

WESCLEY VIANA EVANGELISTA

**CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE CLONES DE
Eucalyptus camaldulensis Dehnh. E *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake,
ORIUNDA DE CONSÓRCIO AGROSSILVIPASTORIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

E92c

2007

Evangelista, Wesley Viana, 1981-
Caracterização da madeira de clones de
Eucalyptus camaldulensis Dehnh. e *Eucalyptus urophylla*
S. T. Blake, oriunda de consórcio agrossilvipastoril /
Wesley Viana Evangelista. – Viçosa, MG, 2007.
xix, 120f. : il. ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: José de Castro Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 111-116.

1. Madeira - Avaliação. 2. Madeira - Densidade.
3. Madeira - Propriedades mecânicas. 4. Eucalipto.
5. Agrossilvicultura. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

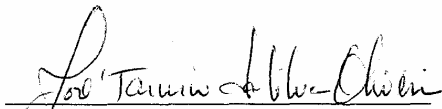
CDO adapt. CDD 634.9812

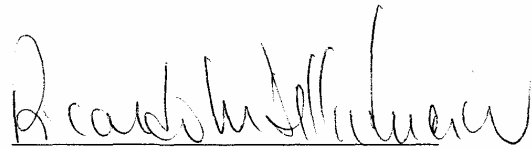
WESCLEY VIANA EVANGELISTA


**CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE CLONES DE
Eucalyptus camaldulensis Dehnh. E *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake,
ORIUNDA DE CONSÓRCIO AGROSSILVIPASTORIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVADA: 23 de fevereiro de 2007.


Prof. José Tarcísio da Silva Oliveira
(Co-Orientador)


Prof. Ricardo Marius Della Lucia
(Co-Orientador)


Prof. Benedito Rocha Vital


Prof. Hélio Garcia Leite


Prof. José de Castro Silva
(Orientador)

*Uma árvore que cai.
Uma natureza que chora.
Um coração que sente,
dentro de um peito de um povo
que talvez seja inocente.*

*Francisco Chagas Rodrigues
"Chiquinho da Floresta"
Departamento de Engenharia Florestal/UFV
7/2/2006*

*A DEUS e ao amigo, JESUS CRISTO,
e aos queridos pais, Júlio e Aparecida,
dedico esse trabalho.*

AGRADECIMENTOS

A DEUS e ao amigo, JESUS CRISTO, pela vida e por tudo.

A todos os brasileiros, pelo custeio dos meus estudos desde a infância.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela minha formação como Engenheiro Florestal, pela oportunidade de treinamento em nível de mestrado e pela estrutura física concedida para a realização desse trabalho.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão da bolsa de mestrado; à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), pelo apoio financeiro ao projeto; e à Votorantim Metais Zinco S/A, pela doação e transporte da madeira.

Ao Professor José de Castro Silva, pela orientação, amizade, ajuda, sugestões, críticas e por todos os ensinamentos durante a realização desse trabalho. Agradeço, também, por todas as boas oportunidades, pela aquisição de novos conhecimentos, cursos e treinamentos, dentro e fora da UFV.

Ao Professor Ricardo Marius Della Lucia, pela amizade, ensinamentos e pelas grandes lições e exemplos de vida.

Aos Professores José Tarcísio da Silva Oliveira, Hélio Garcia Leite, Benedito Rocha Vital, Angélica de Cássia Oliveira Carneiro e Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho, pela valiosa ajuda durante a realização desse trabalho.

Aos técnicos do Laboratório de Propriedades da Madeira (LPM) e do Setor de Marcenaria da UFV, Joel Stanciola, Osvaldo Ladeira de Freitas, Gilberto da Silva Lana, Eli Braz Moreira (Seu Fumo), Fabiano A. A. Moreira (Cigarrinho) e João

Maria Emídio (João do Burro), pela ajuda durante o desdobro das toras e preparação das amostras da madeira.

Aos graduandos de Engenharia Florestal, Bruno de Almeida Xavier e Lilian Messias Lobo, o agradecimento especial, pela amizade, dedicação e valiosa ajuda em todas as etapas desse trabalho.

Aos graduandos de Engenharia Florestal, Mara Agostini, Bruna Rodrigues, Diego Pierre, Simone Magalhães e Vitor Manera, pela grande ajuda durante a execução deste trabalho.

Aos colegas de pós-graduação em Ciência Florestal, Odete Souza, Juliana Oliveira, Carla Cabral, Graziela Vidaurre, Pablo Lopes, Fernando Oliveira, Rafael Naumann, Zaíra Mendonza, Andréia Colli e Brígida Teixeira, pela amizade e convívio sempre harmonioso.

Aos meus pais, Júlio César Evangelista e Maria da Aparecida Viana Evangelista, pelo amor incondicional, incentivo, torcida e paciência.

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

MUITO OBRIGADO

BIOGRAFIA

WESCLEY VIANA EVANGELISTA, filho de Júlio César Evangelista e Maria da Aparecida Viana Evangelista, nasceu em 15 de janeiro de 1981, em Viçosa, Minas Gerais.

Em fevereiro de 2000, iniciou o curso de graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa.

De março de 2002 a fevereiro de 2003, foi bolsista de iniciação científica no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), pelo convênio PIBIC/FAPEMIG, e pelo PIBIC/CNPq, de agosto de 2003 a julho de 2004.

Em janeiro de 2005, concluiu o curso de Engenharia Florestal e, em seguida, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em nível de Mestrado, na área de Tecnologia da Madeira, defendendo a dissertação em fevereiro de 2007.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xviii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivos específicos	5
3. REVISÃO GERAL DE LITERATURA	6
3.1. Agrossilvicultura	6
3.2. Efeito da desrama na produção de madeira serrada	7
3.3. Efeito do espaçamento na qualidade da madeira	8
3.4. O gênero <i>Eucalyptus</i>	10
3.5. Qualidade da madeira de eucalipto	13
4. METODOLOGIA GERAL DO TRABALHO	16
4.1. Localização e descrição do local do plantio	16
4.2. Descrição do sistema agrossilvipastoril	17
4.3. Amostragem, desdobro das toras e ensaios realizados	18

	Página
4.4. Análises estatísticas	19
CAPÍTULO 1.....	20
AVALIAÇÃO DENDROMÉTRICA DAS TORAS DE CLONES DE <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh. E <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake, ORIUNDA DE CONSÓRCIO AGROSSILVIPASTORIL.....	20
1. INTRODUÇÃO	20
2. OBJETIVOS	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÕES	30
CAPÍTULO 2.....	31
CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA DE CLONES DE <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh. E <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake, ORIUNDA DE CONSÓRCIO AGROSSILVIPASTORIL.....	31
1. INTRODUÇÃO	31
2. OBJETIVOS	33
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. Descrição anatômica qualitativa.....	37
4.2. Comprimento das fibras.....	38
4.3. Largura das fibras	41
4.4. Diâmetro do lume das fibras	44
4.5. Espessura da parede das fibras	46
4.6. Frequência dos vasos.....	48
4.7. Diâmetro dos vasos.....	50
5. CONCLUSÕES	53
CAPÍTULO 3.....	54
AVALIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DA MADEIRA DE CLONES DE <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh. E <i>Eucalyptus</i> <i>urophylla</i> S.T. Blake, ORIUNDA DE CONSÓRCIO AGROSSILVIPASTORIL	54
1. INTRODUÇÃO	54
2. OBJETIVOS	56
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	57
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1. Massa específica básica	59

	Página
4.2. Massa específica aparente.....	62
5. CONCLUSÕES	65
CAPÍTULO 4.....	66
<p style="text-align: center;">AVALIAÇÃO DA RETRATIBILIDADE DA MADEIRA DE CLONES DE <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh. E <i>Eucalyptus</i> <i>urophylla</i> S.T. Blake, ORIUNDA DE CONSÓRCIO AGROSSILVIPASTORIL</p>	
1. INTRODUÇÃO	66
2. OBJETIVOS.....	69
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	70
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
4.1. Contração volumétrica total.....	73
4.2. Contração tangencial total.....	75
4.3. Contração radial total.....	78
4.4. Coeficiente anisotrópico total	80
4.5. Contração volumétrica parcial	83
4.6. Contração tangencial parcial.....	85
4.7. Contração radial parcial.....	88
4.8. Coeficiente anisotrópico parcial.....	90
5. CONCLUSÕES	93
CAPÍTULO 5.....	94
<p style="text-align: center;">AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À FLEXÃO ESTÁTICA DA MADEIRA DE CLONES DE <i>Eucalyptus</i> <i>camaldulensis</i> Dehnh. E <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake, ORIUNDA DE CONSÓRCIO AGROSSILVIPASTORIL</p>	
1. INTRODUÇÃO	94
2. OBJETIVOS.....	98
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	99
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	101
4.1. Módulo de ruptura em flexão estática	101
4.2. Módulo de elasticidade em flexão estática	103
5. CONCLUSÕES	106
5. RESUMO E CONCLUSÕES	107
6. RECOMENDAÇÕES	110
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
ANEXO	117

LISTA DE FIGURAS

	Página
METODOLOGIA GERAL DO TRABALHO	
1	Localização do município de Vazante, no Estado de Minas Gerais . 17
2	Esquema de retirada dos corpos de prova..... 19
CAPÍTULO 2	
1	Imagens dos planos anatômicos da seção transversal (A), tangencial (B) e radial (C) da madeira de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> e da seção transversal (D), tangencial (E) e radial (F) de <i>Eucalyptus urophylla</i> , de 8 anos. 39
2	Variação do comprimento das fibras (mm) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca 41
3	Variação da largura das fibras (μm) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca 43
4	Variação do diâmetro do lume das fibras (μm) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca..... 45
5	Variação da espessura da parede das fibras (μm) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca..... 48
6	Variação da frequência de vasos (mm^{-2}) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca 50
7	Variação do diâmetro dos vasos (μm) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca 52

CAPÍTULO 3

1	Variação da massa específica básica (g/cm^3) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca	61
2	Variação da massa específica aparente (g/cm^3) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca.....	64

CAPÍTULO 4

1	Variação da contração volumétrica total (%) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca	75
2	Variação da contração tangencial total (%) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca	77
3	Variação da contração radial total (%) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca	80
4	Variação do coeficiente anisotrópico total da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca	82
5	Variação da contração volumétrica parcial (%) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca.....	85
6	Variação da contração tangencial parcial (%) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca.....	87
7	Variação da contração radial parcial (%) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca	89
8	Variação do coeficiente anisotrópico parcial da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca	92

CAPÍTULO 5

1	Variação do módulo de ruptura em flexão estática (kgf/cm^2) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca	102
2	Variação do módulo de elasticidade em flexão estática (kgf/cm^2) da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> no sentido medula-casca	105

LISTA DE TABELAS

	Página
METODOLOGIA GERAL DO TRABALHO	
1	Dados dendrométricos das árvores dos clones de <i>Eucalyptus</i> estudados..... 18
CAPÍTULO 1	
1	Principais características das toras dos clones de <i>Eucalyptus</i> utilizados..... 27
2	Valores médios de rendimento em madeira serrada e conicidade das toras dos clones de <i>Eucalyptus</i> 28
CAPÍTULO 2	
1	Valores médios do comprimento das fibras (mm) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca..... 40
2	Valores médios da largura da fibra (μm) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca..... 42
3	Valores médios do diâmetro do lume das fibras (μm) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca..... 44
4	Valores médios da espessura da parede da fibra (μm) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca..... 47
5	Valores médios da frequência de vasos (mm^{-2}) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca..... 49

6	Valores médios do diâmetro do lume dos vasos (μm) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca.....	51
---	---	----

CAPÍTULO 3

1	Valores médios de massa específica básica (g/cm^3) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca.....	60
2	Valores médios de massa específica aparente (g/cm^3) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca.....	63

CAPÍTULO 4

1	Valores médios de contração volumétrica total (%) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca.....	74
2	Valores médios de contração tangencial total (%) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca	76
3	Valores médios de contração radial total (%) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca.....	78
4	Valores médios do coeficiente anisotrópico total da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca.....	81
5	Valores médios de contração volumétrica parcial (%) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca.....	84
6	Valores médios de contração tangencial parcial (%) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca.....	86
7	Valores médios de contração radial parcial (%) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca.....	88
8	Valores médios do coeficiente anisotrópico parcial da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca.....	91

CAPÍTULO 5

1	Valores médios de módulo de ruptura em flexão estática (kgf/cm^2) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca.....	102
2	Valores médios do módulo de elasticidade em flexão estática (kgf/cm^2) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca.....	104

RESUMO E CONCLUSÕES

1	Resumo do comportamento da madeira dos clones de <i>Eucalyptus</i> ao longo das distâncias radiais, no sentido medula-casca	109
---	---	-----

LISTA DE ABREVIATURAS

CV	coeficiente de variação
DP	desvio-padrão
mm ²	milímetro quadrado
μm	micrômetro
g/cm ³	gramas por centímetro cúbico
kgf/cm ²	quilogramas-força por centímetro quadrado
MPa	mega-Pascal
MOR	módulo de ruptura em flexão estática
MOE	módulo de elasticidade em flexão estática

RESUMO

EVANGELISTA, Wesley Viana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2007. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, oriunda de consórcio agrossilvipastoril.** Orientador: José de Castro Silva. Co-Orientadores: José Tarcísio da Silva Oliveira e Ricardo Marius Della Lucia.

Este trabalho teve como objetivo a caracterização tecnológica da madeira de um clone de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., de 10 anos, e de dois clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, de 6 e 8 anos, avaliando-lhes os efeitos do clone e da distância medula-casca, bem como sua interação sobre as propriedades da madeira. O material foi proveniente da Votorantim Metais Zinco S/A, localizada no município de Vazante, região noroeste do Estado de Minas Gerais, em sistema de consórcio agrossilvipastoril, com espaçamento de 10 x 4 m. Para caracterização da madeira determinaram-se as propriedades físicas (massa específica; retratibilidade linear e volumétrica, além do coeficiente anisotrópico), propriedades anatômicas (dimensões de fibras e vasos) e propriedades mecânicas (módulo de ruptura e de elasticidade em flexão estática). Utilizaram-se seis árvores por clone para determinação das propriedades físicas e mecânicas e quatro árvores por clone para as propriedades anatômicas. Avaliaram-se também algumas variáveis dendrométricas associadas às toras dos clones estudados. O clone de *E. camaldulensis* apresentou os maiores valores médios de diâmetro da tora, volume de madeira, porcentagem de cerne e relação cerne-alburno e a menor porcentagem de alburno. O inverso foi

observado para o clone de *E. urophylla*, de 6 anos. Os dois clones de *E. urophylla* apresentaram os menores valores de conicidade e os maiores rendimentos em madeira serrada. Considerando as propriedades da madeira, os resultados mostraram, através do teste t de Student, para amostras independentes, a 5% de probabilidade, que houve diferença significativa entre os clones e entre as distâncias radiais, no sentido medula-casca, na maioria das propriedades avaliadas. Considerando o efeito da distância medula-casca, observou-se uma tendência de aumento da massa específica, comprimento e espessura de parede das fibras, diâmetro dos vasos, módulo de ruptura e elasticidade, mas uma diminuição na frequência de vasos. A largura das fibras, diâmetro do lume das fibras, retratibilidade linear e volumétrica, além dos coeficientes anisotrópicos não apresentaram padrão linear nítido de variação no sentido medula-casca. O clone de *E. urophylla*, de 8 anos, apresentou os maiores valores em todos os ensaios realizados, exceto para comprimento e largura das fibras, diâmetro do lume das fibras e coeficientes anisotrópicos. A madeira dos clones de eucalipto estudados apresentou propriedades similares às provenientes de árvores plantadas, em espaçamentos tradicionais.

ABSTRACT

EVANGELISTA, Wesley Viana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2007. **Wood properties of clones of *E. camaldulensis* Dehnh. and of *E. urophylla* S. T. Blake planted in consorciation with cattle and grain.** Adviser: José de Castro Silva. Co-Advisers: José Tarcísio da Silva Oliveira and Ricardo Marius Della Lucia.

The objective of this research was to describe technological properties of the wood of a ten years old clone of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and of two clones of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake of six and eight years of age. The effect of clone and radial position within the tree on wood properties was evaluated. The trees belonged to the Votorantim Metais Zinco S/A, a steel mill located in the Northwest portion of the State of Minas Gerais, near the city of Vazante. The trees grew in association with cattle and grain, in a 10 x 4 meter spacing and had their dendrometric variables described. Average log size was larger in *E. camaldulensis*, as was its volume. Heartwood percentage was also larger in these trees. On the other hand, the two clones of *E. urophylla* showed smaller taper and the yield in the sawmill was consequently better. For wood characterization, samples taken from logs were submitted to the following essays: determination of specific gravity (dry weight and green volume and air-dry weight and volume); linear and volumetric shrinkage and modulus of rupture and of elasticity in static bending. Some anatomical data (fiber and vessel dimensions) were also determined. Six trees of each clone were used for physical and mechanical testing; four were felled for anatomical

description. When applied to the results, the Student's t test for independent samples showed that clones and position within the radius of the tree significantly influenced most of the properties measured. In general, specific gravity increased from pith to bark, as well as length and wall thickness of the fibers, diameter of the vessels and strength in bending and stiffness. Vessel frequency decreased from pith to bark. The width of the fibers and the diameter of their lumen, the linear and volumetric shrinkage and the T/R ratio did not show a clear pattern of variation in the radial direction. The clone of *Eucalyptus urophylla* of eight years of age showed larger values for most of the properties, with the exception of fiber width, lumen diameter and T/R ratio. The values so obtained showed that the wood of these clones have no marked differences from that produced in conventional plantations.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Até 1966, quase toda a atividade industrial de base florestal no Brasil dependia de matéria-prima oriunda de remanescentes de florestas nativas. Com o objetivo de suprir a crescente demanda de madeira para celulose e carvão vegetal, criaram-se os chamados “Incentivos Fiscais ao Reflorestamento”, visando à formação de plantios florestais homogêneos, em larga escala. Tais incentivos mostravam-se delineados por um modelo de atendimento a grandes projetos de interesse de empresas do setor, constituindo, assim, em importante política para garantir a sustentabilidade da atividade industrial e, principalmente, reduzir a pressão sobre as florestas nativas. Esses incentivos, apesar de passíveis de críticas, por parte de ambientalistas e outros segmentos, foram responsáveis pela formação de grandes áreas reflorestadas. No Estado de Minas Gerais, por exemplo, tal atividade expandiu-se de maneira significativa, chegando, em 1985, a mais de 1,5 milhão de hectares, correspondendo a mais da metade de toda a área reflorestada de eucalipto no País.

Quando se pensa em espécies de rápido crescimento, como alternativa para a produção de madeira, o eucalipto se apresenta como um gênero potencial dos mais interessantes, não somente por sua capacidade produtiva e adaptação aos mais diversos tipos de clima e solo, mas principalmente pela grande diversidade de espécies, tornando possível atender aos requisitos tecnológicos dos mais diferentes segmentos da atividade industrial, tais como lenha, carvão, celulose, painéis, postes, construções, móveis, embalagens e muitos outros usos (SILVA e XAVIER, 2006). Em geral, as espécies de eucalipto usadas nesses plantios apresentam alta

produtividade, precocidade na idade de corte, segurança de abastecimento para o mercado consumidor, homogeneidade de matéria-prima, custo competitivo da madeira, além da possibilidade de múltiplos usos da floresta e seus produtos. O *Eucalyptus* é um gênero florestal de múltipla utilização, podendo proporcionar madeira, sombra, abrigo, mel e óleos essenciais.

Atualmente, é cada vez maior a tendência dos centros consumidores das regiões Sul e Sudeste do País se abastecerem de madeira serrada e de outros produtos sólidos, oriundos de plantios florestais, principalmente de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Tais plantios estão localizados na própria região, com madeira disponível para uso imediato. Esta situação é favorecida em função dos problemas de falta de acesso, infra-estrutura e altos custos de transporte enfrentados pelos madeireiros do norte do País, bem como a cobrança e a vigilância dos organismos internacionais, vinculados à questão ambiental. Por isso, a madeira proveniente de florestas nativas está sendo gradativamente substituída por produtos reconstituídos ou oriundos desses plantios florestais de rápido crescimento.

Paralelamente ao plantio do eucalipto em monoculturas, desenvolveram-se alternativas para a produção de madeira, com tecnologias apropriadas, acessíveis também ao pequeno produtor rural, através do consórcio de florestas com culturas agrícolas e/ou pecuária. Mediante o controle adequado da densidade do plantio de eucalipto, tornou-se possível uma boa produção agrícola e de madeira através da agrossilvicultura.

A agrossilvicultura é inovadora pela concepção de desenvolvimento sustentável e está em sintonia com os anseios e apelos sociais dos sistemas produtivos, usando os recursos naturais e utilizando espaços simultâneos para produção de alimentos e madeira, de maneira mais eficiente e racional. É vista como uma alternativa muito promissora para os produtores rurais dos países em desenvolvimento, como o Brasil. O sistema constitui, ainda, uma alternativa para amortizar os custos iniciais de implantação e manutenção dos plantios florestais, permitindo um fluxo de caixa rápido e constante ao longo do período de maturação da floresta, além de fornecer rendas complementares com as diversas atividades. Além disso, a agrossilvicultura apresenta uma infinidade de vantagens, tais como melhor ocupação do sítio ecológico; melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; redução das perdas de nutrientes do solo; melhoria na proteção do solo, durante a fase crítica de estabelecimento das mudas, quando o solo permanece

desprotegido, além da redução nos custos de preparação do solo. O sistema oferece, ainda, uma alternativa para enfrentar os problemas crônicos de baixa produtividade, escassez de alimentos, degradação ambiental generalizada e redução de riscos de perda de produção pela diversificação de cultura.

No Estado de Minas Gerais existe, atualmente, um modelo bem sucedido de agrossilvicultura, adotado pela Votorantim Metais Zinco S/A, localizada no município de Vazante, na região noroeste do Estado. O consórcio envolve o plantio de eucalipto, em “espaçamento dinâmico” de 10 x 4 metros, com culturas anuais alternadas (arroz, soja e braquiária), permitindo a entrada do gado de corte, a partir do quarto ano da implantação do eucalipto. Ao longo do tempo, são produzidos madeira e alimentos. Segundo Silva (2004), esse tipo de consórcio é inovador e revolucionário em relação ao que é conhecido nas empresas florestais e esse sistema tem apresentado resultados extremamente positivos, tanto para o uso do solo, como também para a sustentabilidade econômico-financeira do empreendimento, conforme análise econômica feita por Oliveira *et al.* (2000).

O Estado de Minas Gerais participa ativamente da composição da cadeia produtiva da madeira, contando com importantes segmentos industriais consumidores de madeira, como o siderúrgico, celulose, painéis, construções e moveleiro. Os plantios florestais renováveis, ou seja, aqueles destinados à produção contínua e sustentável de madeira, desenvolvidas com tecnologias apropriadas, são altamente vantajosos para se aumentar a produtividade e competitividade, criando oportunidades para a geração de empregos e de receita, além de criação de oportunidades para um desenvolvimento sustentável. A indústria de base florestal em Minas Gerais participa expressivamente do PIB mineiro, gerando empregos e divisas, bem como arrecadando milhões em impostos. No ano de 2000, o consumo de madeira serrada mineira era equivalente a cerca de 10% de consumo nacional, correspondendo a 2 milhões de m³. Somente a indústria moveleira consumiu 270.000 m³ anuais. Segundo ABRAF (2006), no Brasil, existiam 3,3 milhões de hectares de plantações florestais de eucalipto, o que representava quase um quinto de todas as plantações desse gênero no mundo. Ao lado da África do Sul, o Brasil era o país que detinha as mais avançadas tecnologias na produção de plantios de rápido crescimento.

Este estudo é justificado face às crescentes dificuldades para a obtenção de madeira, aliada à falta de política que permita uma exploração sustentada e racional

para as florestas tropicais, além da grande demanda de madeira de qualidade a curto prazo e pressões econômicas para resultados imediatos. Destacam-se os seguintes motivos:

- Carência de informações quanto às propriedades das madeiras provenientes de plantios em sistemas agrossilviculturais, com espécies de rápido crescimento, principalmente do gênero *Eucalyptus*, notadamente aquelas com potencial de uso múltiplo e também para usos mais nobres, como movelaria e construção civil.

- Necessidade de estudo das propriedades da madeira, oriunda de consórcios agrossilvipastoris, identificando e avaliando as vantagens e as limitações de uso da madeira em espaçamentos mais amplos e em consórcio com outras culturas e animais.

- Altas taxas de produtividade dos plantios florestais de eucalipto, por serem espécies de elevada plasticidade, permitindo sua adaptação em boa parte do território brasileiro.

- Maior possibilidade de agregação de valor à madeira produzida em plantios de eucalipto em consórcios agrossilviculturais, já existentes no Estado de Minas Gerais, com a incorporação de inovações tecnológicas, qualificando-a para usos alternativos.

- Incentivo aos programas de plantios florestais, em pequenas propriedades rurais, possibilitando o uso dos recursos naturais, de maneira mais eficiente e racional, e utilizando espaços simultâneos para produção de alimentos e madeira.

- Disponibilização aos pólos moveleiros e setores industriais de base florestal do Estado de Minas Gerais as informações estratégicas, quanto às características e possibilidade de usos da madeira de eucalipto como matéria prima básica para as suas atividades.

- Mitigação dos possíveis impactos e avaliações negativas da cultura de eucalipto, com as alternativas de produção simultânea de madeira e alimentos numa mesma área.

2. OBJETIVO GERAL

Devido à necessidade de se realizar um estudo mais aprofundado sobre as propriedades da madeira de eucalipto, oriunda de consórcio agrossilvicultural no Estado de Minas Gerais, este trabalho tem como objetivo geral caracterizar tecnologicamente a madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, visando as suas potencialidades de uso industrial.

2.1. Objetivos específicos

- Caracterizar a madeira de um clone de *Eucalyptus camaldulensis* e de dois clones de *Eucalyptus urophylla*, identificando-lhes as seguintes propriedades: massa específica, anatomia, retratibilidade e resistência mecânica à flexão estática.

- Avaliar a variação nas características da madeira na direção radial, sentido medula-casca.

- Determinar o diâmetro, volume, relação cerne/alburno, conicidade, e rendimento em madeira serrada das toras dos clones estudados.

3. REVISÃO GERAL DE LITERATURA

3.1. Agrossilvicultura

O aumento da população e da demanda por alimentos, bem como a busca por uma agricultura sustentável, fundamentada em tecnologias não agressivas ao ambiente, apontam a agrossilvicultura como uma alternativa cada vez mais presente e necessária no País; a integração das suas atividades produtivas tende a imitar os ecossistemas naturais (GOMES, 2000).

