

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE
HÍBRIDO CLONAL DE *Eucalyptus urophylla* x
grandis PARA PRODUTOS SÓLIDOS**

FABRICIO GOMES GONÇALVES

**ALEGRE
ESPÍRITO SANTO - BRASIL
FEVEREIRO – 2006**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE
HÍBRIDO CLONAL DE *Eucalyptus urophylla* x
grandis PARA PRODUTOS SÓLIDOS**

FABRICIO GOMES GONÇALVES

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira
Co-orientador: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva

**ALEGRE
ESPÍRITO SANTO - BRASIL
FEVEREIRO – 2006**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

G635e Gonçalves, Fabricio Gomes, 1972-
Efeito da taxa de crescimento na qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para produtos sólidos / Fabricio Gomes Gonçalves. – 2006.
167 f. : il.

Orientador: José Tarcísio da Silva Oliveira.
Co-Orientador: Gilson Fernandes da Silva.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Propriedade. 2. Madeira serrada. 3. *Eucalyptus grandis*. 4. *Eucalyptus urophylla*. I. Oliveira, José Tarcísio da Silva. II. Silva, Gilson Fernandes da. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

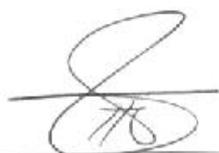
CDU: 63

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE HÍBRIDO CLONAL DE *Eucalyptus urophylla* x *grandis* PARA PRODUTOS SÓLIDOS

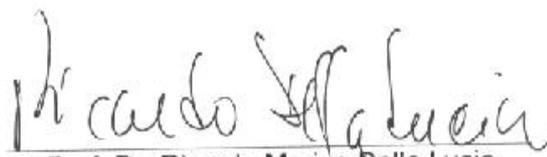
FABRICIO GOMES GONÇALVES

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada: 16 de fevereiro de 2006.



Prof. Dr. Mario Tomazello Filho
Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz"



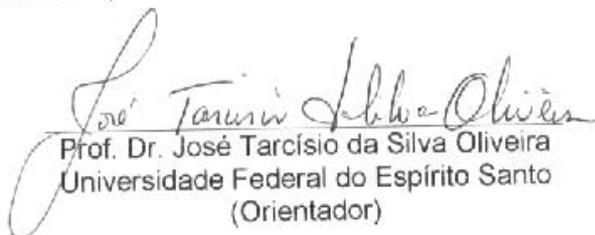
Prof. Dr. Ricardo Marius Della Lucia
Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo
(Co-orientador)



Prof. Dr. Mauro Eloi Nappo
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientador)

À minha esposa Maria Milane.

À minha filha Alice.

AGRADECIMENTOS

A todos que, direta ou indiretamente, auxiliaram na elaboração deste trabalho e em especial:

- a Deus, por permitir a concretização de mais esta etapa em minha vida;
- ao Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira, pela amizade, atenção e orientação no transcorrer do desenvolvimento desta pesquisa;
- ao Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva, pelas orientações durante os trabalhos;
- à Empresa Aracruz Celulose, pelo apoio financeiro, logístico e cessão do material para o estudo. Aos Engenheiros Florestais, Robert Cardoso Sartório e Romualdo Maestri, pelas colaborações. Aos técnicos, Jailson A. C. Simões, Jair V. da Silva, Edson P. de Andrade e Joélio L. da Silva, pela ajuda na coleta dos dados em campo;
- aos meus pais, Valmir Caetano Gonçalves e Ana Raquel Gomes Gonçalves, e meus irmãos Fabiola Gomes Gonçalves e Fabiano Gomes Gonçalves, por acreditarem neste trabalho e pelo inestimável apoio;
- aos amigos, Adriano Ribeiro de Mendonça, Maria Cristina J. Delôgo Dardengo e Sandro Tatagiba Dan, pelas inúmeras dicas e prazerosas conversas durante o convívio do curso. Ao marceneiro Elecy P. Constantino e ao estagiário Octávio B. Plaster, pela ajuda na confecção dos corpos de prova e na realização dos ensaios.

BIOGRAFIA

Fabricio Gomes Gonçalves, filho de Valmir Caetano Gonçalves e Ana Raquel Gomes Gonçalves, nasceu no município de Alegre, Estado do Espírito Santo, aos 18 de julho de 1972.

Cursou o segundo grau na Escola Agrotécnica Federal de Alegre - EAFA, em Alegre-ES, concluindo os estudos em 1989.

Em 1998, obteve o título de Engenheiro Florestal, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, em Seropédica-RJ.

Em 1999, obteve o título de Especialista em Mudanças Globais e Desenvolvimento Sustentável, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, em São José dos Campos-SP.

Em 2004, ingressou no curso de mestrado em Produção Vegetal, área de concentração em Recursos Florestais, desenvolvendo estudos na linha de pesquisa de Tecnologia da Madeira, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, em Alegre-ES. Em 2006, concluiu os requisitos necessários para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 O Eucalipto	3
2.2 Variáveis dendrométricos do Eucalipto	4
2.3 Influência do manejo florestal na qualidade da madeira	5
2.4 Métodos não destrutivos na avaliação da qualidade da madeira	6
2.5 Tensões de crescimento na madeira	8
2.6 Propriedades físicas da madeira	10
2.6.1 Densidade da madeira	10
2.6.2 Retratibilidade da madeira	12
2.7 Propriedades mecânicas da madeira	13
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

CAPÍTULO 1

Avaliação da qualidade da madeira com uso do pilodyn e do resistógrafo em um híbrido clonal de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>		21
RESUMO		21
ABSTRACT		22
1 INTRODUÇÃO		23
2 MATERIAL E MÉTODOS		26
2.1 Material experimental e local de amostragem		26
2.2 Determinação da densidade básica da madeira		27
2.3 Leituras do Pilodyn e Resistógrafo		28
2.4 Análise estatística dos dados		29
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO		30
3.1 Uso do Pilodyn para estimar a densidade básica da madeira		30
3.2 Uso do Resistógrafo para avaliar a qualidade da madeira		34
4 CONCLUSÕES		40
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		41

CAPÍTULO 2

Avaliação das deformações residuais longitudinais (DRL) de crescimento do tronco de um híbrido clonal de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>		43
RESUMO		43
ABSTRACT		44
1 INTRODUÇÃO		45
2 MATERIAL E MÉTODOS		47
2.1 Local de amostragem e material experimental.....		47
2.2 Avaliações realizadas		48
2.3 Análise estatística dos dados		49
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO		50
4 CONCLUSÕES		53
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		54

CAPÍTULO 3

Estudo da densidade e variação dimensional de um híbrido clonal de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	56
RESUMO	56
ABSTRACT	57
1 INTRODUÇÃO	58
2 MATERIAL E MÉTODOS	60
2.1 Localização e caracterização do local de coleta	60
2.2 Determinação da densidade básica e da retratibilidade da madeira	61
2.3 Determinação do coeficiente de anisotropia	63
2.4 Análise estatística	63
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
3.1 Densidade básica da madeira ao longo do tronco	64
3.2 Densidade básica da madeira na direção medula-casca	67
3.3 Densidade básica da madeira das toras	74
3.4 Retratibilidade da madeira ao longo do fuste	76
3.5 Retratibilidade da madeira na direção medula-casca	77
3.6 Retratibilidade da madeira nas toras	82
4 CONCLUSÕES	83
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

CAPÍTULO 4

Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	
RESUMO	87
ABSTRACT	88
1 INTRODUÇÃO	89
2 MATERIAL E MÉTODOS	92
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
4 CONCLUSÕES	105
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

CAPÍTULO 5

	Alguns parâmetros dendrométricos e correlações com propriedades tecnológicas em um híbrido clonal de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	108
	RESUMO	108
	ABSTRACT	109
1	INTRODUÇÃO	111
2	MATERIAL E MÉTODOS	113
2.1	Localização e caracterização do material	113
2.2	Características dendrométricas consideradas	114
2.2.1	Volume de casca	115
2.2.2	Fator de forma	115
2.2.3	Forma da árvore	116
2.2.4	Circularidade das árvores	116
2.2.5	Relação cerne-alburno	117
2.3	Determinação das propriedades tecnológicas	118
2.4	Determinação do Coeficiente de Pearson	119
2.5	Análise estatística	121
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	122
3.1	Volume de casca	122
3.2	Forma e conicidade das árvores	126
3.3	Circularidade das árvores	131
3.4	Relação cerne-alburno	135
3.5	Correlações de Pearson	141
4	CONCLUSÕES	147
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148
	CONCLUSÕES GERAIS	152

GONÇALVES, Fabricio Gomes, M.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, Fevereiro de 2006. **Avaliação da qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para produtos sólidos.** Orientador: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira. Co-orientador: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo geral estudar a influência da taxa de crescimento em diferentes modelos silviculturais na qualidade da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Os efeitos considerados foram duas idades (70 e 166 meses) em dois sistemas de regeneração de povoamentos florestais por talhadia simples e reforma, com desbastes realizados em três intensidades (91, 80,5 e 77,5%). Foram avaliados: o volume e a espessura da casca, a relação cerne-alburno, o fator de forma, a conicidade e a circularidade como parâmetros dendrométricos; a densidade básica, a retratibilidade e a deformação residual longitudinal como parâmetros físicos; resistência à flexão estática (Módulo de Elasticidade – MOE e Módulo de Ruptura – MOR) e a resistência à compressão axial como parâmetros mecânicos. Utilizou-se de um método não destrutivo para a determinação indireta da densidade básica através do uso de “Pilodyn”. Foi também realizada uma avaliação descritiva da qualidade da madeira mediante o uso de Resistógrafo. Os resultados mostraram que o híbrido clonal avaliado apresenta comportamento próximo às madeiras do mesmo híbrido que cresceram em diferentes regiões do País, destacando-se a espessura de alburno na condição de primeira talhadia, por não ser variável ao longo do fuste.

Todas as árvores avaliadas apresentaram, em geral, uma baixa conicidade ao longo do fuste. O uso do Pilodyn apresentou baixa eficiência, quando correlacionado com a densidade da madeira, independente da forma de manejo. As avaliações realizadas com o Resistógrafo geraram algumas inconveniências, como o aquecimento da haste, quando da perfuração da madeira, causando pequenos atritos, não apresentando, por conseguinte, bons resultados. No geral, o Resistógrafo obteve resultados satisfatórios na distinção da madeira juvenil nos três extratos estudados. A deformação residual longitudinal encontrada apresentou a menor variabilidade nas árvores provenientes da condição de talhadia simples e idade de 70 meses (E1) entre as quatro posições cardinais avaliadas. A densidade básica apresentou os maiores valores no extrato com árvores de maior idade (E2) ao longo do fuste e na posição radial, além de menores contrações volumétricas médias e menor fator anisotrópico médio (1,66). Nos ensaios de flexão estática, os extratos E1 e E3 apresentaram valores absolutos muito próximos, destacando-se o segundo extrato (E2) com os maiores valores absolutos. Entre as características avaliadas na Correlação de Pearson, sua determinação mostrou-se satisfatória, com os valores médios para os extratos estudados conjuntamente, destacando-se a densidade com as propriedades mecânicas e a espessura de alburno, o índice de circularidade e a conicidade, características fundamentais quando se busca qualidade em madeira serrada.

Palavras-chave: propriedades tecnológicas, produtos sólidos, *Eucalyptus*.

GONÇALVES, Fabricio Gomes, M.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, February of 2006. **Avaliation of the wood quality in clonal hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *grandis* for solids products.** Adviser: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira. Co-adviser: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva.

ABSTRACT

The present work had as general objective to study the influence of the growth rate in different silvicultural models in the wood quality of a clonal hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. The considered effects were two ages (70 and 166 months) in two planting systems (coppice and reform), with three intensities thinning (91, 80,5 and 77,5%). It has been evaluated the wood volume and bark thickness, heartwood/sapwood relationship, form factor, taper as dendrometrics parameters; specific gravity, shrinkage and the longitudinal residual strain as physical parameters; static bending (Module of Rupture – MOR and Module of Elasticity – MOE) axial crushing as mechanicals parameters. It was used no-destructive methods for the indirect determination of the specific gravity through the use of Pilodyn. Also a descriptive evaluation of wood quality through the Resistograph was carried through. The results show that the hybrid present similar behavior to the other wood of the same hybrid that growth in different regions of the country, distinguished it sapwood thickness coppice condition wasn't variable along the stem. All evaluated trees presented in general a low taper along of the stem. The use of Pilodyn presented low efficiency when correlated with the density of the wood, independent in the management form. For the comparisons accomplished through the resistograph, it

can be affirmed that the equipment possesses some inconveniences, as the heating of the drill, when the perforation of the wood, what causes small attritions, consequently not inferring in good results. In general, the equipment obtained good results in the distinction of the juvenile wood in the three studied extracts. The longitudinal residual deformation presented small variability in the trees provenance of the coppice condition and age of 70 months in the four cardinal positions. The specific gravity presented the most values in the extract with more years old along the stem and in the radial position, besides smaller volumetric shrinkage and smaller anisotropic coefficient (1,66). In the tests of static bending, the extracts coppice condition and reform presented next absolute values, detaching the second extract with the largest absolute values. The correlation of Pearson shows a good correlation between many evaluated characteristics, where detaches the density with the mechanical properties and the thickness of sapwood, index of circularity and taper, basic characteristics when quality in sawed wood search.

Key words: technological properties, solid products, *Eucalyptus*.

1 INTRODUÇÃO

A busca de conhecimentos sobre a utilização econômica e sustentável de madeira de espécies florestais, sobretudo àquelas de rápido crescimento pode permitir ganhos para a conservação dos ecossistemas naturais, atualmente muito ameaçados. O aproveitamento racional das florestas, mediante a adoção de técnicas silviculturais e a aplicação de tecnologias em seu processamento gera melhorias, reduzindo perdas e, sobretudo, gerando um produto final de melhor qualidade.

Hoje, 0,7% da área total do território nacional é coberta por florestas plantadas, sendo a cultura do eucalipto predominante e distribuída em praticamente todos os estados da federação, totalizando 3,4 milhões de hectares. No mundo todo, há 187 milhões de hectares de florestas plantadas, dos quais cerca de 20 milhões com eucalipto. Países como China, Índia e Nova Zelândia têm, respectivamente, 27%, 51% e 19% das suas áreas florestais representadas por florestas cultivadas (SBS, 2005).

No Brasil, o crescimento da eucaliptocultura possibilitou que o país dominasse a tecnologia de implantação desse tipo de floresta, o que hoje nos coloca numa posição de destaque mundial quanto à aplicação de novas técnicas silviculturais. Apesar dos enormes avanços no campo da silvicultura, relativos à tecnologia da madeira do eucalipto, no Brasil, ainda se tem problemas, principalmente no que diz respeito ao seu processamento primário.

Dentre às inúmeras pesquisas aplicadas à melhoria na qualidade da madeira voltada para a produção de sólidos, destaca-se o melhoramento associado à genética florestal e, principalmente, os estudos ligados à tecnologia. Os avanços podem ser notados nos diferentes produtos à base de madeira, nos mais diferentes

usos e aplicações da madeira, desde a construção civil até móveis com fino acabamento.

A busca por qualidade em produtos à base de madeira, de forma geral, está na associação de um conjunto de características que conferem aptidão para determinado uso final. No caso do eucalipto, por apresentar inúmeras vantagens, como rápido crescimento volumétrico, boa forma, boa aceitação no mercado e, principalmente, fácil reprodução, é a madeira mais estudada na atualidade nos meios acadêmicos brasileiros.

Atualmente, espécies de Eucalipto são amplamente cultivadas nas mais variadas regiões do mundo e no Brasil, onde a variabilidade ambiental permite sua estabilização em diferentes condições edafo-climáticas, colocando sua madeira com potencialidade de usos diversos.

A intensificação na utilização da madeira como matéria-prima para fins industriais ou construtivos só pode ocorrer a partir do uso do conhecimento adequado de suas propriedades, sejam elas anatômicas, químicas, físicas ou de resistência. A madeira, por ser um elemento orgânico heterogêneo e composto basicamente de hemicelulose, lignina, celulose e extrativos, apresenta uma enorme versatilidade de usos para obtenção de uma série de produtos.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a influência da taxa de crescimento de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* cultivado em duas idades e proveniente de regeneração de povoamentos florestais por talhadia simples e reforma, através da:

- determinação indireta da densidade da madeira através do “Pilodyn” e realização descritiva da qualidade da madeira através do Resistógrafo;
- determinação das deformações residuais longitudinais utilizando-se um método não-destrutivo, mediante uso de extensômetro;
- determinação da densidade básica e da retratibilidade da madeira;
- determinação das propriedades mecânicas: compressão axial e de flexão estática (Módulo de Elasticidade - MOE e Módulo de Ruptura – MOR);
- determinação de alguns aspectos dendrométricos das árvores;
- determinação do Coeficiente de Pearson entre algumas características e propriedades estudadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Eucalipto

Os gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* pertencem à família Myrtaceae, sendo representado por mais de 600 espécies, diversas variedades, híbridos naturais e artificiais. Por ser adaptado às mais diversas condições de ambiente, estão entre os gêneros de espécies florestais mais estudados e cultivados em todo o mundo. São naturais da Austrália, e somente duas espécies são exclusivamente nativas na Nova Guiné e das Filipinas (Lamprecht, 1990).

As características da madeira do eucalipto o tornam indicado para diferentes usos, entre as quais se destacam a laminação, a movelaria, as estruturas, a caixotaria, os postes, as escoras, os mourões e o carvão, sendo o *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. viminalis* as espécies mais plantadas no mundo (Alzate, 2004). No Brasil, destacam-se as espécies *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. saligna*, *E. cloeziana* e diversos híbridos entre diferentes espécies (Oliveira, 1997), além da espécie *Corymbia citriodora*.

Entre os híbridos, destaca-se o *Eucalyptus urograndis*, proveniente do cruzamento entre as espécies *E. urophylla* x *E. grandis*. Ruy (1998), citado por Alzate (2004), menciona que no Brasil este híbrido constitui a base da silvicultura florestal em muitas empresas florestais.

2.2 Variáveis dendrométricas do Eucalipto

Silva (2003) afirma que as longas rotações em plantações de eucalipto proporcionam um maior incremento em diâmetro das árvores e, conseqüentemente, melhor qualidade e maior rendimento no desdobro da madeira e obtenção de produtos de maior valor agregado. Latorraca & Albuquerque (2000) mencionam que apesar de muitas espécies de rápido crescimento possuírem potencial para produção de madeira em curto espaço de tempo, na maioria das vezes, a qualidade da madeira não é levada em consideração.

A idade das árvores contribui para modificar as características da madeira, influenciando na quantificação do volume, na forma da árvore e no diâmetro à altura do peito (DAP). Yang & Hazenberg (1991), analisando a relação entre a idade e a proporção de cerne-alburno em árvores de *Populus tremuloides* em idades variando entre 5 e 90 anos, afirmam que a idade das mesmas apresenta uma correlação direta com a proporção de cerne-alburno à altura do DAP, sendo árvores mais velhas com tendência de menor volume de casca.

Oliveira (1997), estudando o comportamento da madeira de sete espécies de eucalipto com idades aproximadas de 16 anos, afirma que a variabilidade entre as espécies é muito alta para algumas das propriedades estudadas, entre estas, a densidade. O autor destaca a espécie *E. grandis*, a qual obteve maior volume de madeira e uma menor porcentagem média de casca.

Gominho & Pereira (2000), analisando a variabilidade do conteúdo de cerne em plantações de *E. globulus* com nove anos de idade, afirmam que há uma correlação positiva entre o teor de cerne e a taxa de crescimento.

Alzate (2004), caracterizando a madeira de 37 clones de *Eucalyptus grandis*, 17 de *E. saligna* e 27 para o híbrido clonal de *E. urophylla* x *E. grandis* com idades de oito anos, encontrou um teor médio de casca e alburno superior nos clones de *E. saligna*, sendo o clone de *E. grandis* com teor médio superior de cerne. A autora mostra, ainda, que para o clone do híbrido há um declínio da porcentagem de casca a partir do DAP, aumentando a partir dos 50% da altura das árvores, e que a porcentagem de alburno diminui com o aumento da altura da árvore.

2.3 Influência do manejo florestal na qualidade da madeira

Em florestas plantadas, diversas são as práticas silviculturais que devem ser observadas, quando o objetivo é a produção de madeira sólida de qualidade. Práticas como o espaçamento, o desbaste e a desrama, podem definir a qualidade da madeira. O preparo do solo e a fertilização têm, também, importância porque podem modificar o comportamento celular da árvore e, conseqüentemente, a sua qualidade (Schönau & Coetzee, 1989; Wilkins & Horne, 1991; Zobel, 1992; Pinheiro, 1999; Finger et al., 2001; Berger et al., 2002; Gonçalves et al., 2004; Leite et al., 2004; Lima, 2005). Montagu et al. (2003) mencionam que a associação diferenciada de práticas de manejo pode produzir madeira de boa qualidade, principalmente, para indústria à base de produtos sólidos.

Gonçalves et al. (2004) realizaram uma vasta revisão bibliográfica sobre os efeitos de tratamentos silviculturais (fertilização, espaçamento, controle de ervas daninhas e desbastes) na produtividade e na qualidade da madeira em plantações de eucalipto e afirmam que não há uma regra específica quanto aos diferentes tratamentos silviculturais que afetam a densidade da madeira, por exemplo, mas que fatores ambientais, como disponibilidade de luz, pluviosidade e temperatura, causam efeitos mais significativos na formação da madeira.

Posey (1964); Klen (1968) e Higs & Rudman (1973) citados por Pinheiro (1999), afirmam que a prática de fertilização em povoamentos florestais pode proporcionar algumas alterações na estrutura anatômica e na constituição química da parede celular, alterando assim a densidade da madeira.

Latorraca & Albuquerque (2000) citam que o espaçamento influencia na massa específica durante o desenvolvimento inicial do povoamento, onde espaçamentos maiores antes do fechamento da copa podem proporcionar um aumento da massa específica. Larcher (2000) cita este fato, mencionando que o melhor aproveitamento da radiação solar diretamente incidente nas folhas de um vegetal, está relacionado com a sua localização em relação ao sol. Berger et al. (2002), em trabalho realizado com *E. saligna*, mencionam que o incremento em volume de madeira está associado a uma maior área livre por árvore no campo, onde o aproveitamento fotossintético é mais eficiente.

Lima (2005), estudando o comportamento de *E. grandis* de 21 anos de idade com fertilização e desbastes em diferentes idades, afirma que o rendimento em

madeira serrada não foi afetado pelas práticas silviculturais, no entanto as características de densidade e qualidade da madeira em geral sim. Afirma, ainda, que desbastes crescentes tendem a produzir madeira com características mais homogêneas.

2.4 Métodos não destrutivos na avaliação da qualidade da madeira

O conhecimento da densidade é de extrema importância para agregar valor à madeira e proporcionar o seu correto dimensionamento e sua utilização. Hansen (2000) afirma que a densidade da madeira possui um caráter muito complexo e é determinada por vários fatores, entre eles, o diâmetro das células e a espessura da parede celular, as proporções de lenho inicial e tardio, e não menos importante o conteúdo de extrativos na madeira.

Oliveira (1997) menciona que a densidade é a mais importante propriedade na definição da qualidade, uma vez que está relacionada às características química, física, mecânica e anatômica da madeira.

A determinação da densidade através de técnicas não destrutivas há muito vem sendo estudada e aprimorada. Hansen (2000) menciona o uso do aparelho pilodyn para correlação entre a penetração de sua haste e a densidade da madeira. Outro equipamento que vem sendo utilizado para este fim é o resistógrafo, muito usado atualmente no conhecimento do estado de sanidade da madeira ou mesmo em árvores cultivadas em paisagismo, sendo este seu maior objetivo (IPEF, 1999). Nicholls (1985) menciona, ainda, a utilização do torsímetro, onde seu princípio está baseado em uma força aplicada na madeira que é relacionada posteriormente com sua densidade.

Moura et al. (1987) realizaram algumas análises entre três diferentes métodos não destrutivos na determinação da densidade, entre eles está o pilodyn. Foram avaliadas as espécies *E. camaldulensis*, *E. urophylla*, *E. cloeziana* e *E. tereticornis*, todas com sete anos de idade. Os autores mencionam que o aparelho mostrou-se eficiente na classificação das espécies ao nível de origem, mas não demonstrou segurança na classificação da densidade ao nível de árvores individuais.

Vale et al. (1995), trabalhando com *E. grandis* de 8 anos de idade, afirmam que a tomada de densidade com o uso do pilodyn apresenta bons resultados quando se pretende ordenar grupos de árvores por classe de densidade.

Raymond & MacDonald (1998), avaliando a variação da densidade básica indiretamente com auxílio do pilodyn em *E. globulus* (com 5 e 10 anos) e *E. nitens* (com 5, 10 e 15 anos), encontraram um aumento linear da densidade entre 10 e 70% da altura, afirmando ainda que o aparelho mostrou-se eficiente, variando apenas entre as espécies.

Hansen (2000) cita que o pilodyn é muito utilizado em pesquisas voltadas para o agrupamento de características destinadas ao melhoramento genético. O mesmo é mencionado por Piroton et al. (1995). Os autores afirmam que a tomada de dados para determinação da densidade através do pilodyn é mais rápida e com um menor custo, quando há necessidade de coleta de dados em um número muito grande de árvores.

A correlação do resistógrafo com a densidade é muito complexa, uma vez que a amplitude é um valor relativo. A velocidade de penetração da haste (cm/min) varia com a resistência da madeira, o que depende diretamente da sua dureza e das tensões externas e internas da árvore. Há ainda o fator de obstrução do canal formado pelo avanço da haste, provavelmente por resinas presentes naturalmente na madeira. Todos esses fatores são altamente variáveis e impossíveis de controlar. Por isso há a dificuldade em encontrar uma correlação geral entre amplitude e densidade da madeira (Nutto¹, 2005).

Pesquisas que visam a utilização do resistógrafo para determinação da densidade ainda são escassas. Esse equipamento é muito utilizado na avaliação: do estado de sanidade de árvores em parques, jardins, ruas e avenidas; do estado de conservação de postes, pontes e monumentos históricos; e o mais importante, em análises de seleção genética, onde a densidade é a propriedade mais requisitada. O aparelho trabalha mediante a resistência imposta pela madeira a uma haste de pequeno diâmetro, que adentra a madeira a uma determinada velocidade, gerando um gráfico da distância percorrida no tronco pela amplitude da resistência a ele imposta, sendo esta amplitude então correlacionada com a densidade da madeira (Hansen, 2000).

¹ Comunicação pessoal do Dr. Leif Nutto, pesquisador do Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, Universidade de Freiburg, Alemanha.

Gantz (2002) avaliou a eficiência do resistógrafo na estimativa de parâmetros genéticos, como a densidade em *E. urophylla*, *E. globulus*, *P. radiata* e *P. caribaea*. O autor afirma que é possível usar o resistógrafo para seleção indireta de árvores para classes de densidade da madeira.

Isik & Li (2003) utilizaram o resistógrafo para seleção de árvores de *P. taeda* em programa de melhoramento, tendo como propriedade avaliada a densidade. O resistógrafo, segundo os autores, apresentou uma eficiência satisfatória e, além de ser um método não destrutivo, é de menor custo e mais rápido que os demais métodos tradicionais.

2.5 Tensões de crescimento na madeira

Um dos principais, se não o mais importante fator relacionado à desvalorização da madeira serrada, são as rachaduras e empenamentos que, na maioria das vezes, estão associadas às tensões internas geradas durante o crescimento da árvore, manifestando após seu abate, com uma maior intensidade naqueles indivíduos mais jovens. De acordo com Latorraca e Albuquerque (2000), a maioria dos problemas que ocorrem com a qualidade da madeira, é oriundo de algumas características do lenho juvenil, devido a sua tendência em proporcionar contrações mais acentuadas.

As tensões de crescimento na madeira são forças existentes no interior dos troncos das árvores vivas, possuindo origem no câmbio durante a formação da madeira (Maeglin, 1987), servindo para a árvore manter-se ereta. Essas tensões aumentam em grande parte durante o crescimento inicial das árvores, que quando abatidas são liberadas, podendo ser bem visualizadas na seção axial do tronco recém abatido (Kubler, 1987; Latorraca & Albuquerque, 2000; Santos 2002; Raymond et al., 2004). Durante o processo de desdobro da madeira nas serrarias, também ocorrem novas liberações de tensões, as quais devido a intensidade podem comprometer o rendimento do produto final (Remade, 2001). Latorraca & Albuquerque (2000) mencionam que, em madeiras de menor densidade, mais jovens e em espécies de rápido crescimento, os defeitos causados pela liberação das tensões de crescimento são mais drásticos.

Alguns autores, como Miranda & Nahuz (1999), verificaram a variação da deformação residual longitudinal em clones de *Eucalyptus saligna* com nove anos de idade e suas associações com algumas características físicas e mecânicas da madeira. Os resultados indicaram que a deformação residual longitudinal (DRL) não apresentou correlação significativa com as características de crescimento da árvore.

Shield (1995) citado por Miranda & Nahuz (1999), menciona que práticas como os desbastes podem acelerar o crescimento em diâmetro das árvores, reduzindo assim as possíveis tensões de crescimento existentes ao longo do fuste. Lima et al. (2000) estudaram diferentes intensidades de desbaste e suas relações com tensões de crescimento em povoamento de *E. grandis* com 18 anos de idade. Concluíram que diferentes intensidades de desbaste podem influenciar na formação de rachaduras nas extremidades das toras e no encurvamento das peças desdobradas ainda úmidas.

Trugilho et al. (2002) avaliaram as tensões de crescimento em 11 clones de eucalipto com 6 anos de idade plantados no espaçamento 10,0 x 4,0 m. Encontraram um valor médio para a deformação residual longitudinal (DRL) de 0,090 mm e afirmam que existe uma grande variabilidade entre os clones. Tal variabilidade pode ser útil por possibilitar a seleção de clones com menores valores de tensões de crescimento e, conseqüentemente, madeira com menores riscos de apresentarem defeitos no abate e posterior desdobro.

Em trabalho realizado com *E. dunnii* com 8, 13, 15 e 19 anos, Trugilho et al. (2004) afirmam que a deformação residual longitudinal apresentou uma tendência de aumento linear com a idade.

Uma correlação entre a deformação residual longitudinal e as propriedades físicas e mecânicas da madeira de clones de eucalipto, sendo quatro híbridos naturais de *E. grandis* e um híbrido entre as espécies *E. urophylla* x *E. grandis* foi realizada por Lima et al. (2004). Os autores afirmam que das várias propriedades avaliadas, apenas a densidade básica foi correlacionada significativa e positivamente com a DRL, quando os clones foram avaliados conjuntamente. Mencionam, ainda, que foi possível estimar a densidade básica da madeira através de modelos múltiplos, mediante a associação com a DRL.

Clair et al. (2003), analisando a madeira de *Castanea sativa*, encontraram relações significativas entre as tensões de crescimento e as propriedades físicas e mecânicas da madeira, especialmente na direção longitudinal. Maeglin (1987) cita

que a redução das tensões de crescimento em folhosas deve ser uma associação entre o melhoramento genético e práticas silviculturais, envolvendo também os setores de tecnologia de processamento da madeira.

2.6 Propriedades físicas da madeira

2.6.1 Densidade da madeira

Todas as espécies produtoras de madeira possuem variações naturais em suas características, que são provenientes de diferenças genotípicas, bem como de diferentes respostas às condições ambientais que a árvore está se desenvolvendo (Panshin & De Zeeuw, 1964).

Até o presente momento, poucos são os trabalhos que relacionam todas as características exigidas pelo mercado consumidor às propriedades inerentes à madeira, como por exemplo, a densidade. Alguns autores como Oliveira (1988), Trugilho et al. (1996), Latorraca & Albuquerque (2000) e Cruz et al. (2003) mencionam que a densidade é a característica mais utilizada em pesquisas relacionadas à qualidade da madeira, sendo esta a mais importante e a que melhor se relaciona com as demais propriedades. Lobão et al. (2004) afirmam que a resistência mecânica da madeira é influenciada diretamente pela densidade do material. De acordo com Vale et al. (1992), o conhecimento da variação da densidade nos sentidos axial e radial pode determinar seu uso. Panshin & De Zeeuw (1964) citam que a densidade pode variar de uma espécie para a outra, dentro de uma mesma espécie e na direção radial e axial de uma mesma árvore, sendo que essa variação se deve basicamente à sua composição anatômica.

De acordo com Souza et al. (1979), Wilkins & Horne (1991) e Pinheiro (1999), para o gênero *Eucalyptus*, a densidade pode variar com a idade, com o vigor da espécie, com o local onde crescem (clima e sítio), com o tipo de manejo imposto ao povoamento, com a taxa de crescimento e, na mesma árvore ainda varia no sentido base-topo e na distância medula casca, variando também dentro de uma mesma espécie. Panshin e De Zeeuw (1964) afirmam que a densidade básica, de forma geral, aumenta com a idade, sendo de forma mais intensa na fase juvenil.

Simpson & Tenwolde (1999) mencionam a existência de dois principais fatores que afetam os produtos à base de madeira sólida, o teor de umidade e a densidade da madeira, além de outros elementos como extrativos e minerais. Esses últimos poucos contribuem para o aumento do peso da madeira, além de variar muito de espécie para espécie.

