LUZ, H. F.; MELZER, J. F.; COUTINHO, C. J.; et al. Manejo de florestas de eucalipto para usos múltiplos. In: CONGRESSO FLORESTAL PAN-AMERICANO, 1, CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1993. p.283-290.

MAESTRI, R.; NUTTO, L.; SARTORIO, R. C. Ganhos tecnológicos na produção de madeira reflorestada sob manejo. In: SEMINÁRIO DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO E TECNOLOGIAS EMERGENTES PARA A INDÚSTRIA MOVELEIRA – MADETEC, 3., 2005, Vitória. **Anais...** Viçosa, MG: SIF/DEF/UFV, 2005.

MALAN, F. S. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, IPEF/IPT, 1995. **Anais ...**, São Paulo, IPEF/IPT, 1995. p.1-19.

_____. Relationships between growth stress and some tree characteristics in South African grown *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 144, p. 43-46. 1988.

_____. The control of end splitting in sawlogs: a short literature review. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 109, p.14-79, 1979.

_____. Variation, association and inheritance of juvenile wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden with special reference to the effect of rate of growth. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 157, p. 16-23. 1991.

MALAN, F. S.; GERISCHER, G. F. R. Wood property differences in South African grown *Eucalyptus grandis* trees of different growth stress levels. **Holzforschung**, Berlin, v. 41, n. 6, p. 331- 335. 1987.

MALAN, F. S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 163, p. 13-20. 1992.

MATTHEWS, J. D. Some applications of genetics and physiology in thinning. **Forestry**, Oxford, v. 36, n. 2, p. 172-180, jan. 1963.

MELLADO, E. C. E. R. **Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para a utilização de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden na geração de produtos com maior valor agregado.** 1993. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

MIGLIORINI, A. J. et al. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* em função de diferentes níveis de floresta. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 21., 1988, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: ABCP, 1988. p. 17-23.

MINGHUI, G.; LI, G. The effects of thinning intensity on wood qualities of *Tilia amurensis*. **Journal of Northeast Forestry University**. Harbin, v. 29, n. 5, p. 26-27. 2001.

MIRANDA, J. A. C.; NAHUZ, M. A. R. Estudo do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* Smith nos índices de rachamento após o desdobro e após a secagem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 55, p. 107-116, jun. 1999.

MONTEIRO ALVES, A. A. **Técnicas de produção florestal: fundamentos, tipificação e métodos.** Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Científica, 1982. 331 p.

MONTEIRO, R. F. R.; CORDEIRO, J. A.; KIKUTI, P. Competição entre espaçamentos com *Eucalyptus dunnii* Maiden. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 5., 1984. Nova Prata, RS. **Anais...** Nova Prata, 1984.

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.

NAHUZ, M. A. R.; FRANCO, N.; FIGUEROA, F. M. Z. O uso estrutural da madeira de eucalipto: a experiência do IPT. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA E ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIA APROPRIADAS DE DESDOBRO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA

MADEIRA DE EUCALIPTO, 1., 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SIF, 1998. p. 125-133.

NICHOLSON, J. E. Growth stresses differences in *Eucalyptus*. **Forest Science**, Bethesda, v. 19, n. 3, p. 169-174, 1973.

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

NOGUEIRA, G. S.; LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C. C.; et al. Determinação da idade técnica de desbaste em plantações de eucalipto utilizando o método dos ingressos percentuais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 59, p. 51-59, jun. 2001.

NUTTO, L.; MAESTRI, R. Growth rate and growth stresses in brazilian eucalypts: preliminary results of growth and quality modeling on an individual tree basis. In: IUFRO DIVISION 5.01.04 – BIOLOGICAL IMPROVEMENT OF WOOD PROPERTIES. **Proceedings...** Harrison Hot Springs, 2002.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1998. 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)–Universidade de São Paulo, 1998.

_____. Experiência mundial com a madeira de eucalipto. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 9, n. 54, p. 98-100, fev. 2001.

OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: Ed. Suprema, 2008. 290 p.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 113-124, dez. 1999.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. R. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira *Eucalyptus saligna* Smith. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 381-385, maio/jun. 2003.

OPIE, J. E.; CURTIN, R. A.; INCOLL, W. D. Stand management. In: HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalypts for wood production**. Sydney, CSIRO/Academic Press, 1984. p. 179-197.

PANSHIN, A. J.; de ZEEUW, C. **Text book of wood technology**. 4th ed. New York: Mc Graw Hill, 1970. 722 p.

PAULA, J. E. Anatomia e dendrometria de *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 745-757, jun. 1995.