Em todas as regiões do mundo, a agrossilvicultura se constitui numa modalidade antiga de uso da terra, que vem sendo praticada há milhares de anos. Atualmente, esse sistema tem sido muito discutido e tratado como uma ciência destinada a ajudar o homem do campo a aumentar a sua receita e produtividade. Além disso, possibilita manter a capacidade produtiva dos solos, através do manejo adequado, buscando sempre manter uma produção sustentável. Estes sistemas constituem uma excelente opção, porque representam uma nova perspectiva de uso da terra, trazendo um novo enfoque de desenvolvimento rural, consorciando outras atividades, sem, contudo, diminuir a produção agrícola principal, mas aumentando a produtividade por unidade de área (GOMES, 2000).

As principais vantagens ambientais da agrossilvicultura são a melhor ocupação do sítio ecológico; aumento da matéria orgânica no solo, pela queda de folhas, flores e frutos, que serão decompostos por microrganismos do solo; melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, através da ciclagem e a

reciclagem de nutrientes das espécies florestais; retenção e conservação da água no solo; controle da erosão do solo; aumento da produtividade em relação aos monocultivos; redução das variáveis microclimáticas; diminuição dos riscos de perdas de produção, onde a produção de uma cultura pode compensar a perda de outra (HARWOOD, 1979; NAIR, 1989; MACDICKEN e VERGARA 1990; GOMES, 2000). As principais vantagens econômicas e sociais são o aumento da renda do produtor rural pela diversidade de culturas, que ocupam o mesmo espaço físico, maior variedade final de produtos e/ou serviços, melhoria da alimentação do homem do campo, redução do risco de perdas totais, redução dos custos de plantio, melhoria da distribuição da mão-de-obra rural e redução da necessidade de capinas (HARWOOD, 1979; COUTO *et al.*, 1996; GOMES, 2000).

A utilização da agrossilvicultura demanda espaçamentos e densidades de plantio diferenciadas, visando ao crescimento das árvores em diâmetro e altura, compatíveis com padrões de qualidade requeridos no processamento em serraria e utilização final na indústria de construção civil e mobiliário.

Atualmente, no Estado de Minas Gerais, os sistemas agrossilvipastoris, envolvem o consórcio de culturas perenes, como o eucalipto, consorciadas com culturas agrícolas e/ou pecuária. Este tipo de consórcio tem sido aplicado nos municípios de Vazante e Paracatu, em pleno Cerrado mineiro, mostrando resultados muito promissores. Oliveira *et al.* (2000) realizaram uma análise econômica nesse sistema agrossilvipastoril e verificaram que o projeto é economicamente viável, desde que, pelo menos, 5% da madeira produzida sejam usados para serraria e o restante usado para energia ou outras finalidades.

3.2. Efeito da desrama na produção de madeira serrada

A desrama ou poda consiste na eliminação dos ramos laterais do tronco da árvore, com o objetivo de produção de madeira de alto valor e qualidade, livre de nós, para uso em serrarias e laminadoras. Embora muitas espécies de *Eucalyptus* apresentem desrama natural, a não retirada dos ramos secos, em idades jovens, ocasiona problemas de nós na madeira e a formação de bolsas de resina ou veios de kino. Na madeira serrada, tanto a presença de nós como as bolsas de resina acarreta uma diminuição da maioria das propriedades mecânicas, distorção da grã, descontinuidade das fibras, dificuldades de secagem e usinagem, além do prejuízo na

aparência. Todos esses fatores restringem o aproveitamento da madeira para certos usos, como movelaria, molduras, esquadrias etc. Nesse caso, é muito importante a prática da desrama, como forma de produção de “madeira limpa”, ou seja, livre de nós ou com nós, de pequena dimensão (SILVA, 2007). Couto (1995) afirma que a madeira livre de nós é muito valiosa no mercado internacional, chegando a valer até 2,5 vezes mais que a madeira com nós.

A ocorrência de nós é muito influenciada pelo espaçamento de plantio, uma vez que os espaçamentos maiores conduzem à maior formação de galhos. Quanto maior o espaçamento entre plantas, mais cedo deverá ser executada a desrama, porém não tão intensa a ponto de prejudicar o crescimento. A seleção de materiais genéticos, com boa desrama natural, e a presença de galhos finos, aliada à técnica de desrama artificial, podem melhorar, substancialmente, a qualidade da madeira, evitando a podridão do cerne, presença de elevada nodosidade e a formação de bolsas de resina (SILVA, 2007).

Vale *et al.* (2002), estudando o efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de *E. camaldulensis* e *E. urophylla*, em consórcio agrossilvipastoril, verificaram que a desrama, realizada em diferentes alturas no tronco das árvores, afetou significativamente a massa específica básica e outros parâmetros estudados pelos autores. Nesse estudo, os autores verificaram também que a conicidade não foi afetada pela prática da desrama artificial.

3.3. Efeito do espaçamento na qualidade da madeira

Os parâmetros mais relevantes que influenciam a produtividade florestal estão relacionados à qualidade do material genético, adaptação das espécies a determinadas regiões geográficas, espaçamento entre árvores, preparação do solo e fertilização (SILVA, 1984). O espaçamento é uma das variáveis que pode ser controlada eficientemente pelo silvicultor, desempenhando um papel muito importante quando se deseja produzir madeira de boa qualidade. A tendência atual para uso de espaçamentos maiores resulta na produção de menor volume total de madeira, mas de melhor qualidade, baseada em diâmetros maiores. Tendo o espaçamento influência marcante na produção e qualidade da madeira tornam-se necessários e obrigatórios os estudos relativos sobre índices de qualidade (Nylinder, 1965; citado por BRASIL e FERREIRA, 1971).

As árvores plantadas em espaçamentos mais amplos crescem mais rapidamente do que aquelas plantadas em espaçamentos mais estreitos. Em determinada idade, elas terão maior diâmetro, altura, conicidade, galhos mais grossos e copas mais extensas que árvores em plantios mais densos (SMITH, 1962; COUTO *et al.*, 1977; BALLONI e SIMÕES, 1980; SILVA, 1984). Além da influência marcante na produção, o espaçamento afeta, significativamente, os custos de implantação, manutenção e colheita dos plantios florestais (MELLO *et al.*, 1972) e pode afetar a qualidade da madeira produzida (RENSI COELHO *et al.*, 1970).

Com relação ao efeito do espaçamento nas propriedades da madeira, muitos trabalhos na literatura mostram que o espaçamento entre árvores num plantio florestal não tem efeito significativo nas propriedades da madeira.

Vital *et al.* (1981), estudando a influência de cinco espaçamentos e dez áreas por planta na qualidade da madeira de *E. grandis*, aos 30 meses de idade, em Itamarandiba, Minas Gerais, concluíram que não há, nessa idade, correlação significativa entre a massa específica básica da árvore e o espaçamento no plantio e áreas por planta. Vital e Della Lucia (1987), estudando o efeito de cinco espaçamentos na produção em peso e na qualidade da madeira de *E. grandis* e *E. urophylla*, aos 52 meses de idades, em Curvelo, Minas Gerais, não observaram efeito significativo do espaçamento sobre a massa específica média das árvores.

Silveira *et al.* (1999), estudando o efeito de três espaçamentos sobre a variação dimensional da madeira de doze clones de *Eucalyptus*, aos 74 meses de idade, em duas cidades do Estado de Minas Gerais, Vazante e Paracatu, verificaram que o efeito do espaçamento foi não significativo para as contrações totais, exceto para a contração tangencial verificada na madeira dos clones de Vazante e para a contração longitudinal na madeira dos clones de Paracatu.

Na literatura, no entanto, existem citações onde o efeito do espaçamento afetou as propriedades da madeira. Berger (2000), estudando o efeito de três espaçamentos sobre o crescimento e a qualidade da madeira de um clone de *E. saligna*, aos 10,5 anos de idade, verificou que o espaçamento influenciou significativamente a massa específica básica, módulo de elasticidade, módulo de ruptura e variáveis dendrométricas (DAP, altura total e volume comercial sem casca). A autora também observou acréscimos significativos para todas estas variáveis quando se utilizou um espaçamento mais amplo.

3.4. O gênero *Eucalyptus*

O setor industrial de base florestal tem sido marcado por um processo de utilização crescente de madeiras provenientes de reflorestamento, colocando o Brasil em sintonia com a ordem mundial, que enfatiza a preservação das florestas naturais e incentiva a implantação de florestas renováveis. O eucalipto se apresenta como grande alternativa para a produção de madeira nos próximos anos e a indústria já aposta na sua disponibilidade para os futuros suprimentos de matéria-prima (SILVA, 2002). O descompasso crescente entre oferta e demanda de madeira nos mercados interno e externo tenderão a favorecer o quadro de substituição das madeiras nativas pela madeira de eucalipto. A utilização crescente de madeiras provenientes de reflorestamento tem se tornado mais evidente nos últimos anos, sobretudo em razão dos questionamentos existentes em relação à exploração das florestas nativas, quer seja por razões ecológicas, quer seja pela elevação dos preços de suas madeiras, devido às dificuldades da exploração da floresta tropical e às grandes distâncias entre as zonas de produção e de consumo. A indústria dos produtos à base de madeira tem-se defrontado com desafios que estão provocando drásticas mudanças. O primeiro grande desafio é a crescente expansão dos mercados para a “madeira ambientalmente correta”, exemplificado pela crescente força mercadológica dos “selos verdes” em todo o mundo. Um segundo desafio é a globalização dos mercados consumidores, com a conseqüente necessidade de aumento na produtividade e o atendimento a padrões de qualidade cada vez mais exigentes. Este cenário tem estimulado a exploração da madeira de reflorestamento, principalmente das espécies do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*.

O gênero *Eucalyptus* é um dos mais plantados no mundo, com mais de setecentas espécies botânicas, apropriadas para os mais diversos usos do setor industrial madeireiro. Em 2006, era considerado muito importante para a economia de mais de cem países, envolvendo uma área plantada superior a dezenove milhões de hectares no mundo (SILVA e XAVIER, 2006). O eucalipto é nativo principalmente da Austrália e algumas ilhas, como Java, Filipinas, Papua e Timor (OLIVEIRA, 1997).

No Brasil, o seu cultivo intensivo ocorreu em 1904, a partir do trabalho do silvicultor Edmundo Navarro de Andrade, para atender à demanda de madeira da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (ANDRADE, 1961). A partir de 1966, com

a lei de incentivos fiscais, a área de plantio do eucalipto aumentou, em poucos anos, de 500 mil para mais de 3 milhões de hectares. Os primeiros plantios apresentavam uma produtividade média de madeira de 10 m³/ha/ano. Graças aos arrojados programas de melhoramento genético, técnicas de adubação e condução de florestas, a produtividade saltou para 40 m³/ha/ano. Atualmente, essa produtividade pode chegar a 50 m³/ha/ano ou mais, envolvendo clones de alta produtividade, com padrões de qualidade que atende a todos os requisitos industriais. Num sistema de manejo apropriado, pode-se obter madeira para lenha, mourões, carvão ou celulose, num ciclo de 5 a 10 anos de idade, e madeira para serraria, num ciclo de 15 anos.

Segundo Silva e Xavier (2006), o eucalipto é considerado estratégico para o setor industrial brasileiro, pois se torna matéria-prima para a maioria de certos produtos, como celulose, carvão, lenha, painéis, postes, dormentes, mourões, serrados, móveis, embalagens etc. As espécies mais importantes nos plantios florestais no Brasil, em termos de produtividade de madeira, são *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. cloeziana*, *E. dunnii* e *E. paniculata*. A espécie *Corymbia citriodora*, anteriormente classificada botanicamente como *Eucalyptus citriodora*, é também de grande importância para o Brasil. O gênero *Eucalyptus* é potencialmente o mais apropriado para as condições brasileiras, em função das suas inúmeras vantagens, como:

- Rápido crescimento volumétrico e potencialidade para produzir árvores de boa forma.
- Características silviculturais desejáveis, como bom rendimento, facilidade para trabalho em programas de manejo florestal e melhoramento, tratamentos culturais, desbastes, desramas etc.
- Produção de elevada quantidade de sementes e facilidades de propagação vegetativa.
- Adequação aos mais diferentes usos industriais, devido ao grande número de espécies.
- Apresenta ciclos de corte muito curtos (6 a 7 anos), podendo atingir duas a três rotações.
- Apresenta possibilidades de uso múltiplo, através da flexibilização de programas de manejo e diferenciação de idades de corte. Uma mesma espécie permite a obtenção de multiprodutos, podendo, por exemplo, ser utilizada para fabricação de celulose e de móveis, quando cortada aos 7 e 20 anos, respectivamente.

As potencialidades do eucalipto como fornecedor de matéria-prima de qualidade para os diversos usos industriais já se encontram demonstradas, estando razoavelmente definidos os parâmetros de qualidade da madeira a serem exigidos para tais aplicações. As perspectivas de utilização intensiva da madeira de eucalipto são muito promissoras e têm por base o conhecimento já acumulado sobre a silvicultura e o manejo de várias espécies. O Brasil é um país de grande dimensão, que possui condições de clima e solo altamente favoráveis para a implantação de plantios de rápido crescimento. O desenvolvimento do eucalipto, em várias partes do Brasil, tem demonstrado resultados excelentes, com alta produtividade e ciclos de cortes curtos, bem diferentes dos países de grande tradição florestal, como a Suécia, Canadá e Finlândia, cujos ciclos nunca são inferiores aos 60 e 70 anos.

Segundo Couto (1995), a participação do gênero *Eucalyptus* no setor industrial de base florestal é importante e decisiva na substituição das madeiras nativas e racionalização do uso, através de produtos renováveis, como chapas, painéis e “produtos engenheirados”. A sua utilização contribui, ainda, para diminuir a dependência das reservas de materiais não renováveis, já que é uma fonte natural disponível em todo o mundo e a sua provisão, mediante uma gestão adequada, é praticamente inesgotável.

Eucalyptus camaldulensis Dehnh.:

Eucalyptus camaldulensis é a espécie de mais ampla distribuição na Austrália, sendo vulgarmente conhecido em seu país de origem como “river red gum”. Segundo Revista da Madeira (2003), na sua área de ocorrência natural, o *E. camaldulensis* é encontrado entre latitudes 15,5° a 38°S, nas altitudes variando de 30 a 600 metros, caracterizando-se como uma espécie freqüente à margem dos rios. É uma das espécies mais adequadas para zonas críticas de plantios, onde ocorrem deficiências hídricas e edáficas, situações consideradas extremamente limitantes para o desenvolvimento de outras espécies. A madeira dessa espécie, cuja massa específica básica fica ao redor de 0,6 g/cm³, pode ser utilizada para serraria, dormentes, mourões, postes, lenha e carvão. É uma espécie também indicada para a atividade apícola, proporcionando uma produção de mel de excelente qualidade.

O *E. camaldulensis* é considerada uma espécie de grande futuro, especialmente para regiões do Cerrado e da Caatinga e existem boas perspectivas de se estabelecer com êxito no Nordeste brasileiro.

Eucalyptus urophylla S. T. Blake:

Eucalyptus urophylla, juntamente com *Eucalyptus deglupta*, são as duas únicas espécies de eucalipto de ocorrência natural fora do território australiano, ocorrendo, naturalmente, na ilha de Timor e noutras ilhas a leste do arquipélago indonésio, em altitudes variando de 400 até 3.000 m. O *E. urophylla* é considerada uma das espécies de maior potencial no Brasil, em razão da ampla possibilidade de utilização de madeira, cuja massa específica básica fica ao redor de 0,5 g/cm³. Por ser uma espécie que se adapta às mais diferentes condições de clima e de solo, mais resistente às doenças do que outras espécies de eucalipto, com amplo espectro de uso, ela é considerada de alta plasticidade, tornando-se uma das espécies mais plantadas no Brasil atualmente. A espécie também tem sido usada intensivamente em programas de melhoramento genético, principalmente de hibridação. Quando oriunda de plantações em ciclos curtos, a madeira de *E. urophylla* pode ser utilizada em caixotaria, paletes, celulose, chapas duras, painéis aglomerados, carvão e mourões; quando oriunda de plantações de ciclo longo e convenientemente manejada, pode ser utilizada intensivamente em construções, laminados e fabricação de móveis (SILVA e XAVIER, 2006).

Segundo Oliveira (1997), a madeira de *E. urophylla*, de 16 anos de idade, apresenta-se com alborno distinto do cerne, com coloração pardo-claro, com espessura média de 1,8 cm; cerne de cor rosa-claro; brilho moderado e textura fina na madeira próxima da medula, passando a média, nas demais posições em direção à periferia do tronco; grã direita a ligeiramente inclinada, com cheiro e gosto imperceptíveis; apresenta, ainda, camadas de crescimento pouco distintas, demarcadas por zonas fibrosas mais escuras e com menor frequência vascular.

3.5. Qualidade da madeira de eucalipto

Na árvore, existe uma variação radial da estrutura da madeira, no sentido medula-casca, e uma variação longitudinal, no sentido base-topo. Neste sentido, é muito importante o conhecimento dessas variações, dentro de cada espécie, para o melhor uso da madeira. Kucera (1994) enfatizou que a qualidade da madeira produzida em cada fase de crescimento da árvore pode facilmente ser estudada, através da análise de suas propriedades anatômicas, físicas e químicas. Cada propriedade gera uma característica polinomial de crescimento definida, que

representa a variação da medula para a casca, onde o tempo é fator decisivo. Como principais causas de variação nas propriedades da madeira, Pulkki (1991) destacou a diferença de idade, qualidade genética e nível de melhoramento da árvore, variação entre procedências, condições ambientais, tratamentos silviculturais, “site” e controle de pragas e doenças. Segundo o mesmo autor, a qualidade da madeira depende das condições oferecidas pela floresta e suas interações com as variáveis de processamento na indústria. Em função da extrema heterogeneidade do material resultante, a maior oportunidade para melhorar as propriedades da madeira começa por um organizado programa de melhoramento e a aplicação de práticas silviculturais adequadas. O manejo da floresta, através de espaçamentos adequados, desramas e desbastes, reduz a formação de nós e inúmeros outros defeitos, bem como a proporção de madeira juvenil, através do prolongamento da rotação da idade de colheita.

A busca da otimização da produção de madeira deve ser enfocada sob a ótica do manejo para a obtenção de multiprodutos. Em termos gerais, isto é entendido como a possibilidade de se poder destinar à madeira mais de uma aplicação ou dela se poder obter mais de um produto (SILVA, 2002). As práticas de desbaste e poda destinadas à valorização das toras e a pesquisa de soluções para as dificuldades da industrialização de um tipo novo de madeira mostram ser este um caminho promissor para a estabilização desse produto junto ao consumidor final. Os benefícios ambientais advindos do uso de rotações longas também devem ser considerados como uma importante consequência deste sistema de manejo.

Para Kikuti *et al.* (1996), a madeira de melhor qualidade para usos sólidos (serraria e laminação, principalmente) é aquela que apresenta menos defeitos, considerados intrínsecos à madeira ou resultantes do processo de produção e beneficiamento da madeira. A escolha de material genético adequado, a adoção de técnicas corretas de silvicultura e manejo, bem como a adoção de procedimentos corretos de corte, desdobro, secagem e usinagem da madeira de eucalipto podem torná-la uma matéria-prima muito próxima do ideal para a indústria moveleira e usos estruturais.

Segundo Hillis e Brown (1984), para a produção de madeira para serraria, as árvores de eucalipto devem ter diâmetros avantajados e fustes longos e retos, bem como produzirem madeira com critérios de qualidade bem definidos em questão de uniformidade, resistência mecânica, estabilidade dimensional e trabalhabilidade.

Kikuti *et al.* (1996) afirmaram que a idade de corte das árvores é um dos fatores preponderantes na qualidade da madeira serrada. Não basta obter árvores de grande diâmetro, mas árvores com madeira adulta, para se garantir estabilidade e a resistência necessária. A integração perfeita da cadeia produtiva madeira x processo x mercado é de extrema importância para a sustentabilidade de qualquer empreendimento industrial de base florestal. As mudanças e tendências citadas direcionam a oportunidade para a utilização de madeira oriunda de reflorestamento, principalmente o eucalipto.

Segundo Silva (2002), a utilização da madeira de eucalipto é ainda um desafio, quando se trata de usos não convencionais, como a indústria moveleira e alguns setores da construção civil, como esquadrias, molduras, assoalhos e revestimentos. Há uma crença arraigada de que a madeira de eucalipto racha demasiadamente e se deforma, inviabilizando o uso da peça acabada. Tal crença se deve, em parte, à presença de certas características desfavoráveis, como elevada retratibilidade, propensão ao colapso e presença de tensões de crescimento que levam as rachaduras e empenamentos. Segundo Oliveira (1997), Rocha (2000) os insucessos encontrados no processamento de madeira de eucalipto na serraria se devem, principalmente, às experiências realizadas em péssimas condições, fruto de escolha inadequada da espécie, ausência de tratamentos silviculturais especiais, utilização precoce da madeira e condições precárias de corte, secagem e usinagem. Os autores consideram como principais responsáveis pelos insucessos então encontrados: alta quantidade de madeira juvenil, considerando que a maioria das peças utilizadas compõe-se de árvores jovens, rápido crescimento e pequenas dimensões; elevada presença de nós, devido à falta de manejo adequado, defeitos superficiais (manchas, gomoses e veios de kino), elevados níveis de tensões de crescimento e elevada instabilidade dimensional.

4. METODOLOGIA GERAL DO TRABALHO

4.1. Localização e descrição do local do plantio

O material utilizado neste estudo foi proveniente de plantios comerciais de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, de diferentes idades, em sistema de consórcio agrossilvipastoril, pertencente à empresa Votorantim Metais Zinco S/A, localizada no município de Vazante, região noroeste do Estado de Minas Gerais. O local da experimentação situa-se nas coordenadas de 17°36'09" S e 46°42'42" W, numa altitude de 550 metros. A Figura 1 mostra a localização do município de Vazante, em Minas Gerais.

O clima da região é tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso, sendo do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 24°C, com média mensal de 18°C, na estação mais fria, e 29,1°C, na estação mais quente. A precipitação média anual é de 1.450 mm, apresentando precipitações médias mensais inferiores a 60 mm, nos meses mais secos. (ANTUNES, 1986; BRASIL, 1992). A vegetação é típica de Cerrado, representada por Campos, Cerradões e Florestas Ciliares Subperenifólias, principalmente nas proximidades dos rios, desenvolvida sobre solos derivados de basalto (GOLFARI, 1975). O solo predominante na área é do tipo latossolo vermelho-amarelo distrófico (VALE *et al.*, 2002; CRUZ *et al.*, 2003).

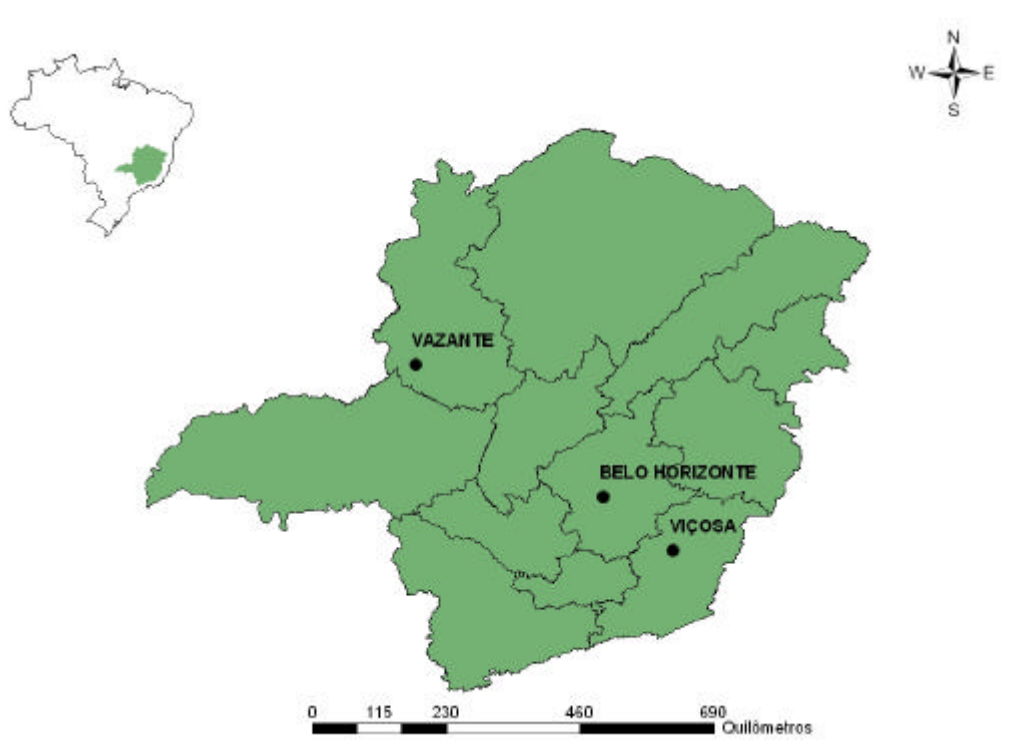


Figura 1 – Localização do município de Vazante, no Estado de Minas Gerais.

4.2. Descrição do sistema agrossilvipastoril

As árvores de *Eucalyptus* utilizadas neste estudo eram componentes de um consórcio agrossilvipastoril, sob o chamado “espaçamento dinâmico”, ou seja, 10 metros entre linhas e 4 metros entre plantas no plantio de eucalipto, obtendo-se uma população inicial de 250 árvores por hectare. No ano zero, plantou-se o eucalipto na linha e arroz nas entrelinhas, com espaçamento de 0,45 metro entre linhas. Colhido o arroz e com o eucalipto já estabelecido, no ano 1, plantou-se a soja, através da prática do cultivo mínimo, utilizando-se o espaçamento de 0,45 metro, entre linhas. No ano 2, colhida a soja, plantou-se o capim-braquiária, como componente forrageiro para o gado. A partir do ano 3, quando o capim já estava estabelecido, fez-se a soltura do gado até o ano onze, quando terminou o consórcio e se procedeu ao corte das árvores. Imagens ilustrativas desse consórcio agrossilvipastoril podem ser vistas no Anexo (fotos 1 a 6).

No plantio dos clones, realizaram-se duas desramas: a primeira, até a altura de 4 metros, quando as árvores estavam entre 15 e 18 meses de idade; a segunda, quando as mesmas estavam entre 27 e 30 meses de idade. Além da produção de

madeira isenta de nós, a desrama nesse sistema agrossilvipastoril tem também a função de facilitar a inserção do componente bovino, facilitando o manejo, assim como aumentar a entrada de luz para o componente bovino. Segundo Oliveira *et al.* (2000), esse sistema objetiva a produção de madeira para serraria e energia.