Práticas silviculturais também proporcionam alterações na madeira a ponto de influenciar a qualidade do produto final (Zobel, 1992). Wilkins & Horne (1991) avaliaram a influência de seis tipos de tratamentos silviculturais na densidade básica da madeira de *E. grandis* com 4,5 anos de idade na Austrália. Nos diferentes tratamentos estudados, os autores concluíram que uma densidade básica mais elevada estava associada às práticas como fertilização, inseticida e herbicida, utilizados conjuntamente, e ao uso de fertilização, capina química ou herbicida e inseticida, produziram taxas de crescimento mais elevadas, proporcionando uma densidade pouco menor. Afirmam que a fertilização, por si só, produziu a mais alta proporção de madeira mais densa, aumentando em até 11% a densidade básica média das toras.

Vital & Della Lucia (1987), estudando o efeito do espaçamento na produção em peso e na qualidade da madeira em árvores de *E. grandis* e *E. urophylla*, com 4,3 anos de idade, afirmam que não houve efeito significativo do espaçamento na densidade básica média das árvores e na densidade básica média na altura do DAP, havendo um ligeiro decréscimo da densidade básica média nos discos nas alturas crescentes. Os autores afirmam, que podem ocorrer alterações na qualidade da madeira, como aumento do número e tamanho de nós, que por sua vez podem influir diretamente nas propriedades físicas e mecânicas da madeira.

Adorno & Garcia (2003), estudando correlações lineares entre as principais características tecnológicas da madeira de clones de *E. grandis* e *E. urophylla* ambas com 8 anos de idade, afirmam que, para o *E. urophylla*, a densidade básica apresentou uma correlação inversa com as variáveis do processamento mecânico da madeira, podendo dizer que através da densidade é possível conhecer e propor soluções em programas de melhoramento genético que visam a redução das flechas observadas durante o desdobro das árvores.

2.6.2 Retratibilidade da madeira

Devido a presença de umidade na atmosfera e ao fato da madeira ser um material altamente higroscópico esta se expande ou contrai. O conhecimento desse fenômeno conhecido como instabilidade dimensional, pode permitir a classificação da madeira para determinados usos. Galvão & Jankowsky (1985) mencionam que estas variações dimensionais correspondem à dessorção ou adsorção da água higroscópica localizada nas paredes celulares, estando, assim, diretamente relacionadas com o teor de umidade.

A retratibilidade da madeira é muito variável entre as espécies, sendo as variáveis secagem e temperatura, aquelas que ditam o comportamento da madeira, levando a mesma a contrair e inchar, podendo causar empenamentos, formação de fendas e rachaduras de topo (Simpson & Tenwolde, 1999). O conhecimento da instabilidade dimensional nas espécies é segundo alguns autores, como Oliveira et al. (1997), uma importante característica em programas de melhoramento genético. Os mesmos autores, estudando esta variação em clones de *E. grandis* e *E. saligna* com 90 meses de idade, citam o *E. grandis* como sendo mais estável dimensionalmente. As contrações podem ainda apresentar comportamento diferenciado dentro de uma mesma árvore (Panshin & De Zeeuw, 1964).

A determinação da razão entre as retrações tangencial e radial, conhecida como coeficiente de anisotropia é, de acordo com Oliveira (1988), um importante índice no estudo das retrações, uma vez que quanto maior, maior será a probabilidade de formação de fendas e empenamentos na madeira. Madeiras com um coeficiente de anisotropia superior a 2, geralmente são muito difíceis de secar e como regra geral madeiras que contraem menos são mais estáveis. A Tabela 1 ilustra os valores médios da variação dimensional de algumas madeiras.

Tabela 1 – Valores médios da variação dimensional de algumas madeiras utilizadas no Brasil

Madeira	Variação dimensional		Relação T/R
	Tangencial	Radial	
Cedro	6,3	4,3	1,5
Ipê	5,5	4,0	1,4
Jequitibá	5,5	3,0	1,9
Jatobá	6,5	2,7	2,4
Pindaíba	9,4	3,4	2,8
<i>Corymbia citriodora</i>	9,6	6,5	1,5
<i>Eucalyptus maculata</i>	9,4	5,9	1,6
<i>Eucalyptus tereticornes</i>	16,7	7,3	2,3
<i>Eucalyptus urophylla</i>	15,3	7,9	2,0
<i>Eucalyptus grandis</i>	10,1	5,0	2,1

Fonte: Galvão & Jankowsky (1985), Oliveira (1988) e Oliveira (1997).

Ao observar a Tabela 1, nota-se a heterogeneidade do coeficiente de anisotropia. De acordo com Pinheiro (1999), essa variação entre as dimensões tangenciais e as radiais é atribuída à forma de organização dos elementos celulares dispostos, tanto transversalmente quanto radialmente ao longo do tronco da árvore. Galvão & Jankowsky (1985) citam a influência dos raios, o efeito do número de pontuações existentes nas paredes celulares e a alternância entre os lenhos inicial e tardio como sendo responsáveis pelas diferenças entre as contrações nas direções radial e tangencial.

2.7 Propriedades mecânicas da madeira

As propriedades mecânicas da madeira são influenciadas por diversos fatores, sendo os mais importantes: a posição na árvore (axial e radialmente); as alterações do teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras; o tempo de duração da carga aplicada; a ocorrência de defeitos; e a estrutura anatômica da madeira (Green et al., 1999; Pfeil & Pfeil, 2003). Evans et al. (2000) citados por Lobão et al. (2004) afirmam que as propriedades mecânicas da madeira são dependentes, principalmente, da densidade, da porcentagem de madeira juvenil, da intensidade do ataque de insetos, da presença de nós e do teor de umidade. Green

et al. (1999) mencionam que as propriedades mecânicas diminuem com o aumento do teor de umidade.

Oliveira (1997) cita que o gênero *Eucalyptus* não apresenta restrições quanto a resistência mecânica, a qual pode variar de baixa a muito elevada. Essa grande variabilidade se deve ao fato da existência de mais de 600 espécies, adaptadas aos mais diferentes tipos de solo e condições climáticas. O módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) são dois parâmetros normalmente obtidos em testes de flexão estática, sendo de grande importância na caracterização tecnológica da madeira, uma vez que se permite o conhecimento da resistência do material submetido à uma força aplicada perpendicularmente ao eixo longitudinal da madeira (Scanavaca Jr. & Garcia, 2004).

Haselein et al. (2002), estudando o efeito do espaçamento e da fertilização nas propriedades de flexão estática em madeira verde e seca de *E. saligna* de 10 anos de idade, mencionam que estas práticas produziram efeitos significativos sobre o módulo de elasticidade e módulo de ruptura. Afirmam, ainda, que quanto maior a dose de fertilização e maior o espaçamento, maiores foram os valores absolutos para as propriedades.

A idade também pode proporcionar alterações nas propriedades mecânicas da madeira. Pearson & Gilmore (1980), estudando diferentes taxas de crescimento em *P. taeda* com idades de 15, 25 e 41 anos em sistemas silviculturais diferenciados, como o plantio por seleção genética, o plantio comercial e a regeneração natural em floresta, respectivamente. Afirmam, por exemplo, que a fertilização não apresentou aumento significativo nas propriedades mecânicas e na densidade.

As propriedades da madeira de eucalipto, de acordo com Cruz et al. (2003), apresentam variações no sentido radial e longitudinal de seu crescimento. Os autores, estudando a variação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *E. urophylla* e *E. camaldulensis* com idades de 5,5 e 10,5 anos afirmaram que, para ambas as propriedades, as maiores variações encontradas estavam localizadas na direção da medula para a casca, não havendo variações muito expressivas na direção da base para o topo das árvores. Calori & Kikuti, (1997), avaliando as propriedades físicas e mecânicas em madeira de *E. dunnii* com 20 anos de idade, não detectaram diferenças estatísticas significativas para as propriedades mecânicas entre as posições base, meio e topo nas árvores.

Moura (2000), citado por Cruz et al. (2003), avaliando a flexão estática e a compressão paralela entre toras de 10 clones de híbridos de eucalipto, verificou a existência de diferenças estatísticas entre estas, sendo que, de modo geral, os maiores valores encontrados foram nas toras superiores.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADORNO, M.F.C.; GARCIA, J.N. Correlações lineares entre as principais características tecnológicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba (SP), n. 63, p. 44-53, 2003.

ALZATE, S.B.A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla***. 2004. 133p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BERGER, R. B. et al. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

CALORI, J.V.; KIKUTI, P. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos 20 anos de idade. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. **Anais**. Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 1997. v. 3, p. 320-326.

CLAIR, B.; RUELLE, J.; THIBAUT, B. Relationship between growth stresses, mechanic-physical properties and proportion of fibre with gelatinous layer in chestnut (*Castanea sativa* Mill.). **Holzforschung**, 57, p. 189-195, 2003.

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), 64: 33-37, 2003.

FINGER, C. A. G.; et al. Efeito da intensidade de desrama sobre o crescimento e a produção de *Eucalyptus saligna* Smith. **Revista Cerne**, Lavras (MG), v.7, n.2, p.53-64, 2001.

GALVÃO, A.P.M.; JANKOWSKY, I.P. Secagem racional da madeira. São Paulo, SP: **Nobel**. 108p. 1985.

GANTZ, C.H. **Evaluating the efficiency of the resistograph to estimate genetic parameters for wood density in two softwood and two hardwood species**. 2002. 78p. Dissertação (Mestrado) - Graduate Faculty of North Carolina State University.

GOMINHO, J.; PEREIRA, H. Variability of heartwood content in plantation-grown *Eucalyptus globulus* LABILL. **Wood and Fiber Science**, v. 32, n.2, p. 189-195, 2000.

GONÇALVES, J. L.M. et al. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology Management**: (193): 45-61, 2004.

GREEN, D.; WINANDY, J.E.; KRETSCHMANN, D.E. Mechanical properties of wood. In: Wood Handbook – Wood as an engineering material. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, **Forest Products Laboratory**. Chapter 4, 463 p. 1999.

HANSEN, C. P. Application of the Pilodyn in forest tree improvement. **DFSC - Danida Forest Seed Centre**, Series of Technical Notes, Number 55, Denmark, July, 2000.

HASELEIN, C.R. et al. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 123% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), v.12, n. 2; p. 147-152, 2002.

IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, **IPEF Notícias**, USP/ESALQ, Mar/Abr de 1999.

ISIK, F.; LI, B. Rapid assessment of wood density of live trees using the Resistograph for selection in tree improvement programs. **Canadian Journal Forest Research**. v. 33, p. 2426-2435. 2003.

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

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. **Tradução**: Guilherme de Almeida Sedas e Gilberto Calcagnotto. Rossdorf: TZ – Verl-Ges. (GTZ). 343p., 1990.

LARCHER, W. **O ambiente das plantas**. In: Ecofisiologia Vegetal. São Carlos: Ed. Rima, 2000. Tradução de Carlos Henrique B. A. Prado. Cap. I, p. 41-68. 2000.

LATORRACA, J. V.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica (RJ), v. 07, n. 01, p. 279-291, 2000.

LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; DIAS, A. N. Desbastes e seus efeitos sobre a produção e qualidade de povoamentos florestais. In: SEMINÁRIO SOBRE SILVICULTURA EM FLORESTAS PLANTADAS, 1: 2004, Vitória (ES). **Anais...** Sociedade de Investigações Florestais/SIF: Viçosa, p. 165-195, 2004.

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

LIMA, I.L. **Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden**. 2005. 137p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

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

LOBÃO, M.S. et al. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

MAEGLIN, R.R. Juvenile wood, tension wood, and growth stress effects on processing hardwoods. In: **Applying the latest research to hardwood problems: Proceedings of the 15th Annual Hardwood Symposium of the Hardwood Research Council**. 1987 – May 10-12, p. 100-108.

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

MONTAGU, K. D.; KEARNEY, D. E.; SMITH, R. G. B. The biology and silviculture of pruning planted eucalypts for clear wood production—a review **Forest Ecology and Management**, (179): 1–13, 2003.

MOURA, V.P.G.; BARNES, R.D.; BIRKS, J.S. A comparison of three methods of assessing wood density in provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and other *Eucalyptus* species in Brazil. **Australian Forest Research**, n. 17, p. 83-90, 1987.

NICHOLLS, J.W.P. A new method for determining wood density in the standing tree. **Australian Forest Research**, (15): 195-206, 1985.

OLIVEIRA, A.D. et al. Determinação da variação dimensional da madeira em clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* aos 90 meses de idade. **IUFRO:**

Conference on silviculture and Improvement of Eucalypt. Salvador. ANAIS... Colombo: EMBRAPA/CNPQ. v. 3, p. 118-125, 1997.

OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J.T.S. **Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da Pindaíba (*Xylopia sericea* St. Hill.)**. 1988. 106p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of Wood Technology**. New York: McGraw Hill, Vol. I, Second edition, 643p., 1964.

PEARSON, R.G.; GILMORE, R.C. Effect of fast growth rate on the mechanical properties of loblolly pine. **Forest Products Journal**, v. 30, n. 5, p. 47-54, 1980.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de madeira**. 6ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

PINHEIRO, A. L. Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia da madeira. **SIF**, Viçosa, MG, 144p., 1999.

PIROTON, S.; BAILLY, F.; SERVAIS, A. Use of Pilodyn for indirect selection of wood basic density of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst). **Annales Gembloux**, 101, 3-4, p. 171-184, 1995.

RAYMOND, C.A.; MacDONALD, A.C. Where to shoot your Pilodyn: within tree variation in basic density in plantation *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* in Tasmânia. **New Forest**, v. 15, n. 3, p. 205-221, 1998.

RAYMOND, C.A. et al. Evaluation of on-destructive methods of measuring growth stress in *Eucalyptus globulus*: relationships between strain, wood properties and stress. **Forest Ecology and Management**, (190): 187-200. 2004.

REMADE – Revista da Madeira. **Características Intrínsecas da Madeira**, n. 59, ano 11, Set, 2001. [Disponível em <http://www.remade.com.br>] (Acessado em 20/07/2005).

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

SBS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA, 2005. [Disponível em www.sbs.org.br] (Acessado em 07/10/2005).

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

SCHÖNAU, A. P. G.; COETZEE, J. Initial spacing, stand density and thinning in eucalypt plantations. **Forest Ecology Management**, (29): 245-266, 1989.

SILVA, J.C.; Influência dos tratamentos silviculturais na qualidade da madeira. **Revista da Madeira**, n. 75, p. 1-10, 2003.

SIMPSON, W.; TENWOLDE, A. Physical properties and moisture relations of wood. In: **Wood Handbook - Wood as an engineering material**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Chapter 3, p. 1-23, 1999.

SOUZA, A.P.; DELLA LUCIA, R.M.; RESENDE, G.C. Estudo da densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muell, cultivado na região de Dionísio, MG. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), Viçosa, v. 1, p. 16-27, 1979.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Revista Cerne**, Lavras (MG), v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

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

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

VALE A.T. et al. Densidade básica média, em função da profundidade de penetração do pino do "Pilodyn" e da classe diamétrica, e variação axial da densidade básica em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 19, n. 1, p. 80-91, 1995.

VALE, A.T.; MARTINS, I.S.; ARAÚJO, W.O. Estudo da densidade básica de três espécies do cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 16, n. 2, p. 209-217, 1992.

VALE, R.S. et al. 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.; 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.

WILKINS A.P.; HORNE, R. Wood-density variation of young plantation-grown *Eucalyptus grandis* in response to silvicultural treatments. **Forest Ecology Management**, (40): 39-50, 1991.

YANG, K.C.; HAZEMBERG, G. Relation between tree age and sapwood/heartwood width in *Populus tremuloides*. **Wood and Fiber Science**: v. 23, n. 2 p. 247-252, 1991.

ZOBEL, B. Silvicultural effects on wood properties. **IPEF International**, Piracicaba, (2): 31-38, 1992.

CAPÍTULO I

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA COM USO DE PILODYN É DE RESISTÓGRAFO EM UM HÍBRIDO CLONAL DE *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*

RESUMO

A densidade da madeira é uma das características mais importantes para as indústrias de madeira sólida. Neste trabalho, testou-se a eficiência de sua determinação de maneira indireta por meio da penetração do pino do “Pilodyn”. Buscou-se, também, uma comparação descritiva do comportamento da resistência da madeira à penetração da haste do resistógrafo em árvores cultivadas em três diferentes formas de manejo. A penetração do pilodyn não apresentou eficiência satisfatória, uma vez que somente 15 árvores foram amostradas, cinco por extrato. Realizou-se análise de regressão para todos os dados visando estimar a densidade básica da madeira, sendo o modelo linear com melhor ajuste ($\bar{R}^2 = 34,90\%$). Pelas comparações realizadas através do resistógrafo, no sentido casca-medula, pode-se afirmar que o aparelho possui algumas desvantagens, como, por exemplo, o atrito da haste na parede do lenho, provocando seu aquecimento e, conseqüentemente, não proporcionando bons resultados. Entretanto, o aparelho permitiu a distinção da madeira juvenil e adulta e uma observação satisfatória nos três extratos estudados.

Palavras-chave: densidade, pilodyn, resistógrafo, *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

EVALUATION OF WOOD QUALITY BY PILODYN AND RESISTOGRAPH IN A CLONAL HIBRIDY OF *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

ABSTRACT

The wood density it is the most important properties to the solid wood industries. In this work the density was indirectly determined by of equipment device pilodyn. A descriptive comparison of behavior in the resistance wood by penetration of the connecting rod of the resistograph trees cultivated in three different management systems also searches had been evaluated. The penetration of the pilodyn didn't present satisfactory efficiency, once only 15 trees were analyzed, five for extract. Analysis of regression was used for all the data esteem the basic density of the wood, being the linear model with better adjustment ($\bar{R}^2 = 34,90\%$). The measurements made with the resistograph in direction pith-bark, had allowed only the distinction of the juvenile wood in three studied extracts. Not being possible the correlation between the density and the amplitude generated for the equipment, probably in function of the small number of showed trees and the heating of the drill, while the wood was perfurated, causing small attritions.

Key Words: density, pilodyn, resistograph, *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da madeira pode ser entendida como sendo um conjunto de características físicas, mecânicas, químicas e anatômicas que conferem aptidão à madeira para determinado uso final. O gênero *Eucalyptus*, por apresentar inúmeras vantagens, como rápido crescimento volumétrico, boa forma, boa aceitação no mercado e, principalmente, fácil reprodução, tem a sua madeira mais estudada na atualidade no Brasil.

Atualmente são mais de 600 espécies de eucalipto já conhecidas, além de um novo gênero, o *Corymbia*, amplamente divulgadas nas mais variadas regiões do mundo e em especial no Brasil, onde a variabilidade ambiental permite o seu desenvolvimento em diferentes condições climáticas.

Apesar da grande plasticidade da madeira de eucalipto, é comum algumas empresas dos segmentos produtivos de base florestal trabalharem sem planejamento prévio das suas necessidades e matéria-prima. A demanda é maior que a oferta, e, em muitos casos, trabalha-se com madeira já disponível no mercado, isto é, exploram-se as florestas pré-existentes, normalmente implantadas para produção de energia, celulose, etc. Plantações exclusivas para produção de sólidos destinados à serrarias ainda são muito raras no Brasil. Em função disso, o baixo nível de rendimento nos sistemas produtivos e a qualidade do produto final fazem com que os custos de produção sejam fortemente afetados.

Um dos parâmetros que expressam a qualidade da madeira é a sua densidade. Técnicas que visam a sua determinação sem a necessidade do abate da árvore há muito vêm sendo estudadas e aprimoradas. Inúmeros trabalhos científicos já foram publicados, mediante práticas que utilizam equipamentos para este fim, como: a penetração do pino do pilodyn, bem demonstrado por Hansen (2000); o

aparelho resistógrafo, muito utilizado para o mapeamento do estado de sanidade das árvores em paisagismo (IPEF, 1999) e a detecção de árvores com lenho de reação (Mattheck et al., 1997); e o torsímetro, além de outras técnicas não destrutivas, como raios-X, raios gama e espectrofotômetros. Hansen (2000) menciona que o pino pilodyn foi desenvolvido na Europa, precisamente na Suíça, com objetivos de determinação de podridão em postes telefônicos de madeira. A determinação da densidade é realizada por estimativa, mediante a penetração de uma haste metálica no tronco da árvore, sendo esta penetração inversamente proporcional à densidade da madeira.

O resistógrafo foi desenvolvido com a intenção de ser um aparelho de fácil manuseio e ao mesmo tempo robusto e preciso para detectar os defeitos internos em peças estruturais de madeira (Gantz, 2002). A análise é feita com base na resistência à penetração de uma haste ao perfurar a madeira a uma determinada velocidade. Os valores dessa resistência são registrados na memória do aparelho (ou ainda em uma fita de papel fixada no próprio equipamento), sendo gerado um gráfico entre a amplitude e a distância percorrida pela haste, onde, posteriormente, são realizadas associações entre esta amplitude e a densidade da madeira (IPEF, 1999; Isik & Li, 2003). O resistógrafo é muito utilizado também para agrupamento de árvores em programas de melhoramento genético, por meio da densidade (Gantz, 2002).

O método do torsímetro é baseado em uma força aplicada na madeira que é relacionada posteriormente com a densidade da mesma. Sua aplicação está bem demonstrada no trabalho desenvolvido por Nicholls (1985).

Hansen (2000) afirma que a densidade da madeira possui um caráter muito complexo e é influenciada por vários fatores, entre eles: o diâmetro das células e a espessura da sua parede; as proporções de lenho inicial e tardio; os teores de celulose e lignina; e os extrativos.

Montagu et al. (2003) mencionam que a associação diferenciada de práticas de manejo pode produzir madeira de boa qualidade, principalmente para indústrias à base de produtos sólidos. Latorraca & Albuquerque (2000) citam que o espaçamento influencia na massa específica da madeira durante o desenvolvimento inicial das árvores da plantação, onde espaçamentos maiores, antes do fechamento da copa, podem proporcionar um aumento da massa específica.

Hansen (2000) cita que o pilodyn é muito utilizado em pesquisas voltadas para o agrupamento de características da madeira destinadas ao melhoramento genético. O mesmo é mencionado por Piroton et al. (1995), os quais citam que a tomada de dados para determinação da densidade através do pilodyn é mais rápida e com um menor custo, quando há necessidade de coleta de informações em um número muito grande de árvores. Lopez & Staffieri (1998) afirmam que a penetração do pino do pilodyn detém uma forte correlação com a densidade da madeira, tanto em árvores individuais como em agrupamentos de árvores.

A correlação do resistógrafo com a densidade da madeira é muito complexa, uma vez que o valor da amplitude é relativo. A velocidade de penetração da haste (cm/min) varia com a resistência da madeira, o que depende diretamente da sua dureza e das tensões externas e internas da árvore. Há, também, o fator de obstrução do canal formado pela haste, provavelmente por resinas presentes naturalmente na madeira. Todos esses fatores são altamente variáveis e impossíveis de controlar. Por isso há a dificuldade em encontrar uma correlação geral entre amplitude e densidade da madeira (Nutto², 2005).

Pesquisas que visam a utilização do resistógrafo para determinação da densidade da madeira ainda são escassas. Esse equipamento é muito utilizado na avaliação do estado de sanidade do lenho das árvores em parques, jardins e ruas; do estado de conservação de postes, pontes e monumentos. Isik & Li (2003) utilizaram o resistógrafo para seleção de árvores de *Pinus taeda* em programa de melhoramento, tendo como propriedade avaliada a densidade. O resistógrafo, segundo os autores, apresentou uma eficiência satisfatória e, além de ser um método não destrutivo, é de menor custo e mais rápido que os demais métodos tradicionais.

Neste trabalho, o objetivo foi avaliar a qualidade da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* através de dois métodos não destrutivos, o pilodyn e o aparelho resistógrafo.

² Comunicação pessoal do Dr. Leif Nutto, pesquisador do Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, Universidade de Freiburg, Alemanha.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material experimental e local de amostragem

O material para este estudo foi obtido em povoamentos clonais do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, em área experimental de propriedade da empresa Aracruz Celulose S.A., localizados no Sul do Estado da Bahia, municípios de Mucuri e Nova Viçosa. Foram coletados dados de 15 árvores, sendo pré-selecionadas aquelas com diâmetro entre 28,0 e 30,0 cm à altura do peito (DAP).

O solo local é pertencente à Formação Barreiras, sendo predominante nos três extratos o Podzólico Amarelo Distrófico, que envolve o substrato cristalino e tem um comportamento geológico semelhante ao das áreas do Norte do Estado do Espírito Santo, apresentando um relevo de suave a plano. De acordo com a classificação climática de Köppen, há predomínio do tipo “Af”, sendo clima tropical chuvoso e quente, com temperatura superior a 18° C no mês mais frio. A precipitação anual está em torno de 1.378,0 mm, sendo que no mês mais seco ocorre precipitação em torno de 60,0 mm. A região Sul do Estado da Bahia apresenta um déficit hídrico em torno de 124,0 mm e um excedente próximo a 78,0 mm anuais (com base em série histórica de apenas 10 anos).

No primeiro extrato, foi realizado um desbaste sistemático e seletivo único. No segundo extrato, o primeiro desbaste foi sistemático e seletivo, e o segundo apenas seletivo. Para o terceiro extrato, foi realizado um desbaste seletivo único. No desbaste sistemático foi eliminada uma linha de plantio a cada cinco novas linhas. Foram permitidos apenas um broto na primeira redução da brotação que aconteceu por volta dos 9 meses.

A Tabela 1 apresenta de forma resumida as características gerais dos três diferentes extratos avaliados neste estudo.

Tabela 1 – Características gerais dos extratos estudados

	EXTRATOS		
	E1	E2	E3
Época de plantio	03/1999	03/1991	06/1999
Condução de plantio	Talhadia	Reforma	Reforma
Espaçamento (m)	3,0 x 3,0	3,0 x 3,0	6,0 x 2,5
Capina química (unidade)	04	07	01
Roçada manual (unidade)	04	04	04
Idade de corte (meses)	70	166	70
Desbaste (meses)	30	117 e 153	42
Nº de cepas (a partir de 9 meses)	01	01	01
Volume de madeira/ha (m ³)	169,01	364,07	119,27
Densidade na época do corte (árvo/ha)	150	325	150

2.2 Determinação da densidade básica da madeira

A determinação da densidade básica da madeira foi realizada no Laboratório de Ciência da Madeira - LCM, do Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável - NEDTEC, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado no município de Jerônimo Monteiro - ES.

As amostras foram retiradas ao nível do DAP no momento do desdobro das toras das quinze árvores, identificadas, embaladas em sacos plásticos hermeticamente fechados e mantidas em geladeira a uma temperatura aproximada de 8° C, para as determinações necessárias.

Na determinação do volume das amostras, na condição verde, foi utilizado o método da balança hidrostática descrito na norma MB-26/40 da ABNT (1940), substituindo o mercúrio pela água, devido à condição verde da madeira. Para a determinação da massa verde e seca em estufa, foi utilizada uma balança de precisão de 0,01 g. Após a determinação da massa e do volume na condição verde, as amostras foram mantidas em estufa sob temperatura de 103 ± 2° C, até que atingissem massa constante.

A densidade básica da madeira à altura do DAP foi obtida de acordo com a Equação 1.

$$DB = \frac{m_s}{V_v} \quad (1)$$

em que:

DB = Densidade básica (g/cm^3);

m_s = Massa da amostra na condição absolutamente seca (g);

V_v = Volume da amostra na condição verde (cm^3).

2.3 Leituras do pilodyn e resistógrafo

As leituras de penetração do pilodyn (Figura 1) e do resistógrafo (Figura 2) foram realizadas em apenas um ponto do tronco da árvore, na direção norte-sul em nível do DAP, em todas as 15 árvores, retirando-se a casca no local da medição.



Figura 1 – Equipamento conhecido como Pilodyn, utilizado na estimativa da densidade básica.

O pilodyn utilizado foi o Forest 6J, que possuía as seguintes características: força de penetração da agulha igual a 0,612 kgfm para uma penetração de 100,0 mm; e diâmetro do pino de 2,48 mm.

O resistógrafo utilizado foi o IML-RESI F300, série 300-833, calibrado para uma velocidade de avanço da broca de 30,0 cm/min com uma penetração máxima de 28,65 cm (tamanho da haste).



Figura 2 – Equipamento conhecido como Resistógrafo, utilizado na avaliação da qualidade da madeira.

2.4 Análise estatística dos dados

As análises da madeira mediante a utilização do resistógrafo foram realizadas de forma descritiva, uma vez que a correlação entre a densidade básica coletada em nível do DAP e a amplitude gerada pelo aparelho foi muito discrepante.

Utilizou-se a análise de regressão para estimar a densidade da madeira mediante a penetração do pino do pilodyn em nível do DAP, empregando-se para isso o Software SAEG. Foram considerados os seguintes modelos no ajustamento das equações aos dados observados:

1. $Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon$
2. $Y = \beta_0 \times X_i^{\beta_1} + \varepsilon$
3. $Y = \beta_0 \times \beta_1^{X_i} + \varepsilon$
4. $Y = \beta_0 + (\beta_1/X) + \varepsilon$

$$5. Y = \beta_0 + \beta_1 \times \log(X_i) + \varepsilon$$

Onde:

Y_i = média da densidade básica da madeira, à altura do peito (variável dependente);

X_i = profundidade de penetração do pino do pilodyn na madeira, à altura do peito (variável independente);

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ e β_3 = parâmetros de regressão;

ε = erro aleatório.

Para seleção dos modelos, avaliou-se o coeficiente de determinação ajustado (\bar{R}^2) e a significância dos coeficientes de regressão por meio do teste “t” de Student em nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Uso do pilodyn para estimar a densidade básica da madeira

A Tabela 01 apresenta os valores da densidade básica média da madeira e a profundidade de penetração do pino do pilodyn para todas as 15 árvores.

Observando-se a Tabela 1, nota-se que o maior valor médio para a penetração do pino do pilodyn está localizado no extrato E3. O extrato E2 apresentou uma densidade básica média superior em nível do DAP. Uma explicação para a proximidade dos valores da penetração do pino do pilodyn está na origem do material genético e na idade, haja vista que os extratos E1 e E3 apresentam idade de 70 meses, sendo o manejo diferenciado entre eles.

Diversos autores mencionam que a utilização de práticas silviculturais diferenciadas pode alterar a qualidade da madeira, influenciando diretamente na densidade da mesma. Neste estudo, as árvores com menores valores de densidades apresentaram maiores valores para a penetração do pino do pilodyn.

Tabela 1 – Valores médios de densidade básica da madeira e respectivos valores de penetração do pino do Pilodyn para os três extratos estudados no híbrido clonal *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

ÁRVORE Nº	E1 – Rebrota (70 meses)		E2 – Reforma (166 meses)		E3 – Reforma (70 meses)	
	DB ¹ (g/cm ³)	PILODYN (mm)	DB (g/cm ³)	PILODYN (mm)	DB (g/cm ³)	PILODYN (mm)
1	0,48	13	0,57	12	0,50	13
2	0,45	12	0,52	11	0,53	13
3	0,48	13	0,57	10	0,46	14
4	0,45	12	0,54	9	0,52	13
5	0,47	14	0,56	10	0,52	12
	(0,015) ²	(0,837)	(0,022)	(1,140)	(0,028)	(0,707)
Médias	0,47	12,8	0,55	10,4	0,50	13,0
	(3,254)	(6,536)	(3,927)	(10,963)	(5,519)	(5,439)

¹ Densidade básica;

² Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (g/cm³ e mm) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Combes et al. (1997), avaliando o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* de 58 meses de idade, encontraram uma densidade básica média em nível do DAP de 0,51 g/cm³. Vale et al. (1995) encontraram para árvores de *E. grandis*, na classe diamétrica entre 23,0 a 27,0 cm um valor de densidade básica média de 0,52 g/cm³ em nível do DAP para árvores com idade de oito anos. Neste estudo, apenas o extrato E2 apresentou valor superior (0,55 g/cm³) aos acima mencionados. A idade pode ter sido a característica diferenciada que proporcionou este aumento, tendo em vista a existência de maiores proporções de madeira adulta.

A penetração do pino do pilodyn (mm) foi relacionada com a densidade básica média (g/cm³) para cada árvore através de regressão linear. Os valores de penetração do pino do pilodyn variaram de 9,0 a 14,0 mm, com média de 12,07 mm. Os valores estão próximos aos encontrados por Vale et al. (1995), que, estudando a espécie *E. grandis* encontraram uma penetração do pino de 10,0 a 15,0 mm. Os valores de densidade básica média variaram de 0,45 a 0,57 g/cm³ com média em 0,51 g/cm³.

A Tabela 3 apresenta as estatísticas das equações para os modelos selecionados a fim de explicar a variação da densidade básica por meio da penetração do pino do pilodyn.