PLOMION, C.; LEPROVOST, G.; STOKES, A. Wood Formation in Trees. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 127, n. 4, p. 1513-1523, Dec. 2001.

PONCE, H. R. Madeira serrada de Eucalipto: desafios e perspectivas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1., 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPT, 1995. p. 50-58.

PURNELL, R.C. Variation in wood properties of *Eucalyptus nitens* in a provenance trial on the eastern Transvaal highveld in South Africa. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 144, p. 10-22, 1988.

REINSTORF, L. O. **The influence of stand density on growth of *Pinus elliottii***. 1970. 62 f. Dissertação (Mestrado)—University of Stellenbosch, Stellenbosch, 1970.

REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R. C.; CHAVES, R. Variação da massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 8 anos de idade em função de diferentes níveis de produtividade. **Scientia Forestalis**, n. 53, p. 71-78, 1998.

ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. do. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 43-55, jun. 2004.

ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito do modelo de desdobro na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 70-83, jul./set. 2002.

SANQUETTA, C. R. et al. Produção de madeira para laminação em povoamentos de *Pinus taeda* submetidos a diferentes densidades e regimes de desbaste: uma abordagem experimental. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 28, n. 1/2, p. 80-96, jun./dez. 1998.

SANTOS, P. E. T. **Avaliação de características tecnológicas de madeira para serraria em progênies de polinização aberta de eucalipto e implicações para o melhoramento genético**. 2002. 153 f. Tese (Doutorado em Agronomia)—Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SAS – STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM: **Programa de computador**, ambiente VM. Cary, 1993. Versão 6.08.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento de madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 32-43, jun. 2003.

SCHACHT, L.; GARCIA, J. N. Variação entre e intra clones nas rachaduras de topo em *Eucalyptus urophylla*. In: CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo: EMBRAPA/CNPF, 1997. p.401-404.

SCHACHT, L.; GARCIA, J. N.; VENCOSKY, R. Variação genética de indicadores de tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba v. 54, p. 55-68, dez. 1998.

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

SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: Planejamento da produção florestal**. Santa Maria: UFSM, 2002. 492 p.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; COZER, E. Efeito da intensidade de desbaste sobre o crescimento e produção de povoamentos de *Pinus elliottii* E. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE FLORESTAS PLANTADAS, 1., 1991, Esteio, **Anais...** Santa Maria: CEPEF/FATEC/ UFSM, p.150-167. 1991.

SCHNEIDER, P. R. et al. Produção de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 129-140, nov. 1998.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566p.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. Curso de Especialização Pós-Graduação “Lato-Sensu” por Tutoria à Distância – Manejo de florestas plantadas ou nativas. Lavras: UFLA/FAEPE, 2008. 585p.

_____. **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 438 p.

SCURFIELD, G. Structural features of hardwood and their influence on paper properties. **TAPPI**, Atlanta, v. 59, n. 7, p. 110-113, July 1976.

SETTE JUNIOR, C. R. **Efeito da aplicação do lodo de esgoto e de fertilização mineral no crescimento e propriedades da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2007. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

SHIMOYAMA, V. R. S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp.** 1990. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1990.

SHÖNAU, A. P. G.; COETZEE, J. Initial spacing, stand density and thinning in eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 29, p. 245-266, June 1989.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 2002. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)–Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2002.

_____. Influência dos tratamentos silviculturais na qualidade da madeira. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 10, n. 55, p.62-65, 2001.

SILVA, J. C. et al. Influência da idade e da posição radial na massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 13-22, jan./abr. 2004.

SILVA, J. F. **Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e sua interação com espaçamentos.** 1990. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

SILVA, J. R. M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** 2002. 179f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2002.

SOARES, T. S.; SILVA M. L.; GAMA J. R. V.; et al. Avaliação econômica de plantações de eucalipto submetidas a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 481-486, jul./ago. 2003.

SOUZA, A. P.; DELLA LUCIA, R. M.; RESENDE, G. C. Estudo da densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys* cultivado na região de Dionísio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 3, n. 1, p. 16-27. jan./jun. 1979.

STAPE, J. L.; MARTINI, E. L. Desbaste de *Eucalyptus*: opção de manejo para áreas com limitações ambientais ao corte raso. In: ENCONTRO TÉCNICO FLORESTAL, 5. 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, p. 30-51. 1991.

TAYLOR, F. W. Variation in the anatomical properties of South African grown *Eucalyptus grandis*. **Appita Journal**, Melbourne, v. 27, n. 3, p. 171-184, 1973.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. **Revista IPEF**, Piracicaba, v. 29, p. 37-45, abr. 1985.