4.3. Amostragem, desdobro das toras e ensaios realizados

Para este trabalho, utilizaram-se seis árvores por clone, totalizando dezoito árvores. Os dados dendrométricos referentes às árvores selecionadas para esse estudo estão sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados dendrométricos das árvores dos clones de *Eucalyptus* estudados

Clone*	Espécie	Idade (anos)	DAP médio (cm)	Altura total média (m)	Volume total médio (st)	Volume total médio (m ³)
2	<i>E. urophylla</i>	6	26,63	28,05	0,87	0,62
19	<i>E. urophylla</i>	8	28,23	34,55	1,21	0,87
58	<i>E.camaldulensis</i>	10	38,25	34,92	2,26	1,62

* Código do clone Votorantim Metais Zinco S/A.

Após a seleção e derrubada das árvores, retirou-se uma tora de seis metros de comprimento, por árvore, pertencente à parte basal, que foi utilizada nos ensaios de caracterização tecnológica da madeira. Em seguida, as toras foram identificadas e depois transportadas para o Laboratório de Propriedades da Madeira (LPM), do Departamento de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais.

Posteriormente, as toras de seis metros de comprimento foram divididas em duas toras de três metros, para facilitar o desdobro na serraria. Ao total, utilizaram-se 36 toras de eucalipto, correspondendo a três clones, seis árvores por clone e duas toras por árvore. Em seguida, desdobraram-se as toras num engenho de serra de fita simples, utilizando-se cortes tangenciais paralelos entre si, sendo obtidas tábuas tangenciais de 3 metros de comprimento, 3 centímetros de espessura e largura variável. Do centro de cada tora, obteve-se uma prancha diametral, com 3 metros de comprimento, cerca de 5 centímetros de espessura e largura correspondente ao diâmetro. As tábuas e as pranchas diametraais foram, também, identificadas, individualmente.

Apenas as pranchas diametrais foram prontamente preparadas para retirada de corpos de prova para os ensaios de massa específica, retratibilidade, anatomia e resistência mecânica. De cada prancha diametral retirou-se uma amostra de madeira, com cerca de um metro de comprimento, pertencente ao terço superior da tora, que foi usada na preparação dos corpos de prova, conforme pode ser visto na Figura 2. Para a determinação da massa específica, retratibilidade e resistência mecânica à flexão estática utilizou-se a norma NBR 7190 (ABNT, 1997). Para a descrição anatômica da madeira, utilizou-se a norma COPANT (1974).

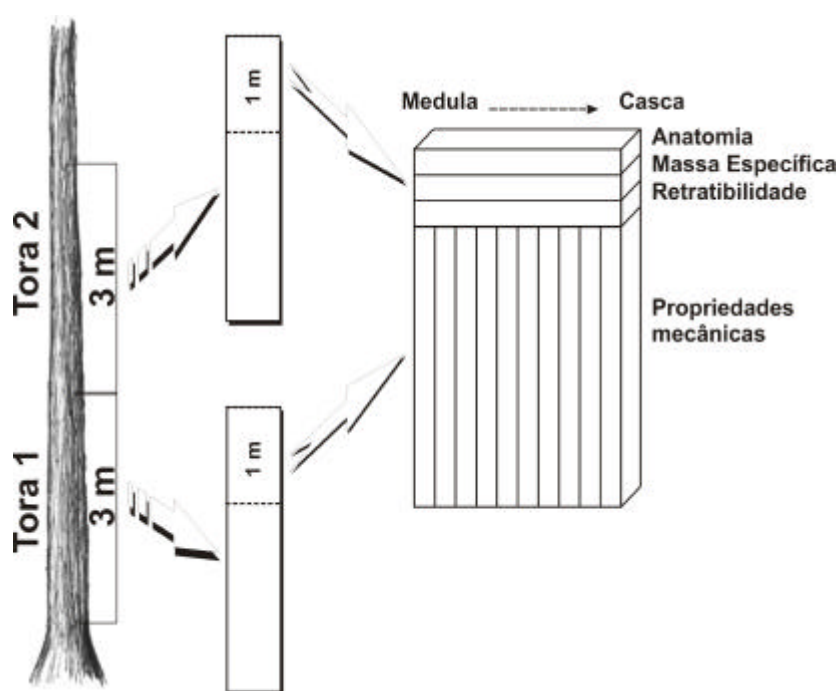


Figura 2 – Esquema de retirada dos corpos de prova.

4.4. Análises estatísticas

Para a análise das propriedades da madeira, procedeu-se à análise estatística, através do teste t de Student, para amostras independentes, a 5% de significância, considerando-se os efeitos do clone e da distância radial, no sentido medula-casca, bem como a interação entre esses efeitos. As análises estatísticas foram feitas no software Statistica, através de planilhas do Excel.

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DENDROMÉTRICA DAS TORAS DE CLONES DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. E *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, ORIUNDA DE CONSÓRCIO AGROSSILVIPASTORIL

1. INTRODUÇÃO

Nos estudos referentes à produção e quantificação volumétrica de madeira de um plantio florestal é importante o conhecimento das variáveis dendrométricas das árvores de um povoamento, tais como o diâmetro, volume de madeira, conicidade etc. Além dessas variáveis, para o setor industrial madeireiro é também importante o conhecimento da porcentagem de cerne e alborno ou da relação cerne-alborno da madeira de certa espécie ou clone, em idades específicas. O conhecimento do rendimento em madeira serrada é também fundamental no planejamento de atividades industriais que tem a madeira como sua matéria prima.

A quantificação do cerne e do alborno na madeira é muito importante para a definição de usos, em função das características do lenho desses materiais. A madeira com maior quantidade de cerne é desejável para a produção de móveis e construção civil, devido a maior proporção de madeira adulta. Segundo Silva (2002), a madeira de cerne, pela sua coloração e propriedades, apresenta maior valor tecnológico para usos em serraria e, por isso, tem sido o alvo de interesse dos usuários de madeira. Segundo Oliveira (1997), do ponto de vista tecnológico, a quantificação da relação cerne/alborno é muito importante, pois dependendo da utilização que se queira dar a madeira, existe maior ou menor conveniência nas

proporções destes dois tipos de madeira, que ocorrem nos troncos das árvores. Segundo Silva (2002), a quantificação da relação cerne/alburno passa a ser mais importante que a espessura do alburno. Oliveira (1997) e Silva (2002), quantificando cerne e alburno na madeira de *Eucalyptus* spp., observaram que a quantidade de alburno aumentou com a altura da árvore. Silva (2002), estudando a madeira de *E. grandis*, de quatro idades diferentes, observou, também, que a quantidade de cerne é maior nas idades mais avançadas.

A conicidade, que é a diminuição do diâmetro do tronco, da base para a copa da árvore, sofre influência ambiental, principalmente do espaçamento, e pode influenciar o rendimento em madeira serrada. A conicidade varia de espécie para espécie, diminui com a idade da planta, sofre pouca influência genética, é maior na primeira tora, isto é, na base da árvore (Grosser, 1980; Purnell, 1988; citados por SCANAVACA JUNIOR e GARCIA, 2003). Oliveira (1997) observou uma tendência de diminuição da conicidade das toras de algumas espécies de eucalipto com o aumento da altura da árvore, dentre elas o *E. urophylla*.

O rendimento em madeira serrada é a relação entre o volume de madeira serrada produzida e o volume da tora antes do desdobro, expresso em porcentagem. Esse rendimento é afetado pelas interações de diversos fatores, sendo os mais importantes o diâmetro, comprimento, conicidade e qualidade das toras (Steele, 1984, citado por SCANAVACA JUNIOR e GARCIA, 2003). Os autores, estudando o rendimento em madeira serrada de *E. urophylla*, observaram um rendimento médio de 42,54%. Serpa *et al.* (2003) observaram rendimentos em madeira serrada iguais a 66,83%, para *E. saligna*, e 64,38%, para *E. grandis*.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi determinar o diâmetro, volume de madeira, porcentagem de cerne e alburno, relação cerne/alburno, conicidade e rendimento em madeira serrada das toras de um clone de *E. camaldulensis* e de dois clones de *E. urophylla*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho utilizaram-se seis árvores por clone, totalizando dezoito árvores. Após a seleção e derrubada das árvores, retirou-se uma tora de 6 metros de comprimento, por árvore, pertencente à parte basal. Posteriormente, subdividiram-se as toras de 6 metros de comprimento em duas toras de 3 metros, para facilitar o desdobro na serraria. Na extremidade de cada tora, mediram-se os diâmetros e a espessura do alburno de cada extremidade, através de uma fita métrica de precisão de 0,1 cm. A partir dessas medições determinou-se o volume das toras individuais, a porcentagem de cerne e alburno, a relação cerne/alburno e a conicidade das toras. Ao total, utilizaram-se 36 toras de eucalipto, correspondendo a três clones, seis árvores por clone e duas toras por árvore. Para a determinação da porcentagem de cerne e alburno na madeira e a relação cerne/alburno utilizaram-se as seguintes fórmulas:

$$CRN = \frac{p \times (D - 2A)^2}{40.000}$$

em que

CRN = área ocupada por cerne, em m²;

D = diâmetro médio da tora, em cm; e

A = espessura do alburno, em cm.

$$ALB = AS_m - CRN$$

em que

ALB = área ocupada por alburno, em m²;

AS_m = área seccional média da seção de 3 metros, em m²; e

CRN = área de cerne na madeira, em m².

$$AS_m = \frac{p \times D^2}{40.000}$$

em que

AS = área seccional média da seção sem casca, em m²; e

D = diâmetro médio da seção sem casca, em cm.

$$\%ALB = \frac{ALB}{AS_m} \times 100$$

em que

%ALB = porcentagem de alburno, em %;

ALB = área ocupada por alburno na tora, em m²; e

AS_m = área seccional média da seção, em m².

$$\%CRN = 1 - \%ALB$$

em que

%CRN = porcentagem de cerne, em %; e

%ALB = porcentagem de alburno, em %.

$$C / A = \frac{\%CRN}{\%ALB}$$

em que

C/A = relação cerne-alburno;

%CRN = porcentagem de cerne, em %; e

%ALB = porcentagem de alburno, em %.

Para a determinação da conicidade, utilizaram-se as seguintes fórmulas:

$$C = \frac{D_1 - D_2}{L}$$

em que

C = conicidade, em cm/m;

D₁ = diâmetro da extremidade inferior da tora, em cm;

D₂ = diâmetro da extremidade superior da tora, em cm; e

L = comprimento da tora = 3 m.

$$C_{\%} = \frac{D_1 - D_2}{D_2} \times 100$$

em que

C_% = conicidade, em %;

D₁ = diâmetro da extremidade inferior da tora, em cm; e

D₂ = diâmetro da extremidade superior da tora, em cm;

Para a determinação do volume das toras individuais utilizou-se a fórmula de Smallian:

$$V = \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) \times L$$

em que

V = volume da seção sem casca, em, m³;

S₁ = área seccional de uma extremidade da seção, sem casca, em m²;

S₂ = área seccional de outra extremidade da seção, sem casca, em m²; e

L = comprimento da seção = 3 m.

Em seguida, desdobraram-se as toras num engenho de serra de fita simples, utilizando cortes tangenciais paralelos entre si, sendo obtidas tábuas tangenciais de 3 metros de comprimento, 3 centímetros de espessura e largura variável. Do centro

de cada tora também se obteve uma prancha diametral, com 3 metros de comprimento, cerca de 5 centímetros de espessura e largura correspondente ao diâmetro. Identificaram-se, individualmente, as tábuas e as pranchas diametraís.

Obteve-se o rendimento das toras em madeira serrada a partir da seguinte fórmula:

$$\%RMS = \frac{\Sigma VTI}{V} \times 100$$

em que

%RMS = rendimento das toras em madeira serrada, em %;

? VTI = somatório do volume das tábuas geradas por tora, em m³; e

V = volume da tora individual, em m³.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados relativos ao diâmetro, volume médios de madeira das toras e relação cerne/alburno estão sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Principais características das toras dos clones de *Eucalyptus* utilizados

Clone*	Tora	N*	Diâmetro médio das toras (cm)	Volume médio (m ³)	Cerne (%)	Alburno (%)	Cerne/Alburno
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	1	6	24,5	0,143	50,96	49,04	1,1
	2	6	21,1	0,106	44,65	55,34	0,8
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	1	6	26,1	0,162	58,89	41,11	1,4
	2	6	23,5	0,131	55,07	44,93	1,2
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	1	6	35,5	0,300	66,54	33,46	2,0
	2	6	31,3	0,231	62,50	37,50	1,7

* N = número de toras.

De acordo com as informações apresentadas na Tabela 1, verificou-se que o clone de *E. camaldulensis* apresentou os maiores valores médios de diâmetro das toras e volume de madeira, em relação aos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos. Isto era esperado, pois o clone de *E. camaldulensis* possuía maior idade, com isso tendo maior diâmetro e produzindo maior volume de madeira em relação a árvores mais jovens. Essa mesma relação foi observada para a porcentagem de cerne na madeira e para a relação cerne/alburno; conseqüentemente observou-se o inverso dessa relação para a porcentagem de alburno. Em relação às toras, verificou-se que a tora 1 de

todos os clones, correspondente à tora da base das árvores, apresentou maior diâmetro, maior volume médio, maior porcentagem de cerne e relação cerne/alburno de madeira, em relação à tora 2, dentro de cada clone.

A maior porcentagem de alburno na madeira foi observada no clone de *E. urophylla* de 6 anos e, em todos os clones, essa porcentagem foi sempre maior na tora 2. Isto também era esperado, pois quanto menor a idade de uma árvore, maior será a quantidade de alburno e menor a relação cerne/alburno na madeira quando comparada com árvores mais velhas. Esta relação é válida também para a posição longitudinal da árvore, ou seja, quanto maior a altura do tronco, menor será a quantidade de cerne e maior a de alburno, devido à maior produção de madeira juvenil. Os valores e tendências base-topo encontrados para as porcentagens de cerne e alburno estão em conformidade com os encontrados na literatura.

As informações referentes à conicidade e rendimento em madeira serrada das toras usadas nesse estudo podem ser vistas na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios de rendimento em madeira serrada e conicidade das toras dos clones de *Eucalyptus*

Clone	Tora	N*	Rendimento em madeira serrada (%)	Conicidade	
				cm/m	%
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	1	6	59,36	1,44	19,5
	2	6	63,09	0,81	12,2
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	1	6	58,83	1,53	19,2
	2	6	66,21	0,31	4,0
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	1	6	57,53	2,14	20,3
	2	6	62,20	0,67	6,7

* N = número de toras.

Conforme visto na Tabela 2, o maior rendimento em madeira serrada na tora 1 foi apresentado pelo clone de *E. urophylla*, de 6 anos; o maior rendimento na tora 2 foi observado pelo clone de *E. urophylla*, de 8 anos. Analisando individualmente o rendimento por tora, verificou-se que o rendimento da tora 2 foi sempre maior que a tora 1, independentemente do clone e da idade. A primeira tora sofre o efeito de sapopema e tende a ser mais cônica que as demais toras numa árvore. Esperava-se que os clones de maior idade apresentassem o maior rendimento em madeira serrada, devido ao maior diâmetro e maior volume de madeira; no entanto, árvores mais cônicas ou menos cilíndricas tendem a gerar maior volume de costaneiras ou

“casqueiros”, reduzindo o rendimento final em madeira serrada. Os valores médios de rendimento de madeira serrada encontrados neste trabalho estão em conformidade com os valores médios encontrados na literatura.

Muitos trabalhos na literatura apresentam valores de conicidade, expressos em centímetros por metro (cm/m). Outra maneira de expressar a conicidade é proposta neste trabalho, através da taxa de acréscimo de volume de madeira na tora cilíndrica, expressa em porcentagem. A conicidade expressa em porcentagem também foi maior na tora 1, em todos os clones estudados. A menor taxa de acréscimo na tora cilíndrica foi observada na tora 2 do clone de *E. urophylla* de 8 anos (0,31 cm/m ou 4%), com reflexos no maior rendimento em madeira serrada.

A conicidade é um fator extremamente importante no processamento em serraria ou laminação, podendo causar diminuição do rendimento e da produtividade no desdobro primário da madeira. Segundo Caixeta (2000), citado por Vale *et al.* (2002), os troncos são classificados como cônicos quando a diminuição de seu diâmetro, da base em direção à copa, é de mais de 1 cm por metro linear. A partir desse conceito, a tora 1 de todos os clones estudados é considerada cônica. Os valores médios e as tendências base-topo encontradas para a conicidade estão em conformidade com os encontrados na literatura.

5. CONCLUSÕES

Com base na avaliação dendrométrica das toras dos clones estudados pode-se concluir que:

- Há uma variação longitudinal do tronco ao longo do eixo vertical da árvore. A tora 1 diferiu da tora 2, quanto à forma do tronco e estrutura lenhosa interna.
- O rendimento em madeira serrada foi mais influenciado pela conicidade do que pelo diâmetro e volume de madeira das toras, indicando a existência de uma relação entre conicidade e rendimento em madeira serrada.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. E *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, ORIUNDA DE CONSÓRCIO AGROSSILVIPASTORIL

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um tecido complexo, formado a partir do câmbio vascular, constituído por diferentes tipos de células lenhosas, organizadas em diferentes proporções e arranjos, determinando suas propriedades tecnológicas. Segundo Moreira (1999), as folhosas possuem estrutura mais complexa que as coníferas, contendo maior arranjo e tipos celulares. As principais células que formam a madeira das folhosas são as fibras, responsáveis pela resistência mecânica; os elementos de vasos, responsáveis pelo transporte de água e nutrientes; as células parenquimáticas, responsáveis pelo armazenamento e pela condução de nutrientes.

Segundo Silva (2002), além da identificação das espécies, os estudos anatômicos possibilitam informações sobre a estrutura do lenho, permitindo identificação das relações entre o lenho e as características gerais da madeira, principalmente nos aspectos referentes à massa específica, resistência mecânica, permeabilidade, resistência natural e trabalhabilidade.

O comprimento das fibras, vasos e células do parênquima axial é diretamente influenciado pelas divisões das iniciais fusiformes do câmbio. A fibra madura é, no máximo, cinco vezes mais longa que a inicial fusiforme da qual se originou. A causa do alongamento extensivo da fibra durante a diferenciação poderá ser encontrada na

interação do potencial genético da célula em diferenciação com a seqüência de mudanças ambientais, principalmente fisiológicas, encontradas nas proximidades do câmbio (MOREY, 1981). O comprimento das células pode ser controlado pela idade, fatores genéticos e alterada por mudanças de crescimento, através de práticas silviculturais (ZOBEL e BUIJTENEN, 1989).

Além dos fatores genéticos e ambientais, a largura das células é uma dimensão que está relacionada com o crescimento sazonal. Os maiores aumentos são verificados durante as estações de primavera e de verão, quando a árvore produz maior quantidade de hormônios. O diâmetro do lume depende da largura e da espessura da parede das fibras. Quanto maior o seu valor, mais espaços vazios serão encontrados na madeira e, como consequência, menor massa específica (MOREIRA, 1999).

A espessura da parede das fibras é uma característica que está relacionada a fatores genéticos e ambientais, bem como à idade da árvore. Esse parâmetro da fibra está intimamente relacionado com a massa específica da madeira (MALAN, 1995). Moreira (1999) citou vários autores que mostram correlações positivas entre a massa específica e a espessura da parede dos traqueídeos e fibras.

Os vasos desempenham a função de condução de líquidos e variam em freqüência, diâmetro, forma e arranjo dentro da árvore. Panshin e De Zeeuw (1980) afirmaram que, no sentido medula-casca, ocorre um aumento do diâmetro dos elementos de vasos e uma redução da sua freqüência ao longo dos anéis sucessivos de crescimento, tendendo à estabilização na madeira adulta.

Na madeira de eucalipto, a literatura registra uma tendência de aumento do comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras e diâmetro dos vasos e diminuição da freqüência de vasos, no sentido medula-casca. Essa tendência, com exceções em algumas variáveis, foi observada por Tomazello Filho (1985a), Tomazello Filho (1985b), Tomazello Filho (1987), Vital e Della Lucia (1987), Oliveira (1997), Moreira (1999), Silva (2002) e Sousa Júnior (2004).

2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo a descrição anatômica da madeira de um clone de *E. camaldulensis* e de dois clones de *E. urophylla*, bem como a determinação das principais dimensões relacionadas às fibras e vasos dessas madeiras, avaliando-se o efeito do clone, distância medula-casca e interação entre esses tratamentos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para o ensaio de anatomia da madeira, utilizou-se a primeira tora de cada uma das árvores (quatro por clone), correspondente à parte mais basal da árvore, com comprimento total de 6 metros. Posteriormente, essa tora foi dividida em duas seções de 3 metros, para fins operacionais de desdobro. Do terço superior da prancha diametral de cada seção tomaram-se quatro regiões radiais equidistantes (0, 33, 66 e 100% de distância medula-casca), totalizando 96 amostras. As amostras foram confeccionadas com formato retangular, apresentando dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm, sendo a última no sentido longitudinal.

Das amostras foram retirados pequenos fragmentos (palitos muito finos) e colocados num tubo de ensaio, com solução de peróxido de hidrogênio, segundo método preconizado por Dadswell (1972). A mistura foi deixada na estufa, à temperatura de 60°C, por um período médio de setenta e duas horas, até a completa dissociação da madeira. Após a maceração, a mistura foi filtrada em cadinho sinterizado, de porosidade média, lavando-se as fibras com água, a temperatura ambiente, visando à retirada da solução macerante. Após a individualização das fibras, utilizou-se o corante azul de astra, na concentração de 1% e este material foi armazenado em água e devidamente identificado. Posteriormente, montaram-se lâminas temporárias e mediram-se 30 fibras, individualmente, determinando-lhes o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede. Para as medições do comprimento, largura da fibra e diâmetro do lume das fibras utilizou-se um microscópio ótico, com um sistema de aquisição de imagens, através de uma câmera

acoplada, possibilitando a visualização das fibras diretamente no monitor e posterior captura da imagem, com o auxílio do software Axio-Vision.

A espessura da parede foi obtida através da seguinte fórmula:

$$EP = \frac{LF - DL}{2}$$

em que

EP = Espessura da parede da fibra, em μm ;

LF = Largura da fibra, em μm ; e

DL = Diâmetro do lume da fibra, em μm .

Após a retirada dos pequenos fragmentados de madeira usados na maceração, as amostras foram colocadas em água quente, por um período de 48 horas, para amolecimento e, em seguida levadas ao micrótomo para a retirada de finas seções na seção transversal. Foram realizados cortes com 16 μm de espessura, utilizados na medição do diâmetro e frequência de vasos. Para este ensaio foram montadas lâminas semipermanentes. Os cortes anatômicos da seção transversal foram clarificados com solução de hipoclorito de sódio 60% e, em seguida, corados com safranina, na concentração de 1%. Os cortes foram colocados sobre a lâmina em solução de glicerina e água, na proporção de 1:1; sobre a lâmina colocou-se uma lamínula, fixada com esmalte à base de nitrocelulose. Após a montagem das lâminas, utilizou-se um microscópio ótico, com sistema de aquisição de imagens. As medições do diâmetro tangencial dos vasos e da frequência de vasos por milímetro quadrado foram feitas através do software Axio-Vision.

Para a descrição anatômica qualitativa da madeira, utilizaram-se as lâminas permanentes, cujo material originou-se de uma amostra da região do cerne periférico de cada clone, proveniente da primeira seção da árvore. Esse procedimento seguiu a norma COPANT (1974). Os cortes foram feitos com a espessura de 16 μm , através de um micrótomo de deslize horizontal. De cada amostra foram realizados dois cortes de cada plano fundamental: transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial, totalizando seis cortes. Os cortes anatômicos foram desidratados em série alcoólica, corados com solução de safranina, com concentração de 1% e, finalmente, as lâminas foram fixadas com Entelan. Cada lâmina permanente constou de seis

cortes: três corados e três não corados. Após a secagem da lâmina, por um período médio de vinte e quatro horas, foi levada ao microscópio onde se observou a organização das diferentes células lenhosas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Descrição anatômica qualitativa

Eucalyptus camaldulensis Dehnh.:

Anéis de crescimento: indistintos.

Vasos: visíveis a olho nu, porosidade difusa, arranjo diagonal e formato ovalado. Os vasos são predominantemente solitários e, com rara ocorrência, múltiplos geminados. Os elementos de vasos apresentam placa de perfuração simples e pontoações opostas. A maioria dos vasos apresenta tilos.

Fibras: predomínio de fibras libriformes, com pontoações muito pequenas.

Parênquima axial: predominantemente paratraqueal vasicêntrico e rara ocorrência de paratraqueal unilateral. Cristais ausentes.

Raios: predominantemente unisseriados e ocorrência de bisseriados. Os raios são formados por várias camadas de células procumbentes. Raios não estratificados.

Eucalyptus urophylla S.T. Blake:

Os dois clones de *E. urophylla* não apresentaram diferenças entre si na sua constituição anatômica qualitativa e, por isso, a sua descrição foi apresentada somente para a espécie em questão.

Anéis de crescimento: indistintos.

Vasos: visíveis a olho nu, porosidade difusa, arranjo diagonal e formato ovalado. Os elementos de vasos são predominantemente solitários. A placa de perfuração é simples e as pontoações têm disposição alterna. Há presença de tilos nos vasos.

Fibras: são do tipo libriformes, com pontoações muito pequenas.

Parênquima axial: predomínio de parênquima paratraqueal vasicêntrico e ocorrência de paratraqueal confluyente e paratraqueal unilateral. Cristais ausentes.

Raios: predominantemente unisseriados, com ocorrência de bisseriados. Os raios são formados exclusivamente por células de formato procumbentes. Raios não estratificados.