Tabela 3 – Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação corrigidos (\bar{R}^2) e o respectivo erro padrão relativo (S_{yx}), referente aos modelos de melhor ajuste em função da penetração do “Pilodyn” para a densidade básica em nível do DAP para o híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

MODELO AJUSTADO	\bar{R}^2 (%)	S_{xy} (%)
$\hat{Y} = 0,721503 - 0,0177485^{**}X_i$	34,90	7,613
$\hat{Y} = 0,126828 X_i^{-0,392212^{**}}$	33,14	5,798
$\hat{Y} = -0,115344 (-0,149789^{**}X_i)$	33,64	5,770
$\hat{Y} = 0,31819 + (2,24672^{**}/X_i)$	33,40	8,168
$\hat{Y} = 1,00831 - 0,464595^{**} \log(X_i)$	34,36	5,453

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”, de Student; \hat{Y} = estimativa da densidade básica em nível do DAP; e X_i = profundidade de penetração do pino do “Pilodyn”.

Foram medidas cinco árvores com o pilodyn por extrato, em apenas uma posição em nível do DAP. Não foi possível ajustar a densidade básica em função da penetração do pilodyn nos extratos devido a proximidade dos mesmos (Tabela 1). Desta forma, buscou-se o ajuste de um modelo com base nos dados do pilodyn para as quinze árvores. O modelo linear foi aquele que melhor se ajustou, apresentando um coeficiente de determinação ajustado igual a 34,90%, sendo o parâmetro estimado, significativo a 1% de probabilidade.

Este modelo foi selecionado por ser o mais simples, tendo em vista os demais modelos testados apresentarem coeficientes de determinação ajustados muito semelhantes.

A Figura 3 ilustra graficamente a estimativa da densidade básica da madeira ao nível do DAP para as árvores.

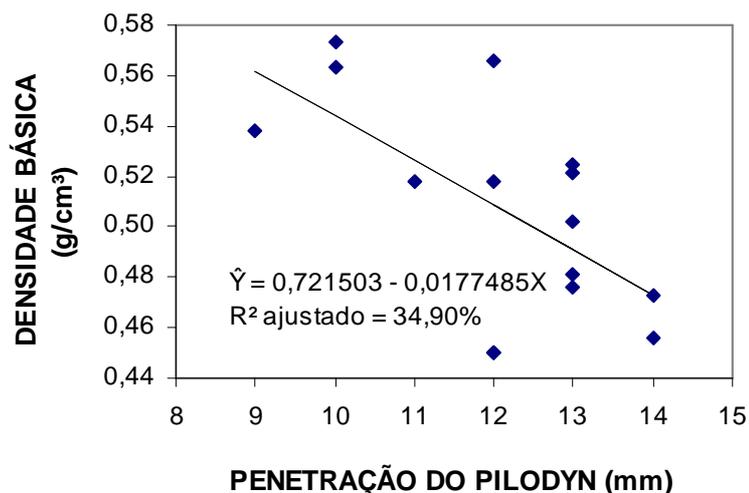


Figura 3 – Relação entre a densidade básica média em nível do DAP e profundidade de penetração média do Pilodyn para as quinze árvores do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

A utilização do pilodyn apresentou um baixo coeficiente de determinação, conseqüentemente uma baixa eficiência na determinação da densidade básica. Provavelmente, um maior número de tomada de medições no tronco ao nível do DAP, um aumento do número de árvores medidas e a correlação com a densidade apenas na região mais próxima do alburno poderiam melhorar sua eficiência.

Observando a Figura 3, nota-se que os menores valores de penetração do pino do pilodyn estiveram nas maiores densidades da madeira, como era de se esperar, devido à maior espessura das paredes celulares e maior resistência da madeira à penetração do mesmo.

O estudo apresentou uma correlação de Pearson entre a penetração do pino do pilodyn e a densidade básica da madeira igual a -0,63, superior ao encontrado por Vale et al. (1995) que foi de -0,55 para a espécie *Eucalyptus grandis* com oito anos de idade. Lopes & Staffieri (1998) obtiveram uma forte correlação negativa um pouco superior ao deste estudo para árvores de *Pinus elliottii* (-0,76).

Rosado et al. (1983) avaliaram a eficiência do Pilodyn na determinação indireta da densidade em árvores com dois anos de idade de *Eucalyptus saligna*, *E. urophylla* e *E. citriodora* (atualmente *Corymbia citriodora*) e *E. grandis*. Os autores afirmam que o aparelho pode ser muito útil para este fim, sendo o modelo linear

aquele que melhor se ajustou com os coeficientes de determinação iguais a 50,41%, 70,34%, 43,58% e 45,28%, respectivamente.

Raymond & MacDonald (1998), avaliando a variação da densidade básica da madeira com auxílio do pilodyn em *Eucalyptus globulus* e *E. nitens* com idades de 5, 10 e 15 anos, encontraram um aumento linear da densidade entre 10 e 70% da altura, afirmam, ainda, que o aparelho mostrou ser eficiente.

3.2 Uso do resistógrafo para avaliar a qualidade da madeira

Buscou-se a realização de alguma correlação entre a densidade básica da madeira no sentido radial, no entanto, os dados obtidos não permitiram que fosse realizada, sendo desta forma não editada no presente estudo.

Foram realizadas apenas observações visuais seguidas de uma descrição do avanço da haste do resistógrafo em uma amostra da madeira obtida transversalmente ao seu crescimento à altura do DAP, próximo ao local de obtenção dos dados com o resistógrafo.

A Figura 4 apresenta o comportamento do avanço da haste do resistógrafo nas cinco árvores no extrato E1, compreendendo o extrato com árvores de 70 meses de idade e cultivadas sob talhadia simples com apenas um desbaste sistemático e seletivo único, precoce aos 30 meses de idade no espaçamento inicial de 3,0 x 3,0 metros.

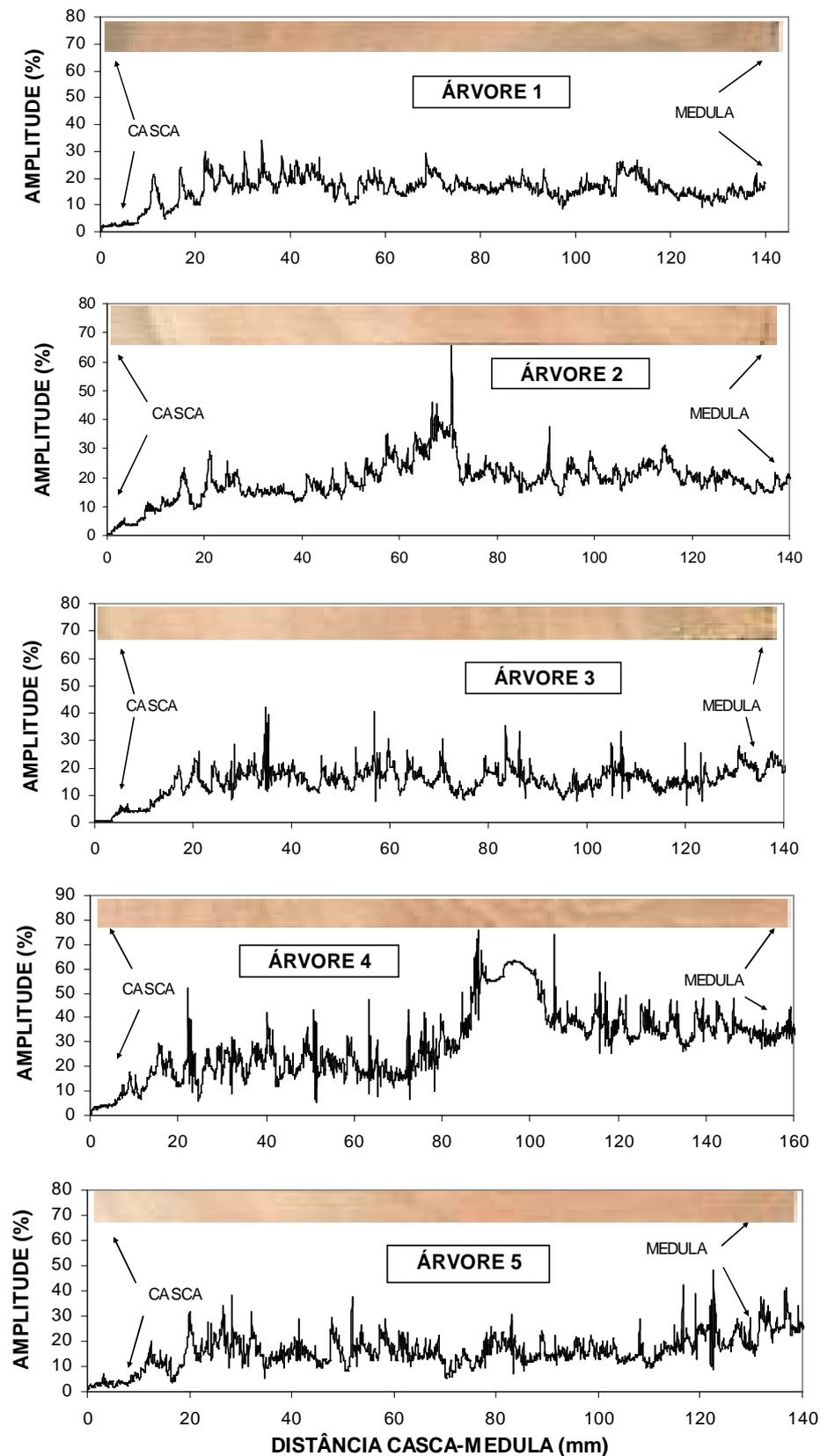


Figura 4 - Leituras do resistógrafo para as cinco árvores do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com 70 meses de idade sob condição de talhadia simples e desbaste aos 30 meses de idade (E1).

Observando-se a Figura 4 nota-se que o comportamento das cinco árvores foi muito parecido até a proximidade da medula, à exceção de alguns pontos nas árvores 2 e 4, provavelmente devido a presença de algum defeito na madeira, na região por onde penetrou a haste do resistógrafo. A partir da medula, o fato de haver atrito, devido ao pó de serra gerado pela penetração da haste do aparelho e a madeira ocorreu um aumento da amplitude média.

Apesar de apresentarem um DAP médio elevado para a idade (29,36cm em apenas 70 meses), contribuição também do desbaste precoce, boa parte de seu lenho ainda é madeira juvenil, a qual poderá ter gerado menor variabilidade nos gráficos do resistógrafo apresentado na Figura 4. A resistência imposta pela madeira à perfuração da broca do aparelho é menos intensa na presença de lenho juvenil. Latorraca & Albuquerque (2002) mencionam este fato afirmando que boa parte da maioria dos problemas ocorridos com a madeira deve-se ao fato da presença do lenho juvenil e suas características, quais sejam a baixa densidade, menores resistências e a propensão a contrações mais acentuadas.

Os picos de amplitudes proporcionados pela madeira juvenil, conforme observado nas cinco árvores do extrato E1, estão mais esparsos, o que pode significar que os anéis de crescimento estão mais afastados, provavelmente devido ao rápido crescimento das mesmas. Apesar da condição de talhadia simples, os gráficos gerados apresentaram-se bem homogêneos, principalmente para as árvores 1, 3 e 5.

A Figura 5 apresenta o comportamento do avanço da broca do resistógrafo nas cinco árvores inclusas no extrato E2, compreendendo as árvores de maior idade (166 meses) e cultivadas sob condição de reforma com realização de dois desbastes, um sistemático e seletivo aos 117 e outro apenas seletivo aos 153 meses de idade no espaçamento inicial de 3,0 x 3,0 metros.

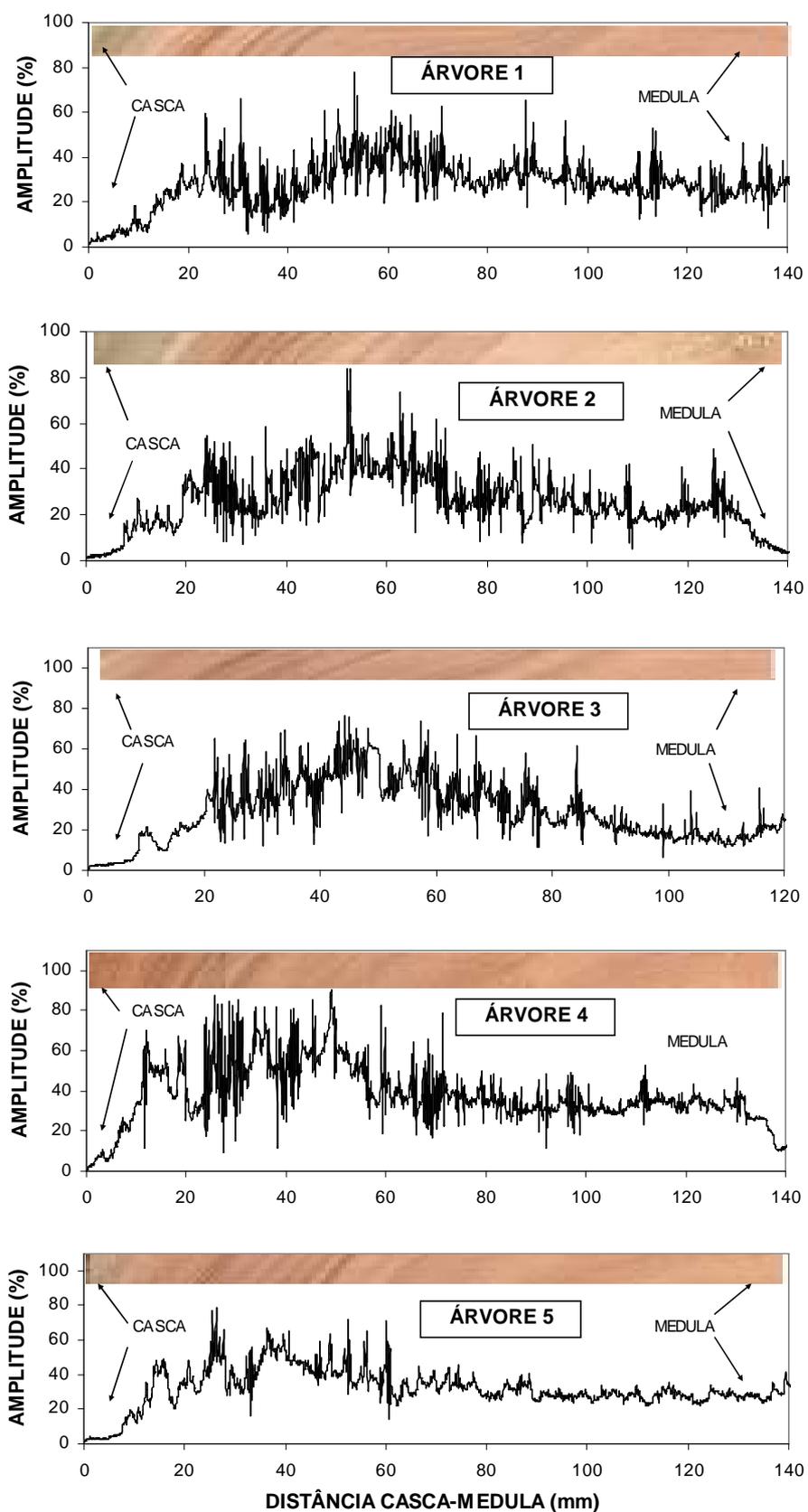


Figura 5 - Leituras do resistógrafo para as cinco árvores do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com 166 meses de idade sob condição de reforma e desbaste aos 117 e 153 meses de idade (E2).

Nota-se, na Figura 5, que as árvores mais adultas possuem uma menor proporção de madeira juvenil, fator positivo na indústria moveleira. O comportamento da madeira nesse extrato pode ser explicado talvez pelo crescimento mais lento e pela maior idade, assim como o primeiro desbaste proporcionado aos 117 meses. O segundo desbaste provavelmente não provocou alterações significativas à madeira, uma vez que a exploração foi realizada logo em seguida, um ano depois.

A Figura 6 apresenta o comportamento do avanço da broca do resistógrafo nas cinco árvores inclusas no extrato E3, compreendendo as árvores com idade de 70 meses e manejadas sob condição de reforma com desbaste seletivo aos 42 meses de idade e cultivada no espaçamento inicial de 6,0 x 2,5 metros.

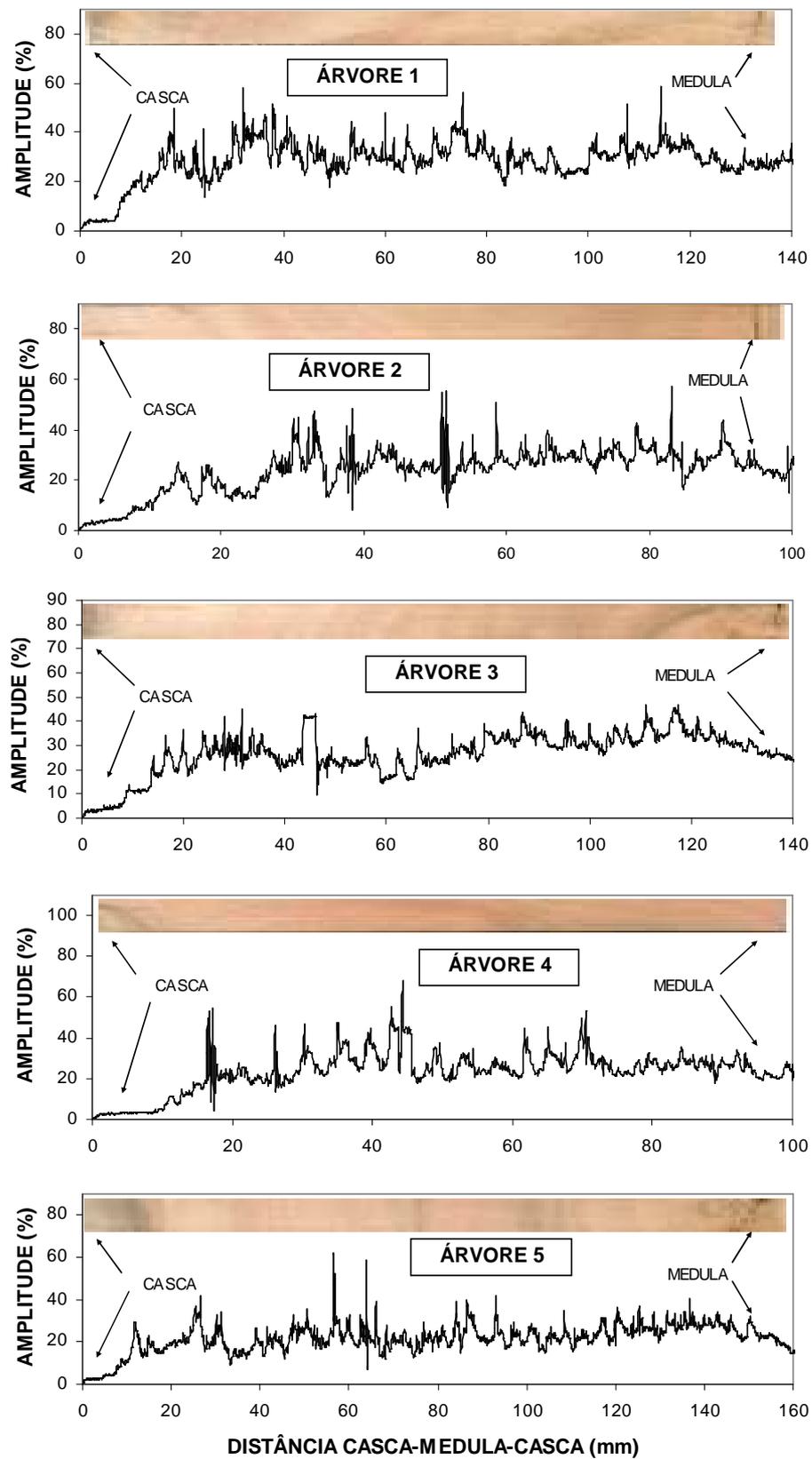


Figura 6 - Leituras do resistógrafo para as cinco árvores do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com 70 meses de idade sob condição de reforma e desbaste aos 42 meses de idade (E3).

Comparando-se as árvores do extrato E1 com as árvores do extrato E2, pode-se observar que há alguma diferença no perfil gerado pelo resistógrafo. Sendo essa mais marcante no limite de formação de madeira juvenil-adulto no extrato E2.

A Figura 6 ilustra graficamente o comportamento das árvores no extrato E3 submetidas ao maior espaçamento (6,0 x 2,5 m). Nota-se uma maior amplitude em relação as árvores do primeiro extrato, possivelmente em relação ao desbaste realizado mais cedo – 30 meses.

Em revisão sobre o assunto, para o gênero *Pinus*, Clark III & Saucier (1989) citados por Latorraca & Albuquerque (2000) mencionam que, em espaçamentos maiores, as árvores sofrem menos competição por luz, água e nutrientes, produzindo mais fotossíntese e, conseqüentemente, uma madeira inicial mais densa, isto é, menos lenho juvenil com qualidades inferiores. Neste estudo, sendo a espécie avaliada uma folhosa, o maior espaçamento, localizado no extrato E3, apresentou um tronco com madeira juvenil em sua totalidade.

4 CONCLUSÕES

Com base nas considerações expostas, são apresentadas as seguintes conclusões:

- a utilização do pilodyn não apresentou resultados satisfatórios, quando correlacionado com a densidade da madeira das árvores agrupadas, independente da forma de manejo;
- a amostragem realizada foi insuficiente para afirmação da eficiência do aparelho. Havendo assim, a necessidade de estudos adicionais;
- o resistógrafo permitiu apenas uma análise descritiva da qualidade da madeira, não sendo possível realizar uma correlação da amplitude gerada pelo aparelho com a densidade do lenho das árvores;
- o resistógrafo foi uma ferramenta útil na determinação da transição de madeira juvenil-adulta em *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ensaio físicos e mecânicos da madeira – MB-26/40**. Rio de Janeiro, ABNT, 16p., 1940.

COMBES, J.G.; BOUVET, J.M.; BAILLERES, H. Analyses growth, morphological and wood properties traits in ortet populations of *Eucalyptus* in the Congo. **IUFRO: Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypt**, 1997. Salvador. EMBRAPA: Colombo (PR), v.3, p. 37-42, 1997.

GANTZ, C.H. **Evaluating the efficiency of the resistograph to estimate genetic parameters for wood density in two softwood and two hardwood species**. 2002. 78p. Dissertação (Mestrado) - Graduate Faculty of North Carolina State University.

HANSEN, C.P. Application of the Pilodyn in forest tree improvement. **DFSC - Danida Forest Seed Centre**, Series of Technical Notes, Number 55, Denmark, July, 2000.

IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, **IPEF Notícias**, USP/ESALQ, Mar/Abr de 1999.

ISIK, F.; LI, B. Rapid assessment of wood density of live trees using the Resistograph for selection in tree improvement programs. **Canadian Journal Forest Research**. v. 33, p. 2426-2435, 2003.

LATARROCA, J.V.; ALBUQUERQUE, C.E.C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica (RJ), v. 07, n. 01, p. 279-291, 2000.

LOPEZ, J.A.; STAFFIERI, G.M. Correlaciones genéticas entre Pilodyn y densidad de la madera de *Pinnus elliotti* var. *elliotti* em la mesopotâmia Argentina. **Novenas Jornadas Técnicas Forestalis**. Misiones, Argentina. 5p., 1998.

MATTHECK, C.; BETHGE, K.; ALBRECHT, W. How to read the results of resistograph M. **Arboricultural Journal**, v. 21, p.331-346, 1997.

MONTAGU, K.D.; KEARNEY, D.E.; SMITH, R.G.B. The biology and silviculture of pruning planted eucalypts for clear wood production—a review **Forest Ecology and Management**, (179): 1–13, 2003.

NICHOLLS, J.W.P. A new method for determining wood density in the standing tree. **Australian Forest Research**, (15): 195-206, 1985.

PIROTON, S.; BAILLY, F.; SERVAIS, A. Use of Pilodyn for indirect selection of wood basic density of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst). **Annales Gembloux**, 101, 3-4, 171-184. 1995.

RAYMOND, C.A.; MacDONALD, A.C. Where to shoot your Pilodyn: within tree variation in basic density in plantation *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* in Tasmânia. **New Forest**, v. 15, n. 3, p. 205-221, May, 1998.

ROSADO, S. S.; BRUNE, A.; OLIVEIRA, L. M. Avaliação da densidade básica da madeira de árvores em pé. **Revista árvore**, Viçosa (MG), v.7, n. 2, p. 147-153, 1983.

VALE, A.T. et al. Densidade básica média, em função da profundidade de penetração do pino do "Pilodyn" e da classe diamétrica, e da variação axial da densidade básica em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 19, n. 1, p. 80-91, 1995.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES RESIDUAIS LONGITUDINAIS (DRL) DE CRESCIMENTO DO TRONCO DE UM HÍBRIDO CLONAL DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

RESUMO

A madeira de eucalipto, como na maioria das folhosas, apresenta ao longo de seu tronco tensões necessárias à sua sustentação, que após seu corte e desdobro se manifestam em intensidades variadas, conforme a espécie. Assim, este estudo teve como objetivo principal estudar as deformações residuais longitudinais existentes em um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, de duas idades e provenientes de regeneração de povoamentos por talhadia simples e reforma sob diferentes sistemas de desbaste, utilizando-se o Medidor de Deformação de Crescimento do *CIRAD-Forêt*. Pelos resultados, verificou-se que: as árvores provenientes da condição de rebrota e idade de 70 meses apresentaram a menor variabilidade entre as quatro posições cardinais avaliadas; e as árvores plantadas no maior espaçamento na condição de reforma e idade de 70 meses, apresentaram uma variabilidade superior entre as posições cardinais.

Palavras-chave: tensão de crescimento, eucalipto, madeira.

EVALUATION OF GROWTH STRAIN IN A CLONAL HYBRID
Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis

ABSTRACT

The eucalyptus wood, as in most of the hardwood presents along to the stem necessary tensions to its sustentation, that after to cut and saw release in varied intensities, according the species. This study had as main objective evaluates the longitudinal residual deformations (DRL) existent in a hybrid clonal of *Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis*, of two ages and coming of re-growth and reform. It was used the Growth Deformation Meter of CIRAD-Forêt. The results show that trees of the re-growth condition and age of 70 months presented smallest variability among the four cardinal positions; the trees planted in the largest spacing in the reform condition and age of 70 months, presented the most variability among the cardinal positions.

Key Words: *growth strain, eucalypt, wood.*

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores, se não o mais importante, relacionados à desvalorização da madeira serrada, são as rachaduras e empenamentos que, na maioria das vezes, estão associados às tensões internas geradas durante o crescimento da árvore e se manifestam após o seu abate, com uma maior intensidade naqueles indivíduos mais jovens. De acordo com Latorraca & Albuquerque (2000), a maioria dos problemas que ocorrem com a qualidade da madeira, é oriundo de algumas características do lenho juvenil, devido à sua tendência de proporcionar contrações mais acentuadas.

As tensões de crescimento na madeira são forças existentes no interior dos troncos das árvores vivas, possuindo origem no câmbio durante a formação da madeira (Maeglin, 1987), servindo para a árvore manter-se ereta. Essas tensões aumentam em grande parte durante o período juvenil de crescimento das árvores, que quando abatidas são liberadas, podendo ser bem visualizadas na seção axial do tronco recém abatido, e muitas das vezes têm seu início na medula (Kubler, 1987; Latorraca & Albuquerque, 2000; Santos 2002; Raymond et al., 2004). Durante o processo de desdobro da madeira nas serrarias, também ocorrem novas liberações de tensões, as quais devido a intensidade podem comprometer o rendimento do produto final (Remade, 2001).

Alguns autores, como Miranda & Nahuz (1999), verificaram a variação da deformação residual longitudinal (DRL) em clones de *Eucalyptus saligna* com nove anos de idade e suas associações com algumas características físicas e mecânicas da madeira. Os resultados indicaram que a DRL não apresentou correlação significativa com as características de crescimento da árvore. Os autores ainda

afirmam que a DRL apresentou uma correlação positiva e significativa para o rachamento das toras.

Práticas como os desbastes podem permitir o crescimento em diâmetro das árvores reduzindo, assim, as possíveis tensões de crescimento existentes ao longo do fuste (Shield, 1995 citado por Miranda & Nahuz, 1999). Lima et al. (2000) estudaram diferentes intensidades de desbaste e suas relações com tensões de crescimento em povoamento de *Eucalyptus grandis* com 18 anos de idade. Concluíram que intensidades de desbaste diferentes podem influenciar na formação de rachaduras nas extremidades das toras e no encurvamento das peças desdobradas ainda úmidas. Os mesmos autores ainda mencionam que o incremento em diâmetro da árvore, quando obtido por prática de desbaste, pode fazer com que as tensões de crescimento sejam reduzidas.

Trugilho et al. (2002), avaliando as tensões de crescimento em 11 clones de eucalipto com 6 anos de idade e plantados no espaçamento 10,0 x 4,0 metros, encontraram um valor médio para a deformação residual longitudinal de 0,090 mm. Afirmaram, ainda, que existe uma grande variabilidade entre os clones. Tal variabilidade pode ser útil por possibilitar a seleção de clones com menores valores de tensões de crescimento e, conseqüentemente, madeira com menores riscos de apresentar defeitos no abate e posterior desdobro.

Uma correlação entre a deformação residual longitudinal e as propriedades físicas e mecânicas da madeira de clones de eucalipto, sendo quatro híbridos naturais de *Eucalyptus grandis* e um híbrido entre as espécies *E. urophylla* x *E. grandis*, foi realizada por Lima et al. (2004). Os autores afirmam que das várias propriedades avaliadas, apenas a densidade básica foi correlacionada significativa e positivamente com a DRL, quando os clones foram avaliados conjuntamente. Mencionam que foi possível estimar a densidade básica da madeira através de modelos múltiplos, mediante a associação com a DRL.

Clair et al. (2003), analisando a madeira de *Castanea sativa*, encontraram relações significativas entre as tensões de crescimento e as propriedades físicas e mecânicas da madeira, especialmente na direção longitudinal. Maeglin (1987) cita que a redução das tensões de crescimento em folhosas deve ser uma associação entre o melhoramento genético e práticas silviculturais, envolvendo também os setores de tecnologia de processamento da madeira.

Em trabalho realizado com *E. dunnii* de 8, 13, 15 e 19 anos, Trugilho (2004) afirma que a deformação residual longitudinal apresenta uma tendência de aumento linear com a idade.

A avaliação da tensão de crescimento utilizando-se um método não-destrutivo e indireto, através da deformação longitudinal residual mensurada pelo extensômetro, é uma ferramenta muito útil para utilização na tecnologia da madeira. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo a avaliação das deformações residuais longitudinais de crescimento (DRL) em um híbrido clonal das espécies *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* de duas idades e provenientes de rebrota e reforma.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de amostragem e material experimental

Foram amostradas árvores oriundas de um experimento com clones, de propriedade da empresa Aracruz Celulose S.A. localizado no Sul do Estado da Bahia, municípios de Mucuri e Nova Viçosa.

O solo local é pertencente à Formação Barreiras, sendo predominante nos três extratos o Podzólico Amarelo Distrófico, que envolve o substrato cristalino e tem um comportamento geológico semelhante ao das áreas do Norte do Estado do Espírito Santo, apresentando um relevo de suave a plano. De acordo com a classificação climática de Köppen, há predomínio do tipo "Af", sendo clima tropical chuvoso e quente, com temperatura superior a 18° C no mês mais frio. A precipitação anual está em torno de 1.378,0 mm, sendo que no mês mais seco ocorre precipitação em torno de 60,0 mm. A região Sul do Estado da Bahia apresenta um déficit hídrico em torno de 124,0 mm e um excedente próximo a 78,0 mm anuais (com base em série histórica de apenas 10 anos).

No primeiro extrato, foi realizado um desbaste sistemático e seletivo único. No segundo extrato, o primeiro desbaste foi sistemático e seletivo, e o segundo apenas seletivo. Para o terceiro extrato, foi realizado um desbaste seletivo único. No desbaste sistemático foi eliminada uma linha de plantio a cada cinco novas linhas.

Foram permitidos apenas um broto na primeira redução da brotação que aconteceu por volta dos 9 meses.

A Tabela 1 apresenta de forma resumida as características gerais dos três diferentes extratos avaliados neste estudo.

Tabela 1 – Características gerais dos extratos estudados

	EXTRATOS		
	E1	E2	E3
Época de plantio	03/1999	03/1991	06/1999
Condução de plantio	Talhadia	Reforma	Reforma
Espaçamento (m)	3,0 x 3,0	3,0 x 3,0	6,0 x 2,5
Capina química (unidade)	04	07	01
Roçada manual (unidade)	04	04	04
Idade de corte (meses)	70	166	70
Desbaste (meses)	30	117 e 153	42
Nº de cepas (a partir de 9 meses)	01	01	01
Volume de madeira/ha (m ³)	169,01	364,07	119,27
Densidade na época do corte (árvores/ha)	150	325	150

2.2 Avaliações realizadas

As medições da deformação residual longitudinal de crescimento (DRL), foram realizadas nas direções cardinais Norte/Sul, Sul/Norte, Leste/Oeste e Oeste/Leste em nível do DAP.