TREVISAN, R. **Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; DENARDI, L.; et al. Variação axial da massa específica de árvores médias e dominantes de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, 4., 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, ESALQ/IPEF, 2006.

TREVISAN, R. et al. Variação radial da massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 553-559, jul./set. 2008.

TREVISAN, R. et al. Efeito da intensidade de desbaste nas características dendrométricas e tecnológicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 377-387, out./dez. 2007.

TRUGILHO, P. F. et al. Qualidade da madeira de clones de espécies e híbridos naturais de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 73, p. 55-62, mar. 2007.

TRUGILHO, P. F. et al. Efeitos da idade e classe diamétrica na deformação residual longitudinal em árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 725-731, set./out. 2004.

TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação da tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 9, n. 1, p. 38-44, jan./dez. 2002.

VERMAAS, H. F. A. Review of drying technology for young fast-grown eucalypts. In: THE FUTURE OF *EUCALYPTUS* FOR WOOD PRODUCTS, 2000, LAUNCESTON. **Proceedings...** Launceston: IUFRO, p. 193-203, 2000.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. SIF/UFV. p. 1-21, 1984. (Boletim Técnico, 1).

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Características físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 4, n. 1, p. 70-74, jan./jun. 1980.

_____. Efeito do espaçamento na produção em peso e na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* aos 52 meses de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 11, n. 2, p. 132-145, jan./jun. 1987.

WASHUSEN, R. Tension wood occurrence in *Eucalyptus globulus* Labill. II. The spatial distribution of tension wood and its association with stem form. **Australian Forestry**, Yarralumla, v. 65, n. 2, p. 127-134. 2002.

WASHUSEN, R. et al. Effect of thinning and fertilizer on the cellulose crystallite width of *Eucalyptus globulus*. **Wood Science and Technology**, Berlin, v. 39, n. 7, p. 569-578, Oct. 2005.

WILKINS, A. P. Influence of silvicultural treatment on growth and wood density of *Eucalyptus grandis* growth on a previous pasture site. **Australian Forestry**, Yarralumla, v. 53, n. 3, p.168-172, 1990.

WILKINS, A. P.; HORNE, R. Wood-density variation of young plantation grown *Eucalyptus grandis* in response to silvicultural treatments. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 40, n. 1/2, p. 39-50, May 1991.

WILKINS, A. P.; KITAHARA, R. Silvicultural treatments and associated growth rates, growth strains and wood properties in 12,5-year-old *Eucalyptus grandis*. **Australian Forestry**, Yarralumla, v. 54, n. 1/2, p.99-104, 1991.

WILSON, P. J. Splitting studies on logs of *Eucalyptus macarthurii*, *E. elata*, and *E.radiata*. INSTITUTE FOR COMMERCIAL FORESTRY RESERCH, 1985, Pietermaritzburg. **Annual Report**, Pietermaritzburg: University of Natal, 1985, p. 135-142.

ZOBEL, B. J.; JETT, J. B. **Genetics of wood production**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 337 p.

ZOBEL, B. Wood quality from fast-grown plantations. **Tappi**, Atlanta, v. 64, n. 1, p. 17-74, Jan. 1981.

9 APÊNDICES

APÊNDICE 1. Tabelas de análise de variância do capítulo efeito do desbaste nos parâmetros dendrométricos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