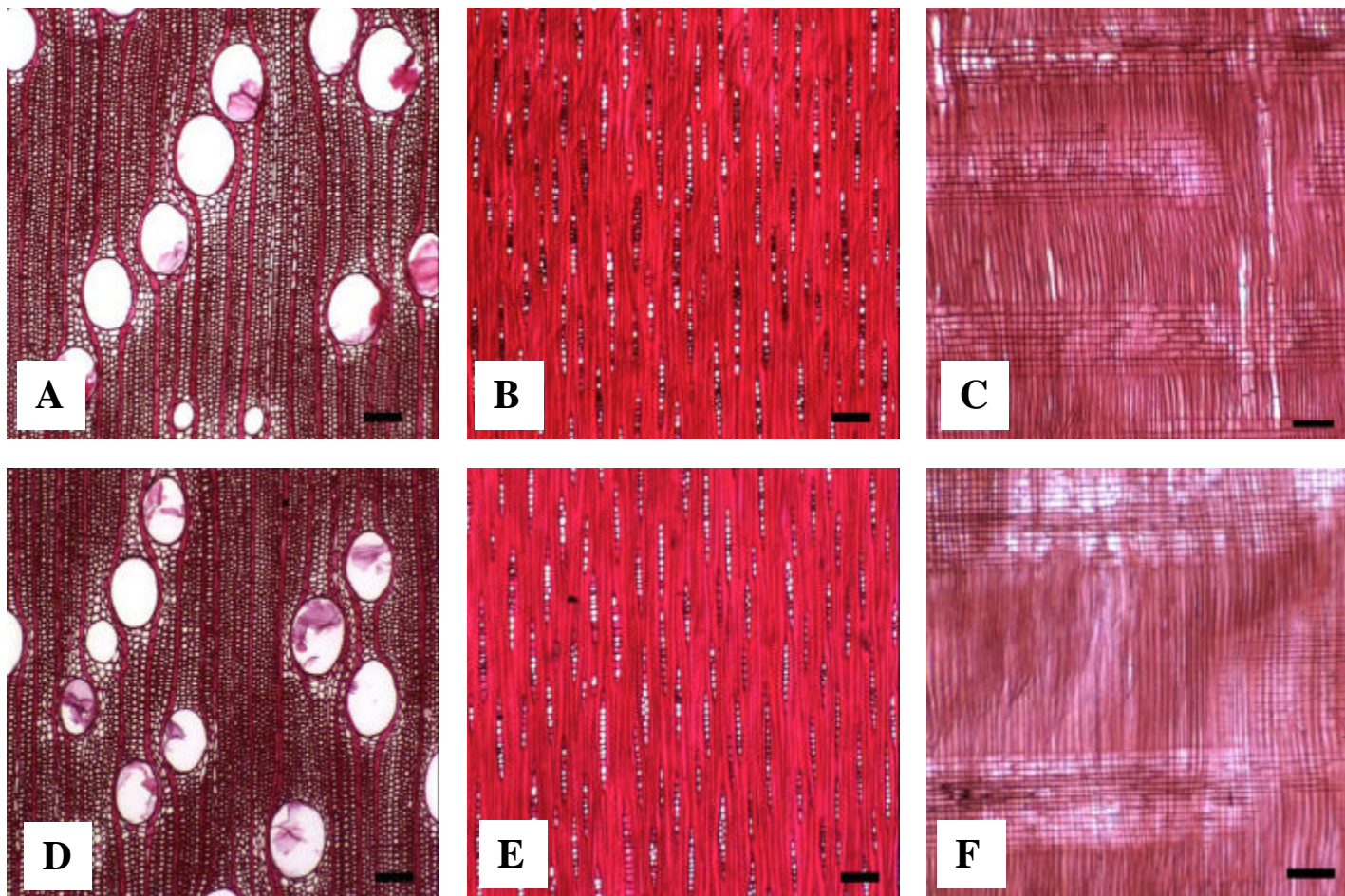
Os três planos anatômicos de observação da madeira de *E. camaldulensis* e de *E. urophylla* podem ser vistos na Figura 1.

Com base na Figura 1, pode-se observar que a madeira de *E. camaldulensis* e *E. urophylla* apresenta constituição anatômica qualitativa muito similar entre si, o que reforça a idéia que algumas espécies do gênero *Eucalyptus* têm estrutura anatômica da madeira muito semelhante. O mesmo foi confirmado por Oliveira (1997) estudando a constituição anatômica qualitativa da madeira de sete espécies de eucalipto. Em nível quantitativo, entretanto, existem diferenças entre a madeira dessas duas espécies, conforme será discutido a seguir.

4.2. Comprimento das fibras

Os valores médios de comprimento das fibras para os clones e distância radial, sentido medula-casca, bem como a interação entre esses tratamentos estão sumarizados na Tabela 1.

O menor valor de comprimento das fibras foi observado no clone de *Eucalyptus urophylla*, de 8 anos, e o maior valor, no clone de *E. camaldulensis*. Com relação à distância radial, sentido medula-casca, observou-se um aumento do comprimento das fibras ao longo do sentido medula-casca, com os menores valores observados nas regiões próximas da medula (0 e 33%) e os maiores, nas regiões mais próximas da casca (66 e 100%).



A barra preta corresponde a 100 μm .

Figura 1 – Imagens dos planos anatômicos da seção transversal (A), tangencial (B) e radial (C) da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* e da seção transversal (D), tangencial (E) e radial (F) de *Eucalyptus urophylla*, de 8 anos.

Tabela 1 – Valores médios do comprimento das fibras (mm) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

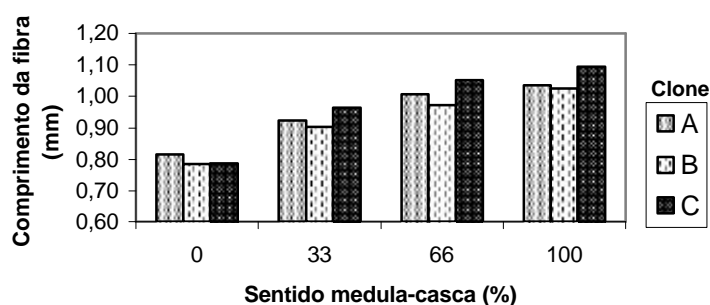
Clone	Média	CV (%)	DP (mm)
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	0,92	10,72	0,10
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	0,95	10,53	0,10
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	0,97	14,15	0,14
Distância medula-casca (%)			
0	0,80 a ¹	7,56	0,06
33	0,93 b	5,10	0,05
66	1,01 c	5,88	0,06
100	1,05 c	6,71	0,07
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (8 anos)	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
0	(0,06) 0,79 Aa ² (8,00) ³	(0,07) 0,82 Aa (8,38)	(0,05) 0,79 Aa (6,54)
33	(0,03) 0,90 Ab (3,07)	(0,05) 0,92 ABb (5,13)	(0,05) 0,96 Bb (4,79)
66	(0,03) 0,97 Ac (2,69)	(0,04) 1,01 ABc (4,40)	(0,07) 1,05 Bc (6,91)
100	(0,03) 1,02 Ad (3,19)	(0,04) 1,04 Ac (3,89)	(0,10) 1,09 Ac (9,32)

1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (mm) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Não se observou diferença estatística entre os clones de *Eucalyptus* estudados, pelo teste t, a 5% de probabilidade. Observou-se diferença estatística entre as distâncias radiais, mas tal diferença não foi observada nas posições 66 e 100% no sentido medula-casca.

Considerando a interação clone x distância medula-casca, observou-se que os menores valores de comprimento da fibra foram encontrados na região mais próxima da medula (0%), destacando-se o valor de 0,79 mm, encontrado nos clones de *E. urophylla*, de 8 anos, e de *E. camaldulensis*. Os maiores valores foram encontrados mais próximos à casca, a 100% de distância medula-casca, em todos os clones, destacando-se o valor encontrado (1,09 mm) para o clone de *E. camaldulensis*. Em todos os clones, observou-se um aumento do comprimento das fibras ao longo do sentido medula-casca, sem tendência nítida de estabilização.

A tendência de variação do comprimento das fibras, ao longo do sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 2.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 2 – Variação do comprimento das fibras (mm) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Os valores médios do comprimento das fibras nos clones de eucalipto observados neste trabalho estão em conformidade com os trabalhos encontrados na literatura.

A tendência de aumento do comprimento da fibra no sentido medula-casca na madeira de *E. urophylla* foi observada também nos trabalhos de Vital e Della Lucia (1987), Oliveira (1997) e Sousa Júnior (2004).

Os coeficientes de variação observados em todos os clones e distâncias radiais, sentido medula-casca, foram baixos, o que indica baixa variação do comprimento das fibras da madeira, entre as árvores, nos clones estudados.

4.3. Largura das fibras

Os valores médios da largura das fibras para os clones e distância radial, sentido medula-casca, bem como a interação entre os tratamentos estão sumarizados na Tabela 2.

O menor e o maior valor da largura das fibras foram observados nos clones de *Eucalyptus urophylla*, de 8 e 6 anos, respectivamente. Com relação à distância radial, não se observou uma tendência definida de variação. Neste caso, houve um aumento da largura das fibras quando se variou de 0 a 33%, seguido de um decréscimo de 33 para 66%, com um novo aumento de 66 a 100% de distância medula-casca. O menor valor médio foi observado a 0% de distância (19,8 μm) e o maior valor foi observado a 33% de distância, no sentido medula-casca (20,6 μm).

Tabela 2 – Valores médios da largura da fibra (μm) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP (μm)
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	19,3 a ¹	4,33	0,8
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	20,1 b	5,08	1,0
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	21,3 c	3,94	0,8
Distância medula-casca (%)			
0	19,8	6,14	1,2
33	20,6	6,27	1,3
66	20,1	5,49	1,1
100	20,5	5,86	1,2
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (6 anos)
0	(0,7) 18,6 Aa ² (3,88) ³	(0,8) 20,0 Ba (3,96)	(1,0) 20,8 Ba (4,79)
33	(0,6) 19,2 Aa (3,20)	(0,9) 21,0 Bb (4,47)	(0,8) 21,6 Ba (3,78)
66	(0,7) 19,4 Ab (3,53)	(1,1) 19,8 Aa (5,39)	(0,6) 21,2 Ba (2,73)
100	(0,8) 20,0 Ab (3,83)	(0,7) 19,6 Aa (3,78)	(0,7) ² 21,8 Ba (3,26)

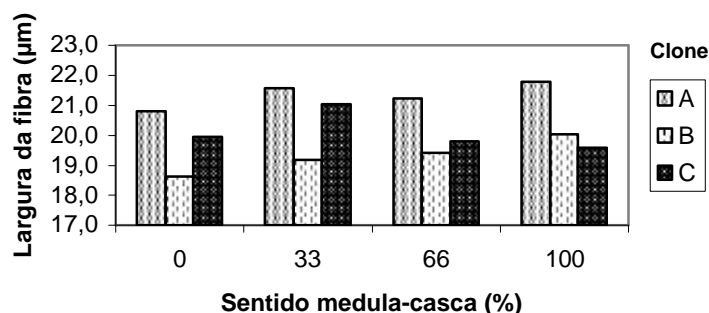
1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (μm) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Todos os clones apresentaram diferença estatística entre si para a largura das fibras, verificada através do teste t, com significância de 5%. Não houve diferença estatística dos valores médios da largura das fibras ao longo do sentido medula-casca.

Considerando a interação clone x distância medula-casca, observou-se que o menor valor médio de largura das fibras foi encontrado na região mais próxima da medula, a 0% de distância, no sentido medula-casca, no clone de *E. urophylla*, de 8 anos (18,6 μm). O maior valor foi encontrado a 100% de distância, no clone de *E. urophylla*, de 6 anos (21,8 μm). O clone de *E. urophylla*, de 8 anos, apresentou um aumento crescente da largura das fibras ao longo do sentido medula-casca. Os demais clones apresentaram uma tendência específica de variação da largura das fibras, à exceção das regiões 0-33% de distância, onde houve unanimidade entre os

clones, com crescimento dos valores médios nessas regiões. No clone de *E. urophylla*, de 6 anos, observou-se uma diminuição dos valores de 33 para 66% e aumento de 66 para 100%; no entanto, no clone de *E. camaldulensis*, observou-se uma diminuição crescente nas posições de 33 para 100%.

A tendência de variação da largura das fibras, ao longo do sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 3.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 3 – Variação da largura das fibras (µm) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Os valores médios da largura das fibras estão em conformidade com os trabalhos encontrados na literatura. Ruy *et al.* (2001), citando vários autores, relata que a largura média das fibras na madeira de *E. urophylla* está compreendida entre 15,6 a 20,1 µm. O clone de *E. urophylla*, de 6 anos, apresentou maior largura média das fibras, em relação aos trabalhos encontrados na literatura, o que pode ser explicado possivelmente pelo genótipo e local de crescimento.

Muitos trabalhos na literatura registraram um aumento da largura das fibras no sentido medula-casca, embora outras tendências de variação possam ser observadas para diversas espécies de eucalipto. Para a madeira de *E. urophylla*, Oliveira (1997), Sousa Júnior (2004) observaram um aumento da largura das fibras no sentido medula-casca, enquanto Vital e Della Lucia (1987) observaram aumento da medula até certa região da madeira da seção radial, seguida de uma diminuição até próximo à casca.

Os coeficientes de variação observados em todos os clones e distâncias radiais, sentido medula-casca, bem como na interação dos dois, foram baixos, o que indica baixa variação da largura das fibras da madeira, entre as árvores, dos três

clones estudados. É importante destacar que a largura das fibras é um parâmetro mais homogêneo que o comprimento das fibras, o que é constatado pelos menores coeficientes de variação apresentados no estudo da largura das fibras. Tal fato também foi verificado por Oliveira (1997), estudando as dimensões das fibras de sete madeiras de eucalipto.

4.4. Diâmetro do lume das fibras

Os valores médios do diâmetro do lume para os clones e distância radial, sentido medula-casca, bem como a interação entre os tratamentos estão sumarizados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios do diâmetro do lume das fibras (μm) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP (μm)
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	8,8 a ¹	16,47	1,5
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	10,8 b	17,55	1,9
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	12,7 c	9,32	1,2
Distância medula-casca (%)			
0	11,7 b ¹	12,55	1,5
33	11,8 b	15,19	1,8
66	9,8 a	18,63	1,9
100	9,6 a	26,96	2,6
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (6 anos)
0	(0,5) 10,0 Ac ² (4,52) ³	(0,6) 12,3 Bb (4,79)	(1,1) 12,9 Bab (8,26)
33	(0,9) 9,7 Ac (9,14)	(0,9) 12,4 Bb (6,88)	(1,0) ² 13,3 Bb (7,72)
66	(0,9) 8,7 Ab (9,88)	(1,1) 8,8 Aa (12,30)	(1,2) 12,0 Ba (10,05)
100	(0,7) 6,8 Aa (10,17)	(1,2) 9,5 Ba (12,68)	(1,2) 12,5 Cab (9,60)

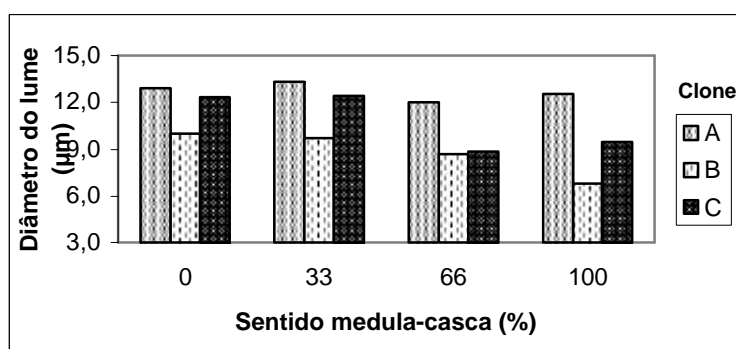
1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (μm) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

O menor e o maior valor do diâmetro do lume das fibras foram observados nos clones de *Eucalyptus urophylla*, de 8 e 6 anos, respectivamente. Com relação à distância radial, sentido medula-casca, observou-se um aumento do diâmetro do lume na posição de 0 para 33% de distância, seguida de uma diminuição desses valores até próximo à casca. Os menores valores foram observados mais próximos da casca (66 e 100%) e os maiores valores, mais próximos da medula (0 e 33%).

Não se observaram diferenças estatísticas entre as posições 0 e 33% e entre 66 e 100% de distância medula-casca. Tais diferenças, no entanto, foram observadas entre os clones.

Considerando a interação clone x distância medula-casca, observou-se que o menor valor do diâmetro do lume das fibras foi encontrado mais próximo à casca, na posição de 100% de distância medula-casca, destacando-se o clone de *E. urophylla*, de 8 anos (6,8 μm). O maior valor foi encontrado a 33% de distância no clone de *E. urophylla*, de 6 anos (13,3 μm). Nos clones estudados foram observados dois padrões diferentes de variação do diâmetro do lume das fibras. Nos clones de *E. urophylla*, de 6 anos, e de *E. camaldulensis*, observou-se um aumento do diâmetro do lume das fibras da posição de 0 para 33%, diminuindo de 33 para 66% e aumentando de 66 para 100%. No clone de *E. urophylla*, de 8 anos, observou-se uma diminuição constante ao longo do sentido medula-casca.

A tendência de variação do diâmetro do lume das fibras, ao longo do sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 4.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 4 – Variação do diâmetro do lume das fibras (μm) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Os valores médios do diâmetro do lume das fibras estão em conformidade com os trabalhos encontrados na literatura. Muitos desses trabalhos têm registrado o aumento do diâmetro do lume das fibras no sentido medula-casca para várias espécies de eucalipto, porém outras tendências de variação também foram registradas. Moreira (1999) verificou decréscimo do diâmetro do lume das fibras, no sentido medula-casca, na madeira em várias espécies de eucalipto. Um padrão linear não definido de variação do diâmetro do lume das fibras no sentido medula-casca, similar aos encontrados nos clones de *E. camaldulensis* e *E. urophylla*, de 6 anos, também foi observado por Oliveira (1997), Sousa Júnior (2004), estudando a madeira de *E. urophylla*.

Os coeficientes de variação observados no diâmetro do lume foram todos abaixo de 20%, indicando baixa variação dessa propriedade na madeira nos clones de eucalipto estudados. A exceção observada foi quanto ao efeito da distância no sentido medula-casca, devido ao elevado coeficiente de variação na região mais próxima da casca (26,96%), indicando alta variabilidade, entre os clones, nessa região da madeira. Considerando a interação clone x distância medula-casca, dentro de cada clone, ao longo do sentido medula-casca, os coeficientes de variação foram considerados baixos, todos abaixo de 13%.

4.5. Espessura da parede das fibras

Os valores médios da espessura da parede das fibras para os clones e distância radial, sentido medula-casca, bem como a interação entre os tratamentos, estão sumarizados na Tabela 4.

O menor e o maior valor de espessura da parede das fibras foram observados nos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos, respectivamente. Com relação à distância radial, no sentido medula-casca, observou-se um aumento da espessura da parede das fibras. Os menores valores foram observados mais próximos à medula (0 e 33%) e os maiores valores, nas posições mais próximas da casca (66 e 100%).

Os clones de *E. urophylla*, de 6 anos, e de *E. camaldulensis*, não apresentaram diferença estatística entre si, mas ambos diferiram do clone de *E. urophylla*, de 8 anos. Observou-se uma diferença estatística entre as distâncias radiais, mas tal diferença não foi observada entre as posições 66 e 100% de distância medula-casca.

Tabela 4 – Valores médios da espessura da parede da fibra (μm) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

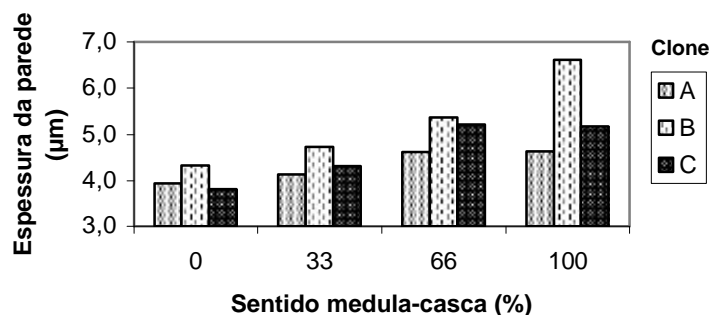
Clone	Média	CV (%)	DP (μm)
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	4,3 a ¹	10,97	0,5
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	4,6 a	16,20	0,7
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	5,3 b	17,70	0,9
Distância medula-casca (%)			
0	4,0 a ¹	9,06	0,4
33	4,4 b	9,21	0,4
66	5,1 c	12,10	0,6
100	5,5 c	16,92	0,9
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)
0	(0,4) 3,9 Aa ² (9,85) ³	(0,3) 3,8 Aa (6,92)	(0,2) 4,3 Ba (5,65)
33	(0,3) 4,1 Aa (6,07)	(0,4) 4,3 ABa (8,31)	(0,4) 4,7 Ba (7,41)
66	(0,5) 4,6 Ab (10,60)	(0,7) 5,2 ABb (13,24)	(0,4) 5,4 Bb (7,47)
100	(0,4) 4,6 Ab (7,75)	(0,5) 5,2 Bb (9,06)	(0,3) 6,6 Cc (4,18)

1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (μm) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Considerando a interação clone x distância medula-casca, verificou-se que os menores valores de espessura da parede das fibras foram encontrados mais próximos da medula (0%) em todos os clones, destacando-se os clones de *E. camaldulensis*, (3,8 μm) e *E. urophylla*, de 6 anos (3,9 μm). Os maiores valores foram encontrados mais próximos da casca, destacando-se o clone de *E. urophylla*, de 8 anos, (6,6 μm). Observou-se um aumento da espessura da parede das fibras ao longo do sentido medula casca, em todos os clones.

A tendência de variação da espessura da parede das fibras, ao longo do sentido radial medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 5.

Os valores médios da espessura da parede das fibras observados neste trabalho estão em conformidade com os valores encontrados na literatura (OLIVEIRA, 1997; SOUSA JÚNIOR, 2004).



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 5 – Variação da espessura da parede das fibras (μm) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Os coeficientes de variação observados na espessura de parede nos clones, nas distâncias radiais, sentido medula-casca e na interação entre esses dois tratamentos, foram todos abaixo de 17%, considerados baixos. Isto indica baixa variação da espessura da parede das fibras entre as árvores dos clones estudados.

Nos estudos de mensuração de fibras em árvores da mesma espécie, o comprimento e a largura das fibras tendem a apresentar menor variação, ou seja, menor coeficiente de variação, do que o diâmetro do lume e espessura da parede das fibras, como foi observado neste trabalho. Tal fato também foi observado por Oliveira (1997), estudando a madeira de sete espécies de eucalipto.

4.6. Frequência dos vasos

Os valores médios da frequência de vasos para os clones e distância radial, sentido medula-casca, bem como a interação entre os dois tratamentos, estão sumarizados na Tabela 5.

A menor e a maior frequência média dos vasos foram observadas nos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos, respectivamente. Considerando o efeito da distância radial, sentido medula-casca, os menores valores de frequência de vasos foram encontrados nas regiões mais próximas da casca (66 e 100%) e os maiores valores, nas regiões próximas da medula (0 e 33%).

Não se observou diferença estatística significativa entre os três clones para a frequência de vasos, através do teste t, a 5% de probabilidade. Observou-se diferença estatística entre as distâncias radiais, exceto para as posições 66 e 100% de distância, no sentido medula-casca, que não diferiram entre si.

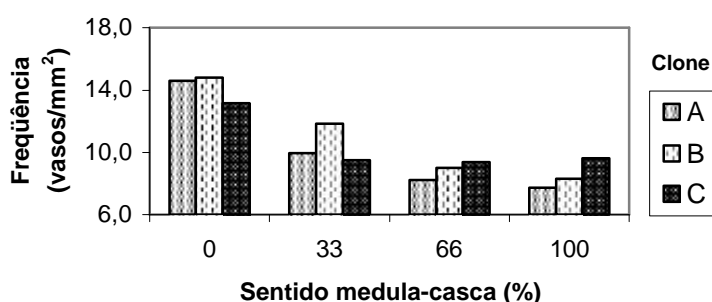
Tabela 5 – Valores médios da frequência de vasos (mm^{-2}) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP (mm^{-2})
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	9,9	29,98	3,0
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	10,4	19,02	2,0
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	11,0	26,81	3,0
Distância medula-casca (%)			
0	13,9 c ¹	16,12	2,2
33	10,5 b	18,05	1,9
66	8,9 a	11,16	1,0
100	8,6 a	12,54	1,1
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)
0	(1,8) 13,1 Ab ² (13,69) ³	(3,1) 14,6 Ac (22,40)	(1,5) 14,8 Ac (9,82)
33	(1,3) 9,5 Aa (14,08)	(1,5) 10,0 Ab (15,21)	(2,0) 11,9 Ab (16,96)
66	(0,8) 9,4 Ba (8,26)	(0,6) 8,2 Aa (7,44)	(1,2) 9,0 ABa (12,99)
100	(0,7) 9,6 Ba (7,10)	(0,5) 7,7 Aa (6,18)	(0,9) 8,3 Aa (10,84)

1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (mm^{-2}) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Considerando-se a interação clone x distância medula-casca, verificou-se que os menores valores de frequência de vasos foram encontrados nas posições mais próximas da casca. Nos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos, os menores valores (7,7 e 8,3 vasos/ mm^2 , respectivamente) foram observados nas posições mais próximas da casca; no clone de *E. camaldulensis*, o menor valor (9,4 vasos/ mm^2) foi encontrado na posição de 66% de distância. Os maiores valores foram encontrados mais próximos à medula, em todos os clones, destacando-se *E. urophylla*, de 8 anos (14,8 vasos/ mm^2) e *E. urophylla*, de 6 anos (14,6 vasos/ mm^2). Em todos os clones, observou-se uma diminuição da frequência de vasos ao longo do sentido medula-casca, exceto no clone de *E. camaldulensis*, onde houve um pequeno aumento de 66 a 100%.

A tendência de variação da frequência de vasos, ao longo do sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 6.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 6 – Variação da frequência de vasos (mm^{-2}) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Os valores médios de frequência de vasos encontrados neste trabalho estão em conformidade com os valores registrados por Sousa Júnior (2004) e um pouco inferiores aos observados por Oliveira (1997), o que pode ser explicado, possivelmente, pela diferença de idade e de material genético.

A diminuição da frequência de vasos no sentido medula-casca é também amplamente registrada na literatura, em várias espécies de eucalipto. Oliveira (1997) e Sousa Júnior (2004) observaram uma diminuição da frequência de vasos no sentido medula-casca na madeira de *E. urophylla*.

Os coeficientes de variação para frequência de vasos, observados nos clones de *E. urophylla*, independentes da idade, foram acima de 20%, considerados altos, indicando maior variabilidade entre árvores. Considerando o efeito do clone x distância no sentido medula-casca, observou-se um alto coeficiente de variação a 0% de distância no clone de *E. urophylla*, de 6 anos (22,40%), indicando alta variabilidade entre árvores desse clone, nessa região. As demais regiões radiais apresentaram baixos coeficientes de variação (abaixo de 17%), dentro de cada clone.