Utilizou-se o método do “Centre de Coopération Internationale em Recherche Agronomique pour le Développement, Département des Forêts” –*CIRAD-Forêt* (Medidor de Deformação de Crescimento – “Growth Strain Gauge”) que utiliza um aparelho chamado de extensômetro, o qual mede o movimento longitudinal das fibras da madeira pela liberação das tensões de crescimento existentes na árvore (Figura 1), determinando, assim, a deformação residual longitudinal (DRL). As medições foram realizadas retirando-se uma pequena faixa de casca no local definido. Dois pinos afastados 45,0 mm entre si foram fixados na faixa sem casca, sempre no sentido longitudinal da grã e conectados ao medidor de deformações, cuja função é indicar a intensidade da deformação residual longitudinal. Após o ajuste desse aparelho, realizou-se um orifício de 20,0 mm de diâmetro e aproximadamente 30,0 mm de profundidade com auxílio de um arco-de-pua entre os

pinos, para que as tensões pudessem ser liberadas e refletidas na contração longitudinal das fibras. Tomou-se o cuidado de não iniciar a perfuração na presença de ventos, já que os valores poderiam ser superestimados, devido às forças de sustentação internas na madeira naquele momento. As deformações são indicadas em um relógio digital, que é zerado antes da perfuração, anotando-se o valor após a estabilização da retirada do aparelho.



Figura 1 – Detalhes dos instrumentos utilizados para medição da Deformação Residual Longitudinal (DRL), composto pelo extensômetro, pinos de fixação, gabarito de fixação dos pinos (45,0 mm de afastamento) e arco de pua com broca de 20,0 mm.

2.3 Análise estatística dos dados

Os dados foram analisados através da estatística descritiva, tendo em vista o material disponibilizado para o estudo apresentar efeitos que não puderam ser controlados, como material genético, sítio (variação física e química), idades diferentes, métodos de implantação (talhadia e reforma do povoamento) e o manejo diferenciado. Foram utilizados os valores médios de cada ponto cardinal amostrado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela, 2 é apresentado o valor médio da deformação residual longitudinal (DRL), determinada nas cinco árvores para cada extrato nas posições cardinais com os respectivos desvios padrões e coeficientes de variação.

Tabela 2 – Valores médios da Deformação Residual Longitudinal do lenho das árvores (DRL) para os três extratos avaliados em função das posições cardinais

EXTRATOS	DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL – DRL (mm)				
	NORTE	SUL	LESTE	OESTE	MÉDIA
E1 – Talhadia (70 meses)	(0,022)*	(0,026)	(0,135)	(0,030)	(0,071)
	0,106	0,104	0,146	0,091	0,113
	(20,88)	(25,32)	(92,92)	(31,19)	(63,08)
E2 – Reforma (166 meses)	(0,071)	(0,033)	(0,042)	(0,040)	(0,071)
	0,232	0,093	0,177	0,131	0,158
	(30,50)	(35,81)	(23,79)	(30,87)	(44,64)
E3 – Reforma (70 meses)	(0,101)	(0,020)	(0,064)	(0,017)	(0,082)
	0,213	0,076	0,173	0,091	0,138
	(47,56)	(26,88)	(37,14)	(18,61)	(59,58)
MÉDIA	(0,090)	(0,029)	(0,088)	(0,035)	(0,076)
	0,184	0,091	0,165	0,106	0,136
	(49,04)	(31,48)	(53,17)	(32,55)	(56,13)

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (mm) e coeficientes de variação (%), respectivamente.

Observa-se nitidamente, na Tabela 2, que os valores médios nas posições cardinais são muito variáveis para todas as posições cardinais. Entre os extratos E1 e E3, os valores médios estão muito próximos, destacando o extrato E3, com o maior valor médio. Destacam-se, também, os elevados coeficientes de variação dentro dos extratos, em que o primeiro extrato apresentou os menores valores. A maior idade das árvores no extrato E3 pode ter contribuído para os maiores valores absolutos encontrados para a DRL e, conseqüentemente, menor variabilidade entre as árvores.

Raymond et al. (2004), avaliando as tensões de crescimento em *Eucalyptus globulus* em idades de 288 e 324 meses, encontraram um valor médio para a DRL de 0,125 mm, superior somente ao extrato E1 deste estudo (0,113 mm), indicando

que a condução através de talhadia simples apresenta uma madeira com menor propensão à rachamentos.

Os dados médios para as deformações residuais longitudinais e os respectivos desvios padrões para os extratos estudados estão ilustrados na Figura 2.

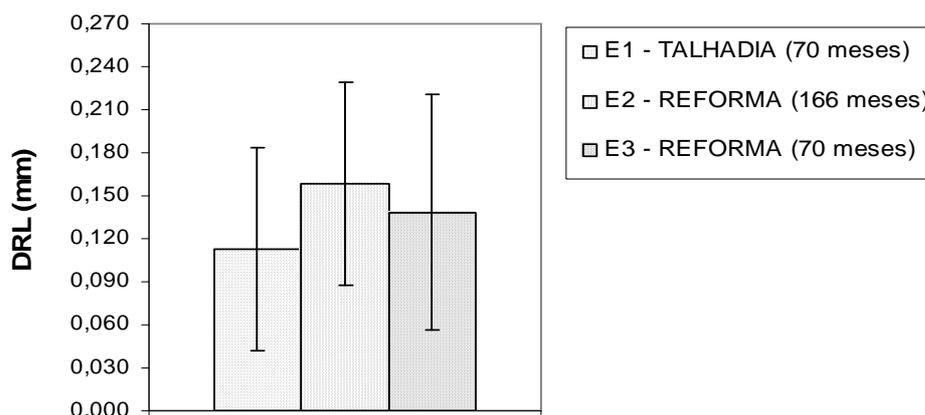


Figura 2 – Representação gráfica da Deformação Residual Longitudinal (DRL) média e respectivos desvios padrões para os extratos estudados.

Trugilho et al. (2004), em trabalho com *Eucalyptus dunnii* em idades variando de 108 a 156 meses, afirmam a existência de uma alta variabilidade para DRL. Os mesmos autores mencionam que a existência de elevados coeficientes pode ser uma boa alternativa, quando se pretende trabalhar com a realização de seleção de árvores com potencial para produção de madeira sólida, tendo em vista que a DRL está relacionada com rachaduras e empenamentos quando as peças são serradas. Neste trabalho, pode-se observar, na Figura 2, um comportamento pouco variável para a DRL, principalmente entre os extratos E1 e E3, ambos com mesma idade (70 meses), bem como a pouca variação dos dados em relação à média nos três extratos. A Figura 3 ilustra graficamente os valores médios obtidos da deformação residual longitudinal de crescimento para cada árvore em função da posição no tronco.

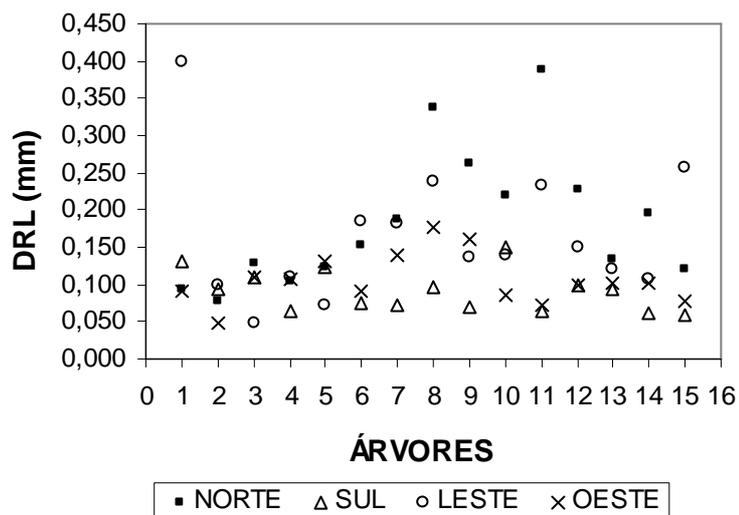


Figura 3 – Representação gráfica dos valores da Deformação Residual Longitudinal (DRL) obtidos para cada ponto cardinal em cada árvore em nível do DAP

As árvores apresentaram um comportamento individual, para cada posição cardinal avaliada, sendo a face voltada para o sul a que apresentou as menores deformações residuais longitudinais médias (0,091 mm). As árvores apresentaram para as quatro posições cardinais um coeficiente de variação médio relativamente elevado, variando de 18,61% (sentido oeste-leste) a 92,92% (sentido leste-oeste). Lima et al. (2004) encontraram coeficientes de variação de 13% a 80% na madeira de quatro clones de *Eucalyptus grandis* e de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* plantado na região de Aracruz, ES, no espaçamento de 3,0 x 3,0 m para idades entre 102 e 170 meses. Observando-se a Figura 3, nota-se que as maiores DRL's estão localizadas na direção norte-sul, com uma média de 0,184 mm.

A Figura 4 apresenta o coeficiente de variação médio da DRL para os pontos cardinais avaliados para cada árvore.

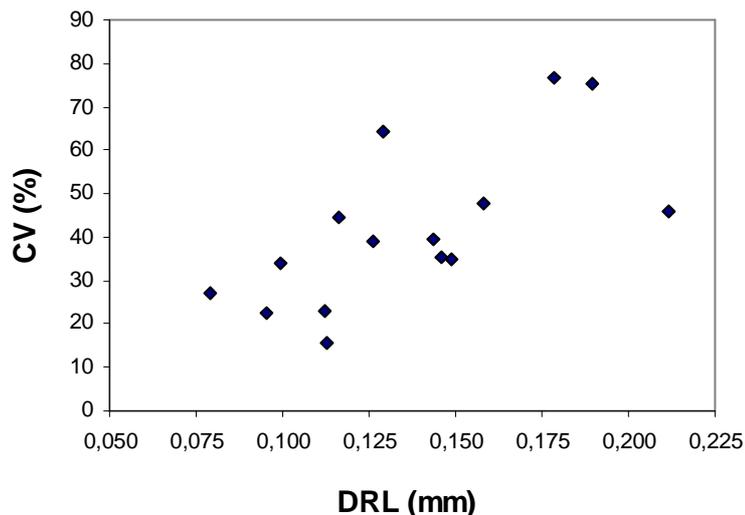


Figura 4 – Coeficiente de Variação (CV) para as posições de tomada da Deformação Residual Longitudinal - DRL para cada árvore, em função da DRL média.

O comportamento médio do coeficiente de variação em função da DRL, ilustrado na Figura 4, indica que as menores variações estão localizadas nas menores DRL's, respectivamente no primeiro extrato..

Raymond et al. (2004) encontraram valores crescentes para a DRL a partir de 1,30 m até a altura de 4,0 m. Os autores afirmam que entre as árvores houve grande variação para a deformação longitudinal de crescimento, o mesmo encontrado neste estudo.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi realizado, são apresentadas as seguintes conclusões:

- o extensômetro é um aparelho de fácil manuseio, permitindo leituras rápidas e com boa confiabilidade na medição de tensões de crescimento;
- a deformação residual longitudinal (DRL) do lenho nos extratos estudados, apresentou valores muito próximos entre si, indicando pouca variabilidade entre os mesmos;
- Os valores elevados para o coeficiente de variação encontrados para as posições cardinais em todos os extratos avaliados indicam haver um comportamento

muito heterogêneo entre as árvores estudadas, o que pode favorecer estudos futuros na seleção genética de indivíduos menos susceptíveis à problemas tecnológicos, como rachamento e empenamentos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLAIR, B.; RUELLE, J.; THIBAUT, B. Relationship between growth stresses, mechanic-physical properties and proportion of fibre with gelatinous layer in Chestnut (*Castanea Sativa* Mill.). **Holzforschung**, 57, p. 189-195, 2003.

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

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

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

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

MAEGLIN, R.R. Juvenile wood, tension wood, and growth stress effects on processing hardwoods. In: **Applying the latest research to hardwood problems: Proceedings of the 15th Annual Hardwood Symposium of the Hardwood Research Council**. 1987 – May 10-12, p. 100-108.

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

RAYMOND, C.A. et al. Evaluation of on-destructive methods of measuring growth stress in *Eucalyptus globules*: relationships between strain, wood properties and stress. **Forest Ecology and Management**, (190): 187-200. 2004.

REMADE – Revista da Madeira. **Características Intrínsecas da Madeira**, n. 59, ano 11, Set, 2001. [Disponível em <http://www.remade.com.br>] (Acessado em 20/07/2005).

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

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

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

CAPÍTULO III

ESTUDO DA DENSIDADE E VARIAÇÃO DIMENSIONAL DE UM HÍBRIDO CLONAL DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

RESUMO

A utilização de madeira proveniente de reflorestamento está sendo uma boa alternativa encontrada pelas inúmeras serrarias espalhadas pelo país, destacando-se as espécies de Eucalipto. Os motivos vão desde a escassez de madeira das florestas tropical até a elevação dos custos de transporte e beneficiamento, além da pressão de entidades ligadas à preservação ambiental. Assim, este trabalho objetivou o estudo das propriedades físicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* de duas idades, provenientes de regeneração florestal por talhadia simples e por reforma, em diferentes intensidades de desbaste, com diâmetros entre 28,0 e 30,0 cm. Os resultados mostraram que o extrato de maior idade com intervenção de dois desbastes (E2) apresentou os maiores valores médios para a densidade básica ao longo do fuste e na direção medula-casca, além de menores contrações volumétricas médias e menor fator anisotrópico médio (1,66). Apesar do extrato E1 - Talhadia e 70 meses de idade, cujo fator anisotrópico médio foi igual a 1,92, ser próximo ao extrato E3 - Reforma e 70 meses de idade, com fator anisotrópico igual a 2,04 ao longo do fuste, o extrato E1 apresentou os menores resultados para densidade básica média e retratibilidade

média para a primeira tora em relação a segunda. O mesmo comportamento foi encontrado para a contração volumétrica. O coeficiente de anisotropia na tora dois foi menor em relação a tora um nos extratos E1 e E3.

Palavras-chave: densidade básica, retratibilidade, *Eucalyptus*.

DENSITY AND DIMENSIONAL VARIATION OF CLONAL HIBRYD *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

ABSTRACT

The wood provenance of reforestation is being a good alternative for the innumerable ones uses of several sawmills, being distinguished the species of Eucalypt. The reasons are since the wood scarcity of the forests Tropical until the rise of the transport costs and processing, beyond the pressure of on entities of environmental preservation. Thus, this work objectified the study of the physical properties of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* wood of a clonal hybrid with two ages and proceeding from coppice and reform with diameters between 28,0 and 30,0 cm. The results had shown that the extract of bigger age with intervention of two thinning (E2) had presented the biggest average values for the specific gravity along the stem and in the direction pith/bark, beyond lesser average volumetric contractions and lesser average anisotropic factor (1,66). Although extract E1 – coppice and 70 months it equal (1,92) to extract E3 - reform and 70 months (2,04) along the stem, the extract E1 presented the lesser resulted for average specific gravity and average shrinkage for the first log in relation second. The same behavior was found for the volumetric contraction. The anisotropy factor in log two was lesser in relation log one in extracts E1 and E3.

Key Words: specific gravity, shrinkage, *Eucalyptus*.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a madeira compete com produtos industrializados, como o aço, o alumínio, o plástico ou mesmo o concreto. A maioria desses materiais não renováveis são produzidos a um custo muito elevado para a sociedade (gasto de energia consumida e degradação ambiental). A grande variabilidade de espécies e características anatômicas são os principais indícios do grande potencial da madeira para utilização nos mais variados setores produtivos.

Uma intensificação no uso da madeira como matéria-prima para fins industriais ou construtivos só pode ocorrer a partir do conhecimento adequado de suas propriedades, sejam elas físicas ou mecânicas. A madeira, por ser um elemento orgânico heterogêneo e composto basicamente de hemicelulose, lignina, celulose e extrativos, apresenta uma enorme versatilidade de usos para obtenção de uma série de produtos. Panshin & De Zeeuw (1964) mencionam que todas as espécies de madeira possuem variações naturais em suas características, que são provenientes de diferenças genótípicas, bem como de diferentes respostas às condições que a árvore está se desenvolvendo.

A definição de qualidade da madeira pode apresentar diferentes significados nos setores produtivos. Técnicos ligados à silvicultura definem que madeira de qualidade está inserida em árvores de boa forma cilíndrica, e diâmetros homogêneos. Por outro lado, os processos tecnológicos exigem uma madeira com o mínimo de defeito possível ao longo do tronco (nós ou rachaduras). Há ainda aqueles setores relacionados à construção civil de forma geral, que exigem uma madeira com boa estabilidade dimensional. Desta forma, pode-se definir qualidade da madeira como sendo uma associação das características físicas, químicas, mecânicas e anatômicas que uma árvore possui.

Até o presente momento, poucos são os trabalhos que relacionam todas as características exigidas pelo mercado consumidor às propriedades inerentes à madeira, como, por exemplo, a densidade.

Alguns autores como Oliveira (1988), Trugilho et al. (1996), Latorraca & Albuquerque (2000) e Cruz et al. (2003) mencionam que a densidade é a característica mais utilizada em pesquisas relacionadas à qualidade da madeira, sendo esta a mais importante e a que melhor se relaciona com as demais propriedades da madeira. De acordo com Vale et al. (1992), o conhecimento da variação da densidade no sentido axial e no radial pode determinar seu uso.

De acordo com Souza et al. (1979), Wilkins & Horne (1991) e Pinheiro (1999), para o gênero *Eucalyptus*, a densidade pode variar com a idade, com o vigor da espécie, com o local onde crescem (clima e sítio), com o tipo de manejo imposto ao povoamento, com a taxa de crescimento e, na mesma árvore ainda varia no sentido base-topo e na distância medula-casca, variando também dentro de uma mesma espécie.

Vital & Della Lucia (1987), estudando o efeito do espaçamento na produção em peso e na qualidade da madeira em árvores de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* com 4,3 anos de idade, afirmam que não houve efeito significativo do espaçamento na densidade básica média das árvores e na densidade básica média em nível do DAP, havendo um ligeiro decréscimo da densidade básica média nos discos à alturas crescentes.

Em função da umidade relativa do ar, a madeira se movimenta ou retrai. O conhecimento deste fenômeno conhecido como instabilidade dimensional, pode permitir a classificação da madeira em função do uso a que se destina. Galvão & Jankowsky (1985) mencionam que as variações dimensionais correspondem à dessorção ou adsorção da água higroscópica localizada nas paredes celulares, estando assim, diretamente relacionadas com o teor de umidade.

O conhecimento da instabilidade dimensional nas espécies é, segundo alguns autores, como Oliveira et al. (1997), uma importante característica em programas de melhoramento genético. Os mesmos autores, estudando esta variação em clones de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* com 90 meses de idade, citam o *E. grandis* como sendo o mais estável dimensionalmente. As contrações podem ainda apresentar comportamento diferenciado dentro de uma mesma árvore (Panshin & De Zeeuw, 1964).

A determinação da razão entre as retrações tangencial e radial conhecida como coeficiente de anisotropia é, segundo Oliveira (1988), um importante índice no estudo das retrações, uma vez que quanto mais elevado, maior será a probabilidade de formação de fendas e empenamentos na madeira. Madeiras com um coeficiente de anisotropia superior a 2, geralmente são muito difíceis de secar e, como regra geral, aquelas que menos contraem são mais estáveis.

Práticas silviculturais também podem proporcionar alterações na madeira a ponto de influenciar a qualidade do produto final (Zobel, 1992). Wilkins & Horne (1991) avaliaram a influência de seis tipos de extratos silviculturais na densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* com 4,5 anos de idade na Austrália. Nos diferentes extratos, os autores concluíram que uma densidade média mais alta da madeira estava associada às práticas como adubação, aplicação de inseticida e herbicida, utilizados conjuntamente, e no uso de adubação, capina química ou herbicida e inseticida, utilizados separadamente, uma vez que produziram taxas mais elevadas de crescimento das árvores. Afirmam, ainda, que a adubação por si só, produziu a mais alta proporção de madeira mais densa, aumentando em até 11% a densidade básica média das toras.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a densidade básica e a retratibilidade da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em duas diferentes idades e provenientes de talhadia e reforma das plantações.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização do local de coleta

A madeira para este estudo foi coletada em um experimento com clones, de propriedade da empresa Aracruz Celulose S.A. localizado no Sul do Estado da Bahia, municípios de Mucuri e Nova Viçosa.

O solo local é pertencente à Formação Barreiras, sendo predominante nos três extratos o Podzólico Amarelo Distrófico, que envolve o substrato cristalino e tem um comportamento geológico semelhante ao das áreas do Norte do Estado do Espírito Santo, apresentando um relevo de suave a plano. De acordo com a

classificação climática de Köppen, há predomínio do tipo “Af”, sendo clima tropical chuvoso e quente, com temperatura superior a 18° C no mês mais frio. A precipitação anual está em torno de 1.378,0 mm, sendo que no mês mais seco ocorre precipitação em torno de 60,0 mm. A região Sul do Estado da Bahia apresenta um déficit hídrico em torno de 124,0 mm e um excedente próximo a 78,0 mm anuais (com base em série histórica de apenas 10 anos).

No primeiro extrato, foi realizado um desbaste sistemático e seletivo único. No segundo extrato, o primeiro desbaste foi sistemático e seletivo, e o segundo apenas seletivo. Para o terceiro extrato, foi realizado um desbaste seletivo único. No desbaste sistemático foi eliminada uma linha de plantio a cada cinco novas linhas. Foram permitidos apenas um broto na primeira redução da brotação que aconteceu por volta dos 9 meses.

A Tabela 1 apresenta de forma resumida as características gerais dos três diferentes extratos avaliados neste estudo.

Tabela 1 – Características gerais dos extratos estudados

	EXTRATOS		
	E1	E2	E3
Época de plantio	03/1999	03/1991	06/1999
Condução de plantio	Talhadia	Reforma	Reforma
Espaçamento (m)	3,0 x 3,0	3,0 x 3,0	6,0 x 2,5
Capina química (unidade)	04	07	01
Roçada manual (unidade)	04	04	04
Idade de corte (meses)	70	166	70
Desbaste (meses)	30	117 e 153	42
Nº de cepas (a partir de 9 meses)	01	01	01
Volume de madeira/ha (m ³)	169,01	364,07	119,27
Densidade na época do corte (árvores/ha)	150	325	150

2.2. Determinação da densidade básica e da retratibilidade da madeira

Para o estudo da densidade básica da madeira, coletaram-se, para cada árvore, discos de aproximadamente 4,0 cm de espessura a cada segmento de três metros, até o diâmetro mínimo de 15,0 cm. Estes foram acondicionados em sacos plásticos hermeticamente fechados para manter a condição de umidade mais próxima da condição verde, e transportados para o Laboratório de Ciência da

Madeira - LCM, do Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável - NEDTEC, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado no município de Jerônimo Monteiro – ES, para as devidas análises.

Os corpos-de-prova para a determinação da densidade da madeira ao longo do fuste foram obtidos com base na norma MB-26/40 (ABNT, 1940), com pequenas modificações, coletados em intervalos que variaram de 1,0 a 2,5 cm no sentido medula-casca do maior raio do disco, totalizando 734 corpos-de-prova. A densidade básica foi obtida pelo método descrito por VITAL (1984) (Equação 1).

$$DB = \frac{M_s}{V_v} \quad (1)$$

em que:

DB = Densidade básica (g/cm³);
M_s = Massa da amostra absolutamente seca (g);
V_v = Volume da amostra verde (cm³).

As amostras foram secas em estufa a uma temperatura de 103 ± 2° C até atingirem peso constante. A determinação da densidade básica nas toras foi obtida de corpos-de-prova na direção medula-casca oriundos de uma tábua radial, proveniente de cada uma das duas primeiras toras de cada árvore. As toras foram cortadas com um comprimento de 3,0 metros. Os corpos-de-prova apresentaram as dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0cm, com a maior dimensão na direção axial, visando a determinação da densidade básica e da reatibilidade nas duas primeiras toras.

Para o estudo da reatibilidade ao longo do fuste, fez-se uso dos mesmos corpos-de-prova utilizados na determinação da densidade básica, isto é nos discos, sendo as dimensões nas direções radiais e tangenciais realizadas com um paquímetro digital de precisão de 0,01 mm.

Para o estudo da reatibilidade nas duas primeiras toras, utilizou-se um Palmer com precisão de 0,001 mm. O procedimento do ensaio obedeceu ao determinado pela norma MB-26/40 (ABNT, 1940), porém, adotou-se para cada árvore estudada um número máximo de quatro corpos-de-prova por posição no sentido medula-casca, totalizando 437 corpos-de-prova.

A massa foi determinada utilizando uma balança de precisão de 0,01 g, sendo as amostras dos discos e das tábuas medidas na condição verde e seca ao ar e seca em estufa, após estabilização, a $103 \pm 2^\circ \text{C}$ (até atingirem peso constante).

2.3 Determinação do coeficiente de anisotropia

O coeficiente de anisotropia ou fator anisotrópico foi obtido ao longo do fuste e para as duas primeiras toras, mediante a relação entre a dimensão na direção tangencial e a dimensão na direção radial (Equação 2), de acordo com o apresentado por Oliveira (1997).

$$CA = \frac{D t}{D r} \quad (2)$$

em que:

CA = Coeficiente de anisotropia (adimensional);
 D t = Dimensão tangencial (mm);
 D r = Dimensão radial (mm).

2.4 Análise estatística

Os dados foram analisados através da estatística descritiva e análise de regressão, visando estimar as propriedades físicas em função da altura da árvore e da direção medula-casca. Isso foi necessário uma vez que o material disponibilizado para o estudo não permitiu uma adequada padronização nos extratos, o que fez com que alguns efeitos não pudessem ser controlados.

Foram considerados os seguintes modelos no ajustamento das equações aos dados observados:

1. $Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon$
2. $Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \varepsilon$
3. $Y = \beta_0 \times X_i^{\beta_1} + \varepsilon$

4. $Y = \beta_0 \times \beta_1^{X_i} + \varepsilon$
5. $Y = \beta_0 + (\beta_1/X) + \varepsilon$
6. $Y = 1/(\beta_0 + \beta_1 X_i) + \varepsilon$
7. $Y = \beta_0 + \beta_1 \times \ln(X_i) + \varepsilon$
8. $Y = \beta_0 + \beta_1 \times \log(X_i) + \varepsilon$

Onde:

Y_i = densidade básica da madeira (variável dependente) (g/cm³);

X_i = altura da árvore (variável independente) (metros);

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ e β_3 = parâmetros de regressão;

ε = erro aleatório.

As análises foram feitas empregando-se o software estatístico SAEG, utilizando-se os valores médios. Para seleção dos modelos, avaliou-se o coeficiente de determinação ajustado (\bar{R}^2) e a significância dos coeficientes de regressão por meio do teste “t” de Student em nível de 5% de probabilidade. Foi obtida a média geral de todas as posições radiais para cada extrato ao longo do tronco.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Densidade básica da madeira ao longo do tronco

A Tabela 3, representa os valores encontrados para a densidade básica da madeira ao longo do tronco.

Tabela 3 – Valores médios para a densidade básica a diferentes alturas do tronco do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

ALTURA	EXTRATOS		
	E1 – Talhadia (70 meses)	E2 – Reforma (166 meses)	E3 – Reforma (70 meses)
0	(0,06)*	(0,14)	(0,07)
	0,54	0,59	0,52
	(11,87)	(23,28)	(13,95)
1,3 (DAP)	(0,04)	(0,08)	(0,04)
	0,48	0,56	0,51
	(7,97)	(14,37)	(8,50)
3	(0,04)	(0,08)	(0,04)
	0,50	0,52	0,50
	(7,73)	(14,64)	(7,91)
6	(0,03)	(0,06)	(0,05)
	0,52	0,55	0,53
	(5,20)	(10,41)	(10,00)
9	(0,08)	(0,06)	(0,05)
	0,54	0,57	0,53
	(13,94)	(10,81)	(8,84)
12	(0,04)	(0,07)	(0,05)
	0,52	0,60	0,55
	(7,35)	(12,53)	(9,77)
15	(0,05)	(0,07)	(0,05)
	0,53	0,60	0,55
	(8,58)	(11,45)	(9,39)
18	(0,06)	(0,07)	(0,03)
	0,57	0,63	0,56
	(10,22)	(10,69)	(6,10)
21	(0,05)	(0,08)	(0,04)
	0,56	0,63	0,56
	(9,04)	(12,03)	(7,57)
24	-	(0,06)	-
	-	0,68 a	-
	-	(9,00)	-
MÉDIA	(0,06)	(0,09)	(0,06)
	0,54	0,59	0,53
	(10,57)	(16,06)	(10,82)

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (g/cm^3) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

A Figura 1 ilustra de forma gráfica, mediante análise de regressão para os dados observados, as informações apresentadas na Tabela 3.

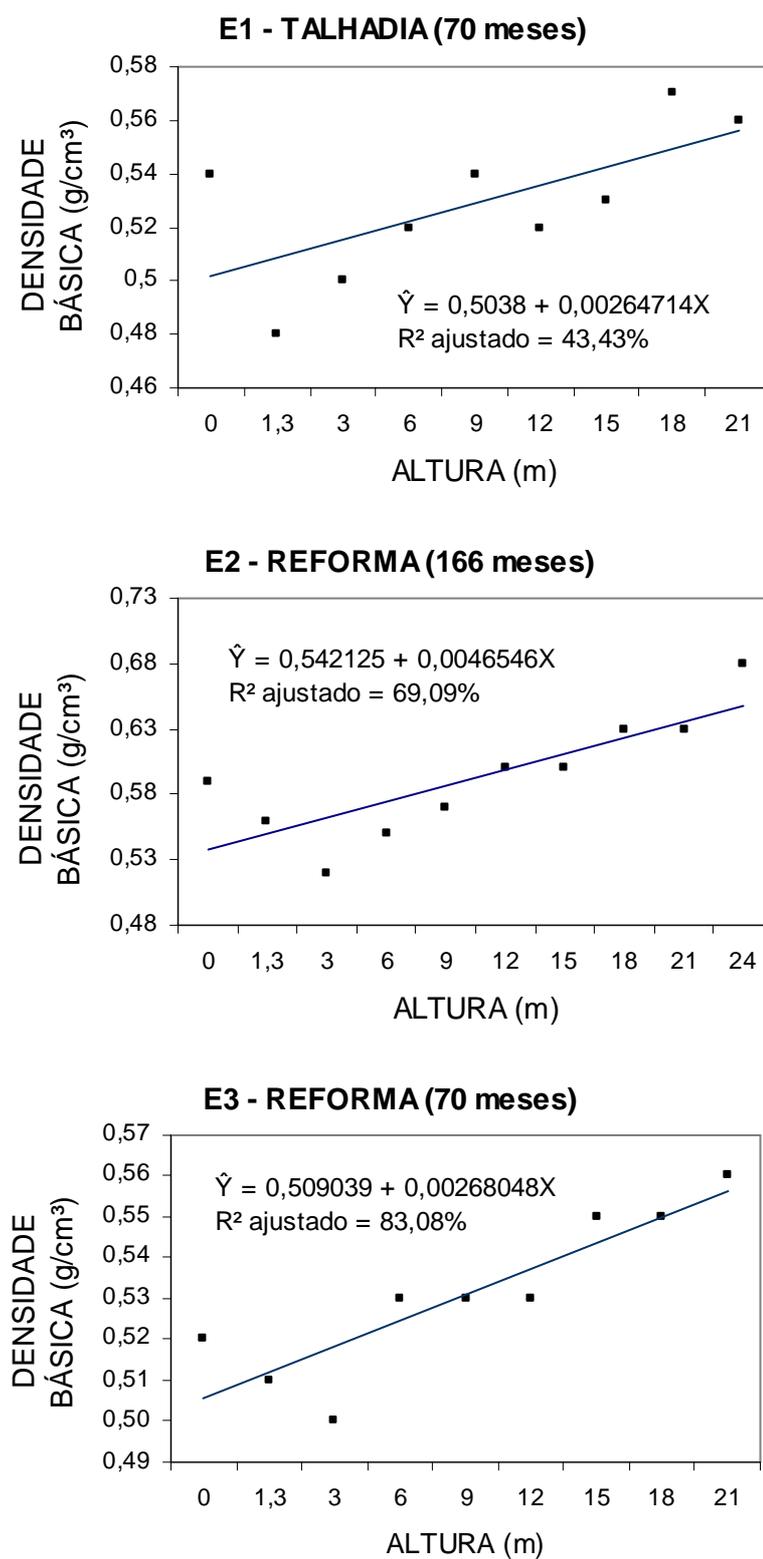


Figura 1 – Representação gráfica da densidade básica média a diferentes alturas para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* nos três extratos estudados com os respectivos modelos ajustados.

Observando-se a Figura 1, nota-se uma tendência linear crescente da densidade básica da madeira em função da altura nos três extratos, com melhor ajuste no terceiro extrato. Provavelmente, o maior espaçamento e o desbaste seletivo único realizado na época certa contribuíram para este comportamento. Alzate (2004), avaliando o mesmo híbrido com oito anos de idade, encontrou tendência linear de segunda ordem, o que indicaria pequenas variações ao longo do tronco.