TABELA 9.1.1 – Análise de variância do diâmetro à altura do peito das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função dos tratamentos de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Tratamento	6	76,9081	12,8180	5,33	0,0040**
Bloco	3	1,7321	0,5774	0,24	0,8670 ^{ns}
Erro	15	36,0704	2,4047	-	-
Total	24	114,5420	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.2 – Análise de variância do diâmetro à altura do peito das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função dos tratamentos de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Tratamento	6	1263,31	210,552	110,9	< 0,0001**
Bloco	3	7,6957	2,5652	1,35	0,2894 ^{ns}
Erro	18	34,1743	1,8986	-	-
Total	27	1305,18	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.3 – Análise de variância da altura total das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função dos tratamentos de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Tratamento	6	7,929	1,321	1,13	0,3844 ^{ns}
Bloco	3	10,603	3,534	3,02	0,0566 ^{ns}
Erro	18	21,042	1,169	-	-
Total	27	39,574	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.4 – Análise de variância da altura total das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função dos tratamentos de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Tratamento	6	532,080	88,680	25,32	< 0,0001**
Bloco	3	12,508	4,169	1,19	0,3430 ^{ns}
Erro	17	59,536	3,502	-	-
Total	26	604,165	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.5 – Análise de variância do fator de forma das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função dos tratamentos de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Tratamento	6	0,00164	0,00027	0,56	0,7556 ^{ns}
Bloco	3	0,00424	0,00141	2,90	0,0637 ^{ns}
Erro	18	0,00878	0,00049	-	-
Total	27	0,01467	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.6 – Análise de variância do fator de forma das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função dos tratamentos de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Tratamento	6	0,00399	0,00066	1,70	0,1778 ^{ns}
Bloco	3	0,00041	0,00014	0,35	0,7873 ^{ns}
Erro	18	0,00703	0,00039	-	-
Total	27	0,01144	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.7 – Análise de variância do fator de forma artificial de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função do estrato dominante e médio amostrado no tratamento testemunha sem desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Estrato	1	0,000012	0,000012	0,01	0,9284 ^{ns}
Bloco	3	0,004537	0,001512	1,15	0,4550 ^{ns}
Erro	3	0,003937	0,001312	-	-
Total	7	0,008487	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.8 – Análise de variância do fator de forma artificial de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função do estrato dominante e médio amostrado no tratamento com um desbaste executado.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Estrato	1	0,000012	0,000012	0,09	0,7888 ^{ns}
Bloco	3	0,001537	0,000512	3,51	0,1647 ^{ns}
Erro	3	0,000437	0,000146	-	-
Total	7	0,001987	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.9 – Análise de variância do fator de forma artificial de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função do estrato dominante e médio amostrado no tratamento com dois desbastes executados.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Estrato	1	0,000012	0,000012	0,02	0,8858 ^{ns}
Bloco	3	0,002337	0,000779	1,52	0,3695 ^{ns}
Erro	3	0,001537	0,000512	-	-
Total	7	0,003887	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.10 – Análise de variância do fator de forma artificial de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função do estrato dominante e médio amostrado no tratamento com três desbastes executados.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Estrato	1	0,00020	0,00020	0,60	0,4950 ^{ns}
Bloco	3	0,00040	0,00013	0,40	0,7642 ^{ns}
Erro	3	0,00100	0,00033	-	-
Total	7	0,00160	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.11 – Análise de variância do fator de forma artificial de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função do estrato dominante e médio amostrado no tratamento com quatro desbastes executados.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Estrato	1	0,000112	0,000112	0,33	0,6084 ^{ns}
Bloco	3	0,000437	0,000146	0,42	0,7516 ^{ns}
Erro	3	0,001037	0,000346	-	-
Total	7	0,001587	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.12 – Análise de variância do fator de forma artificial de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função do estrato dominante e médio amostrado no tratamento com cinco desbastes executados.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Estrato	1	0,000612	0,000612	5,44	0,1018 ^{ns}
Bloco	3	0,000537	0,000179	1,59	0,3558 ^{ns}
Erro	3	0,000337	0,000112	-	-
Total	7	0,001487	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.13 – Análise de variância do fator de forma artificial de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função do estrato dominante e médio amostrado no tratamento com seis desbastes executados.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Estrato	1	0,00080	0,00080	1,41	0,3203 ^{ns}
Bloco	3	0,00070	0,00023	0,41	0,7574 ^{ns}
Erro	3	0,00170	0,00057	-	-
Total	7	0,00320	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.14 – Análise de variância do volume individual das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função dos tratamentos de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Tratamento	6	1,2770	0,2128	5,19	0,0053 ^{**}
Bloco	3	0,1078	0,0359	0,88	0,4765 ^{ns}
Erro	14	0,5736	0,0410	-	-
Total	23	2,0429	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.15 – Análise de variância do volume individual das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função dos tratamentos de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Tratamento	6	9,3403	1,5567	97,89	0,0001 ^{**}
Bloco	3	0,0063	0,0021	0,13	0,0637 ^{ns}
Erro	16	0,2544	0,0159	-	-
Total	25	9,7014	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.1.16 – Análise de variância do volume por hectare para *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função dos tratamentos de desbaste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Tratamento	6	726858,0	121143,0	66,46	0,0001**
Bloco	3	428,3	142,8	0,08	0,9709 ^{ns}
Erro	18	32812,0	1822,9	-	-
Total	27	760098,0	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

APÊNDICE 2. Tabelas de análise de variância do capítulo efeito do desbaste nas rachaduras de topo das toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