4.7. Diâmetro dos vasos

Os valores médios do diâmetro de vasos para os clones e distância radial, sentido medula-casca, bem como a interação entre os dois tratamentos estão sumarizados na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores médios do diâmetro do lume dos vasos (μm) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP (μm)
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	115,2	17,67	20,4
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	118,3	19,33	22,9
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	122,9	16,94	20,8
Distância medula-casca (%)			
0	90,8 a ¹	10,38	9,4
33	118,4 b	12,27	14,5
66	131,4 c	7,12	9,4
100	134,5 c	12,05	16,2
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (8 anos)	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E.camaldulensis</i> (10 anos)
0	(6,9) 86,3 Aa ² (7,96) ³	(11,4) 89,0 ABa (12,58)	(8,3) 95,2 Ba (8,68)
33	(10,8) 112,6 Ab (9,58)	(6,9) 109,3 Ab (6,27)	(11,9) 133,4 Bb (8,89)
66	(8,3) 129,7 Ac (6,38)	(8,1) 130,3 Ac (6,21)	(11,9) 134,1 Ab (8,86)
100	(8,4) 132,1 Ac (6,36)	(17,2) 142,4 Ad (12,11)	(19,5) 128,9 Ab (15,12)

1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (μm) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

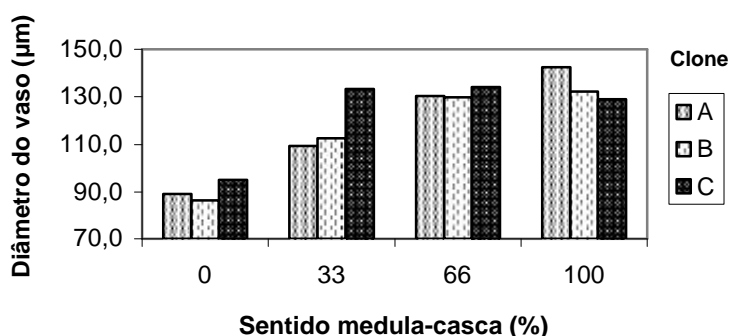
O menor diâmetro dos vasos foi observado no clone de *E. urophylla*, de 8 anos, e o maior valor, no clone de *E. camaldulensis*. Considerando a distância radial, sentido medula-casca, observou-se um aumento do diâmetro dos vasos ao longo da seção radial, no sentido medula-casca. Os menores diâmetros foram observados na região mais próxima da medula (0 e 33%) e os maiores, na região mais próxima à casca (66 e 100%).

Os três clones de *Eucalyptus* não apresentaram diferença estatística entre si, pelo teste t, a 5% de probabilidade, entretanto as distâncias radiais apresentaram diferenças estatísticas entre si, exceto entre 66 e 100%.

Considerando a interação clone x distância medula-casca, os menores diâmetros dos vasos foram observados na região mais próxima da medula, destacando-se o clone de *E. urophylla*, de 8 anos (86,2 μm). Em todos os clones, os

maiores valores de diâmetro foram observados na região mais próxima da casca, exceto para o clone de *E. camaldulensis*, cujo maior valor foi encontrado a 66% de distância, no sentido medula-casca. O maior valor do diâmetro dos vasos foi observado no clone de *E. urophylla*, de 6 anos, a 100% de distância (142,4 μm). Nos clones de *E. urophylla*, independentes da idade, observou-se um aumento do diâmetro ao longo do sentido medula-casca. No clone de *E. camaldulensis*, observou-se um aumento do diâmetro dos vasos nas regiões entre 0 até 66%, com uma pequena queda de 66 para 100%.

A tendência de variação do diâmetro de vasos, ao longo da seção radial no sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 7.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 7 – Variação do diâmetro dos vasos (μm) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

A tendência de aumento do diâmetro dos vasos no sentido medula-casca é amplamente registrada na literatura (OLIVEIRA, 1997; SOUSA JÚNIOR, 2004).

Os coeficientes de variação observados em todos os clones e distâncias radiais, no sentido medula-casca, foram baixos, o que indica baixa variação do diâmetro dos vasos da madeira, entre as árvores, nos três clones estudados.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no estudo de anatomia da madeira, pode-se concluir que:

- A madeira do clone de *E. camaldulensis* e dos dois clones de *E. urophylla* apresentaram constituição anatômica qualitativa similar, com algumas diferenças relacionadas ao agrupamento de vasos e tipos de parênquima axial.

- Os parâmetros relacionados às fibras e vasos são variáveis, em magnitude, entre clones, dentro de cada clone e no sentido medula-casca.

- As dimensões de fibras e vasos da madeira dos clones de eucalipto demonstraram, na maioria das vezes, homogeneidade entre árvores, dentro de cada clone, indicado pelos baixos coeficientes de variação. Isto mostra maior homogeneidade dessas propriedades, entre árvores, na madeira de cada clone estudado.

- As tendências de variação radial no sentido medula-casca dos parâmetros relacionados às fibras e vasos são similares aos registrados na literatura para a madeira de eucalipto.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. E *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, ORIUNDA DE CONSÓRCIO AGROSSILVIPASTORIL

1. INTRODUÇÃO

A massa específica da madeira é a relação entre a massa da madeira e o seu volume correspondente. É uma das propriedades mais estudadas na caracterização tecnológica da madeira, devido a sua facilidade de determinação e, principalmente, a sua íntima relação com outras propriedades, tornando-se um parâmetro muito utilizado para qualificar a madeira, nos diversos segmentos da atividade industrial. Chimelo (1980), Gérard *et al.* (1995) afirmaram que, quase sempre, a massa específica se apresenta correlacionada com a retratibilidade, secagem, trabalhabilidade, impregnabilidade e várias propriedades mecânicas.

Oliveira *et al.* (1990), Lima *et al.* (2000) asseguraram que a massa específica é uma boa indicadora de qualidade da madeira, em função das várias correlações com outras propriedades; entretanto, ela não indica, de forma direta e conclusiva, valores das propriedades mecânicas, dimensões de fibras, poder calorífico, composição química ou existência de defeitos internos. Assim sendo, quando analisada de forma isolada, a massa específica não representa um parâmetro bom e seguro para uma definição de usos.

A massa específica da madeira apresenta uma variabilidade entre as diferentes espécies florestais. Essas variações se devem às diferenças na espessura da

parede celular, tamanho e quantidade proporcional de diferentes tipos de células lenhosas (fibras, traqueídeos, elementos de vasos e parênquima), bem como na quantidade de substâncias extrativas presentes por unidade de volume. Segundo Tsoumis (1991), a massa específica é uma medida da quantidade de material na parede celular, presente em certo volume e é, também, uma indicadora do volume de espaços vazios na madeira. Nas madeiras da mesma espécie, as variações da massa específica são decorrentes, principalmente, de alterações internas nos componentes estruturais e químicos. Essas diferenças ocorrem em função, principalmente, da idade da árvore, genótipo, índice de sítio, clima, localização geográfica e tratos silviculturais. Esses efeitos são, em geral, interativos e difíceis de serem avaliados, isoladamente (VITAL, 1984).

Segundo Panshin e De Zeeuw (1980), a massa específica pode variar entre gêneros, espécies de um mesmo gênero, árvores de uma mesma espécie e até diferentes partes de uma única árvore ou de um pedaço de madeira. Considerando a variação da massa específica dentro da mesma espécie, no sentido medula-casca, os autores propuseram três modelos de variação: 1) aumento da medula para casca; 2) valores mais altos próximos à medula, mas decrescendo nos primeiros anos e, a seguir, aumentando em direção à casca; 3) decréscimo da medula até a casca. Tomazello Filho (1985a), Tomazello Filho (1985b), Tomazello Filho (1987), Vital e Della Lucia (1987), Shimoyama e Barrichelo (1991), Carmo (1996), Oliveira (1997), Lima *et al.* (2000), Silva (2002), Vale *et al.* (2002), Cruz *et al.* (2003), Serpa *et al.* (2003), Sousa Júnior (2004) observaram um aumento da massa específica, no sentido medula-casca, quando estudaram o comportamento da madeira do gênero *Eucalyptus*.

Oliveira (1997), estudando a massa específica básica da madeira de *E. urophylla*, observou valor médio de 0,54 g/cm³. Vale *et al.* (2002) e Cruz *et al.* (2003), estudando a massa específica básica da madeira de *E. urophylla* e *E. camaldulensis*, encontraram valores médios, em torno de 0,50 g/cm³ para ambas as espécies. Almeida (1993), fazendo uma ampla revisão sobre a massa específica da madeira de *E. camaldulensis*, encontrou valores entre 0,48 e 0,68 g/cm³. Sturion *et al.* (1987), estudando a variação da massa específica básica de doze espécies de eucalipto em Uberaba, Minas Gerais, verificou que o *E. camaldulensis*, com 10,5 anos, apresentou massa específica básica de 0,68 g/cm³, valor este similar aos encontrados por Scanavaca Junior e Garcia (2004) e Sousa Júnior (2004) para a madeira de *E. urophylla*.

2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo determinar a massa específica básica e aparente da madeira, a 12% de umidade, de um clone de *E. camaldulensis* e de dois clones de *E. urophylla*, avaliando-se o efeito do clone, distância medula-casca e interação clone x distância medula-casca.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para o ensaio da massa específica, utilizou-se a primeira tora, com comprimento total de seis metros, de cada uma das árvores (seis para cada clone); para fins operacionais de desdobro, posteriormente, a tora foi subdividida em duas seções, de três metros cada. Do terço superior da prancha diametral de cada uma das seções, tomaram-se quatro regiões radiais equidistantes (0, 33, 66 e 100% da distância medula-casca), totalizando 144 amostras. As amostras foram confeccionadas com formato retangular, apresentando dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm, sendo a última medida no sentido longitudinal. As mesmas amostras foram utilizadas na determinação da massa específica básica e aparente. Os ensaios de massa específica foram realizados de acordo com a norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

Na determinação da massa específica básica, o volume das amostras de madeira na condição saturada ou verde foi determinado através do método da balança hidrostática, proposto pela norma NBR 7190 (ABNT, 1997). Para determinação da massa da madeira absolutamente seca, as amostras de madeira foram colocadas numa estufa de ventilação forçada e controle automático de temperatura, a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, até atingir massa constante. Em seguida, registrou-se o valor da massa anidra com o uso de balança de precisão de 0,01g. A massa específica básica foi determinada através da fórmula abaixo:

$$MEB = \frac{m_s}{V_{SAT}}$$

em que

MEB = massa específica básica, em g/cm^3 ;

m_s = massa seca da madeira, em g; e

V_{sat} = volume de madeira saturada, em cm^3 .

No ensaio da massa específica aparente, as amostras de madeira foram acondicionadas numa câmara climática, com controle automático de temperatura e umidade do ar, até atingirem massa constante, a um teor de umidade de 12%. A determinação da massa e volume da madeira, a 12% de umidade, foram obtidos pelo mesmo procedimento utilizado no ensaio da massa específica básica. A massa específica aparente foi determinada através da formula abaixo:

$$MEA = \frac{m_{12\%}}{V_{12\%}}$$

em que

MEA = massa específica aparente, em g/cm^3 ;

$m_{12\%}$ = massa da amostra a 12% de umidade, em g; e

$V_{12\%}$ = volume da amostra a 12% de umidade, em cm^3 .

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Massa específica básica

Os valores médios de massa específica básica para os clones e distância radial, sentido medula-casca, bem como a interação entre os dois tratamentos, estão sumarizados na Tabela 1.

O menor e o maior valor de massa específica básica foram observados nos clones de *Eucalyptus urophylla*, de 6 e 8 anos, respectivamente. Com relação à distância radial, observou-se um aumento da massa específica básica no sentido medula-casca, com os menores valores sendo observados nas posições mais próximas da medula (0 e 33%) e os maiores, nas regiões mais próximas da casca (66 e 100%).

Estatisticamente, não se observaram diferenças entre os clones de *E. camaldulensis* e de *E. urophylla*, de 8 anos, mas ambos diferiram do clone de *E. urophylla*, de 6 anos, para a massa específica básica. Observou-se, também, diferença estatística entre as distâncias radiais, exceto para as posições 0 e 33% e 66 e 100% da distância medula-casca.

Considerando a interação clone x distância radial, sentido medula-casca, verificou-se que os menores valores de massa específica básica foram encontrados nas posições mais próximas da medula (0 e 33%), destacando-se o clone de *E. camaldulensis* (0,41 g/cm³), na posição 33% de distância. Os maiores valores foram encontrados mais próximos à casca, a 100% de distância, em todos os clones,

Tabela 1 – Valores médios de massa específica básica (g/cm^3) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP (g/cm^3)
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	0,45 a ¹	6,29	0,03
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	0,52 b	22,45	0,12
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	0,54 b	11,61	0,06
Distância medula-casca (%)			
0	0,44 a ¹	9,17	0,04
33	0,46 a	10,28	0,05
66	0,55 b	14,83	0,08
100	0,57 b	15,49	0,09
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)
0	(0,02) 0,43 Aa ² (5,05) ³	(0,04) 0,42 Aa (8,98)	(0,03) 0,48 Ba (6,39)
33	(0,02) 0,46 Bb (3,95)	(0,04) 0,41 Aa (8,99)	(0,03) 0,50 Ca (6,21)
66	(0,02) 0,45 Ab (4,60)	(0,06) 0,62 Bb (10,43)	(0,03) 0,57 Bb (4,81)
100	(0,04) 0,46 Ab (8,49)	(0,05) 0,64 Bb (7,96)	(0,01) ² 0,63 Bc (1,67)

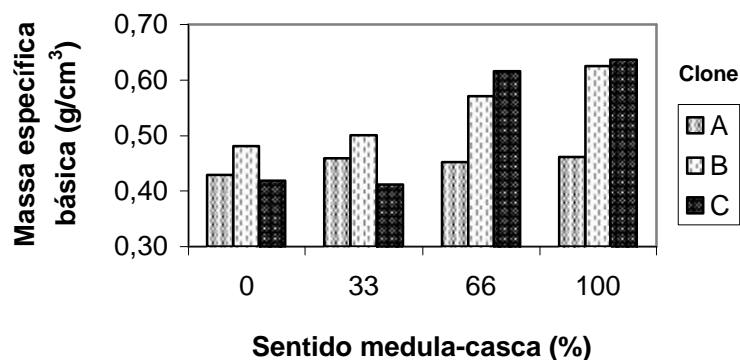
1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (g/cm^3) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

destacando-se o clone de *E. camaldulensis* ($0,64 \text{ g/cm}^3$). Nos clones de *E. urophylla*, de 8 anos, e de *E. camaldulensis*, observou-se um aumento da massa específica básica ao longo do sentido medula-casca, sendo este um padrão típico de variação encontrado no gênero *Eucalyptus*. No clone de *E. urophylla*, de 6 anos, os valores médios da massa específica básica não variaram muito ao longo da distância medula-casca, ficando entre $0,43$ e $0,46 \text{ g/cm}^3$.

A tendência de variação da massa específica básica, ao longo do sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 1.

Os valores médios da massa específica básica encontrados neste trabalho estão em conformidade com aqueles citados na literatura.

O clone de *E. urophylla*, de 6 anos, apresenta grande potencial de uso, do ponto de vista tecnológico de utilização da madeira, devido à baixa variabilidade



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 1 – Variação da massa específica básica (g/cm^3) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

radial interna, o que pode ser evidenciado pelo baixo coeficiente de variação nas quatro posições radiais, ao longo do sentido medula-casca. A madeira desse clone apresentou grande homogeneidade para a massa específica básica, em relação aos outros clones estudados. Nesse clone, observou-se que os valores a 33, 66 e 100% de distância medula-casca foram estatisticamente iguais, somente diferindo da região mais próxima da medula, a 0% de distância, conforme pode ser visto na Tabela 1. Ressalte-se, no entanto, que a madeira em estudo é ainda jovem e poderia sofrer alterações na sua fase de maturação.

Segundo Forest Products Laboratory (1999), os estudos de massa específica básica devem ser expressos por um coeficiente de variação de aproximadamente 10%. Pelos dados da Tabela 1, pode-se verificar que o clone de *E. camaldulensis* apresentou alto coeficiente de variação, indicando uma alta variabilidade das árvores avaliadas dentro desse clone. Observou-se um alto coeficiente de variação quando se considerou o efeito isolado da distância radial, a 66 e 100% de distância medula-casca. Isto indica também alta variabilidade entre os três clones estudados nas regiões mais próximas da casca.

Os dois clones de *E. urophylla* estudados neste trabalho apresentaram grande variação da massa específica básica entre si. Essas diferenças podem ser explicadas, possivelmente, pelo genótipo e idade dos clones. Cruz *et al.* (2003), estudando a variação da massa específica básica dentro e entre clones de eucalipto, provenientes de Vazante, Minas Gerais, observou diferenças, em magnitude, entre clones de *E.*

urophylla, para a mesma idade (5,5 anos), mesma tora e mesmo espaçamento (10 x 4 metros).

O aumento crescente da massa específica básica ao longo do sentido medula-casca, tal como foi observado neste trabalho para o clone de *E. urophylla* de 8 anos, também já foi observado em *E. urophylla* nos trabalhos de Oliveira (1997), Sousa Júnior (2004). Vale *et al.* (2002), Cruz *et al.* (2003) verificaram essa tendência de aumento da massa específica básica juntamente em *E. camaldulensis* e *E. urophylla*.

4.2. Massa específica aparente

A Tabela 2 apresenta os valores médios de massa específica aparente da madeira (g/cm^3) por clone e distância radial, no sentido medula-casca, bem como a interação entre os dois tratamentos. Os valores médios de massa específica aparente, a 12% de umidade, apresentaram a mesma tendência e magnitude de variação observada para a massa específica básica.

O menor e maior valor de massa específica aparente foram observados nos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos, respectivamente. Com relação à distância radial, houve um aumento da massa específica aparente no sentido medula-casca, onde os menores valores foram observados nas regiões mais próximas da medula (0 e 33%) e os maiores valores nas regiões mais próximas da casca (66 e 100%).

Estatisticamente, não se observaram diferenças entre os clones de *E. camaldulensis* e de *E. urophylla*, de 8 anos, mas ambos diferiram do clone de *E. urophylla*, de 6 anos, para a massa específica aparente. Observou-se, também, diferença estatística das distâncias radiais, exceto para 0 e 33% e 66 e 100% de distância medula-casca.

Considerando os efeitos da interação clone x distância radial, sentido medula-casca, os menores valores médios de massa específica aparente foram observados nas regiões mais próximas da medula, destacando-se os clones de *E. urophylla*, de 6 anos, e *E. camaldulensis*, ambos com $0,52 \text{ g/cm}^3$. O maior valor de massa específica aparente foi observado no clone de *E. camaldulensis* ($0,79 \text{ g/cm}^3$), a 66% de distância. No clone de *E. urophylla*, de 8 anos, observou-se um aumento da massa específica aparente ao longo do sentido medula-casca. No clone de *E. camaldulensis* houve um aumento da massa específica aparente até a região correspondente a 66% de distância, com um pequeno decréscimo até 100%. No clone de *E. urophylla*, de

6 anos, observou-se um aumento de 0 a 33%, com um decréscimo até 66%, mantendo-se constante até próximo da casca, a 100% de distância medula-casca.

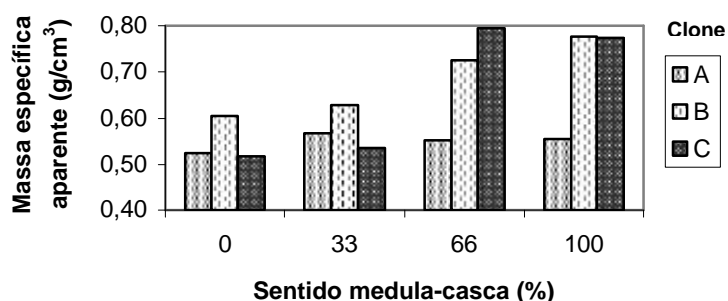
Tabela 2 – Valores médios de massa específica aparente (g/cm^3) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP (g/cm^3)
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	0,55 a ¹	7,22	0,04
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	0,66 b	21,80	0,14
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	0,68 b	11,45	0,08
Distância medula-casca (%)			
0	0,55 a ¹	10,27	0,06
33	0,58 a	10,07	0,06
66	0,69 b	16,58	0,11
100	0,70 b	16,29	0,11
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)
0	(0,03) 0,52 Aa ² (5,59) ³	(0,05) 0,52 Aa (9,91)	(0,04) 0,61 Ba (6,34)
33	(0,02) 0,57 Ab (4,23)	(0,06) 0,54 Aa (11,05)	(0,04) 0,63 Ba (6,77)
66	(0,04) 0,55 Aab (7,95)	(0,07) 0,79 Cb (8,69)	(0,04) 0,73 Bb (5,08)
100	(0,05) 0,55 Aab (8,60)	(0,06) 0,77 Bb (7,82)	(0,02) 0,78 Bc (2,53)

1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (g/cm^3) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Como observado no ensaio da massa específica básica, o clone de *E. urophylla*, de 6 anos, apresentou a menor variabilidade da massa específica aparente, girando em torno de $0,5 \text{ g/cm}^3$. No clone de *E. camaldulensis*, observou-se o maior coeficiente de variação entre os três clones, mostrando uma alta variabilidade dentro do clone, tanto para a massa específica aparente (Tabela 2) quanto para massa específica básica (Tabela 1), o que pode ser explicado pela maior variabilidade dessa propriedade entre árvores dentro desse clone. Considerando o efeito isolado no sentido radial, também se observou um alto coeficiente de variação, na posição entre 66 e 100% de distância medula-casca, mostrando uma alta variabilidade entre clones nessas duas regiões.

A tendência de variação da massa específica aparente dos clones de eucalipto estudados ao longo do sentido medula-casca, pode ser vista na Figura 2.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 2 – Variação da massa específica aparente (g/cm^3) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Oliveira (1997), estudando a massa específica aparente da madeira de *E. urophylla*, a 12% de umidade, observou o valor médio de $0,67 \text{ g}/\text{cm}^3$, valor este similar ao observado no clone de *E. urophylla*, de 8 anos, e um pouco abaixo do observado no clone de *E. urophylla*, de 6 anos. Essa diferença se deve possivelmente à diferença de idade, material genético e local de crescimento.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no estudo de massa específica básica e aparente neste trabalho, pode-se concluir que:

- Existe maior variabilidade da massa específica da madeira do clone de *E. camaldulensis*, em relação aos dois clones de *E. urophylla*, expressa pelo alto coeficiente de variação, mostrando maior variabilidade dessa propriedade entre árvores dentro desse clone.

- O clone de *E. urophylla*, de 6 anos, apresenta alta potencialidade de uso industrial, devido à baixa variação da massa específica no sentido radial. Considerando-se apenas essa propriedade, a madeira desse clone é uma matéria-prima que pode ser considerada homogênea no sentido radial.

- A massa específica da madeira é variável, em magnitude, entre clones, dentro de cada clone e no sentido medula-casca.

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO DA RETRATIBILIDADE DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. E *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, ORIUNDA DE CONSÓRCIO AGROSSILVIPASTORIL

1. INTRODUÇÃO

Segundo o IPT (1985), a retratibilidade é o fenômeno de variação dimensional da madeira, quanto ocorre uma alteração no seu teor de umidade. As variações nas dimensões das peças de madeira começam a ocorrer quando há perda ou ganho de umidade, abaixo do ponto de saturação das fibras. Durlo e Marchiori (1992) asseguraram que as variações dimensionais e anisotropia são características indesejáveis da madeira, limitando o seu uso para diversas finalidades, exigindo técnicas específicas de processamento e utilização.

Lelles e Silva (1997) afirmaram que a contração na direção tangencial é, aproximadamente, 1,5 a 2 vezes maior do que ocorre na direção radial, situação muito freqüente para a maioria das madeiras do gênero *Eucalyptus*. Para Hillis e Brown (1984), a elevada retratibilidade da madeira do gênero *Eucalyptus* é um dos principais problemas para sua utilização como madeira sólida. Segundo Durlo e Marchiori (1992), o mais importante índice para se avaliar a estabilidade dimensional da madeira é o coeficiente ou fator anisotrópico, definido pela relação entre as contrações tangencial e radial. Os autores estabeleceram a seguinte classificação da madeira em função dos seus coeficientes de anisotropia:

- 1,2 a 1,5 - considerada excelente, ocorrendo em madeiras como cedro, sucupira, mogno, balsa, entre outras espécies;

- 1,5 a 2,0 - considerada normal, ocorrendo em madeiras como ipê, pinus, peroba rosa, teca, entre outras espécies; e

- Acima de 2,0 – considerada como ruim, que poderá ocorrer em madeiras de araucária, imbuia, álamo, jatobá, entre outras espécies.

Segundo os mesmos autores, a situação considerada ideal e que não provocaria formação de tensões internas é aquela em que a anisotropia de contração fosse igual a 1, o que representaria uma alteração igual de dimensões nos sentidos tangencial e radial. Quanto maiores forem os desvios nesses dois sentidos, mais alta será a anisotropia de contração e maiores serão os danos na madeira na fase de secagem. Os produtos finais que demandam alta estabilidade requerem uma madeira com um fator anisotrópico baixo. O coeficiente anisotrópico, tomado de forma isolada, no entanto, não caracteriza uma madeira como sendo estável, causando, ao contrário, uma falsa sensação de estabilidade. Coeficientes de anisotropia baixos, oriundos de contrações tangencial e radial elevadas, mas semelhantes, revelam uma madeira com alta instabilidade dimensional.

Mori *et al.* (2003), estudando a contração volumétrica da madeira de várias espécies de eucalipto e de várias espécies nativas de Minas Gerais, observaram que a madeira de eucalipto apresentou valores de contrações volumétricas muito maiores que as apresentadas pelas espécies nativas. Cruz *et al.* (2003) encontrou valores de 13,5, 8,9, 4,9 e 1,91% para contração volumétrica total, contração tangencial total, contração radial total e coeficiente anisotrópico total, respectivamente, nas madeiras de *E. camaldulensis* e *E. urophylla*. Valores superiores aos encontrados por Cruz *et al.* (2003) na madeira de *E. urophylla* foram registrados por Oliveira (1997), Scanavaca Junior e Garcia (2004) nas contrações totais. Caixeta *et al.* (2003), estudando as contrações e anisotropias totais da madeira de 44 genótipos de eucalipto, observaram elevados valores de contração e coeficiente anisotrópico. Sousa Júnior (2004) encontrou valores médios de 9,54 e 13,61% para contração volumétrica parcial; 6,56 e 9,38% para contração tangencial parcial; 3,20 e 4,70% para contração radial parcial; e 2,16 e 2,10%; para os coeficientes anisotrópicos parciais, na madeira de *E. urophylla*, proveniente de dois locais diferentes em Minas Gerais.

Com relação à variação das contrações e coeficientes anisotrópicos da madeira de eucalipto, no sentido medula-casca, existem diferentes tendências de variações registradas na literatura. Silva (2002) registrou tendência de aumento das contrações e coeficiente anisotrópico na madeira de *E. grandis*, exceto para contração longitudinal total, onde houve diminuição. Serpa *et al.* (2003) registraram tendência de diminuição da contração volumétrica total na direção medula-casca na madeira de *E. grandis* e *E. saligna*. Semelhante tendência foi observada por Sousa Júnior (2004) para as madeiras de *E. urophylla* e *E. cloeziana*.

2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo determinar a retratibilidade volumétrica e linear, bem como o coeficiente anisotrópico, total e parcial da madeira, a 12% de umidade, de um clone de *E. camaldulensis* e dois clones de *E. urophylla*, avaliando-se o efeito do clone, da distância medula-casca e da interação clone x distância medula-casca.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para os ensaios de retratibilidade total e parcial, utilizou-se a primeira tora de cada uma das árvores (seis por clone), correspondente à parte mais basal da árvore, com comprimento total de seis metros. Posteriormente, essa tora foi dividida em duas seções de três metros, para fins operacionais de desdobro. Do terço superior da prancha diametral de cada seção tomaram-se quatro regiões radiais eqüidistantes (0, 33, 66 e 100% de distância medula-casca), totalizando 144 amostras. Inicialmente, as amostras foram confeccionadas com formato retangular, apresentando dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm, sendo a última no sentido longitudinal. As dimensões lineares foram tomadas com paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm.