Vale et al. (1992), estudando o comportamento da densidade básica da madeira em três espécies nativas do cerrado, *Vochysia thyrsoidea* (Gomeira), *Sclerolobium paniculatum* (Carvoeiro) e *Pterodon pubescens* (Sucupira-branca), encontraram valores de 0,54, 0,70 e 0,75 g/cm³, respectivamente. Os autores citam que as espécies tiveram comportamento diferenciado para a densidade básica da madeira ao longo do tronco e no sentido medula-casca. A densidade na gomeira e na sucupira-branca apresentaram-se constante da base para o topo, sendo que para o carvoeiro houve uma tendência na sua redução em função da altura.

3.2 Densidade básica da madeira na direção medula-casca

O comportamento da densidade básica média da madeira nas posições referentes a direção medula-casca para todas as alturas do tronco é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores médios para a densidade básica na direção medula-casca (cm) para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* nos três extratos estudados ao longo do tronco

POSIÇÃO MEDULA-CASCA	EXTRATOS		
	E1 – Talhadia (70 meses)	E2 – Reforma (166 meses)	E3 – Reforma (70 meses)
0	(0,03)*	(0,05)	(0,04)
	0,48	0,50	0,49
	(6,68)	(10,03)	(7,46)
2	(0,05)	(0,10)	(0,04)
	0,52	0,54	0,52
	(9,11)	(17,92)	(7,85)
4	(0,05)	(0,10)	(0,05)
	0,53	0,59	0,53
	(9,99)	(16,91)	(9,49)
6	(0,05)	(0,09)	(0,06)
	0,55	0,61	0,55
	(9,12)	(14,78)	(10,58)
8	(0,05)	(0,06)	(0,07)
	0,54	0,62	0,56
	(8,70)	(9,69)	(12,52)
10	(0,05)	(0,07)	(0,05)
	0,55	0,62	0,53
	(9,47)	(11,12)	(10,15)
12	(0,08)	(0,08)	(0,05)
	0,56	0,64	0,52
	(14,51)	(12,35)	(8,69)
14	(0,05)	(0,07)	(0,08)
	0,60	0,69	0,56
	(8,61)	(9,68)	(14,83)
16	(0,02)	(0,04)	(0,04)
	0,59	0,71	0,59
	(3,19)	(5,45)	(7,16)
18	(0,04)	(0,05)	(0,03)
	0,57	0,68	0,6
	(6,57)	(7,41)	(5,05)
20	-	-	(0,01)
	-	0,72	0,60
	-	-	(2,07)
22	-	-	-
	-	-	0,58
	-	-	-
MÉDIA	(0,06)	(0,09)	(0,06)
	0,53	0,59	0,53
	(10,57)	(16,09)	(10,84)
N ¹	235	278	221

¹ Número de observações;

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (g/cm³) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Observando-se a Tabela 4, nota-se pequenas variações para a densidade básica da madeira entre as posições radiais, destacando-se o extrato E3, conduzido sob reforma, desbaste seletivo único aos 30 meses e com idade de 70 meses, com maiores variações radiais ao longo do tronco, provavelmente devido ao maior espaçamento proporcionado para as árvores. Os valores absolutos estão muito próximos ao extrato E1 de mesma idade com a realização de um desbaste sistemático e único aos 30 meses, porém em condução de talhadia simples.

O extrato E2 comportou-se de forma crescente para a densidade básica da madeira na direção radial, justificada, possivelmente, pela maior idade. Vale et al. (1992) não observaram variação significativa para a densidade básica da madeira radialmente, em duas das três espécies de cerrado estudadas (*Sclerolobium paniculatum* (carvoeiro) e *Pterodon pubescens* (sucupira-branca)).

A Tabela 4 está representada graficamente na Figura 2, onde pode ser melhor observado o comportamento da densidade básica média no sentido medula-casca para todas as alturas, através de estimativa proporcionada pela análise de regressão aplicada aos dados.

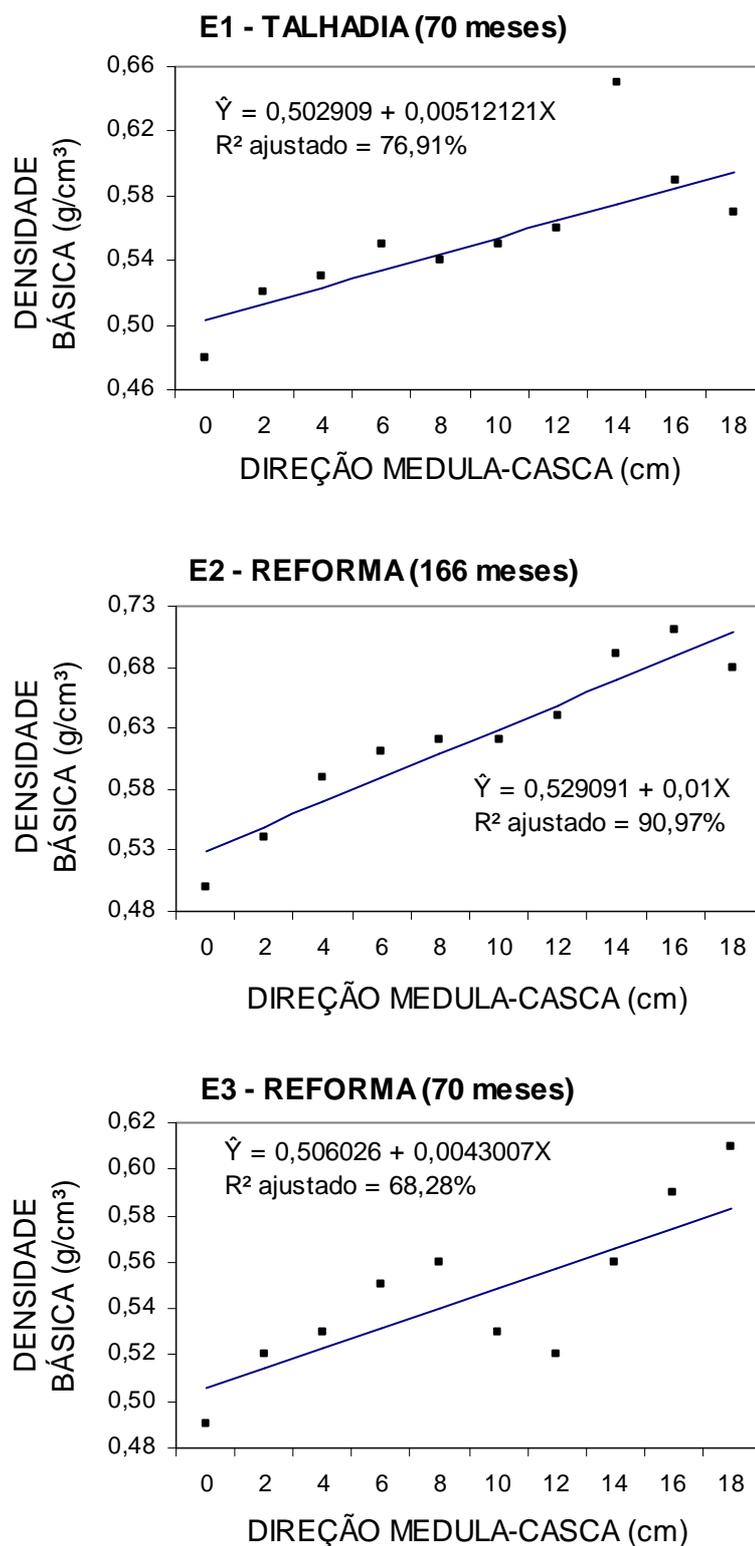


Figura 2 – Representação gráfica da densidade básica média da madeira na direção medula-casca para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* nos três extratos estudados com respectivas equações ajustadas.

Ao observar a Figura 2, nota-se a tendência linear crescente para a densidade básica na direção medula-casca nos três extratos. O terceiro extrato apresentou uma equação com menor ajuste aos dados, provavelmente devido às condições de crescimento em diâmetro das árvores submetidas ao maior espaçamento inicial, proporcionando maiores variações radiais na densidade. Esperava-se justamente o contrário em relação ao primeiro extrato com árvores na condição de talhadia simples e desbaste precoce, sistemático e agressivo.

A existência de menores densidades mais próximas à medula, segundo Latorraca & Albuquerque (2000), deve-se ao fato da presença da madeira juvenil, a qual é formada no início do crescimento das árvores. Assim, desejando-se madeiras de maiores densidades, deve-se dar preferência a árvores com maiores idades e maiores diâmetros.

Nicholls & Griffin (1978) encontraram valores médios para a densidade básica em árvores de *Eucalyptus obliqua* e *E. regnans* com 18 anos de idade e de 0,58 e 0,60 g/cm³, respectivamente. Os autores mencionam, que a densidade da madeira aumentou da medula para a periferia do tronco com algumas pequenas variações, similar ao deste estudo.

A Figura 3 ilustra a estimativa do comportamento radial, à altura do DAP, e da densidade básica média nos três extratos estudados para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

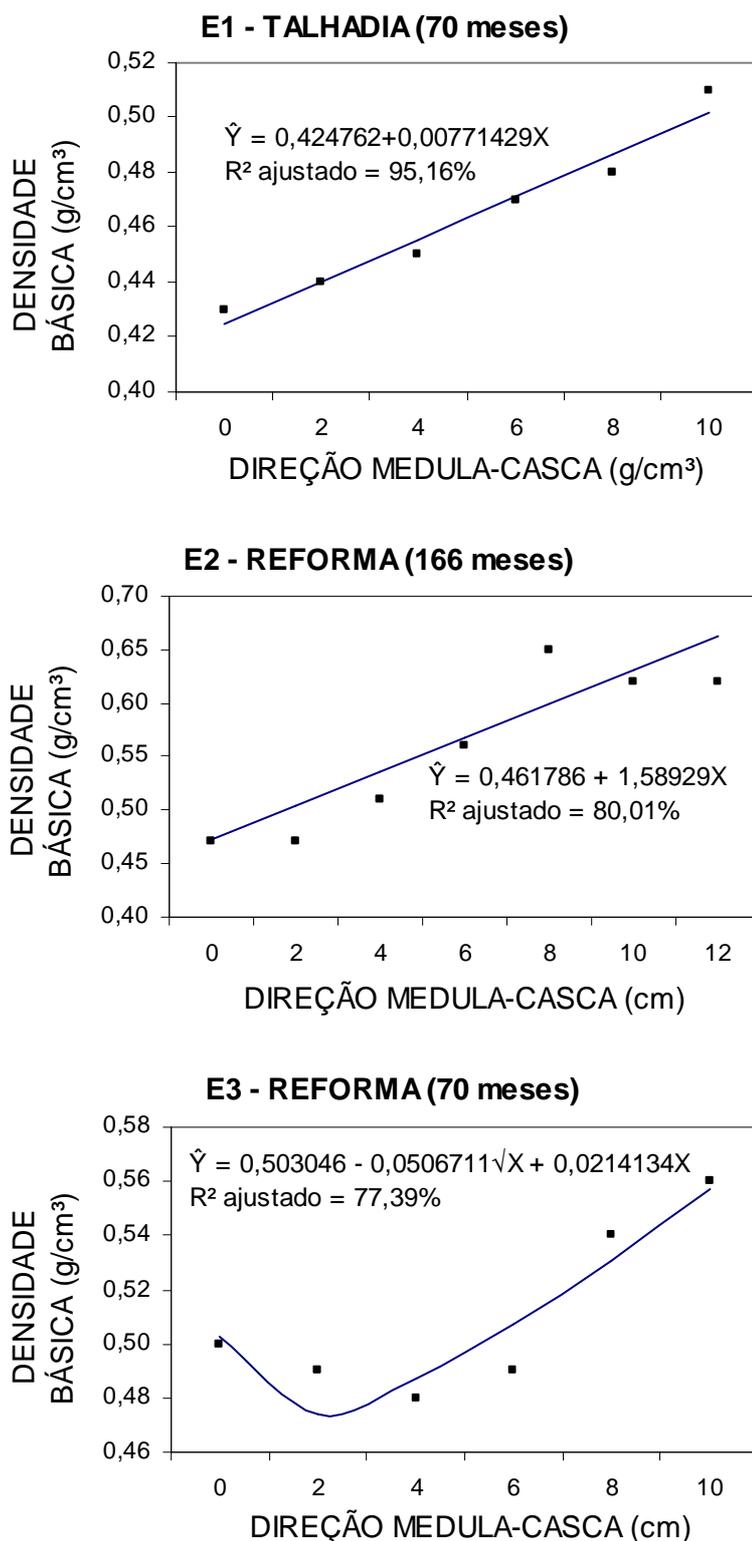


Figura 3 – Representação gráfica da variação da densidade básica média da madeira na direção medula-casca em nível do DAP para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* nos três extratos estudados.

A Figura 3 apresenta uma tendência de aumento da densidade básica da madeira a partir da medula na direção do cerne periférico, com exceção do terceiro extrato, onde apresentou uma ligeira queda com aumento a partir dos 2,0 cm, devido à presença de algum lenho anormal, formado, provavelmente, pela ação de ventos. O aumento da densidade básica na direção medula-casca para espécies do gênero *Eucalyptus* é praticamente o modelo mais comum, segundo Rezende & Ferraz (1985) citados por Oliveira (1997). O comportamento da densidade básica, no presente estudo, para a direção medula-casca foi o mesmo encontrado por Serpa et al. (2003). Os autores avaliaram a densidade básica em toras de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *Pinus elliottii* com idades de 50, 40 e 40 anos, respectivamente, idades bem superiores ao deste estudo.

Oliveira (1997) analisou o comportamento radial da madeira em sete espécies de *Eucalyptus*, incluindo o *E. grandis* e o *E. urophylla*. Segundo esse autor, somente em fustes a partir de 20,0 cm de DAP para o *E. urophylla* e superior a 25,0 cm ou 30,0 cm para o *E. grandis*, pode-se encontrar madeira com propriedades mais uniformes.

A Figura 4 apresenta graficamente os resultados para a densidade básica média em nível do DAP nos extratos estudados com os respectivos desvios padrões.

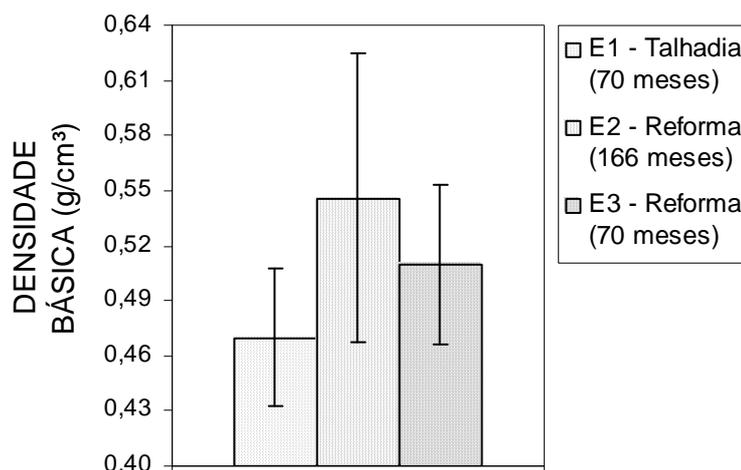


Figura 4 – Representação gráfica da densidade básica média da madeira na altura do DAP e respectivos desvios padrões para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* nos três extratos estudados.

Observando-se as Figuras 3 e 4, fica claro o comportamento superior da densidade básica média da madeira no DAP das árvores avaliadas inclusas no extrato E2. A influência da idade é um fator importante a salientar, uma vez que contribui para a formação de madeira adulta, permitindo um maior espessamento das paredes celulares, dos vasos e dos parênquimas. O extrato conduzido através de talhadia simples e com um desbaste sistemático de alta intensidade (E1), aparentemente contribuiu para a redução da densidade da madeira, devido a redução drástica da competição entre as plantas.

3.3 Densidade básica da madeira das toras

Para cada árvore foram avaliadas a densidade básica da madeira nas duas primeiras toras de cada extrato, sendo cada tora de 3,0 m de comprimento, estando os valores médios apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios da densidade básica da madeira, em g/cm³, para as duas primeiras toras de 3,0 m de comprimento do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* nos três extratos estudados

TORA	N ¹	EXTRATOS		
		E1 – Talhadia (70 meses)	E2 – Reforma (166 meses)	E3 – Reforma (70 meses)
UM	244	(0,03)*	(0,09)	(0,03)
		0,45	0,53	0,49
		(7,34)	(17,12)	(7,09)
DOIS	193	(0,02)	(0,07)	(0,07)
		0,49	0,56	0,49
		(4,83)	(12,23)	(13,48)

¹ - Número de observações;

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (g/cm³) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Observando-se a Tabela 5, fica evidente que os extratos de mesma idade (E1 e E3) apresentam valores bem próximos para a densidade básica da madeira das toras, existindo uma maior variabilidade entre os dados na segunda tora do terceiro extrato. A Figura 05 ilustra graficamente os resultados obtidos para a

densidade básica da madeira no sentido medula-casca para ambas as toras com as respectivas equações ajustadas aos dados observados.

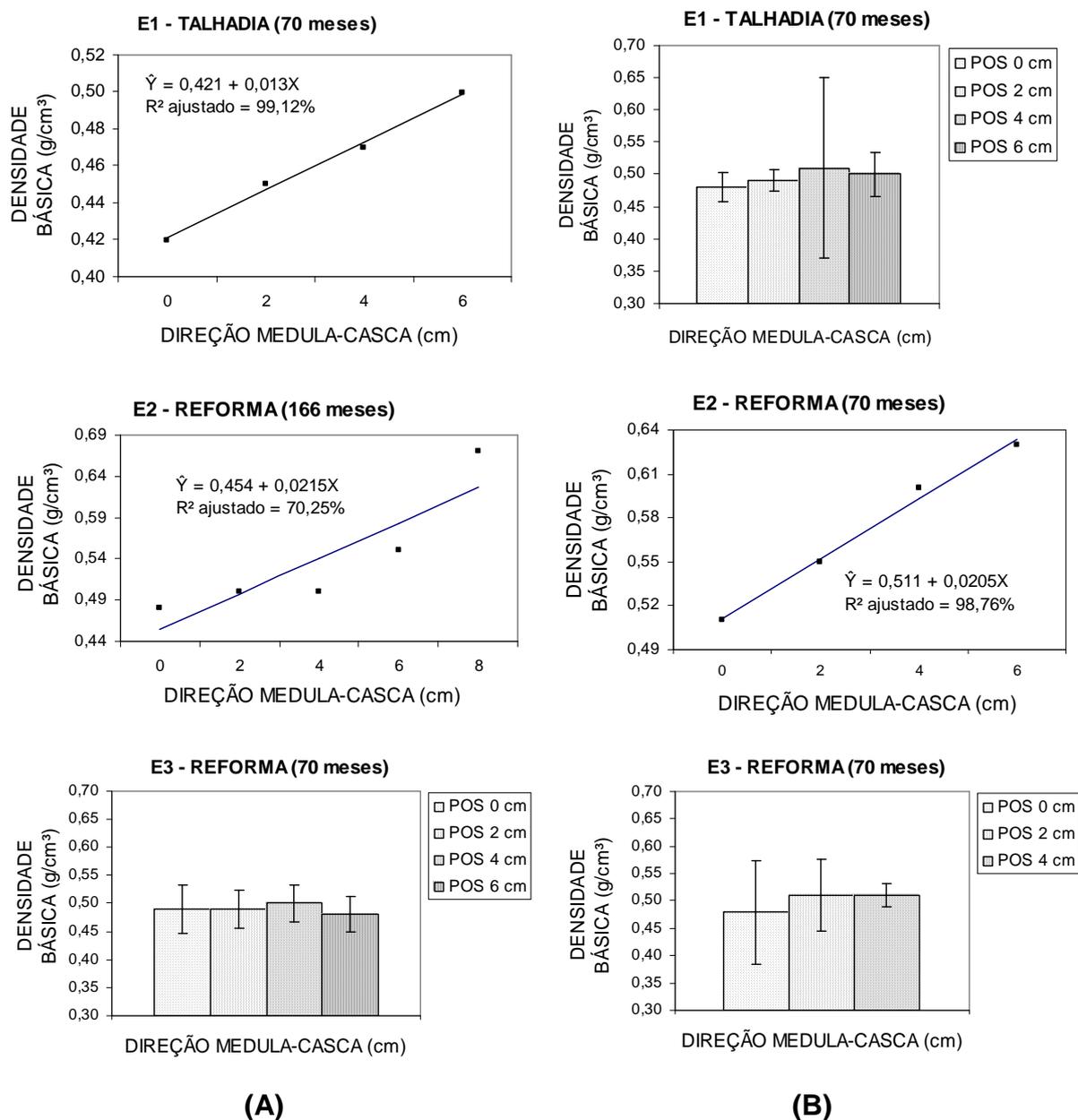


Figura 5 – Representação gráfica da densidade básica média na direção medula-casca para a tora 1 (A) e tora 2 (B) do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* nos três extratos estudados e respectivas equações ajustadas.

O comportamento da densidade básica da madeira na direção radial apresenta uma tendência linear crescente na tora 1 do primeiro extrato e nas duas toras do segundo extrato, com ajustes satisfatórios e valores para o coeficiente de determinação ajustado (\bar{R}^2) muito bons, indicando uma boa confiabilidade em nível de 5% de probabilidade. Nas demais toras, os dados não permitiram ajustar uma equação que fosse significativa, visando assim obter uma estimativa da densidade radialmente, provavelmente devido ao número reduzido de corpos-de-prova para cada posição estudada.

3.4 Retratibilidade da madeira ao longo do fuste

Os resultados dos coeficientes de retratibilidade lineares e volumétricos para a madeira do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores médios da retratibilidade da madeira do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* nos três extratos estudados

EXTRATO	N ¹	RETRATIBILIDADE (%)			Fator anisotrópico
		Radial	Tangencial	Volumétrica	
E1 – Talhadia (70 meses)	231	(1,25)*	(1,46)	(2,23)	(0,50)
		5,59	10,26	15,24	1,92
		(22,31)	(14,31)	(14,31)	(26,15)
E2 – Reforma (166 meses)	257	(2,19)	(2,22)	(4,03)	(0,59)
		7,90	12,11	21,76	1,66
		(27,76)	(18,37)	(18,54)	(35,66)
E3 – Reforma (70 meses)	220	(1,31)	(1,54)	(2,36)	(0,69)
		5,50	10,51	15,46	2,04
		(23,93)	(14,69)	(15,29)	(33,80)

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%), respectivamente;

¹ – Número de observações.

Oliveira (1997) menciona que a retratibilidade volumétrica, apesar de expressar a variação total ocorrida em função da higroscopicidade da madeira, as

retrações lineares são na maioria das vezes mais importantes, devido ao coeficiente de anisotropia da madeira refletir nas contrações lineares.

As maiores retratibilidades da madeira, em termos absolutos, estão concentradas no extrato de maior idade (E2), devido a sua maior densidade básica. Os demais extratos apresentaram valores muito próximos. Os coeficientes de variação encontrados estão abaixo daqueles encontrados por Oliveira (1997) para sete espécies de eucalipto, com algumas exceções. O mesmo autor, citando Durlo & Marchiori (1992), afirma que os valores da contração tangencial giram em torno de 50% a mais do que as contrações radiais. Entretanto, neste estudo foi encontrada uma relação T/R de quase o dobro (Tabela 6).

Alguns autores afirmam que madeiras de maior densidade apresentam maiores valores de retratibilidade. Comprovadamente, neste estudo, os extratos de menores densidades básicas da madeira (E1 e E3) apresentaram os menores valores absolutos de retratibilidade. Para as espécies *Eucalyptus cloeziana* e *E. citriodora* (atual *Corymbia citriodora*), Oliveira (1997) cita que a essa associação nem sempre é verdadeira.

3.5 Retrabilidade da madeira na direção medula-casca

A variação média dos coeficientes de retrabilidade total e o comportamento da relação entre as contrações nas direções tangenciais e radiais (T/R) para os três extratos estudados para a madeira do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, na direção medula-casca para todo o tronco, estão graficamente representados nas Figuras 6 a 8.

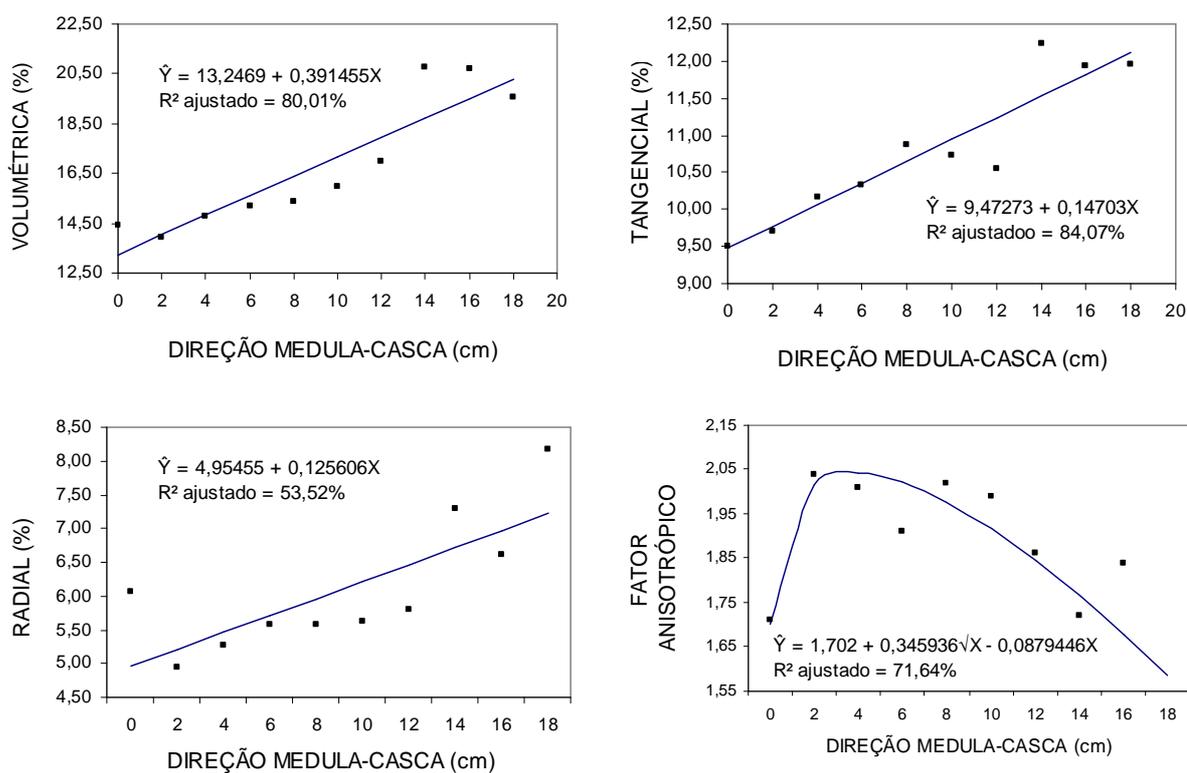


Figura 6 – Representação gráfica da variação da retratibilidade linear, volumétrica e fator anisotrópico médios da madeira em todo o tronco para o extrato E1 na condição de talhadia e idade de 70 meses com respectivas equações ajustadas.

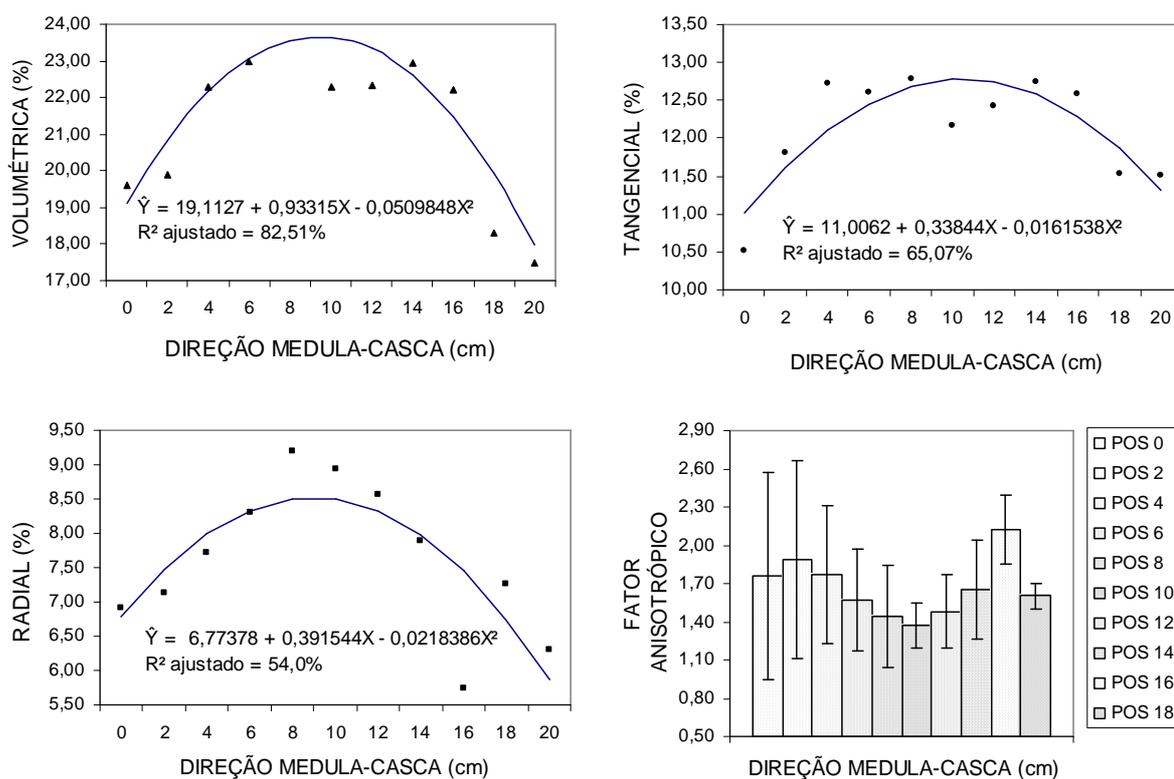


Figura 7 – Representação gráfica da variação da retratibilidade linear, volumétrica e fator anisotrópico médios para o extrato E2 na condição de reforma e idade de 166 meses com respectivas equações ajustadas.

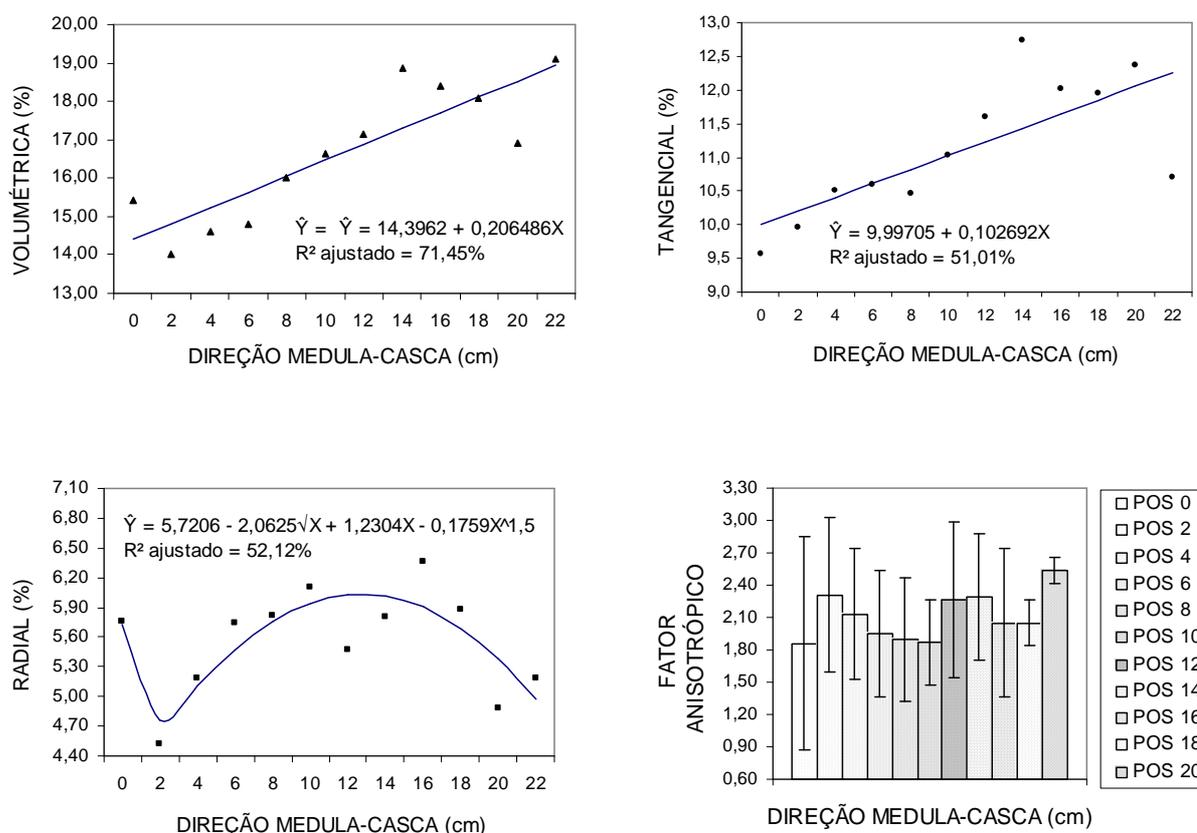


Figura 8 – Representação gráfica da variação da retratibilidade linear, volumétrica e fator anisotrópico médios para o extrato E3 na condição de reforma e idade de 70 meses com respectivas equações ajustadas.