TABELA 9.2.1 – Análise de variância do índice de rachadura das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função da posição da seção transversal na base e no topo da tora 1.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Posição	1	2,9254	2,9254	29,70	< 0,0001**
Bloco	3	1,0026	0,3342	3,39	0,0251*
Erro	49	4,8260	0,0985	-	-
Total	53	8,6186	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.2.2 – Análise de variância do índice de rachadura das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função da posição da seção transversal na base e no topo da tora 2.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Posição	1	0,0367	0,0367	0,29	0,5935 ^{ns}
Bloco	3	2,1265	0,7088	5,58	0,0023**
Erro	48	6,0987	0,1270	-	-
Total	52	8,2440	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

TABELA 9.2.3 – Análise de variância do índice de rachadura das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função da posição da seção transversal na base e no topo da tora 3.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Posição	1	0,2307	0,2307	2,23	0,1416 ^{ns}
Bloco	3	2,3149	0,7716	7,46	0,0003**
Erro	50	5,1720	0,1034	-	-
Total	54	7,7289	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

TABELA 9.2.4 – Análise de variância do índice de rachadura das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função da posição da seção transversal na base e no topo da tora 4.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Posição	1	0,0056	0,0056	0,06	0,8128 ^{ns}
Bloco	3	0,2502	0,0834	0,84	0,4768 ^{ns}
Erro	47	4,6452	0,0988	-	-
Total	51	4,9010	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.2.5 – Análise de variância do índice de rachadura das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função da posição da seção transversal na base e no topo das toras.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Posição	1	0,4245	0,4245	2,33	0,1285 ^{ns}
Bloco	3	3,9699	1,3233	7,26	< 0,0001 ^{**}
Erro	209	38,0986	0,1823	-	-
Total	213	42,4272	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

TABELA 9.2.6 – Análise de variância do índice de rachadura das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função da posição da seção transversal na base e no topo da tora 1.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Posição	1	1,2571	1,2571	8,80	0,0047 ^{**}
Bloco	3	1,2423	0,4141	2,90	0,0445 [*]
Erro	48	6,8579	0,1429	-	-
Total	52	9,2761	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.2.7 – Análise de variância do índice de rachadura das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função da posição da seção transversal na base e no topo da tora 2.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Posição	1	0,0006	0,0006	0,00	0,9497 ^{ns}
Bloco	3	0,9983	0,3328	2,22	0,0984 ^{ns}
Erro	45	6,7356	0,1497	-	-
Total	49	7,7356	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.2.8 – Análise de variância do índice de rachadura das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função da posição da seção transversal na base e no topo da tora 3.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Posição	1	0,2732	0,2732	1,99	0,1648 ^{ns}
Bloco	3	0,9067	0,3022	2,20	0,0998 ^{ns}
Erro	50	6,8745	0,1375	-	-
Total	54	8,0801	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.2.9 – Análise de variância do índice de rachadura das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função da posição da seção transversal na base e no topo da tora 4.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Posição	1	0,0134	0,0134	0,11	0,7447 ^{ns}
Bloco	3	0,3903	0,1301	1,04	0,3819 ^{ns}
Erro	49	6,1114	0,1247	-	-
Total	53	6,5151	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 9.2.10 – Análise de variância do índice de rachadura das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função da posição da seção transversal na base e no topo das toras.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Posição	1	0,0273	0,0273	0,17	0,6812 ^{ns}
Bloco	3	2,5463	0,8487	5,26	0,0016 ^{**}
Erro	207	33,4236	0,1615	-	-
Total	211	35,9885	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

TABELA 9.2.11 – Análise de variância do índice médio de rachadura de topo das árvores dominantes de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função da tora amostrada ao longo do fuste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Tora	3	8,2187	2,7396	26,44	< 0,0001 ^{**}
Bloco	3	1,9407	0,6469	6,24	0,0006 ^{**}
Erro	103	10,6714	0,1036	-	-
Total	109	20,7552	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

TABELA 9.2.12 – Análise de variância do índice médio de rachadura de topo das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função da tora amostrada ao longo do fuste.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Tora	3	1,7940	0,5980	6,04	0,0008 ^{**}
Bloco	3	1,4926	0,4975	5,02	0,0028 ^{**}
Erro	97	9,6051	0,0990	-	-
Total	103	12,8587	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

TABELA 9.2.13 – Análise de variância do índice médio de rachadura de topo para *Eucalyptus grandis*, aos 18 anos de idade, em função dos estratos dominante e médio.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Estrato	1	1,4114	1,4114	9,32	0,0026**
Bloco	3	0,9079	0,3026	2,00	0,1153 ^{ns}
Erro	208	31,5018	0,1514	-	-
Total	212	33,7920	-	-	-

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de probabilidade de erro; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.