O ensaio foi iniciado quando as amostras estavam verdes, determinando-lhes todas as dimensões. Posteriormente, as amostras foram colocadas numa câmara climática, com controle de temperatura e umidade do ar, até atingir massa constante, a um teor de umidade de 12%, quando foram realizadas novas medições lineares. Em seguida, as amostras foram levadas para uma estufa de ventilação forçada, por cerca de três dias, a uma temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Realizaram-se novamente as medições lineares de cada amostra totalmente seca. As contrações longitudinal total e parcial não foram determinadas devido ao seu valor muito reduzido, sendo considerada desprezíveis ou insignificantes, em termos de contração, para a maioria dos usos da madeira.

A partir dos valores obtidos, através das medições lineares, calcularam-se os seguintes parâmetros:

a) Contração volumétrica total

$$CV_T = \frac{V_v - V_s}{V_v} \times 100$$

em que

CV_T = contração volumétrica total, em %;

V_v = volume verde, em cm^3 ; e

V_s = volume absolutamente seco, em cm^3 .

b) Contração tangencial total

$$CT_T = \frac{DT_v - DT_s}{DT_v} \times 100$$

em que

CT_T = contração tangencial total, em %;

DT_v = dimensão tangencial verde, em cm; e

DT_s = dimensão tangencial absolutamente seca, em cm.

c) Contração radial total

$$CR_T = \frac{DR_v - DR_s}{DR_v} \times 100$$

em que

CR_T = contração radial total, em %;

DR_v = dimensão radial verde, em cm; e

DR_s = dimensão radial absolutamente seca, em cm.

d) Coeficiente anisotrópico total

$$CA_T = \frac{CT_T}{CR_T}$$

em que

CA_T = coeficiente anisotrópico total;

CT_T = contração tangencial total, em %; e

CR_T = contração radial total, em %.

e) Contração volumétrica parcial

$$CV_{12\%} = \frac{V_V - V_{12\%}}{V_V} \times 100$$

em que

$CV_{12\%}$ = contração volumétrica parcial, a 12% de umidade, em %;

V_V = volume verde, em cm^3 ; e

$V_{12\%}$ = volume seco a 12% de umidade da madeira, em cm^3 .

f) Contração tangencial parcial

$$CT_{12\%} = \frac{DT_V - DT_{12\%}}{DT_V} \times 100$$

em que

$CT_{12\%}$ = contração tangencial parcial, a 12% de umidade, em %;

DT_V = dimensão tangencial verde, em cm; e

$DT_{12\%}$ = dimensão tangencial seca a 12% de umidade, em cm.

g) Contração radial parcial

$$CR_{12\%} = \frac{DR_V - DR_{12\%}}{DR_V} \times 100$$

em que

$CR_{12\%}$ = contração radial parcial, a 12% de umidade, em %;

DR_V = dimensão radial verde, em cm; e

$DR_{12\%}$ = dimensão radial seca a 12% de umidade, em cm.

h) Coeficiente anisotrópico parcial

$$CA_{12\%} = \frac{CT_{12\%}}{CR_{12\%}}$$

em que

$CA_{12\%}$ = coeficiente anisotrópico parcial, a 12% de umidade;

$CT_{12\%}$ = contração tangencial parcial, a 12% de umidade, em %; e

$CR_{12\%}$ = contração radial parcial, a 12% de umidade, em %.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Contração volumétrica total

Os valores médios da contração volumétrica total para os clones e distância radial, sentido medula-casca, bem como a interação entre os tratamentos estão sumarizados na Tabela 1.

O menor e o maior valor de contração volumétrica total foram observados, respectivamente, nos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos. Com relação à distância radial, no sentido medula-casca, o menor e o maior valor de contração volumétrica total foram observados, respectivamente, na região mais próxima da medula (0%) e na região correspondente ao cerne periférico, na posição 66% da distância medula-casca.

Observaram-se diferenças estatísticas entre todos os clones para a contração volumétrica total. Todas as posições no sentido medula-casca foram estatisticamente iguais, exceto para a região mais próxima da medula (0%), que diferiu das demais regiões, no sentido medula-casca. A contração volumétrica total apresentou uma tendência de valores crescentes nas posições de 0 até 66%, decrescendo, a partir daí, até a região mais próxima da casca, a 100% de distância medula-casca.

Considerando a interação clone x distância medula-casca, os menores valores de contração volumétrica total foram observados na região mais próxima da medula, em todos os clones, destacando-se *E. camaldulensis* (11,3%). Os maiores valores foram observados na região mais próxima a casca, a 66% de distância, destacando

Tabela 1 – Valores médios de contração volumétrica total (%) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

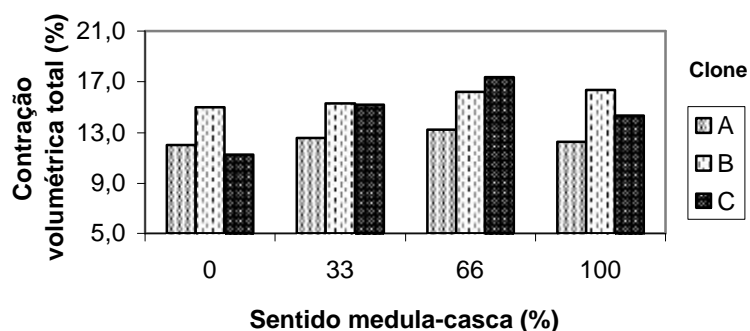
Clone	Média	CV (%)	DP (%)
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	12,5 a ¹	11,53	1,4
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	14,5 b	19,19	2,8
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	15,7 c	9,40	1,5
Distância medula-casca (%)			
0	12,8 a ¹	17,82	2,3
33	14,3 b	13,90	2,0
66	15,6 b	15,93	2,5
100	14,3 b	13,54	1,9
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)
0	(1,7) 12,0 Aa ² (14,02) ³	(1,5) 11,3 Aa (13,29)	(1,7) 15,0 Ba (11,37)
33	(1,0) 12,6 Aa (7,74)	(2,0) 15,2 Bb (13,23)	(1,6) 15,3 Ba (10,31)
66	(1,6) 13,2 Aa (12,30)	(2,2) 17,4 Bc (12,45)	(1,5) 16,2 Ba (9,48)
100	(1,3) 12,3 Aa (10,32)	(1,1) 14,3 Bb (7,87)	(0,3) 16,3 Ca (1,74)

1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

novamente o clone de *E. camaldulensis* (17,4%). No clone de *E. urophylla*, de 8 anos, o maior valor de contração volumétrica total (16,3%) foi observado na região mais próxima da casca. Nos clones de *E. urophylla*, de 6 anos, e *E. camaldulensis*, observou-se um aumento dos valores da contração volumétrica total nas posições de 0 até 66%, diminuindo, a partir daí, até 100% de distância. No clone de *E. urophylla*, de 8 anos, observou-se um aumento do valor da contração volumétrica total no sentido medula-casca.

A tendência de variação da contração volumétrica total, ao longo do sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 1.

Os valores médios da contração volumétrica total observada neste trabalho estão próximos dos valores encontrados por Cruz *et al.* (2003) para as madeiras de *E. urophylla* e *E. camaldulensis*, e estão um pouco abaixo dos encontrados por Oliveira



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 1 – Variação da contração volumétrica total (%) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

(1997), Scanavaca Junior e Garcia (2004) na madeira de *E. urophylla*. Esta diferença possivelmente se deve à idade, material genético e local de crescimento das árvores. A tendência de variação da contração volumétrica no sentido medula-casca, encontrados neste trabalho é similar à observada por Cruz *et al.* (2003) para as madeiras de *E. urophylla* e *E. camaldulensis*.

Segundo Forest Products Laboratory (1999), os estudos de retratibilidade volumétrica e linear devem ser expressos por um coeficiente de variação de aproximadamente 15%. Com base nessa recomendação, o coeficiente de variação (19,19%) encontrado no efeito do clone de *E. camaldulensis* foi considerado alto. Isto é explicado pela alta variabilidade dessa propriedade entre as árvores estudadas, dentro desse clone. Observou-se, também, alto coeficiente de variação (17,82%) na região mais próxima da medula q se analisou o efeito da variação radial. Considerando o efeito da interação clone x distância medula-casca, não se observaram coeficientes de variação altos ao se analisarem as distâncias radiais, dentro de cada clone.

4.2. Contração tangencial total

Os valores médios da contração tangencial total para os clones e distância radial, sentido medula-casca, bem como a interação entre os tratamentos, estão sumarizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios de contração tangencial total (%) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP (%)
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	8,0 a ¹	14,67	1,2
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	9,4 b	23,58	2,2
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	10,1 b	11,08	1,1
Distância medula-casca (%)			
0	7,9 a ¹	21,67	1,7
33	9,8 b	13,42	1,3
66	10,2 b	19,62	2,0
100	8,7 a	12,29	1,1
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)
0	(1,3) 7,3 Aa ² (17,97) ³	(1,6) 7,0 Aa (22,19)	(1,1) 9,5 Ba (11,47)
33	(0,6) 8,5 Ab (7,47)	(1,1) 10,5 Bc (10,60)	(1,0) 10,5 Bb (9,31)
66	(1,2) 8,5 Ab (14,29)	(2,2) 11,3 Bc (19,33)	(1,3) 10,8 Bb (11,92)
100	(1,0) 7,7 Aa (13,36)	(0,7) 8,7 Bb (8,05)	(0,3) 9,6 Ca (3,12)

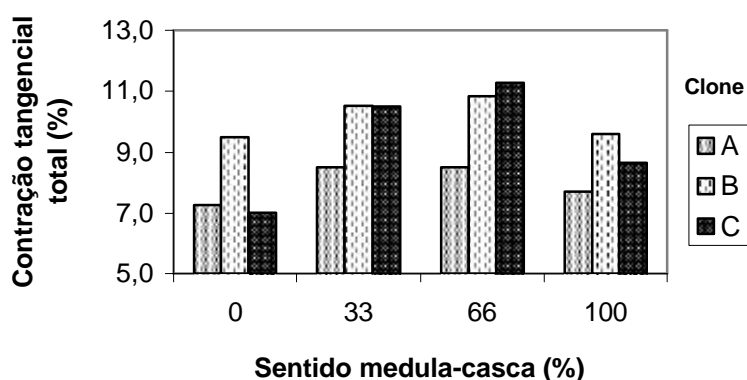
1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

O menor e maior valor de contração tangencial total foram observados nos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos, respectivamente. Em relação à distância radial, sentido medula-casca, o menor e maior valor de contração tangencial total foram observados, respectivamente, na região mais próxima da medula, e na região correspondente ao cerne periférico, a 66% de distância no sentido medula-casca.

Os clones de *E. camaldulensis* e *E. urophylla*, de 8 anos, não apresentaram diferença estatística entre si, mas ambos diferiram do clone de *E. urophylla*, de 6 anos, para a contração tangencial total. As regiões correspondentes a 0 e 100% e as regiões 33 e 66% de distância medula-casca não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Ao longo do sentido medula-casca, observou-se um aumento do valor da contração tangencial total das regiões de 0 até 66%, diminuindo, a partir daí, até a região mais próxima da casca (100%).

Considerando o efeito da interação clone x distância medula-casca, verificou-se que os menores valores da contração tangencial total foram observados, nos três clones, na região mais próxima da medula, destacando-se o clone de *E. camaldulensis* (7,0%). Os maiores valores foram observados na região correspondente a 66% de distância, destacando-se, novamente, o clone de *E. camaldulensis* (11,3%). Em todos os clones, observou-se um aumento do valor da contração tangencial total ao longo do sentido medula casca, da região de 0 até 66%, diminuindo, a partir daí, até a região mais próxima a casca, a 100% de distância.

A tendência de variação da contração tangencial total, ao longo do sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 2.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 2 – Variação da contração tangencial total (%) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Os valores médios da contração tangencial total observada neste trabalho estão próximos dos valores encontrados por Cruz *et al.* (2003) para as madeiras de *E. urophylla* e *E. camaldulensis*, e um pouco abaixo dos encontrados por Oliveira (1997), Scanavaca Junior e Garcia (2004) na madeira de *E. urophylla*. Esta diferença possivelmente se deve à idade, material genético e local de crescimento das árvores.

O clone de *E. camaldulensis* apresentou alto coeficiente de variação (23,58%) na contração tangencial total. Isto é explicado pela alta variabilidade dessa propriedade entre as árvores estudadas, dentro desse clone. Considerando a distância radial no sentido medula-casca, verificou-se que nas regiões correspondentes a 0 e 66% de distância, os coeficientes de variação foram de 21,67 e 19,62%,

respectivamente. Considerando o efeito da interação clone x distância medula-casca, foram também observados altos coeficientes de variação na região mais próxima a medula (0%), nos clones de *E. urophylla*, de 6 anos (17,97%), e de *E. camaldulensis* (22,19%) e na região correspondente a 66% de distância no clone de *E. camaldulensis* (19,33%). Verificou-se alta variabilidade dessa propriedade, entre as árvores estudadas, nas regiões consideradas.

4.3. Contração radial total

Os valores médios da contração radial total para os clones e distância radial, no sentido medula-casca, bem como a interação entre os dois tratamentos estão sumarizados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios de contração radial total (%) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP (%)
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	4,5 a ¹	13,66	0,6
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	5,3 b	25,68	1,4
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	5,9 b	19,88	1,2
Distância medula-casca (%)			
0	4,7 a ¹	23,57	1,1
33	4,5 a	23,61	1,1
66	5,8 b	15,61	0,9
100	5,9 b	20,57	1,2
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)
0	(0,7) 4,6 ABab ² (15,62) ³	(0,9) 4,2 Aa (20,66)	(1,3) 5,4 Bab (24,90)
33	(0,6) 4,1 Aa (14,67)	(1,6) 4,7 ABa (34,17)	(0,6) 4,8 Ba (13,39)
66	(0,4) 4,7 Ab (8,25)	(0,5) 6,6 Cc (7,84)	(0,4) 6,0 Bb (6,15)
100	(0,6) 4,6 Aab (12,50)	(0,6) 5,8 Bb (10,70)	(0,2) 7,2 Cc (3,26)

1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

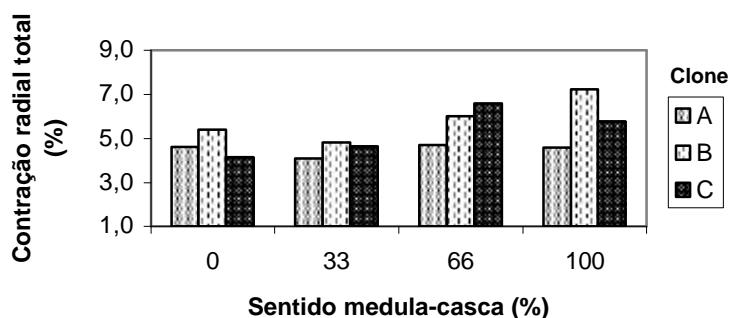
O menor e maior valor de contração radial total foram observados nos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos, respectivamente. Considerando o efeito da distância medula-casca, o menor e maior valor de contração radial total foram observados nas posições de 33 e 100% de distância, respectivamente.

O clone de *E. camaldulensis* e de *E. urophylla*, de 8 anos, não diferiram estatisticamente entre si na contração radial total, mas ambos foram diferentes do clone de *E. urophylla*, de 6 anos. As contrações nas regiões mais próximas da medula (0 e 33%) foram iguais estatisticamente entre si; situação idêntica foi observada nas regiões mais próximas da casca (66 e 100%) também se mostraram estatisticamente iguais entre si. Observou-se uma diminuição do valor da contração radial total da posição correspondente de 0 até 33% e, a partir daí, um aumento até a região mais próxima a casca, a 100% de distância medula-casca.

Considerando a interação clone x distância medula-casca, o menor valor encontrado para contração radial total foi de 4,1% para o clone de *E. urophylla*, de 6 anos, na posição 33% no sentido medula-casca, e 4,2%, para o clone de *E. camaldulensis* na posição mais próxima da casca (0% de distância). O maior valor foi observado no clone *E. urophylla*, de 8 anos (7,2%) na região mais próxima da casca (100%). Os clones apresentaram diferentes tendências de variação da contração radial total, ao longo da distância medula-casca. No clone de *E. urophylla*, de 6 anos, observou-se uma diminuição do valor médio da posição de 0 para 33%, seguido de aumento da posição de 33 para 66% e, finalmente, uma diminuição na posição de 66 para 100%. No clone de *E. camaldulensis*, observou-se um aumento do valor médio na posição de 0 até 66% e, a partir daí, houve uma diminuição até a posição de 100%. No clone de *E. urophylla*, de 8 anos, observou-se uma diminuição do valor médio da posição de 0 para 33% e, a partir daí, houve um aumento até a região mais próxima da casca.

A tendência de variação da contração radial total, ao longo do sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 3.

Os valores médios da contração radial total observada neste trabalho estão próximos dos valores encontrados por Cruz *et al.* (2003) para as madeiras de *E. urophylla* e *E. camaldulensis*, e um pouco abaixo dos encontrados por Oliveira (1997), Scanavaca Junior e Garcia (2004) na madeira de *E. urophylla*. Esta diferença possivelmente se deve à idade, material genético e local de crescimento das árvores.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 3 – Variação da contração radial total (%) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Neste estudo, observou-se que o clone de *E. urophylla*, de 6 anos, não apresentou grandes variações da contração radial total no sentido medula-casca, variando de 4,1 a 4,7%. Esta característica é de grande importância, pois mostra tendência de homogeneidade dessa propriedade nesse clone. Essa mesma tendência de uniformidade também foi verificada por Carmo (1996), estudando a contração radial total da madeira de *E. grandis*.

Os clones de *E. camaldulensis* e *E. urophylla*, de 8 anos, apresentaram altos coeficientes de variação (25,68 e 19,88%, respectivamente), indicando alta variabilidade dessa propriedade entre árvores dentro desses dois clones. Altos coeficientes de variação foram observados também nas regiões correspondentes às posições de 0, 33 e 100% da distância medula-casca (23,57, 23,61 e 20,57%, respectivamente). Considerando a interação clone x distância medula-casca, observaram-se altos coeficientes de variação, acima de 15%, na região mais próxima da medula, em todos os clones, e na região correspondente a 33% de distância, no clone de *E. camaldulensis*, com coeficiente de variação igual a 34,17%. Verificou-se alta variabilidade dessa propriedade entre as árvores estudadas de cada clone, nas regiões consideradas.

4.4. Coeficiente anisotrópico total

Os valores médios de coeficiente anisotrópico total para os clones e distância radial, sentido medula-casca, bem como a interação entre os dois tratamentos, estão sumarizados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores médios do coeficiente anisotrópico total da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	1,8	24,24	0,4
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	1,9	24,22	0,4
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	1,9	31,75	0,6
Distância medula-casca (%)			
0	1,7 b ¹	31,10	0,5
33	2,3 c	19,49	0,4
66	1,8 b	20,04	0,4
100	1,5 a	14,65	0,2
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)
0	(0,4) 1,5 Aa ² (23,31) ³	(0,5) 1,8 Ab (29,34)	(0,7) 1,9 Abc (35,75)
33	(0,4) 2,2 Ab (15,81)	(0,2) 2,2 Ab (8,98)	(0,7) 2,5 Ac (26,67)
66	(0,5) 2,0 Ab (25,04)	(0,3) 1,9 Ab (14,08)	(0,3) 1,7 Ab (17,47)
100	(0,2) 1,7 Ca (14,61)	(0,1) 1,3 Aa (5,20)	(0,1) 1,5 Ba (7,98)

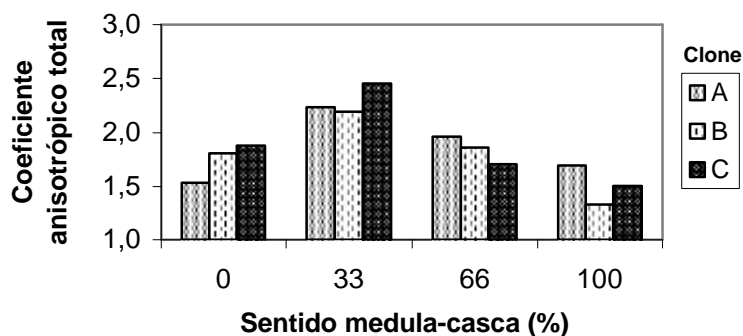
1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão e coeficiente de variação (%), respectivamente.

O menor valor médio correspondente ao coeficiente anisotrópico total foi observado no clone de *E. urophylla*, de 8 anos. O maior valor médio foi observado nos clones de *E. camaldulensis* e *E. urophylla*, de 6 anos. Considerando o efeito da distância medula-casca, o menor e o maior valor do coeficiente anisotrópico total foram observados nas posições correspondentes a 100 e 33% da distância medula-casca, respectivamente.

Quando se analisou o coeficiente anisotrópico total, os clones de *Eucalyptus* estudados não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si, verificado através do teste t, a 5% de probabilidade. Observaram-se diferenças estatísticas significativas ao longo do sentido medula-casca, exceto nas regiões correspondentes a 0 e 66% da distância medula-casca. Houve um aumento do coeficiente anisotrópico total da posição correspondente de 0 até 33% e, a partir daí, observou-se uma diminuição dos valores até a região mais próxima da casca.

Considerando a interação clone x distância medula-casca, o menor valor do coeficiente anisotrópico total foi observado a região mais próxima da casca, no clone de *E. urophylla*, de 8 anos (1,3). Em todos os clones, os maiores valores de coeficiente anisotrópico total foram observados na região correspondente a 33% de distância, no sentido medula-casca, destacando-se *E. camaldulensis*, (2,5). A variação do coeficiente anisotrópico total ao longo do sentido medula-casca mostrou-se semelhante em todos os clones, observando-se um aumento da posição correspondente de 0 para 33% e, a partir daí, uma diminuição dos valores médios até 100%.

A tendência de variação do coeficiente anisotrópico total, ao longo do sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 4.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 4 – Variação do coeficiente anisotrópico total da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Os valores médios do coeficiente anisotrópico total, observados neste trabalho, são similares aos encontrados por Cruz *et al.* (2003), para as madeiras de *E. urophylla* e *E. camaldulensis*, e por Oliveira (1997), Scanavaca Junior e Garcia (2004), para a madeira de *E. urophylla*. O coeficiente anisotrópico total não se mostrou um parâmetro seguro de avaliação da qualidade da madeira sólida quando analisada de maneira isolada. As madeiras apresentaram alta contração tangencial e radial, mas relativamente um baixo coeficiente anisotrópico. Isto é explicado por uma simples relação matemática, onde altos valores dos numeradores e denominadores resultaram em valores reduzidos.

Os três clones de eucalipto apresentaram altos coeficientes de variação. Considerando o efeito isolado da posição radial, sentido medula-casca, também observou-se altos coeficientes de variação nas regiões correspondentes a 0, 33 e 66% da distância medula-casca, todos com coeficiente de variação acima de 15%. Considerando a interação clone x distância medula-casca, observaram-se altos coeficientes de variação na região mais próxima a medula (0% de distância) em todos os clones e nas regiões correspondentes a 33 e 66% de distância no clone de *E. camaldulensis* e de *E. urophylla*, de 6 anos. Apesar do coeficiente anisotrópico ser uma propriedade estimada e não medida, através de um ensaio, pode-se verificar altos coeficientes de variação, indicando alta variabilidade da madeira entre árvores nos clones avaliados.

4.5. Contração volumétrica parcial

Os valores médios da contração volumétrica parcial para os clones e distância radial, sentido medula-casca, bem como a interação entre os dois tratamentos, estão sumarizados na Tabela 5.

O menor e o maior valor da contração volumétrica parcial foram observados nos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos, respectivamente. Considerando a distância medula-casca, o menor e maior valor de contração volumétrica parcial foram observados nas posições correspondentes a 100 e 66% da distância medula-casca, respectivamente.

Não se observaram diferenças estatísticas entre os clones de *E. urophylla*, de 8 anos e *E. camaldulensis*, mas ambos diferiram do clone de *E. urophylla*, de 6 anos. As regiões correspondentes a 0 e 100% da distância medula-casca, bem como as regiões 33 e 66% de distância, não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Ao longo do sentido medula-casca, observou-se um aumento do valor médio de contração volumétrica parcial da posição de 0 até 66%, diminuindo, a partir daí, até a região mais próxima da casca.

Considerando a interação clone x distância medula-casca, observou-se a menor contração volumétrica parcial no clone de *E. urophylla*, de 6 anos (7,1%), na região mais próxima da casca. No clone de *E. camaldulensis*, a menor contração volumétrica parcial foi observada na região mais próxima da medula (7,6%). Observaram-se os maiores valores de contração volumétrica parcial na posição

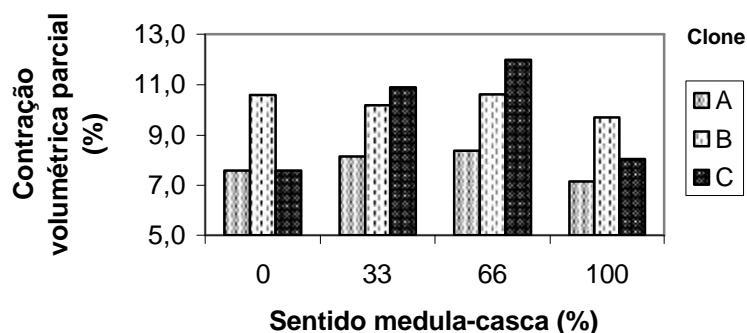
Tabela 5 – Valores médios de contração volumétrica parcial (%) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP (%)
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	7,8 a ¹	15,00	1,2
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	9,6 b	26,25	2,5
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	10,3 b	13,84	1,4
Distância medula-casca (%)			
0	8,6 a ¹	22,83	2,0
33	9,7 b	18,85	1,8
66	10,3 b	22,26	2,3
100	8,3 a	18,07	1,5
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E. urophylla</i> (6 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)
0	(1,3) 7,6 Aab ² (16,71) ³	(0,9) 7,6 Aa (11,57)	(1,8) 10,6 Ba (17,21)
33	(1,0) 8,2 Ab (12,35)	(1,9) 10,9 Bb (17,45)	(1,3) 10,2 Ba (12,93)
66	(0,9) 8,4 Ab (10,67)	(2,4) 12,0 Bb (20,42)	(1,7) 10,6 Ba (15,65)
100	(1,2) 7,1 Aa (16,83)	(1,4) 8,1 Aa (17,03)	(0,4) 9,7 Ba (4,61)

1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

correspondente a 66% de distância, no sentido medula-casca, em todos os clones, destacando-se o clone de *E. camaldulensis* (12,0%). Observaram-se diferentes tendências de variação ao longo do sentido medula-casca nos clones estudados. Nos clones de *E. urophylla*, de 6 anos, e *E. camaldulensis* observou-se um aumento da contração volumétrica parcial da posição correspondente a 0 até 66% e, a partir daí, uma diminuição até 100%, no sentido medula-casca. No clone de *E. urophylla*, de 8 anos, observou-se um decréscimo da posição de 0 para 33% e 66 para 100%, embora fosse observado um aumento da posição de 33 para 66%, no sentido medula-casca.