Os modelos ajustados, apresentados nas Figuras 6 a 8, mostraram significância pelo teste F, assim como os coeficientes de regressão, avaliados pelo teste “t”, ambos em nível de 5% de probabilidade.

Nas Figuras 6 a 8, nota-se que os valores de contração volumétrica mais próximos à medula são menores para o extrato E1, devido a presença da madeira juvenil. O extrato apresentou uma tendência linear no sentido medula-casca para as contrações nas direções tangencial e radial, além da volumétrica. O terceiro extrato idem, à exceção da retratibilidade radial, com alto valor próximo à medula e uma queda em torno dos 2,0 cm, seguido de um aumento e nova queda a partir dos 14,0 cm. A redução da contração volumétrica mais próxima ao alburno no segundo extrato pode estar associada ao baixo número de repetições por posição nas maiores alturas, além do que, à medida que se afastavam da medula, os corpos de

prova iam apresentando pequenos defeitos (nós e colapso após secagem em estufa), sendo dessa forma excluídos. Comportamento semelhante também foi observado para as contrações lineares nas direções tangencial e radial no primeiro extrato. Esses menores valores mais próximos à medula, podem ser, de acordo com Oliveira & Silva (2003), o reflexo de grandes ângulos microfibrilares, comuns nas regiões mais internas do tronco e que podem acarretar maiores contrações longitudinais e menores coeficientes de contrações na direção transversal.

O segundo extrato apresentou modelo linear de segunda ordem com acréscimo a partir da medula e decréscimo a partir dos 10,0 cm em direção à casca para as retratibilidade volumétrica, tangencial e radial. Comportamento semelhante foi encontrado por Oliveira (1997) para algumas das sete espécies de eucalipto estudadas.

A anisotropia, nos extratos E2 e E3, não permitiu um ajustamento de equações de regressão pelo fato do teste F não apresentar significância ou, ainda, o teste “t” para os coeficientes não ser significativo. Para o primeiro extrato há uma tendência de decréscimo a partir dos 4,0 cm. De forma geral, as posições mais próximas à medula apresentam maiores propensões à rachaduras.

Oliveira (1997) afirma que de uma forma geral, há uma tendência em todas as espécies de que a madeira apresente valores mais baixos para o fator anisotrópico próximo ao alburno, o que indicaria maior estabilidade dimensional. Neste trabalho, o extrato E2 apresentou um índice com decréscimos na região do alburno, o que poderia indicar madeira de maior estabilidade dimensional.

Em trabalho realizado com *Eucalyptus saligna* de 16 anos de idade, Oliveira & Silva (2003) afirmam que o fator anisotrópico encontrado para a espécie foi consideravelmente mais elevado na região mais próxima da medula, reduzindo substancialmente em direção ao alburno. Neste estudo, o coeficiente de anisotropia apresentou uma redução a partir de 2,0 cm da medula, mantendo-se constante em direção ao alburno, a partir daí, com alternâncias, porém não menores que aqueles mais próximos da medula.

3.6 Retratibilidade da madeira nas toras

Os valores para as contrações e a relação entre as contrações tangenciais e radiais nas duas primeiras toras de três metros nos três extratos estudados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores médios de retratibilidade entre as duas primeiras toras para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* nos três extratos estudados

RETRATIBILIDADE (%)	TORA	EXTRATOS		
		E1 – Talhadia (70 meses)	E2 – Reforma (166 meses)	E3 – Reforma (70 meses)
Radial	1	(0,08)*	(0,27)	(0,31)
		5,36	5,67	5,43
	2	(1,54)	(4,68)	(5,69)
		(0,11)	(0,46)	(0,12)
Tangencial	1	5,46	5,96	5,48
		(1,97)	(7,67)	(2,12)
	2	(0,71)	(1,95)	(1,35)
		9,62	13,71	9,90
Volumétrica	1	(7,39)	(14,22)	(13,59)
		(0,85)	(2,15)	(1,06)
	2	9,12	15,15	9,13
		(9,29)	(14,17)	(11,64)
Fator Anisotrópico	1	(1,26)	(4,38)	(1,50)
		13,72	21,14	14,26
	2	(9,20)	(20,74)	(10,49)
		(1,03)	(4,96)	(0,95)
Fator Anisotrópico	1	13,97	24,07	14,30
		(7,37)	(20,59)	(6,65)
	2	(0,13)	(0,30)	(0,27)
		1,79	2,41	1,83
Fator Anisotrópico	1	(7,19)	(12,55)	(14,78)
		(0,16)	(0,32)	(0,21)
	2	1,67	2,54	1,67
		(9,85)	(12,58)	(12,53)

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Os maiores valores absolutos foram encontrados para as contrações radiais na segunda tora para os extratos E1 e E3, sendo muito próximos entre as primeiras toras para o extrato E3, apesar das diferentes práticas de manejo adotadas. As árvores de maior idade e cultivadas mediante um desbaste sistemático e dois

desbastes seletivos (E2) apresentaram maiores valores absolutos para as contrações radiais. Ressalta-se que as duas primeiras toras do extrato E1 (com 70 meses) apresentaram os menores coeficientes de variação em relação ao extrato E3 com mesma idade, indicando desta forma um comportamento mais homogêneo na madeira para essa característica avaliada, devido provavelmente ao desbaste ocorrido precocemente no primeiro extrato e ao menor espaçamento.

Para o extrato conduzido através de talhadia simples (E1) e reforma (E3) com 70 meses, a primeira tora apresentou os maiores valores absolutos para a contração tangencial. Para o extrato de maior idade (E2), foram encontrados valores para a contração tangencial superiores aos demais, apontando a segunda tora com maiores valores absolutos. Destacam-se os elevados desvios padrões e os coeficientes de variação para esse extrato, justificados talvez pela maior idade.

As contrações volumétricas para os extratos E1 e E3 apresentaram comportamento muito próxima nas duas primeiras toras, destacando-se a segunda tora para o extrato E3 com maiores valores absolutos, além de maiores valores para o coeficiente de variação. Oliveira (1997) menciona que espécies de eucalipto possuem madeira com elevadas contrações volumétricas. O mesmo autor, em trabalho com sete diferentes espécies do gênero *Eucalyptus*, encontrou para a contração volumétrica, valores entre 15,9% a 27,2%, respectivamente para as espécies *Eucalyptus grandis* e *E. paniculata*.

O baixo fator anisotrópico encontrado para os extratos E1 e E3, indicam que a madeira neles obtida, apresenta menores propensões à rachamentos, sendo, conseqüentemente, mais estáveis, destacando a segunda tora, com os menores valores absolutos. Este comportamento é aconselhável, quando se pretende utilizar uma madeira onde há exigências de menor trabalhabilidade natural das mesmas, como em pisos, esquadrias e portas, por exemplo.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, nas considerações expostas e nas condições em que foi realizado o experimento, são apresentadas as seguintes conclusões:

- todos os extratos, à exceção do terceiro, apresentaram uma tendência linear crescente para a densidade básica ao longo do tronco e na direção radial;
- o desbaste precoce, sistemático e seletivo único, proporcionado ao híbrido no extrato E1, promoveu um crescimento menos competitivo das árvores, proporcionando, assim, um ritmo relativamente rápido de crescimento, mas constante, tendendo a formar madeira mais uniforme, sem as variações de interrupções ao longo de seu desenvolvimento;
- entre as toras, os maiores valores absolutos para a densidade básica da madeira foram encontrados na segunda tora, a partir dos três metros, à exceção do terceiro extrato;
- o fator anisotrópico foi consideravelmente maior no segundo extrato. O extrato E1 apresentou uma melhor homogeneidade entre as amostras, demonstrado pelos menores coeficientes de variação, indicando que as duas primeiras toras possuem melhor estabilidade dimensional;
- as madeiras produzidas pelos extratos E1 e E3 possuem menos propensão a rachaduras e empenos. A sua maior estabilidade deve-se ao baixo coeficiente de anisotropia e aos menores valores das contrações.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ensaio físicos e mecânicos da madeira**. MB-26/40. Rio de Janeiro, A.B.N.T., 16p., 1940.

ALZATE, S.B.A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla***. 2004. 133p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

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*. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba (SP), n. 64, p. 33-37, 2003.

GALVÃO, A.P.M.; JANKOWSKY, I.P. Secagem racional da madeira. São Paulo, SP: **Nobel**. 108p. 1985.

LATARROCA, J.V.; ALBUQUERQUE, C.E.C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica (RJ), v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.

NICHOLLS, J.W.P.; GRIFFIN, A.R. Variation in wood characteristics in a field trial of *Eucalyptus obliqua*, *Eucalyptus regnans* and some intermediate forms. **Australian Forest Research**, (8): 93-102, 1978.

OLIVEIRA, A.D. et al. Determinação da variação dimensional da madeira em clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* aos 90 meses de idade. **IUFRO: Conference on silviculture and Improvement of Eucalypt. Salvador. ANAIS...** Colombo: EMBRAPA/CNPQ. v. 3, p. 118-125, 1997.

OLIVEIRA, J.T.S.; SILVA, J.C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J.T.S. **Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da pindaíba (*Xylopiya sericea* St. Hill.)**. 1988. 106p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of Wood Technology**. New York: McGraw Hill, Vol. I, Second edition, 643p., 1964.

PINHEIRO, A.L. Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia da madeira. **SIF**, Viçosa, MG, 144 p. 1999.

SERPA, P.N. et al. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 27, n. 5, p. 723-733, 2003.

SOUZA, A.P.; DELLA LUCIA, R.M.; RESENDE, G.C. Estudo da densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muell, cultivado na região de Dionísio, MG. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 1, p. 16-27, 1979.

TRUGILHO, F.P.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Revista Cerne**, Lavras (MG), v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

VALE, A.T.; MARTINS, I.S.; ARAÚJO, W.O. Estudo da densidade básica de três espécies do cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 16, n. 2, p.209-217, 1992.

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

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.

WILKINS A.P.; HORNE, R. Wood-density variation of young plantation-grown *Eucalyptus grandis* in response to silvicultural treatments. **Forest Ecology Management**, (40): 39-50, 1991.

ZOBEL, B. Silvicultural effects on wood properties. **IPEF International**. Piracicaba (SP), n. 2, p. 31-38, 1992.

CAPÍTULO IV

ESTUDO DE ALGUMAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE UM HÍBRIDO CLONAL DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

RESUMO

A procura por madeiras oriundas de reflorestamentos destinadas à serraria é uma realidade já há muitos anos, principalmente para as espécies do gênero *Eucalyptus*. Visando buscar novas informações que atendam a este mercado, este trabalho objetivou determinar algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* de duas idades e provenientes de talhadia simples e reforma com diâmetros entre 28,0 e 30,0 cm. Os resultados mostraram que a madeira desse híbrido apresenta boas características tecnológicas, destacando a segunda tora (a partir de três metros) com as melhores propriedades de flexão estática (Módulo de Elasticidade – MOE e Módulo de Ruptura – MOR) e Compressão Axial às fibras. As árvores de maior idade (166 meses) e com a realização de dois desbastes apresentou as melhores propriedades de flexão estática e compressão axial.

Palavras-chave: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, módulo de ruptura, módulo de elasticidade, compressão paralela

**STUDY OF SOME MECHANICAL PROPERTIES OF THE WOOD IN A CLONAL
HYBRID OF *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis***

ABSTRACT

The search for wood originated from reforestations destined to sawmill is a reality by many years, mainly for species of the *Eucalyptus*. Seeking for information to assist this market, the aim of this study was determine some mechanicals properties of wood in a hybrid clonal of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* with two ages and coming of coppice and reform with diameters between 28,0 and 30,0 cm. The results show that the wood of this clonal hybrid presents good technological characteristics, being the second log (starting from 3,0 m), with the best properties of static bending (Module of Elasticity – MOE and Module of Rupture - MOR). The oldest trees (166 months – E2) and two thinning presented the best in the property of static bending and axial crushing (CA).

Key Words: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, module of rupture, module of elasticity, axial crushing

1 INTRODUÇÃO

Uma intensificação no uso da madeira como matéria-prima para fins industriais ou construtivos só pode ocorrer a partir do conhecimento adequado de suas propriedades, sejam elas físicas ou mecânicas. A madeira, por ser um elemento orgânico, heterogêneo e composto basicamente de celulose, hemicelulose, lignina e extrativos, apresenta uma enorme versatilidade de usos para obtenção de uma série de produtos. Panshin & De Zeeuw (1964) mencionam que todas as espécies de madeira possuem variações naturais em suas características, que são provenientes de diferenças genotípicas, bem como de diferentes respostas às condições que a árvore está se desenvolvendo.

O Brasil é um país de dimensão continental e de condições de clima e solo altamente favoráveis para a implantação de florestas. O desenvolvimento das espécies exóticas utilizadas, onde se destacam os gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia*, demonstram resultados espetaculares, com ciclos silviculturais muito curtos, entre 6 e 7 anos, muito inferiores aos países de grande tradição florestal, como a Austrália, Suécia e Canadá, com ciclos superiores a 60-80 anos. Espécies de eucaliptos destacam-se por apresentar uma série de vantagens, entre elas: rápido crescimento volumétrico; boa forma das árvores; facilidade de manejo e melhoramento florestal; boa capacidade de adaptação às diferentes condições de clima e solo; elevada produção de sementes; e, como uma das mais importantes, adequação aos diferentes usos industriais com ampla aceitação no mercado (REMADE, 2003).

As propriedades mecânicas da madeira são influenciadas por diversos fatores, sendo os mais importantes a posição na árvore, a umidade, o tempo de duração da carga e a estrutura da madeira (Pfeil & Pfeil, 2003). Evans et al. (2000) citados por Lobão et al. (2004), mencionam que as propriedades mecânicas da

madeira são dependentes, principalmente, da densidade básica, da porcentagem de madeira juvenil, da intensidade ao ataque de insetos e da presença de nós. Green et al. (1999) citam que as propriedades mecânicas da madeira são afetadas pelas mudanças do teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras. Os mesmos autores afirmam, ainda, que as propriedades mecânicas diminuem com o aumento do teor de umidade.

Outra propriedade de fundamental importância para a produção tecnológica e utilização da madeira é a densidade básica, que muitas das vezes está correlacionada a outras propriedades. Lobão et al. (2004) afirmam que esta propriedade influencia diretamente a resistência mecânica da madeira. Panshin e De Zeeuw (1964) mencionam que a densidade básica, de forma geral, aumenta com a idade e de forma mais rápida durante a fase juvenil. Os mesmos autores citam, também, que as propriedades mecânicas podem ser alteradas pela presença de extrativos, já que estes podem fazer com que haja aumento da massa lenhosa, o que pode aumentar a resistência à compressão axial da madeira.

A madeira de eucalipto, de forma geral, possui um enorme potencial do ponto de vista de fornecimento de matéria-prima para os diferentes setores madeireiros. Oliveira (1997) cita que o gênero *Eucalyptus* não apresenta restrições quanto à resistência mecânica, que podem variar de baixa a muito elevada. Esta grande variabilidade se deve ao fato da existência de mais de 600 espécies, adaptadas aos mais diferentes tipos de solo e condições climáticas. O módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) são dois parâmetros normalmente empregados em testes de flexão estática, sendo o módulo de elasticidade de maior importância na caracterização tecnológica da madeira, pois representa a resistência do material submetido a uma força aplicada perpendicularmente ao eixo longitudinal da madeira (Junior & Garcia, 2004).

Gonçalves et al. (2004) realizaram uma vasta revisão bibliográfica sobre os efeitos de extratos silviculturais (adubação, espaçamento, controle de ervas daninhas e desbastes) na produtividade e na qualidade da madeira em plantações de eucalipto. Mencionam que não há uma regra específica para explicar o efeito de diferentes tratamentos silviculturais na densidade da madeira, por exemplo. Afirmam que fatores ambientais como disponibilidade de luz, pluviosidade e temperatura causam efeitos mais significativos na composição da madeira.

Haselein et al. (2002), estudando o efeito do espaçamento e da adubação nas propriedades de flexão estática em madeira verde e seca de *Eucalyptus saligna* de 10 anos de idade, mencionam que essas práticas produziram efeitos significativos sobre o módulo de elasticidade e o módulo de ruptura. Afirmam que quanto maior a dose de adubação e espaçamento, maiores foram os valores absolutos para as propriedades.

A idade também pode proporcionar alterações nas propriedades mecânicas da madeira. Pearson & Gilmore (1980), estudando diferentes taxas de crescimento em *Pinus taeda* com idades de 15, 25 e 41 anos em sistemas silviculturais diferenciados, plantio por seleção genética, plantio comercial e regeneração natural em floresta, respectivamente, afirmam, por exemplo, que a adubação não apresentou aumento significativo nas propriedades mecânicas e na densidade.

As propriedades da madeira de eucalipto, de acordo com Cruz et al. (2003), apresentam variações no sentido radial e longitudinal de seu crescimento. Os autores, estudando a variação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* com idades de 5,5 e 10,5 anos, afirmam que, para ambas as propriedades, as maiores variações encontradas estavam localizadas na direção da medula para a casca, não havendo variações muito expressivas na direção da base para o topo das árvores. Calori & Kikuti (1997), avaliando as propriedades físicas e mecânicas em madeira de *E. dunnii* com 20 anos de idade, não detectaram diferenças estatísticas significativas para as propriedades mecânicas entre as posições base, meio e topo nas árvores.

Moura (2000) citado por Cruz et al. (2003), avaliando a flexão estática e a compressão paralela entre toras de 10 clones de híbridos de eucalipto, verificou a existência de diferenças estatísticas entre estas, sendo que, de modo geral, os maiores valores encontrados foram nas toras superiores.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar algumas propriedades mecânicas, como a flexão estática, através do Módulo de Elasticidade – MOE e Módulo de Ruptura – MOR, e a resistência à Compressão Axial nas primeiras duas toras de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em duas diferentes idades e provenientes de talhadia simples e reforma.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A madeira para este estudo foi coletada em um experimento com clones de propriedade da empresa Aracruz Celulose S.A. localizado no Sul do Estado da Bahia, municípios de Mucuri e Nova Viçosa.

O solo local é pertencente à Formação Barreiras, sendo predominante nos três extratos estudados o Podzólico Amarelo Distrófico, que envolve o substrato cristalino e tem um comportamento geológico semelhante ao das áreas do Norte do Estado do Espírito Santo, apresentando um relevo de suave a plano. De acordo com a classificação climática de Köppen, há predomínio do tipo "Af", sendo clima tropical chuvoso e quente, com temperatura superior a 18° C no mês mais frio. A precipitação anual está em torno de 1.378,0 mm, sendo que no mês mais seco ocorre precipitação em torno de 60,0 mm. A região sul do Estado da Bahia apresenta um déficit hídrico em torno de 124,0 mm e um excedente próximo a 78,0 mm anuais (com base em série histórica de apenas 10 anos).

Foram abatidas 15 árvores de um clone entre as espécies *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com diâmetros entre 28,0 e 30,0 cm à altura do peito (DAP). Os dados foram analisados através da estatística descritiva e da análise de regressão. Isso foi necessário uma vez que o material disponibilizado para o estudo não permitiu uma adequada padronização entre os extratos.

Avaliou-se o coeficiente de determinação ajustado (\bar{R}^2) e a significância dos coeficientes de regressão por meio do teste "t" de Student em nível de 5% de probabilidade. Para isso empregou-se o Software SAEG. Foi utilizado apenas o modelo linear, quando significativo, no ajustamento da equação aos dados observados, tendo em vista o pequeno número de posições radiais disponíveis.

A Tabela 1 apresenta de forma resumida as características gerais dos extratos avaliados neste estudo.

Tabela 1 – Características gerais dos extratos estudados

	EXTRATOS		
	E1	E2	E3
Época de plantio	03/1999	03/1991	06/1999
Condução de plantio	Talhadia	Reforma	Reforma
Espaçamento (m)	3,0 x 3,0	3,0 x 3,0	6,0 x 2,5
Capina química (unidade)	04	07	01
Roçada manual (unidade)	04	04	04
Idade de corte (meses)	70	166	70
Desbaste (meses)	30	117 e 153	42
Nº de cepas (a partir de 9 meses)	01	01	01
Volume de madeira/ha (m ³)	169,01	364,07	119,27
Densidade na época do corte (árv/ha)	150	325	150

Para cada uma das árvores foram retiradas as duas primeiras toras com três metros de comprimento, visando à confecção dos corpos de prova. As toras foram transportadas para uma serraria, onde foi retirada uma peça central, incluindo a medula, com espessura de aproximadamente 5,0 cm. As toras foram seccionadas em duas, sendo obtidos corpos-de-prova verdes de 50% destas e o restante colocadas para secar à sombra, em local coberto, até atingirem a umidade de equilíbrio. As peças foram transformadas em corpos-de-prova com dimensões de 2,0 x 2,0 x 30,0 cm para realização dos testes de flexão estática (Módulo de Ruptura – MOR e Módulo de Elasticidade - MOE) e corpos-de-prova com dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm para o teste de resistência à Compressão Axial (Figura 1).

Os ensaios mecânicos foram realizados em uma máquina universal de ensaios com sistema de aquisição de dados automatizado, instalada no Laboratório de Ciência da Madeira - LCM, do Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável - NEDTEC, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado no município de Jerônimo Monteiro - ES.



Figura 1 – Máquina universal de ensaios com tomada automática de dados.

Os corpos de prova obedeceram ao explicitado pela norma MB-26/40 (ABNT, 1940). Foram obtidos corpos-de-prova na direção medula-casca, com quatro repetições por posição por tora.

Após os ensaios de flexão estática e resistência à compressão, foram retiradas pequenas amostras para determinação do teor de umidade no momento do ensaio. Posteriormente, o teor de umidade foi ajustado para 12%, conforme a NBR 7190 (ABNT, 1997), pela Equação 1.

$$f_{12\%} = f_{U\%} \left(1 + \left(\frac{3(U\% - 12)}{100} \right) \right) \quad (1)$$

em que:

$f_{12\%}$ = valor da resistência no teor de 12% de umidade;

$f_{U\%}$ = valor da resistência encontrado no teor de umidade ensaiado;

$U\%$ = umidade do corpo-de-prova no momento do ensaio.

A Tabela 2 apresenta os ensaios realizados, bem como o número de corpos-de-prova confeccionados para cada ensaio.

Tabela 2 – Número de corpos-de-prova confeccionados para realização dos ensaios mecânicos na madeira do clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Ensaio	Condição umidade	E1 – Talhadia (70 meses)		E2 – Reforma (166 meses)		E3 – Reforma (70 meses)	
		Tora 1	Tora 2	Tora 1	Tora 2	Tora 1	Tora 2
Flexão estática (MOR e MOE)	Verde	65	66	80	50	74	54
	Seca	66	68	71	58	53	63
Compressão axial	Verde	69	65	82	72	82	58
	Seca	72	68	76	60	56	64

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de umidade médio encontrado no momento dos testes de flexão estática e resistência à compressão axial foi de 16,73%. Os valores obtidos foram corrigidos para o teor de umidade de 12%, estando os mesmos apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios para flexão estática (Módulo de Ruptura – MOR e Módulo de Elasticidade – MOE) e resistência à Compressão Axial para a madeira seca (corrigida para 12%) do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

PROPRIEDADES MECÂNICAS (kgf/cm ²)	TORAS	EXTRATOS		
		E1 – Talhadia (70 meses)	E2 – Reforma (166 meses)	E3 – Reforma (70 meses)
MOR	1	(86,28)*	(221,35)	(110,46)
		865	1076	868
	2	(9,97)	(20,56)	(12,72)
		(84,28)	(242,94)	(120,89)
MOE	1	933	1058	957
		(9,03)	(22,97)	(12,64)
	2	(11994,16)	(23758,13)	(14778,04)
		102.211	130.127	100.689
Compressão Axial	1	(11,73)	(18,26)	(14,86)
		(10037,13)	(24957,83)	(14076,41)
	2	113.533	133.334	113.713
		(8,84)	(18,72)	(12,38)
Compressão Axial	1	(40,30)	(92,10)	(74,39)
		520	703	534
	2	(7,70)	(13,10)	(13,93)
		(42,00)	(106,10)	(49,05)
		563	700	576
		(7,50)	(15,20)	(8,52)

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (kgf/cm²) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

O módulo de ruptura (MOR), responsável por conferir a capacidade de carregamento em peças estruturais na forma de vigas, comportou-se de forma satisfatória, destacando-se a segunda tora com os maiores valores absolutos nos extratos E1 e E3, ambos com mesma idade. É importante salientar que os coeficientes de variação, foram, de forma geral, maiores no segundo extrato, demonstrando uma maior heterogeneidade entre as amostras avaliadas. O extrato E3, mesmo apresentando maior espaçamento e com desbaste realizado aos 42 meses, apresentou um comportamento muito próximo ao primeiro extrato conduzido sob talhadia simples e com desbaste realizado precocemente, o que pode indicar que o espaçamento e o desbaste contribuíram pouco para alterar esta propriedade mecânica.

O módulo de elasticidade (MOE) é utilizado para expressar a capacidade que a madeira tem em retornar à sua condição original, sem alterar suas características, após submetida a uma força constante. Para o ensaio realizado

neste estudo, as mesmas observações feitas para o MOR podem ser aqui aplicadas. No entanto, as amostras demonstraram uma maior heterogeneidade no extrato E3, conforme observado nos coeficientes de variação (Tabela 3). Este fato pode estar associada ao rápido crescimento em diâmetro das árvores proporcionado pelo desbaste na época certa em conjunto com o maior espaçamento de plantio (6,0 x 2,5m).

O conhecimento da resistência à compressão axial é importante quando se utiliza a madeira para colunas e treliças. Neste estudo, a madeira do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* apresentou os melhores resultados em termos absolutos para a tora dois nos extratos E1 e E3. A compressão axial entre os extratos mostrou que árvores de maior idade cultivadas com a realização de dois desbastes tardios (E2) apresentam-se mais resistentes. Salienta-se que os maiores coeficientes de variação para a resistência à compressão axial estão no extrato E3, ao contrário, para o extrato E1 os coeficientes de variação são menores, indicando haver menor variabilidade na madeira, o que a torna de melhor qualidade em relação a esta propriedade.

A Tabela 4 apresenta os resultados médios para os ensaios de flexão (Módulo de Elasticidade – MOE e Módulo de Ruptura - MOR) e resistência à Compressão Axial para a madeira na condição verde.

Tabela 4 – Valores médios para flexão estática (Módulo de Ruptura – MOR e Módulo de elasticidade – MOE) e resistência à Compressão Axial para a madeira verde do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

PROPRIEDADES MECÂNICAS (kgf/cm ²)	TORAS	EXTRATOS		
		E1 – Talhadia (70 meses)	E2 – Reforma (166 meses)	E3 – Reforma (70 meses)
MOR	1	(67,11)*	(168,84)	(81,86)
		646	700	680
	2	(10,38)	(24,13)	(12,04)
		(61,94)	(146,04)	(68,88)
MOE	1	709	682	728
		(8,73)	(21,43)	(9,46)
	2	(10115,95)	(25674,72)	(14043,55)
		81720	98743	84898
Compressão Axial	1	(12,38)	(26,00)	(16,54)
		(9467,87)	(22737,96)	(10275,52)
	2	93959	99638	95256
		(10,08)	(22,82)	(10,79)
Compressão Axial	1	(28,75)	(70,26)	(37,76)
		337	361	356
	2	(8,52)	(19,47)	(10,62)
		(21,69)	(54,31)	(36,25)
2	376	397	373	
	(5,77)	(13,70)	(9,72)	

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (kgf/cm²) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Haselein et al. (2002) citam que abaixo do ponto de saturação das fibras há uma diminuição da resistência mecânica com o aumento do teor de umidade. Este trabalho confirma esta hipótese, quando se confronta os dados expressos na Tabela 3 e 4. Os autores também encontraram valores inferiores de resistência mecânica para madeiras verde em *Eucalyptus saligna* de 10 anos de idade.

Bodig e Jane (1982) citados por Haselein et al. (2002) mencionam que, em madeiras de folhosas, a razão da madeira seca (12% de umidade) para a madeira verde varia de 1,11 a 1,53 para MOE e de 1,32 a 2,10 para MOR. Os resultados encontrados neste estudo estão situados nessas faixas.

Cruz et al. (2003) mencionam que as dimensões dos componentes anatômicos da madeira presentes na segunda tora podem contribuir para um aumento das propriedades mecânicas. De fato, neste estudo, os maiores valores absolutos estão presentes na segunda tora, à exceção do extrato E2, em árvores de maior idade. O mesmo autor, avaliando as variações das propriedades dentro das

árvores e entre clones de híbridos de eucalipto, encontrou para a compressão paralela um valor médio igual a 466 kgf/cm^2 , inferior ao observado para este estudo.

Os dados apresentados na Tabelas 3 estão melhores ilustrados de forma gráfica nas Figuras 2, 3 e 4.

A Figura 2 ilustra graficamente o comportamento médio do Módulo de Ruptura (MOR) na direção medula-casca, corrigidos para 12% de umidade, com as respectivas equações ajustadas aos três extratos estudados.

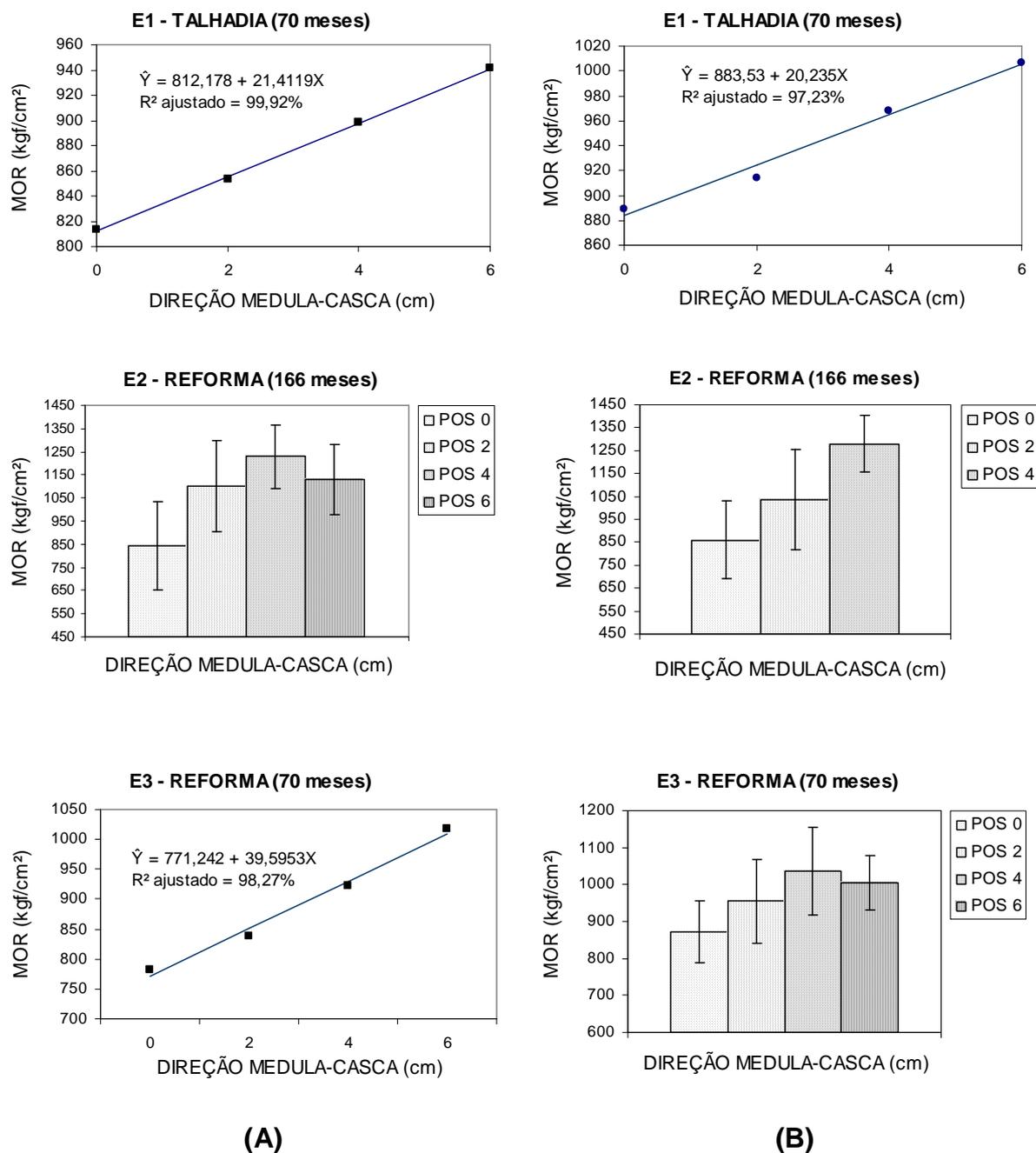


Figura 2 – Representação gráfica do Módulo de Ruptura (MOR) médio na direção medula-casca a 12% de umidade para a primeira tora (A) e segunda tora (B) do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *eucalyptus grandis*.

As equações ajustadas apresentadas, na Figura 2, indicam uma tendência de aumento linear crescente do módulo de ruptura da medula para a periferia do tronco. Destaca-se a segunda tora do primeiro extrato, com maiores valores absolutos. De uma forma geral, o modelo linear aponta para a madeira adulta como a mais resistente. Nas demais toras, não foi possível estimar a equação tendo em vista a não significância dos parâmetros da regressão ou ainda não significância pelo teste F. Serpa et al. (2003), estudando a madeira de *Eucalyptus saligna* (40 anos) e *E. grandis* (50 anos), encontraram valores crescentes para a flexão estática na direção medula-casca. Os autores ainda afirmam que a maior resistência na direção do alburno deve-se ao fato da madeira juvenil ser menos resistente.

De acordo com Panshin & De Zeeuw (1964), a resistência da madeira está associada à sua densidade, o que pode explicar as maiores resistências, em termos absolutos, encontradas no segundo extrato (Tabela 3).

A Figura 3 ilustra graficamente o comportamento médio do Módulo de Elasticidade (MOE) na direção medula-casca, corrigidos para 12% de umidade com as respectivas equações ajustadas aos três extratos estudados.

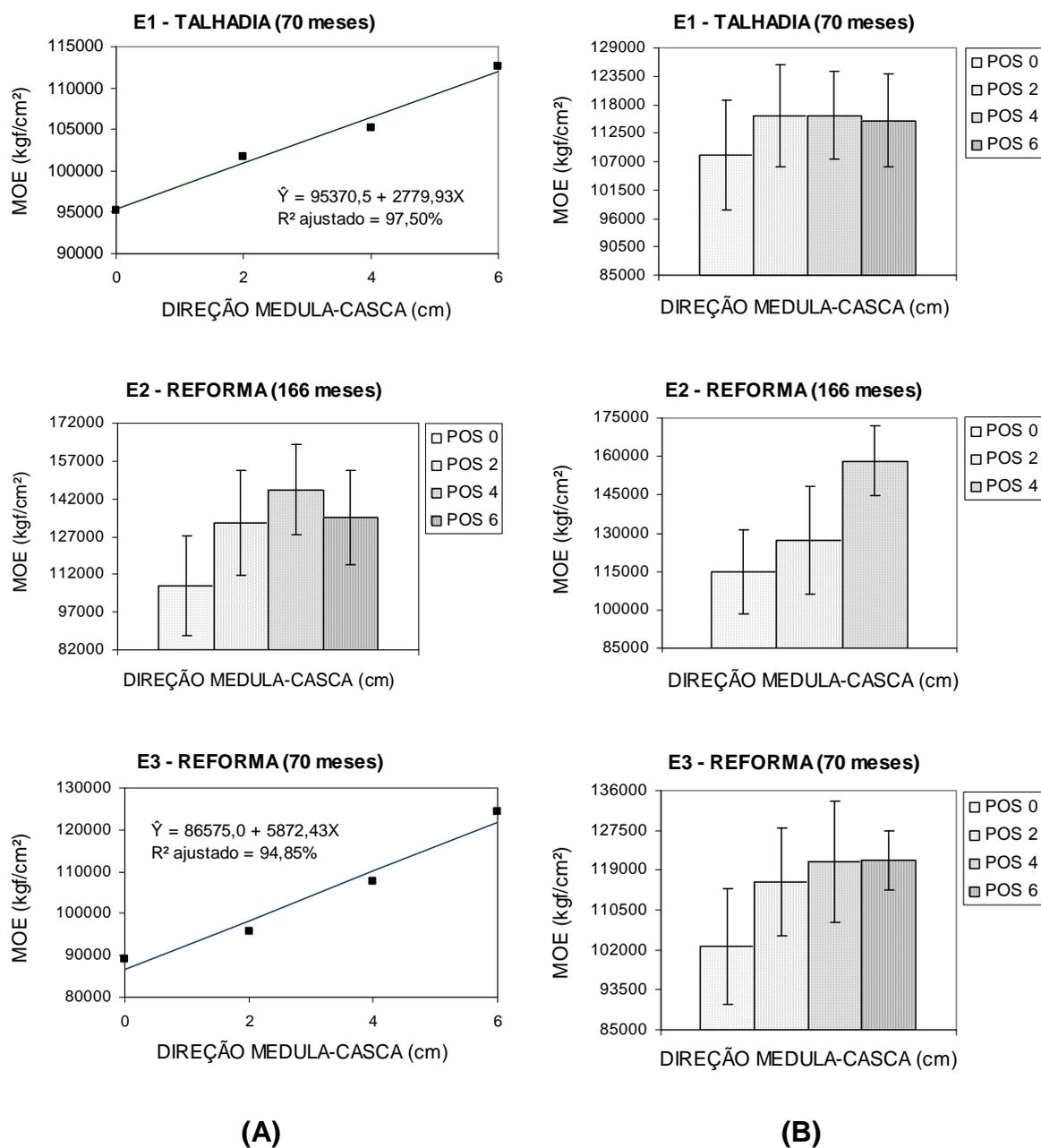


Figura 3 – Representação gráfica do Módulo de Elasticidade (MOE) médio na direção medula-casca a 12% de umidade para a primeira tora (A) e segunda tora (B) do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Cruz et al. (2003) afirmam que madeiras de eucalipto apresentam variações de suas propriedades mecânicas, sendo muito expressivo na direção medula-casca. Neste trabalho, o módulo de elasticidade apresentou tendência de crescimento na direção medula-casca para a primeira tora nos extratos E1 e E3. Nessas toras, as equações ajustadas apresentadas, na Figura 3, indicam que a madeira adulta é capaz de suportar uma maior carga e retornar ao mais próximo de sua condição original (anterior à aplicação da carga). Destaca-se a primeira tora do extrato E1 com maiores valores mais próximos à medula, o que pode ser considerado uma vantagem quanto ao maior aproveitamento da tora. Nas demais toras, não foi possível estimar a equação tendo em vista a não significância dos parâmetros da regressão ou não significância pelo teste F.

Balarin & Nogueira (2003) promoveram uma caracterização elástica na madeira de *Corymbia citriodora* com 65 anos de idade. Os autores encontraram para o módulo de elasticidade na direção longitudinal um valor igual a 165.800 kgf/cm² calculado por meio de ensaio de tração, valor esse muito superior ao encontrado neste estudo para qualquer um dos três extratos avaliados.

Silva (2002), caracterizando a madeira de *Eucalyptus grandis* com idades de 120, 168, 240 e 300 meses, encontrou um valor médio para o módulo de elasticidade de 101.313 kgf/cm², 135.926 kgf/cm², 149.120 kgf/cm² e 130.559 kgf/cm², respectivamente. Neste estudo, o segundo extrato, com 166 meses, apresentou valores inferiores ao encontrado pelo autor para a mesma idade em ambas as toras.

A Figura 4 ilustra graficamente o comportamento médio da resistência à Compressão Axial na direção medula-casca, corrigidos para 12% de umidade, com a respectiva equação ajustada aos três extratos estudados.

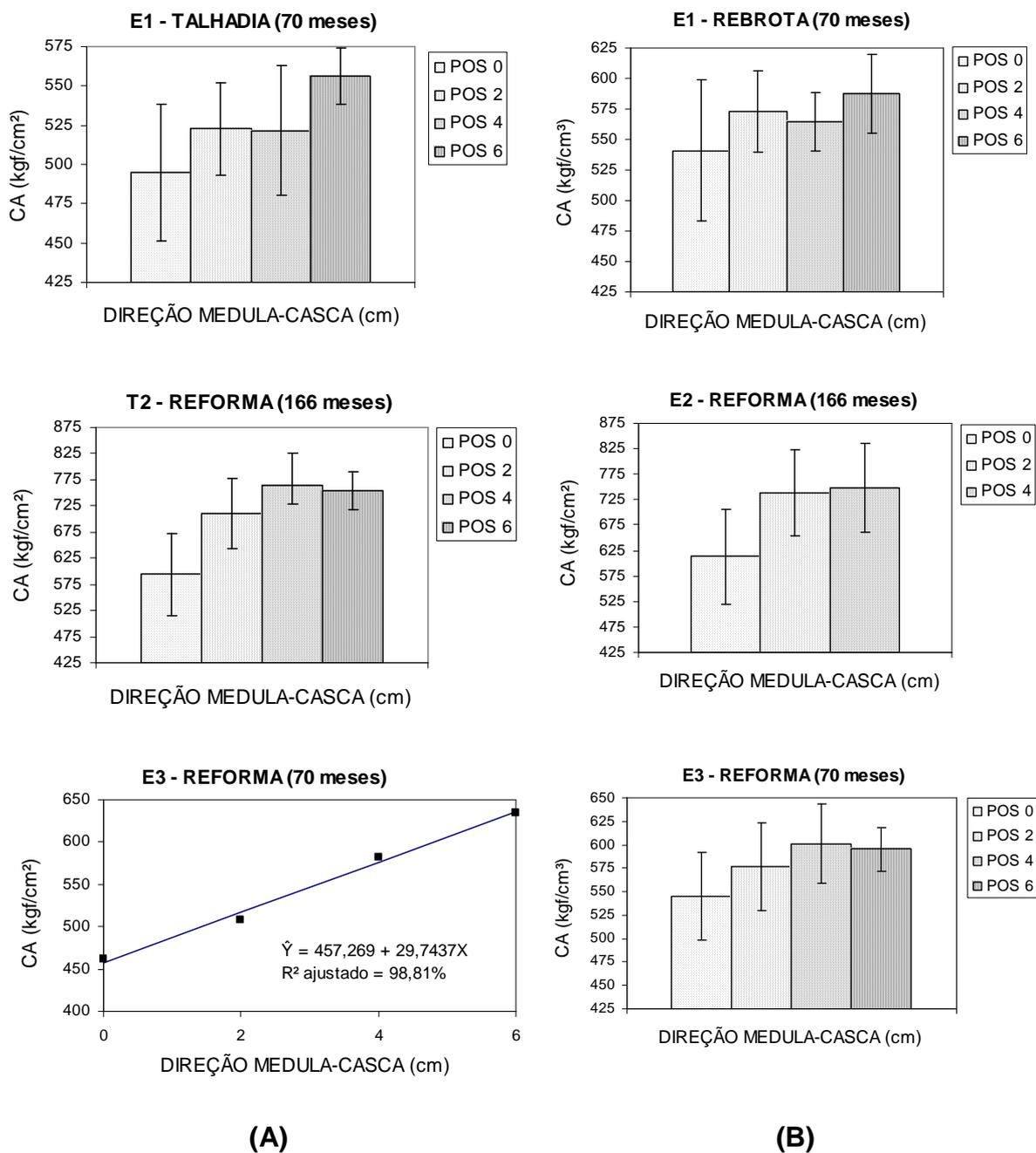


Figura 4 – Representação gráfica da resistência à Compressão Axial (CA) média na direção medula-casca a 12% de umidade para a primeira tora (A) e segunda tora (B) para o híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Ao observar a Figura 4, nota-se que apenas a primeira tora do terceiro extrato apresentou uma tendência linear crescente e significativa a 5% de probabilidade. Para as demais toras, não foi possível estimar a equação, tendo em vista a não significância pelo teste F, ou a não significância dos parâmetros da regressão. Observa-se a variação dos desvios padrões nas diferentes posições nos extratos. As posições mais afastadas da medula, de forma geral, apresentam-se mais próximos da média, indicando menores variações na madeira.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, nas considerações expostas e nas condições em que foram realizados os ensaios, são apresentadas as seguintes conclusões:

- a segunda tora apresentou os maiores valores absolutos em todos os extratos avaliados para todas as propriedades mecânicas, indicando melhores propriedades mecânicas;
- os extratos E1 e E3 apresentaram comportamento parecido entre as toras para todas as propriedades avaliadas;
- o espaçamento e os desbastes, aparentemente, não influenciaram nas propriedades de flexão estática (MOR e MOE) nos extratos de mesma idade (E1 e E3), apesar do extrato E3 apresentar valores absolutos pouco superiores e com uma maior variabilidade nas amostras;
- as propriedades que permitiram ajuste de equação aos dados observados apresentaram um bom coeficiente de correlação, indicando a boa confiabilidade na estimativa das propriedades avaliadas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Ensaio físicos e mecânicos da madeira**. MB-26/40. Rio de Janeiro: 1940. 16p.

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

BALARIN, A.W.; NOGUEIRA, M. Caracterização elástica da madeira de *Eucalyptus citriodora*. **Revista Cerne**, Lavras (MG), v. 9, n. 1, p. 66-80, 2003.

CALORI, J.V.; KIKUTI, P. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos 20 anos de idade. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. **Anais...** Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 1997. v. 3, p. 320-326.

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*. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba (SP), n. 64, p. 33-47, 2003.

GONÇALVES, J.L.M. et al. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantation. **Forest Ecology and Management**, 192, p. 45-61, 2004.

GREEN, D.; WINANDY, J.E.; KRETSCHMANN, D.E. Mechanical properties of wood. In: Wood handbook – Wood as an engineering material. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory. Chapter 4, 463 p. 1999.

HASELEIN, C.R. et al. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 123% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), v.12, n. 2; p. 147-152, 2002.

JUNIOR, L.S.; GARCIA, J.N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba (SP), v. 65, p. 120-129, 2004.

LOBÃO, M.S. et al. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da Madeira de Eucalipto para a Construção Civil**. 1997. 429p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. New York: McGraw Hill, Vol. I, Second edition, 643p., 1964.

PEARSON, R.G.; GILMORE, R.C. Effect of fast growth rate on the mechanical properties of loblolly pine. **Forest Products Journal**, v. 30, n. 5, p. 47-54, 1980.

PFEIL, W.; PFEIL, M. Estruturas de madeira. 6ª Edição. Rio de Janeiro: **LTC**, 224p. 2003.

REMADE – REVISTA DA MADEIRA. **Por que usar eucalipto?** n. 75, ano 13, agosto de 2003.

SERPA, P.N. et al. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 27, n. 5, p. 723-733, 2003.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 2002. 160p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2002

CAPÍTULO V

ALGUNS PARÂMETROS DENDROMÉTRICOS E CORRELAÇÕES COM PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS EM UM HÍBRIDO CLONAL DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

RESUMO

A qualidade da madeira aparentemente está associada às características dendrométricas, que por sua vez são influenciadas pelas condições de crescimento. Os objetivos do presente estudo foram a caracterização dendrométrica e a realização de correlações de Pearson entre alguns parâmetros tecnológicos da madeira do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* plantados sob três tratamentos silviculturais: talhadia simples com 70 meses no espaçamento 3,0 x 3,0 m e com a realização de um desbaste (E1); reforma com 166 meses no espaçamento de 3,0 x 3,0 m e com a realização de dois desbastes (E2); e reforma com 70 meses no espaçamento 6,0 x 2,5 m e semelhante ao E1 com a realização de um desbaste (E3). Os dados dendrométricos foram analisados mediante análise de regressão. Os resultados mostram que o híbrido apresenta comportamento similar às demais madeiras da mesma espécie que cresceram em outras regiões, destacando-se a espessura do alburno no E1, com pouca variação ao longo do fuste. Todas as árvores apresentaram, em geral, uma baixa conicidade ao longo do fuste e baixo volume de casca próximo entre os extratos. Na correlação de Pearson,

foram avaliados entre si nove parâmetros dendrométricos, sete físicos e três mecânicos, longitudinalmente em seções de três metros e na posição medula-casca nas duas primeiras toras. Os coeficientes encontrados demonstram haver fortes correlações entre as propriedades, destacando-se a densidade básica em relação às demais características e o coeficiente de anisotropia, ambas importantes no processo de desdobro e secagem da madeira. Não houve correlações significativas nas contrações lineares e volumétricas em função da altura. A variação radial mostrou boas correlações entre todas as propriedades mecânicas avaliadas nas duas primeiras toras. Em contrapartida, as propriedades físicas avaliadas na posição radial não apresentaram correlações significativas.

Palavras-chave: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, correlações propriedades da madeira, qualidade da madeira

STUDY SOME DENDROMETRICS PARAMETHERS AND CORRELATIONS WITH TECHNOLOGICAL PROPERTIES IN A CLONAL HYBRID OF *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

ABSTRACT

The wood quality is associated apparently with the dendrometrics characteristics that are influenced by the growth conditions. They were objective of this study were the characterization dendrometric and the realization of Pearson Correlations among some technological parameters in wood of clonal hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* that grown in three silvicultural treatments: coppice with 70 months at the spacing of 3,0 x 3,0 m with one thinning (E1); reform with 166 months at the spacing of 3,0 x 3,0 m with two thinning (E2); and 70 months at the spacing of 6,0 x 2,5 m with one thinning (E3). The dendrometrics data were analyzed by regression analysis. The results show that the hybrid presents similar behavior to the other eucalypt of the same species growing in other places with sapwood thickness

in E1, with little variation along the stem. All evaluated trees presented in general a low taper along of the stem and with very little bark volume among the extracts. In the Pearson Correlation were studied nine dendrometrics paramethers, seven physical and three mechanics properties. The paramethers were evaluated, longitudinally in the sections of three meters along the stem and in the position pith-bark in the first two logs and realized the Pearson's Correlations. The coefficients demonstrated a strong correlation among the properties, with the specific gravity being highly correlated in the other characteristics and anisotropic coefficient, important in the process of sawing and drying wood, as well the sapwood thickness. Relationship to the height, the correlations wasn't significant to the linear and volumetric shrinkage. The radial variation showed good correlation among all the evaluated mechanical properties in the two first logs. On the other hand, the physical properties in the radial position didn't present significant correlations with tangential shrinkage.

Key words: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, correlations, wood properties, wood quality

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o crescimento da eucaliptocultura, possibilitou que o país dominasse a tecnologia de implantação desse tipo de floresta, o que hoje nos coloca numa posição de destaque quanto à tecnologia silvicultural implantada. Apesar dos enormes avanços relativos à tecnologia da madeira de eucalipto no campo da silvicultura, o Brasil ainda apresenta problemas, sobretudo no que diz respeito ao seu processamento primário.

O comportamento de uma floresta plantada, no que se refere aos tipos diferenciados de manejo, pode proporcionar alterações na qualidade da madeira, influenciando no produto final desejado e, conseqüentemente, no valor comercial da madeira.

A busca por um material de qualidade superior que atenda ao exigente mercado madeireiro vem crescendo a cada ano. Este comportamento é refletido nos diferentes segmentos florestais a partir da silvicultura e do melhoramento florestal, finalizando no setor tecnológico de base florestal. Assim, o conhecimento da variabilidade entre os materiais disponíveis e as relações entre as características tecnológicas e dendrométricas são de extrema importância.

Em florestas plantadas, diversas são as atividades silviculturais que devem ser observadas, quando o objetivo é a produção de madeira sólida de qualidade. As práticas mais importantes são: a densidade de plantio, o desbaste e a desrama, as quais podem definir a qualidade da madeira. Têm importância, o preparo do solo e a adubação que também podem modificar o comportamento celular da árvore e, conseqüentemente, a sua qualidade (Schönau & Coetzee, 1989; Wilkins & Horne, 1991; Zobel, 1992; Pinheiro, 1999; Finger et al., 2001; Berger et al., 2002; Gonçalves et al., 2004; Leite et al., 2004).

A idade das árvores também contribui para modificar as características da madeira, influenciando na quantificação do volume, na forma da árvore, no diâmetro à altura do peito e nas relações cerne-alburno. Scolforo & Figueiredo Filho (1993) citam que a forma de uma árvore, também chamada de “*taper*” ou conicidade, pode ser definida como sendo um afilamento natural, existente a partir da base em direção ao topo da árvore. Podendo, seguindo os mesmos autores, ser afetada ou pela espécie (exemplares de florestas plantadas com essências exóticas tendem a ser mais cônicas que espécies nativas), ou pela idade (árvores mais velhas apresentam uma menor conicidade), ou, ainda, pela densidade de plantio (em espaçamentos maiores, há uma tendência em formar árvores com uma conicidade maior).

De acordo com Grosser (1980) citado por Scanavaca Jr. & Garcia (2003), a conicidade pode variar devido a influências impostas pelo ambiente e pelo espaçamento. É obtida através do diâmetro nas duas extremidades do tronco, ou mesmo ao longo de toda a árvore.

Latorraca & Albuquerque (2000), mencionam que apesar de muitas espécies de rápido crescimento possuírem potencial para produção de madeira em curto espaço de tempo, na maioria das vezes, a qualidade da madeira não é levada em consideração. Gominho & Pereira (2000), analisando a variabilidade do conteúdo de cerne em uma plantação de *Eucalyptus globulus* com nove anos de idade, afirmam que há uma correlação positiva entre o teor de cerne e a taxa de crescimento.

Oliveira (1997), estudando o comportamento da madeira de sete espécies de *Eucalyptus* com idades aproximadas de 16 anos, afirma que a variabilidade entre as espécies é muito alta para algumas das propriedades estudadas como, por exemplo, a densidade, destacando-se a espécie *Eucalyptus grandis* a qual obteve maior volume de madeira e uma menor porcentagem média de casca.

Lobão et al. (2004) afirmam que a resistência mecânica da madeira é influenciada diretamente pela densidade do material. De acordo com Vale et al. (1992), o conhecimento da variação da densidade no sentido axial e no radial pode determinar seu uso. Panshin & De Zeeuw (1964) citam que a densidade pode variar de uma espécie para a outra, dentro de uma mesma espécie e na direção radial e axial de uma mesma árvore, sendo que essa variação se deve basicamente à sua composição anatômica.

De acordo com Ribeiro Júnior (2001), a determinação de correlações entre duas diferentes variáveis permite o conhecimento de quanto estas variáveis estão

próximas entre si. Adorno & Garcia (2003), estudando correlações lineares entre as principais características tecnológicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, ambas com 8 anos de idade, afirmam que a densidade básica apresentou uma correlação negativa com as variáveis do processamento mecânico da madeira para o *E. urophylla*. Assim, pode-se dizer que há meios de, através da densidade, conhecer e propor soluções em programas de melhoramento genético que visam a redução das flechas observadas durante o desdobro das árvores.

Este trabalho teve como objetivo estudar algumas características dendrométricas, bem como a determinação do coeficiente de Correlação de Pearson, a fim de avaliar a existência de interdependência entre as características dendrométricas e as propriedades físicas e mecânicas do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em duas diferentes idades e provenientes de talhadia simples e reforma.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização do material

Os dados e o material para este estudo foram coletados em um experimento com clones, de propriedade da empresa Aracruz Celulose S.A. localizado no Sul do Estado da Bahia, municípios de Mucuri e Nova Viçosa.

O solo local é pertencente à Formação Barreiras, sendo predominante nos três extratos estudados o Podzólico Amarelo Distrófico, que envolve o substrato cristalino e tem um comportamento geológico semelhante ao das áreas do norte do Estado do Espírito Santo, apresentando um relevo de suave a plano. De acordo com a classificação climática de Köppen, há predomínio do tipo "Af", sendo o clima tropical chuvoso e quente, com temperatura superior a 18° C no mês mais frio. A precipitação anual está em torno de 1.378,0 mm, sendo que no mês mais seco ocorre precipitação em torno de 60,0 mm. A região Sul do Estado da Bahia apresenta um déficit hídrico em torno de 124,0 mm e um excedente próximo a 78,0 mm anuais (com base em série histórica de apenas 10 anos).

Foram coletadas 15 árvores, oriundas de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Foram selecionadas árvores com diâmetro à altura do peito (DAP), entre 28,0 e 30,0 cm, e mensuradas a altura total e altura do primeiro galho verde até um diâmetro de 15,0 cm.

A Tabela 1 apresenta de forma resumida as características gerais dos extratos avaliados neste estudo.

Tabela 1 – Características gerais dos extratos estudados

	EXTRATOS		
	E1	E2	E3
Época de plantio	03/1999	03/1991	06/1999
Condução de plantio	Talhadia	Reforma	Reforma
Espaçamento (m)	3,0 x 3,0	3,0 x 3,0	6,0 x 2,5
Capina química (unidade)	04	07	01
Roçada manual (unidade)	04	04	04
Idade de corte (meses)	70	166	70
Desbaste (meses)	30	117 e 153	42
Nº de cepas (a partir de 9 meses)	01	01	01
Volume de madeira/ha (m ³)	169,01	364,07	119,27
Densidade na época do corte (árv/ha)	150	325	150

2.2 Características dendrométricas consideradas

Os discos de aproximadamente 4,0 cm de espessura, foram coletados em intervalos de 3,0 m até um diâmetro mínimo de 15,0 cm, sendo armazenados em sacos plásticos hermeticamente fechados e transportados para o Laboratório de Ciência da Madeira - LCM, do Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável - NEDTEC, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado no município de Jerônimo Monteiro – ES, a fim de obter as características dendrométricas de cunho tecnológico.

2.2.1 Volume de casca

O volume de casca foi obtido pela diferença entre o volume de madeira com casca e o volume de madeira sem casca até o diâmetro de 15,0 cm. A estimativa do percentual volumétrico de casca foi obtida pela relação percentual entre o volume de casca e o volume da tora com casca (Equação 1).

$$\% V_{casca} = \left(\frac{V_{casca}}{V_{C/C}} \right) \times 100 \quad (1)$$

em que:

$\% V_{casca}$ = Percentual volumétrico de casca na tora (%);

V_{casca} = Volume de casca (m^3);

$V_{C/C}$ = Volume com casca (m^3).

2.2.2 Fator de forma

A obtenção do fator de forma foi realizada através da relação entre o volume real da árvore, obtido através da cubagem rigorosa e o volume do cilindro, mediante o uso da área seccional a 10% da altura total da árvore (Equação 2).

$$f_{0,10} = \frac{V_{real}}{V_{cilindro}} \quad (2)$$

em que:

$f_{0,10}$ = Fator de forma de Hohenald com casca;

V_{real} = Volume obtido através da cubagem rigorosa, com casca (m^3);

$V_{cilindro}$ = Volume obtido na posição 10% em relação à altura total da árvore, com casca, (m^3).

2.2.3 Forma da árvore

A conicidade foi obtida através da relação entre a média da diferença de 10 diâmetros medidos sistematicamente a cada intervalo de 36 graus dividido pelo comprimento da seção. Neste estudo a seção obtida foi de três metros (Equação 3).

$$CO = \left(\frac{\bar{D}_i - \bar{D}_{i+1}}{L_{seção}} \right) \quad (3)$$

em que:

CO = Conicidade (cm/m);

\bar{D}_i = Diâmetro médio no extremo da seção i, com casca (cm);

\bar{D}_{i+1} = Diâmetro médio no outro extremo da seção i+1, com casca (cm);

$L_{seção}$ = Comprimento da seção (m).

2.2.4 Circularidade das árvores

Para a confirmação da circularidade dos troncos, conforme observado no campo, foi adotado o procedimento realizado por OLIVEIRA (1988), o qual consiste em medir o diâmetro dos discos de seções equidistantes retirados ao longo do tronco da árvore. Os perímetros em todos os discos foram medidos com fita métrica para a determinação da área que supostamente se aproxima da área de um círculo, definida como sendo AS_1 . Após, foi obtida a área real através de um medidor de área foliar, Modelo LI -3100 com precisão de $0,001 \text{ cm}^2$, definida como sendo AS_2 . Os discos foram reproduzidos em papel cartolina e recortados para proceder sua medida real. O quociente entre AS_1 e AS_2 fornece um índice, chamado de Índice de Circularidade, que é a aproximação da seção real para a circular (Equação 4).

$$IC = \frac{AS_2}{AS_1} \quad (4)$$

em que:

IC = Índice de Circularidade;

AS_2 = Área real obtida por medidor de área foliar do disco sem casca (cm^2);

AS_1 = Área do círculo perfeito obtida através do perímetro do disco sem casca (cm^2).

2.2.5 Relação cerne e alburno

Os discos coletados nas árvores depois de limpos, foram mensurados, obtendo-se o diâmetro médio sem casca, através da medição do maior e menor diâmetro por meio de uma régua graduada. Da mesma forma foram obtidos o diâmetro do cerne. Com base nesses dados, a Equação 5 permitiu a obtenção da espessura do alburno.

$$EA = \frac{\overline{D}_{S/C} - \overline{D}_c}{2} \quad (5)$$

em que:

EA = Espessura de Alburno (cm);

$\overline{D}_{S/C}$ = Diâmetro médio sem casca (cm);

\overline{D}_c = Diâmetro médio do cerne (cm).

A estimativa do volume de cerne foi realizada através da fórmula de Smalian. A estimativa do percentual volumétrico de cerne foi efetuada pela relação percentual entre o volume do cerne e o volume da tora sem casca (Equação 6).

$$\%V_{cerne} = \left(\frac{VC}{V_{S/C}} \right) \times 100 \quad (6)$$

em que:

$\%V_{cerne}$ = Percentual volumétrico de cerne na tora (%);

VC = Volume de cerne da tora (m^3);

$V_{S/C}$ = Volume sem casca da tora (m^3).

A estimativa do volume do alburno foi obtida através da diferença entre volume sem casca e o volume de cerne (Equação 7).

$$VA = V_{S/C} - V_C \quad (7)$$

em que:

VA = Volume de alburno na tora (m^3);
 $V_{S/C}$ = Volume sem casca na tora (m^3);
 V_C = Volume de cerne na tora (m^3).

A estimativa do percentual volumétrico de alburno foi obtida pela relação percentual entre o volume do alburno e o volume da tora sem casca (Equação 8).

$$\%V_{alburno} = \left(\frac{VA}{V_{S/C}} \right) \times 100 \quad (8)$$

em que:

$\%V_{alburno}$ = Percentual volumétrico de alburno na tora (%);
 VA = Volume de alburno da tora (m^3);
 $V_{S/C}$ = Volume sem casca (m^3).

2.3 Determinação das propriedades tecnológicas

Os ensaios físicos e mecânicos foram realizados no Laboratório de Ciência da Madeira - LCM, do Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável - NEDTEC, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado no município de Jerônimo Monteiro – ES. Os ensaios mecânicos foram realizados em uma máquina universal de ensaios com sistema de aquisição de dados automatizados, sendo para tal, utilizada as duas primeiras toras de cada árvore com três metros de comprimento, obedecendo ao determinado pela norma MB-26/40 (ABNT, 1940).

As propriedades físicas foram determinadas de acordo com VITAL (1984) para o caso da densidade básica média. As contrações radial, tangencial e volumétrica, bem como o coeficiente de anisotropia, foram determinados para as duas primeiras toras. A Tabela 2 apresenta os caracteres avaliados, bem como o

número de medições realizadas para cada extrato. Salienta-se que o Coeficiente de Pearson foi determinado mediante os dados de todos os extratos (conjuntamente).

2.4 Determinação do Coeficiente de Pearson

O coeficiente de Pearson foi obtido através do software SAEG, mediante análise de correlação entre algumas propriedades listadas na Tabela 2. Apenas os dados médios de cada árvore ou de cada tora foram utilizados na análise de correlação, independentemente do extrato. Seu conhecimento é importante quando se pretende avaliar a relação entre algumas variáveis para a utilização da madeira como produto sólido em serraria.

Tabela 2 – Algumas propriedades físicas, mecânicas e características dendrométricas estudadas na determinação do Coeficiente de Pearson

CARACTERÍSTICA	ABREVIÇÃO	UNIDADE	OBSERVAÇÕES		
			E1 ¹	E2	E3
PROPRIEDADES FÍSICAS					
Densidade básica	DB	g/cm ³	235	278	221
Densidade aparente no teor de equilíbrio higroscópico (16,73%)	DA	g/cm ³	235	278	221
Contração radial	CA	%	231	257	220
Contração tangencial	CT	%	231	257	220
Contração volumétrica	CV	%	231	257	220
Fator anisotrópico	FA	-	231	257	220
Deformação Residual Longitudinal – DRL	DRL	mm	20	20	20
PROPRIEDADES MECÂNICAS					
Módulo de elasticidade	MOE	Kgf/cm ²	134	129	116
Módulo de ruptura	MOR	Kgf/cm ²	134	129	116
Compressão paralela às fibras	CP	Kgf/cm ²	134	129	116
PARÂMETROS DENDROMÉTRICOS E FENOTÍPICOS					
Índice de circularidade	IC	-	40	45	36
Espessura de alburno	EA	cm	35	40	31
Conicidade	CO	cm/m	30	35	30
Fator de forma	FF	-	5	5	5
Relação cerne-alburno	RCA	-	35	40	31
Porcentagem de casca	PCAS	%	35	40	31
Altura total	HT	m	5	5	5
Altura comercial	HC	m	5	5	5
Altura do primeiro galho verde	HPGV	m	5	5	5

¹ E1 – Talhadia (70 meses); E2 – Reforma (166 meses); e E3 – Reforma (70 meses).

2.5 Análise estatística

Os dados foram analisados fazendo uso da estatística descritiva e análise de regressão, tendo em vista o material disponibilizado para o estudo não permitir uma adequada padronização nos extratos.