A tendência de variação da contração volumétrica parcial, ao longo do sentido radial, nos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 5.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 5 – Variação da contração volumétrica parcial (%) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Os valores médios de contração volumétrica parcial, observados neste trabalho, estão próximos dos valores encontrados por Sousa Júnior (2004), na madeira de *E. urophylla*.

O clone de *E. camaldulensis* apresentou alto coeficiente de variação (26,25%), indicando uma alta variabilidade dessa propriedade entre as árvores desse clone. Considerando o efeito da variação no sentido radial, observaram-se altos coeficientes de variação ao longo do sentido medula-casca. Considerando a interação clone x distância medula-casca, observou-se alto coeficiente de variação nas posições de 0 e 100% da distância medula-casca no clone de *E. urophylla*, de 6 anos, nas posições de 33, 66 e 100% de distância no clone de *E. camaldulensis*, e nas posições de 0 e 66% de distância no clone de *E. urophylla*, de 8 anos. Verificou-se uma alta variabilidade entre as árvores desses clones nessas regiões consideradas.

4.6. Contração tangencial parcial

Os valores médios da contração tangencial parcial para os clones e distância radial, sentido medula-casca, bem como a interação entre os tratamentos, estão sumarizados na Tabela 6.

O menor e o maior valor da contração tangencial parcial foram observados nos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos, respectivamente. Considerando a variação no sentido medula-casca, o menor e o maior valor de contração tangencial parcial foram observados nas posições correspondentes a 100 e 33% de distância, no sentido medula-casca, respectivamente.

Tabela 6 – Valores médios de contração tangencial parcial (%) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP (%)
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	5,3 a ¹	20,60	1,1
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	6,4 b	32,29	2,1
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	6,9 b	17,36	1,2
Distância medula-casca (%)			
0	5,4 a ¹	29,49	1,6
33	7,1 b	20,53	1,5
66	7,0 b	22,61	1,6
100	5,2 a	16,95	0,9
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)
0	(1,2) 4,6 Aa ² (25,05) ³	(1,3) 4,7 Aa (27,77)	(1,2) 6,9 Bab (17,96)
33	(0,7) 5,9 Ab (11,57)	(1,6) 8,0 Bb (20,09)	(1,0) 7,4 Bb (13,57)
66	(0,9) 5,9 Ab (14,89)	(1,9) 7,7 Bb (24,39)	(1,3) 7,5 Bb (17,15)
100	(1,0) 4,8 Aa (20,95)	(0,8) 5,0 Aa (15,93)	(0,4) 5,9 Ba (6,30)

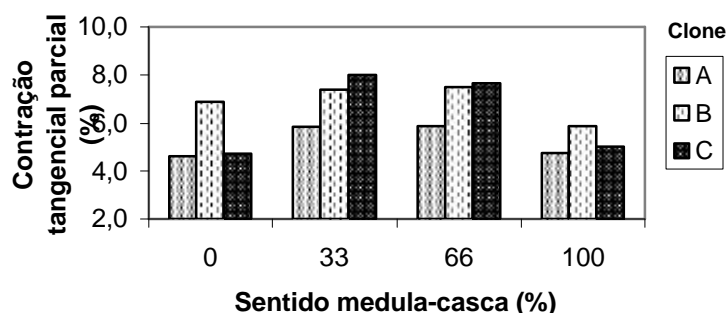
1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Os clones de *E. camaldulensis* e de *E. urophylla*, de 8 anos, não apresentaram diferença estatística significativa entre si, mas ambos diferiram do clone de *E. urophylla*, de 6 anos. Com relação à variação radial no sentido medula-casca, não se observaram diferenças estatísticas entre as posições 0 e 100%, bem como entre as regiões 33 e 66%. Observou-se um aumento do valor da contração tangencial parcial de 0 até 33%, diminuindo, a partir daí, até região mais próxima a casca, ou seja, até 100% de distância, no sentido medula-casca.

Considerando a interação clone x distância medula-casca, em todos os clones, o menor valor para contração tangencial parcial foi observado no clone de *E. urophylla*, de 6 anos, na região mais próxima da medula (4,6%). O maior valor foi observado no clone *E. camaldulensis*, na posição correspondente a 33%, no sentido medula-casca (8,0%). Nos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos, observou-se a

mesma tendência, ou seja, um aumento da contração tangencial parcial, da posição de 0 até 66% e, a partir daí, um decréscimo até próximo a casca, ou seja, até 100% da distância, no sentido medula-casca. No clone de *E. camaldulensis* observou-se um aumento da contração tangencial parcial da posição de 0 a 33%, seguido de decréscimo da posição de 33 até 100% de distância, no sentido medula-casca.

A tendência de variação da contração tangencial parcial dos clones de eucalipto estudados, ao longo do sentido medula-casca, pode ser vista na Figura 6.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 6 – Variação da contração tangencial parcial (%) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Os valores médios de contração tangencial parcial, observados neste trabalho, estão próximos dos valores encontrados por Sousa Júnior (2004), na madeira de *E. urophylla*.

Observaram-se altos coeficientes de variação nos três clones e nas quatro posições radiais, todos acima de 15%, indicando alta variabilidade dessa propriedade entre árvores nos clones estudados. Considerando a interação clone x distância medula-casca, observaram-se altos coeficientes de variação nas posições de 0 e 100% no sentido medula-casca no clone de *E. urophylla*, de 6 anos, nas posições de 0 e 66%, no clone de *E. urophylla*, de 8 anos, e em todas as posições radiais no clone de *E. camaldulensis*. Conclui-se que existe uma alta variabilidade entre árvores, dentro de cada clone, para essas regiões consideradas.

4.7. Contração radial parcial

Os valores médios da contração radial parcial para os clones e distância radial, no sentido medula-casca, bem como a interação entre os dois tratamentos, estão sumarizados na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores médios de contração radial parcial (%) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP (%)
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	2,6 a ¹	26,18	0,7
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	3,0 b	32,03	1,0
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	3,4 b	20,32	0,7
Distância medula-casca (%)			
0	2,9 ab ¹	33,16	1,0
33	2,5 a	25,74	0,7
66	3,4 c	21,36	0,7
100	3,1 bc	25,41	0,8
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)
0	(0,9) 3,0 ABb ² (30,88) ³	(0,8) 2,4 Aa (34,47)	(0,9) 3,5 Bbc (26,00)
33	(0,6) 2,3 Aa (23,87)	(0,9) 2,6 Aa (35,32)	(0,3) 2,7 Aa (12,05)
66	(0,5) 2,7 Aab (17,47)	(0,5) 4,2 Cb (11,10)	(0,4) 3,4 Bb (10,76)
100	(0,5) 2,4 Aa (22,78)	(0,4) 2,9 Ba (14,23)	(0,2) 4,0 Cc (4,62)

1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% (p>0,05).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% (p>0,05).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

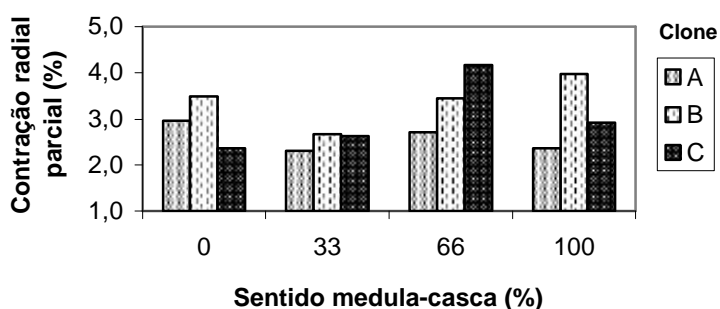
A menor e a maior contração radial parcial foram observadas nos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos, respectivamente. O menor e o maior valor de contração radial parcial foram observados nas posições correspondentes a 33 e 66%, no sentido medula-casca, respectivamente.

O clone de *E. camaldulensis* e de *E. urophylla*, de 8 anos, não apresentaram diferença estatística significativa entre si, mas ambos diferiram do clone de

E. urophylla, de 6 anos. No sentido medula-casca, não se observaram diferenças estatísticas significativas entre as posições 0 e 33%, 0 e 100% e 66 e 100%. Verificou-se uma diminuição da contração radial parcial, ao longo do sentido medula-casca, da posição de 0 até 33%, seguido de aumento da posição de 33 até 66%, com novo decréscimo da posição de 66 até 100%.

Considerando a interação clone x distância medula-casca, observaram-se diferentes tendências de variação ao longo da posição radial, no sentido medula-casca. No clone de *E. urophylla*, de 6 anos, a menor contração radial parcial (2,3%) foi observada na posição correspondente a 33% de distância medula-casca e a maior contração (3,0%), na região mais próxima da medula, na posição de 0% de distância. Neste clone, observou-se uma diminuição da contração radial parcial da posição de 0 até 33%, seguida de um aumento da posição de 33 até 66%, com nova queda da posição de 66 até 100%. No clone de *E. camaldulensis*, a menor contração radial parcial (2,4%) foi observada na região mais próxima da medula, na posição 0% no sentido medula-casca, e a maior (4,2%), na posição de 66% de distância. Neste clone, observou-se um aumento da contração radial parcial da posição de 0 até 66%, com decréscimo da posição de 66 para 100%. No clone de *E. urophylla*, de 8 anos, a menor contração radial parcial (2,7%) foi observada na posição de 33% de distância medula-casca e a maior (4,0%), na posição de 100% de distância. Neste clone, observou-se uma diminuição da contração radial parcial na posição de 0 para 33% e, a partir daí, um aumento dos valores até a região mais próxima da casca, ou seja, até 100%.

A tendência de variação da contração radial parcial, ao longo do sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 7.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 7 – Variação da contração radial parcial (%) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Os valores médios da contração radial parcial, observados neste trabalho, estão próximos dos encontrados por Sousa Júnior (2004), na madeira de *E. urophylla*.

Como observado na contração radial total, a contração radial parcial da madeira de *E. urophylla*, de 6 anos, apresentou menor variação dos valores médios no sentido medula-casca, variando de 2,3 a 3,0%. Percebeu-se uma menor variação desta propriedade no sentido medula-casca, em relação aos demais clones estudados neste trabalho.

A massa específica da madeira pode estar influenciando os valores médios das contrações volumétrica, tangencial e radial, tanto total quanto parcial, pois a menor massa específica (Tabelas 1 e 2) e menores contrações foram observadas no clone de *E. urophylla*, de seis, seguida pelo clone de *E. camaldulensis*. Os maiores valores médios de massa específica e contrações totais e parciais foram observados no clone de *E. urophylla*, de 8 anos.

Observaram-se altos valores de coeficientes de variação nos três clones estudados, indicando alta variabilidade entre árvores, para essa propriedade, dentro dos clones. Observaram-se altos valores de coeficientes de variação no sentido medula-casca, indicando alta variabilidade dessa propriedade entre os três clones estudados. Considerando a interação clone x distância medula-casca também se observaram altos coeficientes de variação em todos os clones. Na posição mais próxima da medula, em todos os clones, o coeficiente de variação foi alto. Na posição de 33%, no sentido medula-casca, também se observaram altos coeficientes de variação, nos clones de *E. urophylla*, de 6 anos, e de *E. camaldulensis*. No clone de *E. urophylla*, de 6 anos, em todas as posições no sentido radial, os coeficientes de variação foram altos, acima de 15%. Isto indica alta variabilidade entre árvores para a contração radial parcial, ao longo do sentido medula-casca.

4.8. Coeficiente anisotrópico parcial

Os valores médios do coeficiente anisotrópico parcial para os clones e distância radial, sentido medula-casca, bem como a interação entre os dois tratamentos, estão sumarizados na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores médios do coeficiente anisotrópico parcial da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	2,1	29,55	0,6
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	2,1	41,46	0,9
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	2,2	29,38	0,7
Distância medula-casca (%)			
0	1,9 ab ¹	39,96	0,8
33	2,8 c	22,94	0,6
66	2,2 b	23,00	0,5
100	1,7 a	25,88	0,4
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (8 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (6 anos)
0	(0,7) 2,0 Ab ² (35,37) ³	(1,0) 2,0 Aab (46,96)	(0,6) 1,7 Aa (34,78)
33	(0,4) 2,8 Ac (13,31)	(1,0) 2,9 Ab (34,51)	(0,4) 2,7 Ac (14,12)
66	(0,3) 2,2 Bb (11,81)	(0,4) 1,9 Aa (22,66)	(0,6) 2,4 Bbc (27,26)
100	(0,1) 1,5 Aa (6,48)	(0,3) 1,6 Aa (21,36)	(0,5) 2,1 Bb (24,72)

1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p>0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão e coeficiente de variação (%), respectivamente.

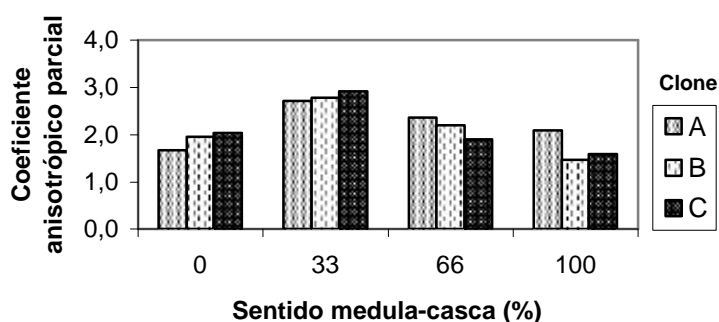
Os menores coeficientes anisotrópicos parciais foram encontrados nos clones de *E. urophylla*, de 8 anos, e *E. camaldulensis*, ambos com o valor médio de 2,1. O maior coeficiente anisotrópico parcial (2,2) foi observado no clone de *E. urophylla*, de 6 anos. Considerando a variação radial no sentido medula-casca, o menor e o maior coeficiente anisotrópico foram observados nas posições de 100 e 33%, respectivamente, no sentido medula-casca.

Não se observaram diferenças estatísticas entre os clones. Considerando a variação radial no sentido medula-casca, também não se observaram diferenças estatísticas significativas entre as posições correspondentes a 0 e 100% e entre 0 e 66%, mas houve diferenças estatísticas entre a posição de 33% e as demais regiões ao longo do sentido medula-casca, bem como entre as posições de 66 e 100%. Observou-se um aumento do coeficiente anisotrópico parcial da posição de 0 para

33% e, a partir daí, uma diminuição até a posição mais próxima da casca, a 100% no sentido medula-casca.

Considerando o efeito do clone x distância medula-casca, os menores coeficientes anisotrópicos parciais foram observados na posição mais próxima da casca, nos clones de *E. urophylla*, de 8 anos (1,5) e *E. camaldulensis* (1,6) e na região mais próxima da medula do clone de *E. urophylla*, de 6 anos (1,7). Os maiores valores foram observados na posição correspondente a 33% da medula em direção à casca, em todos os clones, destacando-se *E. camaldulensis* (2,9). Em todos os clones, observou-se a mesma tendência: um aumento do coeficiente anisotrópico parcial da posição de 0 para 33%, seguido de um decréscimo até a região mais próxima da casca..

A tendência de variação do coeficiente anisotrópico parcial, ao longo do sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 8.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 8 – Variação do coeficiente anisotrópico parcial da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Os valores médios do coeficiente anisotrópico parcial observados neste trabalho são similares aos encontrados por Sousa Júnior (2004) para a madeira de *E. urophylla*.

Observaram-se altos coeficientes de variação para o coeficiente anisotrópico parcial, todos acima de 15%, nos clones e nas posições radiais, sentido medula-casca. Considerando a interação clone x distância medula-casca, também se observaram altos coeficientes de variação na posição radial de 0%, no clone de *E. urophylla*, de 8 anos, em todas as posições radiais no clone de *E. camaldulensis*, e nas posições de 0, 66 e 100% no clone de *E. urophylla*, de 6 anos. Concluiu-se que existe uma alta variabilidade dessa propriedade dentro dos clones e nas regiões radiais estudadas, no sentido medula-casca.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nos estudos de retratibilidade total e parcial, a 12% de umidade, da madeira dos clones estudados neste trabalho, pode-se concluir que:

- A madeira dos clones de *Eucalyptus* estudados apresenta altas contrações volumétricas e lineares, característica comum e amplamente divulgada na literatura para as madeiras de eucalipto.

- O coeficiente anisotrópico é um parâmetro inseguro para ser utilizado na seleção de madeiras de eucalipto com baixas contrações lineares.

- As contrações volumétricas e lineares da madeira de eucalipto são variáveis, em magnitudes, entre clones, dentro de cada clone e no sentido medula-casca.

- Existe grande variabilidade entre as árvores selecionadas dentro de cada clone, para as contrações volumétricas e lineares, confirmada pelos altos coeficientes de variação.

CAPÍTULO 5

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À FLEXÃO ESTÁTICA DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. E *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, ORIUNDA DE CONSÓRCIO AGROSSILVIPASTORIL

1. INTRODUÇÃO

Propriedades mecânicas podem ser definidas como sendo aquelas relacionadas com o comportamento elástico e inelástico de um material quando nele são aplicadas forças. Segundo Tsoumis (1991), as propriedades mecânicas da madeira são a medida da sua resistência a forças exteriores que tendem a deformar a sua massa. A resistência da madeira para tais forças depende da magnitude das mesmas e da maneira como é feito o carregamento. Segundo Sousa Júnior (2004), devem ser conhecidos os esforços a que a madeira está submetida, na maioria das situações em que é utilizada. Justifica-se o interesse pela determinação das propriedades mecânicas da madeira, a fim de possibilitar o correto dimensionamento dos vários componentes que formam o conjunto estrutural.

Segundo Kollmann e Côté (1968) e Forest Products Laboratory (1999), as propriedades mecânicas da madeira são fortemente influenciadas por fatores diversos, como idade da árvore, ângulo da grã, teor de umidade, temperatura, constituintes químicos, apodrecimento, massa específica, constituição anatômica, duração da tensão e da deformação, radiação nuclear, falhas na madeira, presença de nós e outros defeitos. Tal número de variáveis permite concluir que a madeira é um material de comportamento extremamente complexo.

Segundo Moreira (1999), a fibra é considerada a fonte de elasticidade e de resistência da madeira; a sua estrutura tubular e a sua constituição polimérica são responsáveis pela maioria das propriedades físicas e químicas. Como material anisotrópico, a madeira possui propriedades mecânicas únicas e independentes nas direções dos três eixos ortogonais. As suas propriedades, portanto, variam com a direção da carga aplicada em cada um dos seus três eixos.

Rocha *et al.* (1988) ressaltam que o termo resistência, aplicado nos materiais como a madeira, significa a habilidade que tem o material de resistir a forças externas ou cargas, tendendo a alterar seu tamanho e sua forma. A carga aplicada a um corpo sólido induz a uma força interna de um corpo, conhecida como tensão. As alterações de tamanho e forma são conhecidas como deformações. A deformação é proporcional ao carregamento aplicado até chegar a um ponto em que esta proporcionalidade deixa de existir. Este ponto é conhecido como limite de proporcionalidade. Além deste limite, apenas um pequeno incremento de carga é suficiente para provocar uma deformação irrecuperável, chegando até a ruptura. O limite de resistência e o comportamento elástico são características próprias de cada material e, na madeira, de cada espécie. O ângulo formado pela linha reta entre dois pontos arbitrários e a abscissa no diagrama carga x deformação, dentro do limite de proporcionalidade, é conhecido como módulo de elasticidade. O módulo de elasticidade mede a rigidez dos materiais e expressa o esforço hipotético onde um corpo de 1 centímetro quadrado de área transversal pode ser estendido ao dobro do comprimento original. Na realidade, o valor real do módulo de elasticidade é impossível de ser atingido, pois nunca se conseguirá uma deformação da grandeza do comprimento do próprio corpo; por certo, antes que tal situação aconteça, ocorrerá à ruptura do material.

A resistência à flexão ou módulo de ruptura é uma das mais importantes propriedades da madeira como material construtivo, sendo o fator primordial na construção de casas, pontes, telhados, construções marítimas e demais construções de madeira, como, por exemplo, no dimensionamento de vigas (OLIVEIRA, 1997). A resistência de uma peça de madeira submetida à flexão é expressa em termos de esforços por unidade de área, através do módulo de ruptura, representando o máximo esforço que é aplicado sobre as fibras nos extremos superior e inferior da seção transversal da peça. Os valores do módulo de ruptura são utilizados para a obtenção de tensões admissíveis para diversas formas de utilização da madeira (Matos, 1997, citado por SILVA, 2002).

O módulo de ruptura e o módulo de elasticidade são dois parâmetros normalmente determinados nos testes de flexão estática e são de grande importância na caracterização tecnológica da madeira; ambos dão uma boa aproximação da resistência do material, constituindo-se, na prática, parâmetros de grande aplicação na classificação dos materiais (MOREIRA, 1999). Segundo Tsoumis (1991), a massa específica, a retratibilidade, o módulo de ruptura e o módulo de elasticidade são considerados os mais importantes parâmetros físicos-mecânicos para caracterização da madeira sólida. Os seus valores expressam a combinação de diversos fatores, incluindo a constituição morfológica, anatômica e química da madeira.

Muitos trabalhos na literatura têm registrado uma grande amplitude de valores de módulo de ruptura e elasticidade da madeira de várias espécies de eucalipto, conforme registrado por Oliveira (1997), Moreira (1999), Berger (2000), Xavier (2001), Rodrigues (2002), Silva (2002), Caixeta *et al.* (2003), Cruz *et al.* (2003), Serpa *et al.* (2003), Scanavaca Junior e Garcia (2004) e Sousa Júnior (2004). Estes estudos indicam uma ampla variedade de valores de módulos de ruptura e elasticidade, variando de baixa a alta resistência aos esforços de flexão estática.

Cruz *et al.* (2003) estudaram os módulos de ruptura (MOR) e elasticidade (MOE) da madeira de seis clones de *E. urophylla* e de um clone de *E. camaldulensis*, com idades de 5,5 e 10,5 anos. Observaram o valor médio geral de MOR igual a 94 MPa, variando de 78 a 108 MPa, e de MOE igual a 15.044 MPa, variando de 8.768 a 19.670 MPa. Os mesmos autores observaram na madeira de *E. camaldulensis*, de 5,5 anos, um valor médio MOR e MOE iguais a 97 MPa e 14.475 MPa, respectivamente. Scanavaca Junior e Garcia (2004), encontraram na madeira de *E. urophylla* um valor médio de MOR igual a 126,6 MPa, numa amplitude de 69,13 MPa a 170,08 MPa, e de MOE igual a 17.738 MPa, com amplitude de 9.494 MPa a 25.340 MPa.

Na literatura, são registradas algumas tendências de variação de módulo de ruptura e módulo de elasticidade, no sentido medula-casca, para várias espécies de eucalipto. Moreira (1999), Lima *et al.* (2000), Silva (2002) e Serpa *et al.* (2003) registraram um aumento dos valores do módulo de ruptura e elasticidade ao longo do sentido medula-casca. Della Lucia e Vital (1983), Oliveira (1997) registraram valores crescentes de MOE e MOR da medula até certa região radial, seguida de decréscimo nas regiões mais próximas da casca. Sousa Júnior (2004) observou as duas tendências de variação medula-casca, descritas acima nas madeiras de *E. cloeziana* e *E. urophylla*.

Cruz *et al.* (2003) registraram um aumento do módulo de ruptura no sentido medula-casca. Os autores também observaram um clone de *E. urophylla* apresentando maior valor médio de módulo de ruptura em relação ao clone de *E. camaldulensis*, tendo esses dois clones a mesma idade (5,5 anos) e mesmo espaçamento (10 x 4 metros). Sousa Júnior (2004) também observou tendência de aumento dos valores de módulo de ruptura no sentido medula-casca, com uma tendência de queda dos valores médios mais próximos da casca. A tendência de aumento dos valores médios do módulo de elasticidade no sentido medula-casca foi observado também por Cruz *et al.* (2003) e Sousa Júnior (2004), em *E. urophylla*, e por Cruz *et al.* (2003), em *E. camaldulensis*.

2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo determinar a resistência mecânica à flexão estática da madeira de um clone de *E. camaldulensis* e de dois clones de *E. urophylla*, avaliando-se o efeito do clone, da distância medula-casca e da interação clone x distância, no sentido medula-casca.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para o ensaio de resistência à flexão estática, utilizou-se a primeira tora de cada uma das árvores (seis por clone), correspondente à parte mais basal da árvore, com comprimento total de seis metros. Posteriormente, essa tora foi dividida em duas seções de três metros, para fins operacionais de desdobro. Do terço superior da prancha diametral de cada seção tomaram-se três regiões radiais equidistantes (0, 50 e 100%) de distância no sentido medula-casca, totalizando 108 amostras. As amostras foram confeccionadas com formato retangular, apresentando dimensões de 2,0 x 2,0 x 40,0 cm, sendo a última medida no sentido longitudinal. Os testes de resistência à flexão estática foram realizados numa máquina universal de ensaios, gerenciada por um computador. Os parâmetros determinados nesse ensaio foram o módulo de ruptura à flexão estática, em kgf/cm^2 , e o módulo de elasticidade à flexão estática, em kgf/cm^2 .

O ensaio consistiu em aplicar uma força no meio do comprimento da amostra, que estava apoiado nas duas extremidades da peça de apoio da máquina, com vão livre de 24,0 cm. A força foi aplicada tangencialmente aos anéis de crescimento da madeira e a flecha foi medida com auxílio de um relógio digital, com sensibilidade de 0,01 mm. A força foi aumentada, de forma gradativa e constante, permitindo a medição da flecha a cada aumento de 10 kgf de força até o rompimento da peça. A partir dos dados obtidos, foi feito um gráfico (x = deformação e y = força). O trecho onde esse gráfico se comportou como uma reta, ou seja, onde a deformação foi proporcional à força, foi utilizado para determinar o módulo de elasticidade, através do coeficiente angular da reta, dada pela equação:

$$P = A + Bf$$

em que

P = força aplicada, em kgf;

A = coeficiente linear da reta;

B = coeficiente angular da reta; e

f = valor da deformação, em cm.

O módulo de ruptura à flexão estática foi fornecido diretamente pelo computador, sendo calculado pela seguinte fórmula:

$$f_m = \frac{3PL}{2a^3}$$

em que

f_m = módulo de ruptura à flexão estática, em kgf/cm²;

P = força aplicada no instante da ruptura, em kgf;

L = vão livre da amostra, de dimensão de 24 cm; e

a = lado da seção transversal da peça, de dimensão de 2 cm.

O módulo de elasticidade à flexão estática foi calculado através da seguinte fórmula:

$$E_F = \frac{\Delta PL^3}{4 \times \Delta_L bh^3}$$

em que

E_f = módulo de elasticidade à flexão estática, em kgf/cm²;

? P = P₂ - P₁, ou diferença entre duas cargas na região elástica, em kgf;

? L = L₂ - L₁, ou diferença entre as deformações correspondentes às cargas P₂ e P₁, em cm.

L = vão livre da amostra = 24 cm;

b = base da seção transversal, de dimensão de 2,0 cm; e

h = base da seção transversal, de dimensão de 2,0 cm.

Os valores obtidos nos ensaios de resistência mecânica foram obtidos a 12% de umidade, conforme recomendação da norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Módulo de ruptura em flexão estática

Os valores médios do módulo de ruptura em flexão estática para os clones e distância radial, no sentido medula-casca, bem como a interação entre os dois tratamentos, estão sumarizados na Tabela 1.

O menor e o maior valor médio do módulo de ruptura foram observados nos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos, respectivamente. Considerando o efeito da distância no sentido medula-casca, o menor e o maior valor médio do módulo de ruptura foram observados, respectivamente, na região mais próxima da medula (0%) e na região mais próxima da casca (100%).

Estatisticamente, não se observaram diferenças entre os clones de *E. urophylla*, de 6 anos e de *E. camaldulensis*, mas ambos diferiram do clone de *E. urophylla*, de 8 anos, no módulo de ruptura. Em relação à distância medula-casca, verificaram-se diferenças estatísticas entre as três regiões radiais.

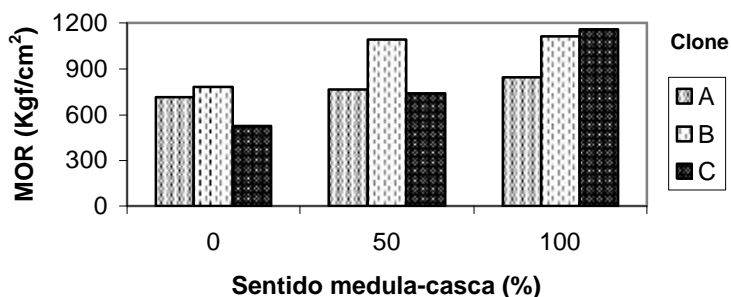
Considerando a interação clone x distância, no sentido medula-casca, os menores valores de módulo de ruptura foram observados na região mais próxima da medula, em todos os clones, destacando-se o clone de *E. camaldulensis* (527 kgf/cm²). Os maiores valores foram observados na região mais próxima da casca, destacando-se novamente o clone de *E. camaldulensis* (1160 kgf/cm²). Em todos os clones, observou-se a mesma tendência, com um aumento do módulo de ruptura ao longo do sentido medula-casca.

Tabela 1 – Valores médios de módulo de ruptura em flexão estática (kgf/cm²) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

Clone	Média	CV (%)	DP (kgf/cm ²)
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	776 a ¹	12,15	94
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	810 a	34,60	280
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	994 b	18,95	188
Distância medula-casca (%)			
0	675 a ¹	22,19	150
50	867 b	21,46	186
100	1039 c	15,57	162
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)
0	(67) 717 Ba ² (9,30) ³	(76) 527 Aa (14,40)	(153) 780 Ca (19,58)
50	(75) 767 Aa (9,84)	(109) 742 Ab (14,75)	(99) 1091 Bb (9,07)
100	(96) 844 Ab (11,36)	(78) 1160 Bc (6,74)	(68) 1112 Bb (6,08)

1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (kgf/cm²) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

A tendência de variação do módulo de ruptura em flexão estática, ao longo do sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 1.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 1 – Variação do módulo de ruptura em flexão estática (kgf/cm²) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Os valores médios do módulo de ruptura estão em conformidade com trabalhos citados na literatura.

Forest Products Laboratory (1999) mostra que, para um estudo baseado em 50 espécies, o coeficiente de variação do módulo de ruptura à flexão estática fica próximo de 16%. Pelos dados da Tabela 1, considerando efeitos isolados, os clones de *E. urophylla*, de 8 anos, e de *E. camaldulensis* apresentaram alto coeficiente de variação (18,95 e 34,60%, respectivamente), indicando uma alta variação do módulo de ruptura entre as árvores estudadas, dentro desses clones. Considerando o efeito da distância radial, no sentido medula-casca, também se observaram valores altos de coeficiente de variação a 0 e 50% de distância.

4.2. Módulo de elasticidade em flexão estática

Os valores médios do módulo de elasticidade em flexão estática para os clones e distância radial, no sentido medula-casca, bem como a interação entre os dois tratamentos, estão sumarizados na Tabela 2.

O menor e maior valor médio do módulo de elasticidade foram observados nos clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos, respectivamente. Considerando o efeito da distância no sentido medula-casca, o menor e o maior valor médio do módulo de elasticidade foram observados, respectivamente, nas posições correspondentes a 0 e 100% de distância, no sentido medula-casca.

Verificou-se que os clones de *E. urophylla*, de 6 anos, e de *E. camaldulensis*, não apresentaram diferenças estatísticas entre si, mas ambos diferiram do clone de *E. urophylla*, de 8 anos. Tais diferenças estatísticas foram observadas entre as regiões radiais.

Considerando a interação clone x distância no sentido medula-casca, os menores valores do módulo de elasticidade foram verificados mais próximos da medula, na posição 0%, destacando-se o clone de *E. camaldulensis* (69.329 kgf/cm²). Os maiores valores do módulo de elasticidade foram verificados mais próximos da casca, na posição 100%, destacando-se o clone de *E. urophylla*, de 8 anos (178.715 kgf/cm²). Em todos os clones se observou a mesma tendência de aumento dos valores médios do módulo de elasticidade ao longo da seção radial, no sentido medula-casca.

Tabela 2 – Valores médios do módulo de elasticidade em flexão estática (kgf/cm²) da madeira por clone e distância radial no sentido medula-casca

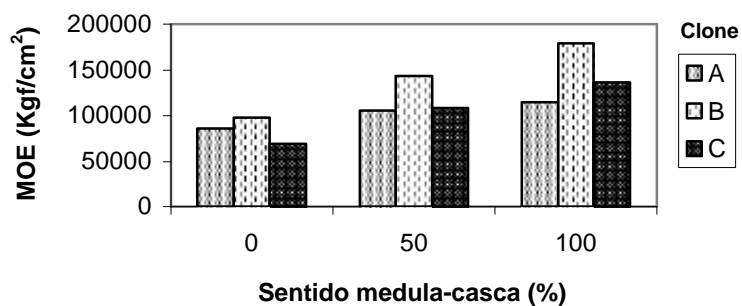
Clone	Média	CV (%)	DP (kgf/cm ²)
<i>E. urophylla</i> (6 anos)	102.031 a ¹	22,27	22.723
<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	104.846 a	32,62	34.202
<i>E. urophylla</i> (8 anos)	139.899 b	28,63	40.058
Distância medula-casca (%)			
0	84.346 a ¹	24,57	20.725
50	119.209 b	24,23	28.881
100	143.222 c	23,57	33.762
Interação clone x distância medula-casca (%)			
Distância medula-casca (%)	Clone		
	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E. camaldulensis</i> (10 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)
0	85.986 Ba ² (18,19) ³ (27.223)	69.329 Aa (19,07) (20.719)	97.724 Ba (22,95) (23.068)
50	105.663 Ab (25,76)	108.706 Ab (19,06)	143.259 Bb (16,10)
100	114.446 Ab (12,16)	136.504 Bc (18,42)	178.715 Cc (12,18)

1. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
2. Médias ao longo das linhas, seguidas de mesmas letras maiúsculas, e ao longo das colunas, seguidas de mesmas letras minúsculas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste t de Student, para amostras independentes, com significância de 5% ($p > 0,05$).
3. Valores entre parêntesis acima e abaixo do valor médio central correspondem ao desvio padrão (kgf/cm²) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Os valores médios do módulo de elasticidade estão em conformidade com trabalhos citados na literatura.

Forest Products Laboratory (1999) mostra que para um estudo baseado em 50 espécies, o coeficiente de variação do módulo de elasticidade em flexão estática fica próximo de 22%. Conforme pode ser visto na Tabela 2, considerando o efeito do clone, os clones de *E. camaldulensis* e de *E. urophylla*, de 8 anos, apresentaram elevados coeficientes de variação (32,62 e 28,63%). Isso indica uma alta variabilidade do módulo de elasticidade entre árvores dentro desses clones. Considerando o efeito da distância no sentido medula-casca também foram observados altos coeficientes de variação nas três regiões radiais. Considerando o efeito da interação clone x distância medula-casca, também se observaram altos coeficientes de variação no clone de *E. urophylla*, de 8 anos, na posição de 0%, e no clone de *E. urophylla*, de 6 anos, na posição de 50%. Isto pode ser explicado pela maior variabilidade entre árvores, dentro desses clones, nas regiões consideradas.

A tendência de variação do módulo de elasticidade em flexão estática, ao longo da seção radial no sentido medula-casca dos clones de eucalipto estudados, pode ser vista na Figura 2.



A = *E. urophylla* (6 anos), B = *E. urophylla* (8 anos), C = *E. camaldulensis* (10 anos).

Figura 2 – Variação do módulo de elasticidade em flexão estática (kgf/cm²) da madeira dos clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no estudo de resistência mecânica à flexão estática da madeira dos clones estudados neste trabalho, pode-se concluir que:

- Existe grande variabilidade do módulo de ruptura e do módulo de elasticidade à flexão estática nos clones de *E. camaldulensis* e *E. urophylla*, de 8 anos, evidenciado pelos elevados coeficientes de variação. O mesmo não foi observado no clone de *E. urophylla*, de 6 anos, indicando baixa variação dessas propriedades entre árvores desse clone.

- O módulo de ruptura e o módulo de elasticidade são variáveis, em magnitudes, entre clones, dentro de cada clone e no sentido medula-casca.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo desse trabalho foi caracterizar tecnologicamente a madeira de um clone de *Eucalyptus camaldulensis*, de 10 anos, e de dois clones de *Eucalyptus urophylla*, 6 e 8 anos, oriunda de consórcio agrossilvipastoril, proveniente da Votorantim Metais Zinco S/A, localizada no município de Vazante, Minas Gerais. As propriedades da madeira estudadas foram: massa específica, retratibilidade e resistência mecânica à flexão estática, determinadas segundo a norma NBR 7190 (ABNT, 1997). As propriedades anatômicas foram determinadas segundo a norma COPANT (1974). Avaliaram-se, também, algumas variáveis dendrométricas associadas às toras dos clones estudados.

O clone de *E. camaldulensis* apresentou os maiores valores médios de diâmetro da tora, volume de madeira, porcentagem de cerne e relação cerne-alburno e a menor porcentagem de alburno. O inverso foi observado para o clone de *E. urophylla*, de 6 anos. Os clones de *E. urophylla*, de 6 e 8 anos, apresentaram os menores valores de conicidade e os maiores rendimentos em madeira serrada. Dentro de cada clone, a primeira tora, correspondente à parte mais basal da árvore, apresentou maior diâmetro, volume de madeira, porcentagem de cerne, relação cerne-alburno e conicidade, mas um menor valor de porcentagem de alburno e rendimento em madeira serrada.

Com relação às propriedades da madeira, os resultados mostraram, através do teste t, a 5% de significância, que houve diferença significativa entre os clones e entre as distâncias radiais, no sentido medula-casca, na maioria das propriedades estudadas.

Considerando o efeito do clone, observou-se que o clone de *E. urophylla*, de 8 anos, apresentou maior valor médio de massa específica básica, massa específica aparente, espessura da parede das fibras, frequência de vasos, contração volumétrica, contração tangencial, contração parcial, módulo de ruptura e módulo de elasticidade; e apresentou o menor valor médio de comprimento das fibras, largura das fibras, diâmetro do lume das fibras, diâmetro dos vasos e coeficiente anisotrópico. O clone de *E. urophylla*, de 6 anos, apresentou os maiores valores médios de largura das fibras, diâmetro do lume e coeficiente anisotrópico e menor massa específica básica, massa específica aparente, espessura da parede, frequência de vasos, contração volumétrica, contração tangencial, contração radial, módulo de ruptura e módulo de elasticidade. O clone de *E. camaldulensis* apresentou o maior comprimento das fibras e diâmetro dos vasos.

Considerando o efeito da variação radial, observou-se uma tendência de aumento, no sentido medula-casca, da massa específica básica e aparente, comprimento das fibras, espessura da parede das fibras, diâmetro dos vasos, módulo de ruptura e módulo de elasticidade. A frequência de vasos diminuiu no mesmo sentido. Não houve tendência nítida de variação radial, quanto à largura das fibras, diâmetro do lume das fibras, contração volumétrica, contração tangencial, contração radial e coeficiente anisotrópico.

Considerando a interação clone x distância medula-casca, na Tabela 1, encontram-se resumidos os resultados dos diferentes padrões de variação das propriedades da madeira dentro de cada clone de *Eucalyptus* estudado, ao longo da seção radial, no sentido medula-casca.

Considerando as informações da literatura, o uso de espaçamentos dinâmicos não acarretou mudanças consideráveis nas propriedades da madeira dos clones de *Eucalyptus* estudados, quando comparado com a madeira de árvores de mesma espécie, crescendo em espaçamentos tradicionais utilizados pelas empresas de reflorestamento.

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- A madeira dos clones de *Eucalyptus* estudados apresenta propriedades similares à madeira resultante de árvores da mesma espécie, oriunda de plantios feitos em espaçamentos tradicionais utilizados pelas empresas.

- Existe variação entre as toras 1(base) e 2(tronco) quanto à forma do tronco e estrutura lenhosa interna.

Tabela 1 – Resumo do comportamento da madeira dos clones de *Eucalyptus* ao longo das distâncias radiais, no sentido medula-casca

Ensaio	Variação radial, sentido medula-casca		
	<i>E.urophylla</i> (6 anos)	<i>E. urophylla</i> (8 anos)	<i>E.camaldulensis</i> (10 anos)
Massa específica básica	-	Cresce	Cresce
Massa específica aparente	-	Cresce	Cresce
Comprimento das fibras	Cresce	Cresce	Cresce
Largura das fibras	Cresce	Cresce	-
Diâmetro do lume das fibras	-	Diminui	-
Espessura da parede das fibras	Cresce	Cresce	Cresce
Frequência dos vasos	Diminui	Diminui	Diminui
Diâmetro dos vasos	Cresce	Cresce	Cresce
Contração volumétrica total	-	Cresce	-
Contração tangencial total	-	-	-
Contração radial total	-	-	-
Coefficiente anisotrópico total	-	-	-
Contração volumétrica parcial	-	-	-
Contração tangencial parcial	-	-	-
Contração radial parcial	-	-	-
Coefficiente anisotrópico parcial	-	-	-
Módulo de ruptura	Cresce	Cresce	Cresce
Módulo de elasticidade	Cresce	Cresce	Cresce

O hífen (-) indica ausência de padrão linear crescente ou decrescente na seção radial, no sentido medula-casca.

- O rendimento em madeira serrada é mais influenciado pela conicidade do que pelo diâmetro e volume de madeira das toras.

- A madeira do clone de *E. camaldulensis* apresenta alta variabilidade entre árvores, considerando as propriedades físicas e mecânicas avaliadas, evidenciado pelo alto coeficiente de variação.

- A madeira do clone de *E. camaldulensis* e dos dois clones de *E. urophylla*, apresenta constituição anatômica qualitativa similar.

- As propriedades físicas, mecânicas e anatômicas da madeira de eucalipto apresentam diferenças, em magnitudes, entre clones, dentro de cada clone, entre árvores e ao longo do sentido medula-casca.

- O clone de *E. urophylla*, de 6 anos, apresenta-se como potencial para fabricação de polpa celulósica, móveis e na fabricação de produtos que demandem madeira de menor massa específica.

Os clones de *E. urophylla*, de 8 anos, e de *E. camaldulensis* apresentam-se como potenciais para fabricação de móveis, na construção civil e na fabricação de produtos que demandem maior massa específica.

6. RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados e conclusões deste trabalho, recomendam-se:

- Utilizar madeira de reflorestamento proveniente de plantios com técnicas silviculturais diferenciadas, onde se utilizam desramas, desbastes e espaçamentos não convencionais.

- Envolver outras espécies do gênero *Eucalyptus* com potencial para usos múltiplos e obtenção de multiprodutos.

- Estudar outras propriedades da madeira que não foram contempladas neste trabalho.

- Reavaliação dos clones em idades mais avançadas, a fim de diagnosticar a influência da idade em relação às propriedades da madeira.

- Cautela na extrapolação dos dados por se tratar de situações muito específicas, em vista do material e técnicas de avaliação utilizadas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF**. Brasília, 2006. 83 p.

ALMEIDA, J. **Características de crescimento e qualidade da madeira de progênies de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.** 1993. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

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

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais: climatologia agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 12, n. 138, p. 9-13, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Projeto de estruturas de madeira** – NBR 7190. Rio de Janeiro: ABNT. 1997. 107 p.

BALLONI, E. A.; SIMOES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **Série técnica IPEF**, Piracicaba, SP, v. 1, n. 3, p.1-16, 1980.

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

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 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento. **IPEF**, Piracicaba, v. 2, n. 3, p. 129-49, 1971.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas climatológicas (1961-1990)**, Brasília, 1992. 84 p.

CAIXETA, R. P.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T. Propriedades e classificação da madeira aplicada à seleção de genótipos de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 43-51, 2003.

CARMO, A. P. T. **Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto**. 1996. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.

CHIMELO, J. P. **Development of a probability-based computerized characterization system for identification and for property prediction of selected tropical hardwoods**. 1980. 206 f. Tese (Doutoramento Virginia Polytechnic Institute and State University), Blacksburg, 1980.

COPANT – Descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas. **COPANT**, v. 30, p. 1-19, 1974.

COUTO, H. T. Z. Manejo de florestas e sua utilização na serraria. 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. 21-30.

COUTO, L.; BRANDI, R. M.; CONDÉ, A. R. Influência do espaçamento no crescimento do *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida, cultivado na região de Coronel Fabriciano, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 1, n. 2, p. 57-71, 1977.

COUTO, L.; GOMES, J. M.; GARCIA, R.; NEVES, J. C. L.; FRANCO, F. S. Estado da arte e do conhecimento do uso de eucaliptos em sistemas agroflorestais no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 18, n. 185, p. 57-62, 1996.

CRUZ, C. R.; LIMA, J. T.; MUNIZ, G. I. B. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 64, p. 33-47, 2003.

DADSWELL, H. E. The anatomy of eucalypt wood. Melbourne. **Forest Products Laboratory**, CSIRO, n. 66, p. 1-28. 1972.

DELLA LUCIA, R. M.; VITAL, B. R. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de três regiões do tronco de *Eucalyptus saligna* SM. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 7, n. 1, p. 71-75. 1983.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira**: retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33 p. (Série Técnica, 10).

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook**: wood as engineering material. Madison, Wisconsin: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. 463 p.

GÉRARD, J. ; BAILLÈRES, H.; FOURNIER, M.; THIBAUT, B. Qualité du bois chez les eucalyptus de plantation. Etude de variation de trois propriétés de référence. **Bois et Forêts des Tropiques**, Nancy, n. 245, p. 101-111, 1995.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para o reflorestamento**. Belo Horizonte: PRODEPEF/PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, 1975. 65 p. (Série técnica, 3).

GOMES, J. M. **Sistemas agroflorestais**. Viçosa, MG, 2000. 58 p.

HARWOOD, R.R. **Small farm development: understanding and improving farming systems in the humid tropics**. Boulder: Westview Press, 1979. 160 p.

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

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada**. São Paulo: Boletim ABPM, n. 36, 1985. 189 p.

KIKUTI, P.; FIER, I. S. N.; CALORI, J. V. Produção de madeiras de reflorestamento de alta qualidade. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE REFLORESTAMENTO, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABPM/SBS, 1996. p. 53-58.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, v. 1, 1968. 592 p.

KUCERA, B. A hypothesis relating current annual eight increments to juvenile wood formation in norway spruce. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 26, n. 1, p. 152-167. 1994.

LELLES, J. G.; SILVA, J. C. Problemas e soluções sobre rachaduras de topo de madeiras de *Eucalyptus* sp. nas fases de desdobro e de secagem. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 18, n. 186, p. 62-69, 1997.

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, Tasmania. **Proceedings...** Launceston: IUFRO. 2000, p. 282-291.

MACDICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. Introduction to agroforestry. In: MacDicken, K. G.; Vergara, N. T. (Ed.) **Agroforestry: classification and management**. New York: John Wiley e Sons, 1990. p. 1-30.

MALAN, F. S. Eucalyptus improvement for lumber production. 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. 1-19.

MELLO, H. A.; RENSI COELHO, A. S.; CIERO NETTO, A.; SIMÕES, J. W.; BERGER, R.; COUTO, H. T. Z. A influência da espécie, do espaçamento e da idade no custo de produção de madeira industrial. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 5, p. 17-28, 1972.

MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. 1999. 107 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

MOREY, P. R. **O crescimento das árvores**. São Paulo: EDUSP, 1981. 78 p.

MORI, F. A.; MENDES, L. M.; TRUGILHO, P. F.; CARDOSO, M. G. Utilização de eucaliptos e de madeiras nativas no armazenamento da aguardente de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 396-400, set./dez. 2003.

NAIR, P. K. R. **Agroforestry systems in the tropics**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989. 664 p.

OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S.; SILVEIRA, V. P. Análise de um sistema agro-silvo-pastoril com eucalipto implantado em região de cerrado. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 10, n. 1, p. 1-19, 2000.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; GOMIDE, J. L.; VALENTE, O. F. Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, **Boletim Técnico da SIF**, Viçosa, MG, n. 2, p. 1- 9, 1990.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 2 v., 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1997.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4. ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722 p.

PULKKI, R. Literature synthesis on the effects of wood quality in the manufacture of pulp and paper. **Fabric Technical Note**, New York, n. 171, p. 1-8, 1991.

RENSI COELHO, A. S.; MELLO, H. A.; SIMÕES, I. W. Comportamento de espécies de eucaliptos face ao espaçamento. **IPEF**, Piracicaba-SP, n. 1, p. 29-55, 1970.

REVISTA DA MADEIRA. Curitiba, set., 2003. (Edição especial)

ROCHA, J. S., PAULA, E. V. C. M., SIQUEIRA, M. L. Flexão estática em amostras pequenas livres de defeitos. **Acta Amazonia**, v.18, p.147-162, 1988.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias**. 2000. 157 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2000.

RODRIGUES, R. A. D. **Variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de eucalipto para construção civil**. 2002. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2002.

RUY, O. F.; FERREIRA, M.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação da qualidade da madeira entre grupos fenotípicos de clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 60, p. 21-27, 2001.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 65, p. 120-129, jun. 2004.

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

SERPA, P. N.; VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; PIMENTA, A. S. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 5, p. 723-733, 2003.

SHIMOYAMA, V. R. S; BARRICHELO, L. E. G. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24., São Paulo, 1991. **Anais...** São Paulo, ABTCP, 1991.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 2002. 179 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2002.

SILVA, J. C. **Espaçamentos em povoamentos florestais: efeitos na produtividade, qualidade e na economicidade.** Piracicaba: ESALQ/DS, 1984. 39 p. (não publicado).

SILVA, J. C. Eucalipto, arroz, soja e carne: uma economia e dieta saudável. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 86, p. 104-108, 2004.

SILVA, J. C. **Impactos tecnológicos na qualificação da madeira de eucalipto para a produção de móveis.** Viçosa, 2007. 204 p. (não publicado).

SILVA, J. C.; XAVIER, B. A. **Eucalipto: manual prático do fazendeiro florestal, produzindo madeira com qualidade.** Viçosa, MG. 2006. 65 p.

SILVEIRA, V.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F.; CARVALHO, D.; MARTINS, S. C. Variação dimensional da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes espaçamentos. **Cerne**, Lavras, MG, v. 5, n. 2, p. 105-124, 1999.

SMITH, D.M. **The practice of silviculture.** 7 ed. New York: John Wiley, 1962. 578 p.

SOUSA JÚNIOR, W. P. **Propriedades físicas, mecânicas e anatômicas das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* e de *Eucalyptus urophylla* oriundas dos municípios de turmalina e de Paraopeba (MG).** 2004. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; ALBINO, J. C.; MORITA, M. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG. **Boletim de Pesquisas Florestais**, Colombo, v. 14, p. 28-38, 1987.

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

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus gummifera*, *E. microcorys* e *E. pilularis*. **IPEF**, Piracicaba, SP, v. 30, p. 45-54, 1985b.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica em estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenioides*. **IPEF**, Piracicaba, SP, v. 36, p. 35-42, 1987.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: Structure, properties and utilization**. New York: Van Nostrand Reinold, 1991. 494 p.

VALE, R. S.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, F.; MORI, F. A.; MORAIS, A. R. Efeito da desrama artificial na qualidade da Madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 285-297, 2002.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG: SIF, 1984. 21 p. (Boletim técnico, 1).

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Efeito do espaçamento na produção em peso e na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* aos 52 meses de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 11, n. 2, p. 132-145, 1987.

VITAL, B. R.; PEREIRA, A. R.; DELLA LUCIA, R. M. Influência do espaçamento na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 30 meses de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 5, n. 2, p. 210-217, 1981.

XAVIER, K. G. **Divergência genética em clones de *Eucalyptus* avaliada por marcadores RAPD, e variações nas propriedades da madeira**. 2001. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2001.

ZOBEL, J. B.; BUJTENEN, J. P. **Wood variation: its causes and control**. New York: Springer-Verlag, 1989. 363 p.

ANEXO



Fonte: Votorantim Metais Zinco S/A.

Foto 1 – Implantação das culturas consorciadas de eucalipto e arroz (Ano 0).



Fonte: Votorantim Metais Zinco S/A.

Foto 2 – Implantação das culturas consorciadas de eucalipto e soja (Ano 1).



Fonte: Votorantim Metais Zinco S/A.

Foto 3 – Final da fase de consorciação do eucalipto com culturas agrícolas, com realização de desramas e semeadura de gramíneas para pastagens.



Fonte: Votorantim Metais Zinco S/A.

Foto 4 – Consorciação de braquiária com a cultura de eucalipto (Ano 2).



Fonte: Votorantim Metais Zinco S/A.

Foto 5 – Cultura de eucalipto consorciado com braquiária e bovinos, vendo-se árvores de *Eucalyptus camaldulensis*.



Fonte: Votorantim Metais Zinco S/A.

Foto 6 – Cultura de eucalipto consorciado com braquiária e bovinos, vendo-se árvores de *Eucalyptus urophylla*.