Foram empregados os seguintes modelos no ajustamento de equações aos dados observados:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \varepsilon$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3 + \varepsilon$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \sqrt{X_i} + \beta_2 X_i + \varepsilon$$

$$Y = \beta_0 \times X_i^{\beta_1} + \varepsilon$$

$$Y = \beta_0 \times \beta_1^{X_i} + \varepsilon$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \sqrt{X_i} + \beta_2 + \beta_3 X^{1,5} + \varepsilon$$

onde:

Y_i = valor médio da propriedade avaliada (variável dependente);

X_i = valor a ser definido com base na propriedade a ser estimada (variável independente);

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ e β_3 = parâmetros de regressão;

ε = erro aleatório.

Para a seleção dos modelos, avaliou-se o coeficiente de determinação ajustado (\bar{R}^2) e a significância dos coeficientes de regressão por meio do teste “t” de Student em nível de significância de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Volume de casca

A comercialização da madeira é praticamente realizada em função do volume disponível em campo. Para tanto, o procedimento de cubagem deve ser minucioso e atentar para possíveis defeitos existentes ao longo do fuste das árvores. A quantificação do volume de casca também é outro importante fator, haja vista que pode, segundo a literatura em geral, representar até 20% do volume total de madeira. A quantificação da porcentagem de casca é extremamente importante, uma vez que em inventários florestais pode ocorrer uma superestimação do volume de madeira.

Os valores encontrados para o volume de casca para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com base na cubagem rigorosa realizada pelo método de Smalian, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios para o volume de casca e sua respectiva porcentagem para as árvores em cada extrato para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

EXTRATOS	VOLUME DE CASCA (m ³)					MÉDIA
	ÁRVORES					
	1	2	3	4	5	
E1 – Talhadia (70 meses)	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	(0,005)* 0,10 (4,62)
E2 – Reforma (166 meses)	0,12	0,10	0,10	0,10	0,11	(0,008) 0,10 (7,29)
E3 – Reforma (70 meses)	0,09	0,08	0,15	0,09	0,09	(0,026) 0,10 (25,65)
EXTRATOS	VOLUME DE CASCA (%)					MÉDIA
	1	2	3	4	5	
E1 – Talhadia (70 meses)	10,14	10,25	10,31	10,62	9,59	(0,38) 10,18 (3,68)
E2 – Reforma (166 meses)	10,57	9,04	8,62	8,91	9,70	(0,78) 9,37 (8,33)
E3 – Reforma (70 meses)	10,23	9,51	15,43	10,93	10,71	(2,34) 11,36 (20,59)

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (m³ e %) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Salienta-se que apesar das árvores apresentarem volumes de casca com valores pouco diferenciados, as médias para os extratos mantiveram-se muito próximas, conforme observado na Tabela 3. Onde se destaca o elevado coeficiente de variação no extrato E3 quando comparado com o extrato E1. Esperava-se um maior volume de casca no extrato E1 em função da condição de talhadia simples, no entanto, as árvores apresentaram-se menos heterogêneas, conforme observa-se no coeficiente de variação reduzido (4,62%). A Figura 1 ilustra os valores médios encontrados para cada extrato estudado e o respectivo desvio padrão para os volumes de casca (m³ e %).

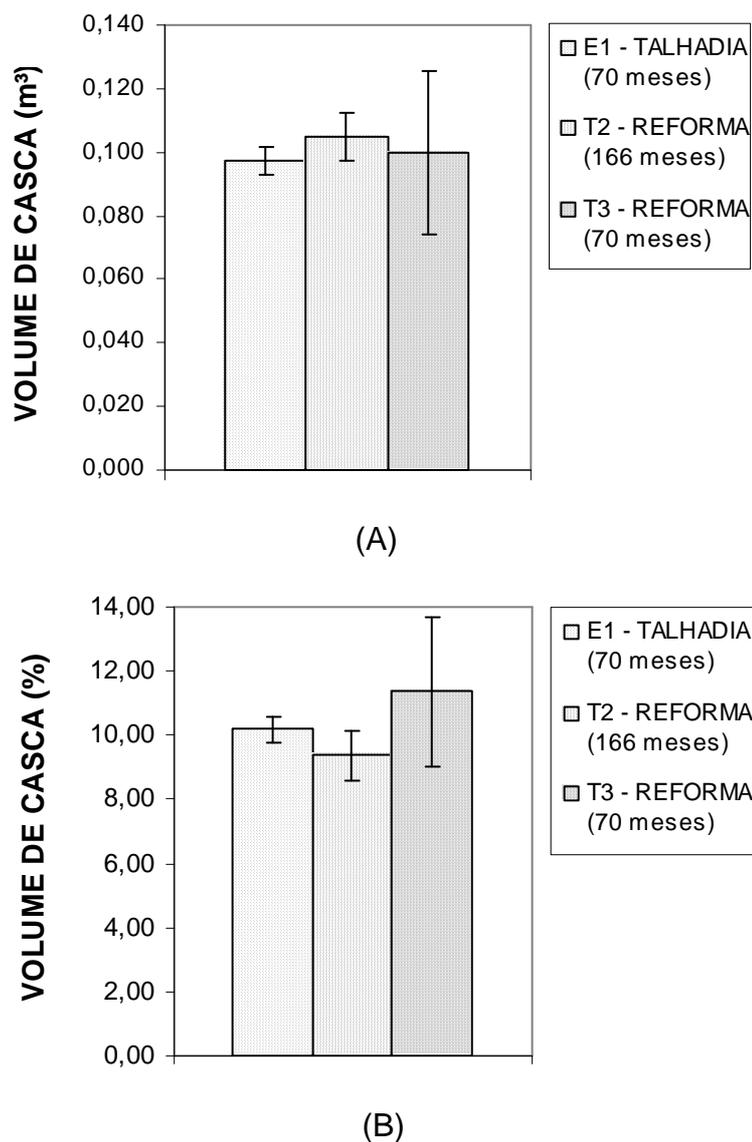


Figura 1 – Representação gráfica do volume de casca, em m³ (A) e em porcentagem (B) obtido nos três extratos para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com os respectivos desvios padrões.

Observando-se a Figura 1, pode-se inferir que o extrato E1 apresenta desvios absolutos com menores variações em relação à média, diferentemente do terceiro extrato. Fato esse devido provavelmente ao menor espaçamento no primeiro extrato e o desbaste sistemático e único, realizado precocemente, contribuindo para o rápido crescimento das árvores.

A Figura 2 ilustra graficamente a variação do teor de casca ao longo do fuste das árvores do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* para os três extratos.

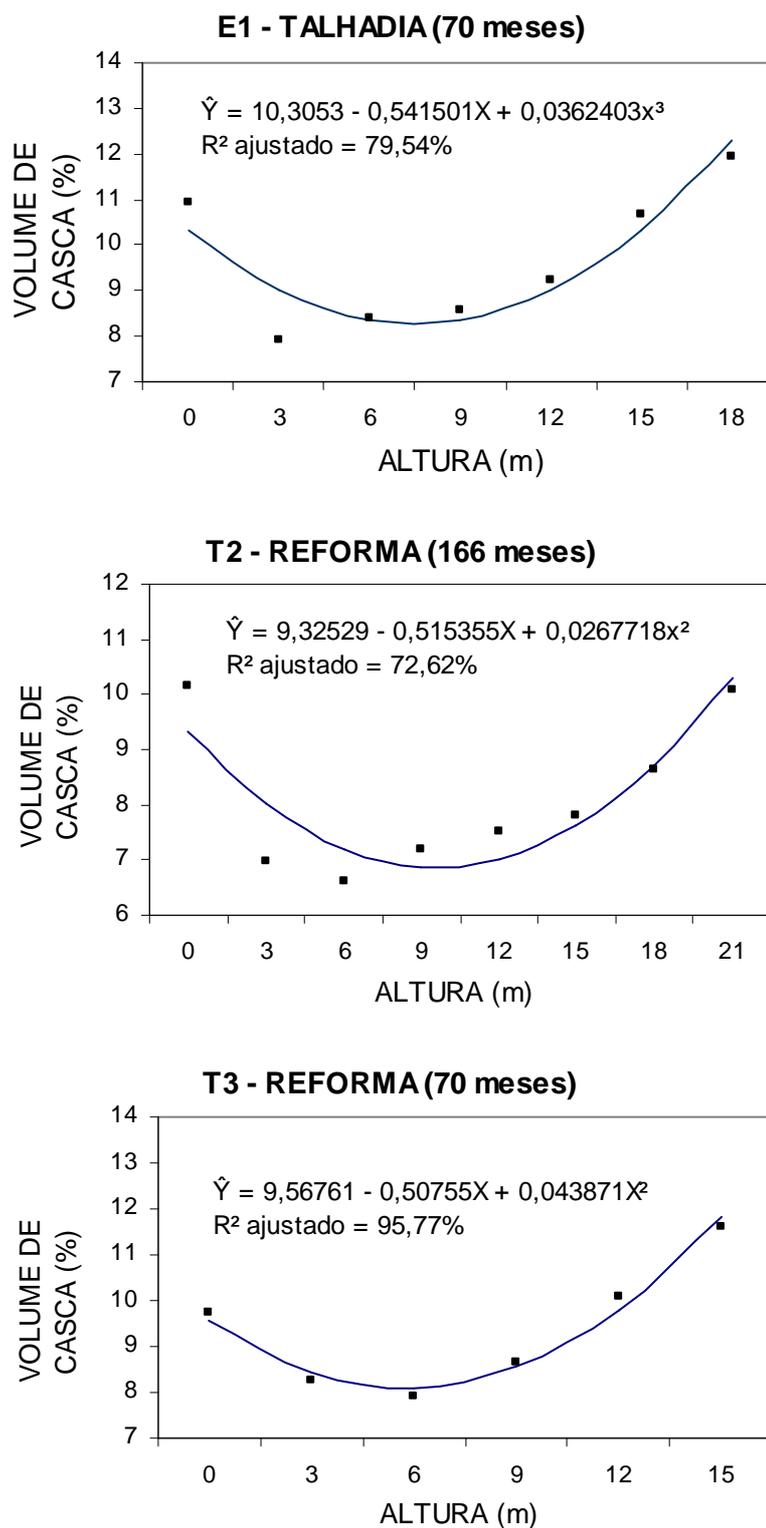


Figura 2 – Representação gráfica da variação média da porcentagem de casca ao longo do fuste nos três extratos avaliados para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Verifica-se, na Figura 2, que há uma tendência de declínio da porcentagem de casca a partir da base em todos os três extratos estudados, com aumento a partir dos nove metros, à exceção do extrato E3, onde o aumento ocorreu a partir dos seis metros. O comportamento relativo ao teor de casca deste estudo foi próximo ao encontrado por Paula Neto et al. (1992) para as espécies de *Eucalyptus saligna*, *E. alba* e *E. grandis*. Os autores trabalharam com idades entre 3 e 8 anos em classes de DAP inferiores a 30,0 cm. Os resultados apontaram uma maior porcentagem de casca nas menores alturas, ocorrendo uma estabilização por volta dos 4,0 m de altura. A mesma tendência de redução da porcentagem de casca nas porções intermediárias do tronco foi observada por Oliveira et al. (1996) para sete espécies de eucalipto.

Alzate (2004), estudando a porcentagem de casca em 150 árvores do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com idades de 8 anos, encontrou valores médios de 11,91%, com desvio padrão de 0,84 % e coeficiente de variação de 7%, tais valores foram um pouco superiores aos encontrados neste trabalho, à exceção do terceiro extrato, onde a variabilidade foi elevada entre as árvores.

3.2 Forma e conicidade das árvores

A Tabela 4 apresenta os valores para o Fator de Forma das árvores nos extratos estudados.

Tabela 4 – Valores encontrados para o Fator de Forma para as quinze árvores do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* nos extratos estudados

EXTRATOS	Árvores/Repetições					Média
	1	2	3	4	5	
E1 – Talhadia (70 meses)	0,50	0,50	0,49	0,50	0,51	(0,007)* 0,50 (1,47)
E2 – Reforma (166 meses)	0,52	0,50	0,54	0,49	0,54	(0,025) 0,52 (4,78)
E3 – Reforma (70 meses)	0,51	0,50	0,51	0,51	0,50	(0,005) 0,51 (0,96)

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (adimensional) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Na Tabela 4, observa-se que as árvores apresentaram um Fator de Forma relativamente baixo, e pouco variável entre os extratos, principalmente entre os extratos E1 e E3, indicando que o maior espaçamento inicial disponibilizado no terceiro extrato não influenciou na forma das árvores.

Os valores encontrados foram relativamente baixos, quando comparados com outros trabalhos, como, por exemplo, o estudo realizado em *Xylopiya sericeae* por Oliveira (1988). O autor encontrou um fator de forma de 0,82, considerado alto por ser essa espécie nativa da Mata Atlântica.

Oliveira (1997) encontrou, para as espécies *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis*, fatores de forma da ordem de 0,75, 0,67 e 0,62 para árvores com 16 anos de idade e diâmetros de 24,9 cm, 27,9 cm e 31,6 cm, respectivamente. Tais fatores de forma foram superiores ao encontrado neste estudo, demonstrando que o gênero *Eucalyptus* possui uma grande variabilidade de forma entre espécies, mesmo sendo o extrato E2 com maior idade.

Para a espécie *Acacia mangium*, Veiga et al. (2000) encontraram um fator de forma de 0,47 para árvores de sete anos de idade, inferior aos três extratos avaliados neste estudo, demonstrando ser o seu tronco menos cilíndrico que o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

A conicidade média, em cm/m, para cada extrato é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios para conicidade em cm/m nas toras de três metros no fuste das árvores do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* nos três extratos

EXTRATOS	TORA							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	0-3m	3-6m	6-9m	9-12m	12-15m	15-18m	18-21m	21-24m
E1 – Talhadia (70 meses)	(0,33)*	(0,05)	(0,08)	(0,11)	(0,09)	(0,09)	(0,06)	
	1,59	0,64	0,56	0,79	0,74	0,68	0,90	-
	(20,53)	(8,13)	(13,65)	(13,59)	(13,59)	(13,50)	(6,98)	
E2 – Reforma (166 meses)	(0,19)	(0,13)	(0,11)	(0,11)	(0,14)	(0,08)	(0,04)	(0,09)
	1,76	0,57	0,47	0,55	0,55	0,58	0,665	0,58
	(11,18)	(23,22)	(19,03)	(19,03)	(25,65)	(14,03)	(5,45)	(16,21)
E3 – Reforma (70 meses)	(0,16)	(0,04)	(0,09)	(0,07)	(0,05)	(0,05)		
	2,02	0,68	0,69	0,73	0,80	0,65	-	-
	(7,89)	(6,27)	(12,51)	(9,92)	(6,55)	(7,70)		

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (cm/m) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Caixeta (2000) citado por Vale et al. (2002) afirma que, para árvores serem consideradas cônicas, a conicidade deve ser superior a 1,0 cm/m. Assim, observando-se na Tabela 5, à exceção da primeira tora nos três extratos, as demais apresentam um comportamento cilíndrico.

Oliveira (1988), estudando a espécie *Xylopia sericea*, encontrou para 43 toras de quatro metros de comprimento um valor médio de 1,18 cm/m, sendo as toras localizadas entre 4,0 e 8,0 m com menores valores médios (0,77 cm/m) e as primeiras toras (0 a 4,0 m) com maiores valores médios. Por ser uma espécie nativa da Mata Atlântica, apresenta uma boa conicidade média, sendo considerada pelo autor como sendo uma árvore cilíndrica.

Oliveira (1997) encontrou valores médios para a conicidade nas espécies de *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis* de 2,02 cm/m e 2,15 cm/m respectivamente em relação à primeira tora de quatro metros, estudando árvores com idade aproximada de 16 anos. Neste estudo, apenas o extrato E3 aproximou-se daqueles encontrados pelo autor, sendo que a baixa idade nas árvores é uma característica a ser destacada.

Combes et al. (1997) encontraram valores médios para a conicidade para os híbridos *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus pellita* de 2,0 cm/m e 2,3 cm/m, respectivamente, em árvores com idades de 58 meses, sendo o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aquele com maior variação absoluta entre 2560 árvores avaliadas (17,1%).

Vale et al. (2002), analisando a influência da desrama natural em *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* em idades de 8 anos, encontraram valores médios na ordem de 0,02 cm/m e 0,01 cm/m, respectivamente, em toras de seis metros. Valores bem inferiores aos encontrados neste estudo.

Uma melhor observação dos valores para a conicidade está apresentada na Figura 03.

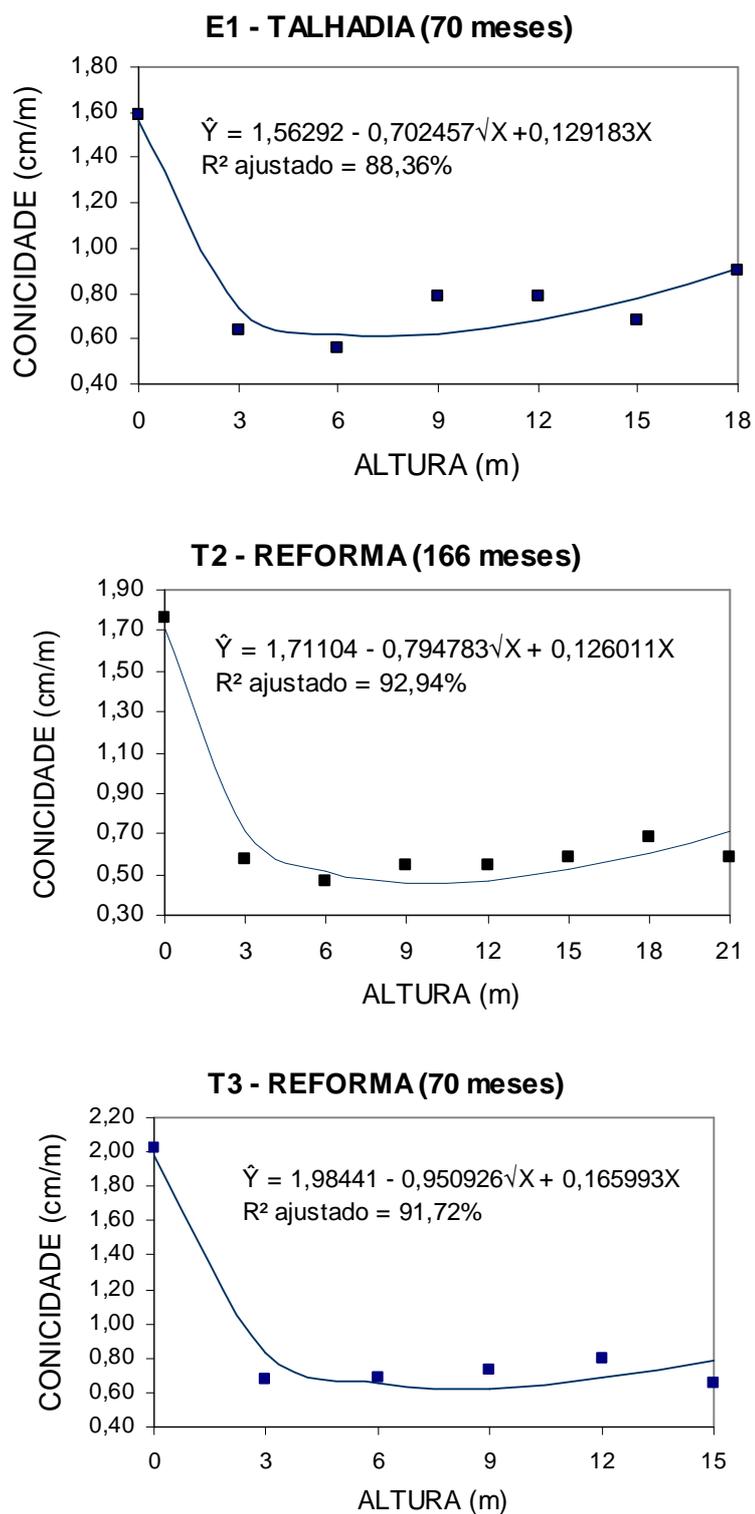


Figura 3 – Representação gráfica da variação média da conicidade ao longo do fuste nos três extratos avaliados do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

O valor da conicidade média dos três extratos para a primeira tora ficou em 1,79 cm/m com máximo em 2,17 cm/m e mínimo em 1,26 cm/m. O terceiro extrato apresentou os maiores valores médios absolutos em relação às três primeiras toras. Nota-se na Tabela 5 e na Figura 3, que a partir da segunda tora (três metros), os valores de conicidade são relativamente baixos nos três extratos. A conicidade mais elevada na primeira tora tem uma importância direta na produção de madeira serrada, o que poderá levar a rendimentos inferiores durante o desdobro destas toras em relação às demais.

3.3 Circularidade das árvores

A Tabela 6 apresenta os valores médios do Índice de Circularidade em diferentes alturas para os extratos estudados. Essa mostra claramente que os Índices de Circularidade para as diferentes posições na altura do tronco pouco variaram, com exceção para a posição da base, a qual apresentou os menores valores absolutos. Observa-se, ainda, os altos coeficientes de variação na base em relação aos demais. A circularidade ao longo das árvores foi muito próxima entre os extratos, indicando que a idade e os diferentes sistemas de manejo aplicados não contribuíram ou contribuíram pouco para a formação de árvores mais circulares.

Tabela 6 – Índice de Circularidade médio para as toras das quinze árvores do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* nos três extratos estudados

ALTURA DO TRONCO (m)	EXTRATOS		
	E1 – Talhadia (70 meses)	E2 – Reforma (166 meses)	E3 – Reforma (70 meses)
Base	(0,03)	(0,03)	(0,05)
	0,89	0,92	0,90
	(3,58)	(3,20)	(5,11)
3	(0,01)	(0,01)	(0,01)
	0,96	0,96	0,96
	(1,09)	(0,91)	(0,62)
6	(0,03)	(0,01)	(0,01)
	0,95	0,96	0,97
	(2,93)	(0,64)	(0,66)
9	(0,01)	(0,01)	(0,01)
	0,96	0,97	0,96
	(0,57)	(0,95)	(0,52)
12	(0,02)	(0,01)	(0,01)
	0,96	0,97	0,97
	(1,85)	(0,96)	(0,56)
15	(0,01)	(0,01)	(0,01)
	0,96	0,96	0,96
	(1,22)	(1,06)	(1,75)
18	(0,02)	(0,01)	(0,03)
	0,94	0,97	0,94
	(2,21)	(1,20)	(2,75)
21	(0,01)	(0,01)	-
	0,95	0,97	-
	(1,08)	(0,53)	-
24	-	(0,02)	-
	-	0,96	-
	-	(1,72)	-
Médias	(0,03)	(0,02)	(0,03)
	0,95	0,96	0,95
	(3,07)	(1,96)	(3,11)

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (adimensional) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Uma melhor visualização do comportamento do tronco no que diz respeito ao Índice de Circularidade em função da altura das árvores do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* está representada graficamente na Figura 4.

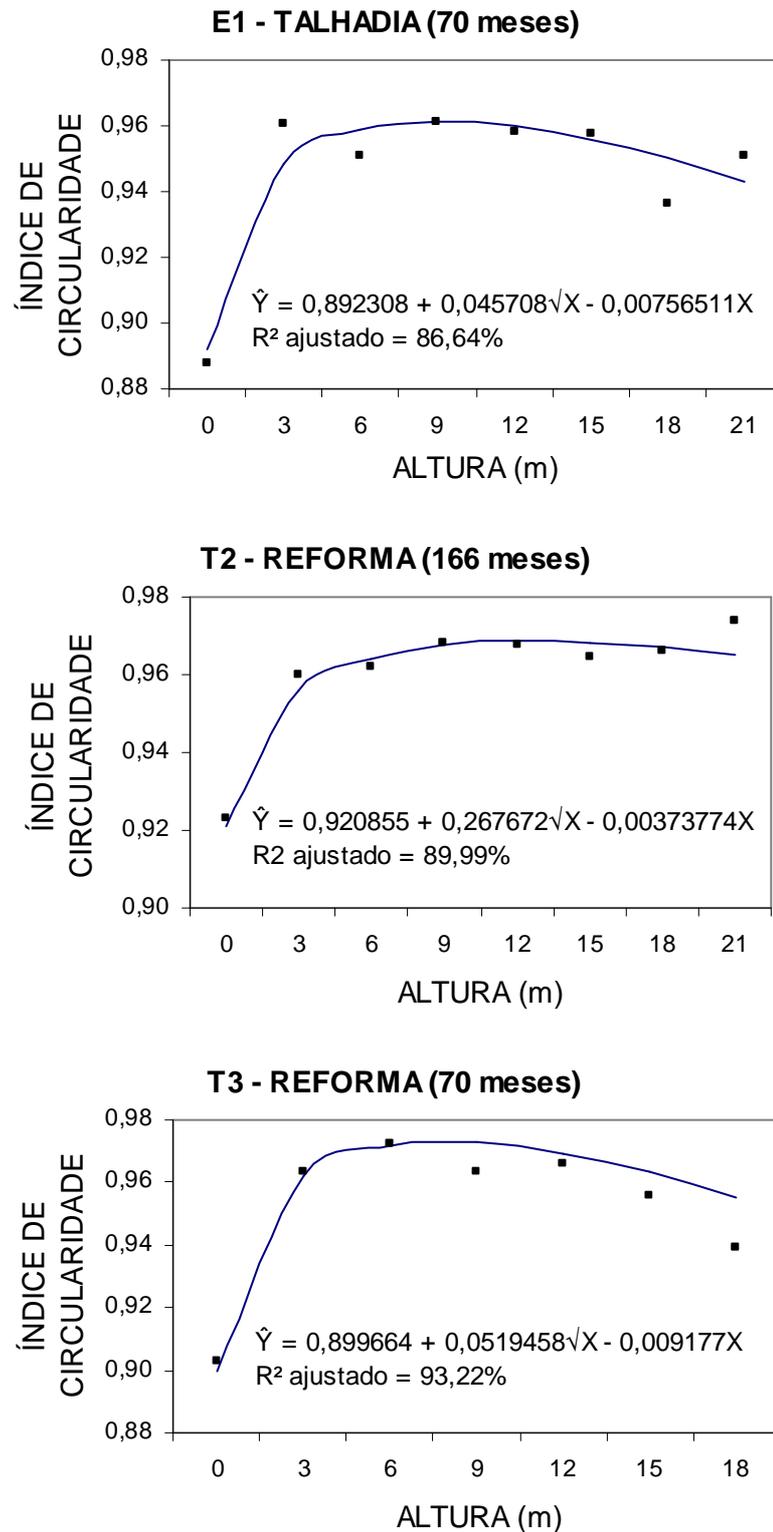


Figura 4 – Representação gráfica do Índice de Circularidade a diferentes alturas das árvores para os três extratos estudados no híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

A circularidade média para os extratos E1, E2 e E3 foram respectivamente 0,95, 0,96 e 0,95. O modelo com melhor ajuste foi a raiz quadrada, significativo pelo teste F e pelo teste “t” para os coeficientes de regressão, ambos a 5% de probabilidade (Figura 4).

Salienta-se que os coeficientes de variação médios entre os extratos E1 e E3 são muito próximos, assim como o desvio padrão médio. Isso pode significar que o manejo e o espaçamento adotado não alteraram a circularidade ao longo do tronco, indicando uma boa similaridade entre as árvores nos extratos.

Na Tabela 6, pode-se observar que a circularidade média na base em todos os extratos apresentou valores superiores para o coeficiente de variação quando comparado com as demais alturas, sendo 3,58%, 3,20% e 5,11% para E1, E2 e E3, respectivamente, demonstrando uma maior heterogeneidade da base de todas as árvores. Importante ressaltar que a condição de talhadia simples do primeiro extrato apresentou um coeficiente de variação menor quando comparado com o extrato E3.

Esperava-se que a base das árvores nessa condição apresentasse valores mais variáveis, tendo em vista a formação da madeira naquela posição, com base nas condições de manejo adotadas, como o espaçamento, talhadia e a idade de desbaste.

Observando-se a Tabela 6 e a Figura 4, salienta-se que, para alturas superiores, há uma melhoria no Índice de Circularidade. Isso é importante quando se pretende trabalhar com madeira voltada para produtos sólidos. Árvores que apresentam uma circularidade muito variável podem, principalmente nas primeiras alturas, apresentar um menor aproveitamento de madeira em serrarias nas fases iniciais da produção de serrados em função dos baixos rendimentos obtidos nas operações de desdobro.

Oliveira (1988), trabalhando com a espécie *Xylopia sericea*, espécie nativa e pioneira, encontrou um Índice de Circularidade médio de 0,97 para 18 árvores e menciona que o tronco dessa espécie possui uma seção circular. Neste estudo, no entanto, foram encontrados valores pouco inferiores ao descrito pelo autor, podendo-se inferir que o tronco do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* também apresenta uma tendência à forma circular a partir dos três metros. A circularidade elevada encontrada para as árvores estudadas torna-se um fator positivo na sua utilização para a produção de peças serradas, uma vez que contribui para o aumento de rendimentos nas operações de desdobro.

3.4 Relação cerne-alburno

O volume de cerne e alburno foi obtido com base nos diâmetros maior e menor em cada disco retirado nos extremos a cada seção de três metros do fuste. A Tabela 7 apresenta os valores médios da espessura de alburno ao longo do tronco para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Tabela 7 - Valores médios da espessura de alburno (cm) e sua respectiva proporção (%) ao longo do tronco para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* nos extratos estudados

ALTURA DO TRONCO (m)	E1 – Talhadia (70 meses)		E2 – Reforma (166 meses)		E3 – Reforma (70 meses)	
	(cm)	(%)	(cm)	(%)	(cm)	(%)
Base (0)	(0,27)	(1,23)	(0,72)	(2,61)	(0,67)	(1,76)
	2,85	36,22	3,39	28,03	3,40	37,03
	(9,55)	(3,38)	(21,36)	(9,31)	(19,85)	(4,76)
3	(0,14)	(2,50)	(0,21)	(2,51)	(0,18)	(1,84)
	2,87	41,73	1,98	28,60	2,51	37,55
	(4,76)	(5,98)	(10,63)	(8,78)	(7,34)	(4,90)
6	(0,40)	(3,10)	(0,21)	(2,28)	(0,26)	(1,38)
	3,06	44,77	1,89	29,21	2,54	40,48
	(12,93)	(6,92)	(11,36)	(7,80)	(10,31)	(3,41)
9	(0,26)	(1,73)	(0,16)	(2,31)	(0,09)	(1,28)
	2,88	47,06	1,82	29,84	2,49	43,94
	(9,08)	(3,67)	(8,63)	(7,75)	(3,53)	(2,92)
12	(0,16)	(1,33)	(0,15)	(1,70)	(0,17)	(2,27)
	2,83	51,22	1,72	31,31	2,50	48,96
	(5,49)	(12,60)	(8,92)	(5,38)	(6,62)	(4,64)
15	(0,17)	(3,48)	(0,08)	(2,25)	(0,20)	(3,46)
	2,77	56,56	1,81	35,21	2,56	55,27
	(6,07)	(6,14)	(4,43)	(6,39)	(7,65)	(6,25)
18	(0,30)	(2,45)	(0,24)	(3,32)	(0,14)	(-)
	2,87	66,25	1,84	38,32	2,65	59,72
	(10,64)	(3,69)	(13,30)	(8,66)	(5,45)	(-)
21	-	-	(0,09)	(3,42)	-	-
	-	-	1,76	41,33	-	-
	-	-	(5,08)	(8,29)	-	-
MÉDIAS	(0,27)		(0,58)		(0,41)	
	2,91		1,99		2,65	
	(9,29)		(28,93)		(15,59)	

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (cm e %) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Observando a Tabela 7, nota-se que o extrato E1 apresentou um comportamento bem homogêneo para a espessura de alburno ao longo do tronco. Interessante salientar que, mesmo apresentando uma proporção de alburno crescente ao longo do fuste, a espessura de alburno não variou, o que pode ser vantajoso, tendo em vista a produção de madeira onde a utilização de preservativos químicos é necessária. Os extratos E2 e E3 destacaram-se apenas na base, mantendo a espessura de alburno sem variação muito expressiva ao longo do fuste e com a proporção crescente ao longo do tronco.

Silva (2002), caracterizando a madeira de *Eucalyptus grandis* para a indústria moveleira, encontrou valores para a espessura de alburno inferior a este estudo, variando de 2,5 a 3,5 cm em árvores com idades entre 10 e 25 anos, para as duas primeiras toras de 3,0 m.

A Figura 5 ilustra graficamente o comportamento percentual de alburno e cerne ao longo do fuste das árvores em seções de 3,0 m, até o diâmetro comercial de 15,0 cm. Com base na Tabela 7 e na Figura 5 (A), pode-se observar uma tendência de aumento da porcentagem de alburno na direção base-topo em todos os extratos. Nota-se, na Figura 5 (B), uma tendência de decréscimo da porcentagem de cerne ao longo do fuste para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Comportamento similar foi observado por Oliveira (1997) para sete espécies de eucalipto. Ressalta-se aqui que, apesar de haver outros modelos com significância a 5% pelo teste F na regressão, optou-se por descrever o modelo linear por ser mais prático e representar satisfatoriamente os dados.

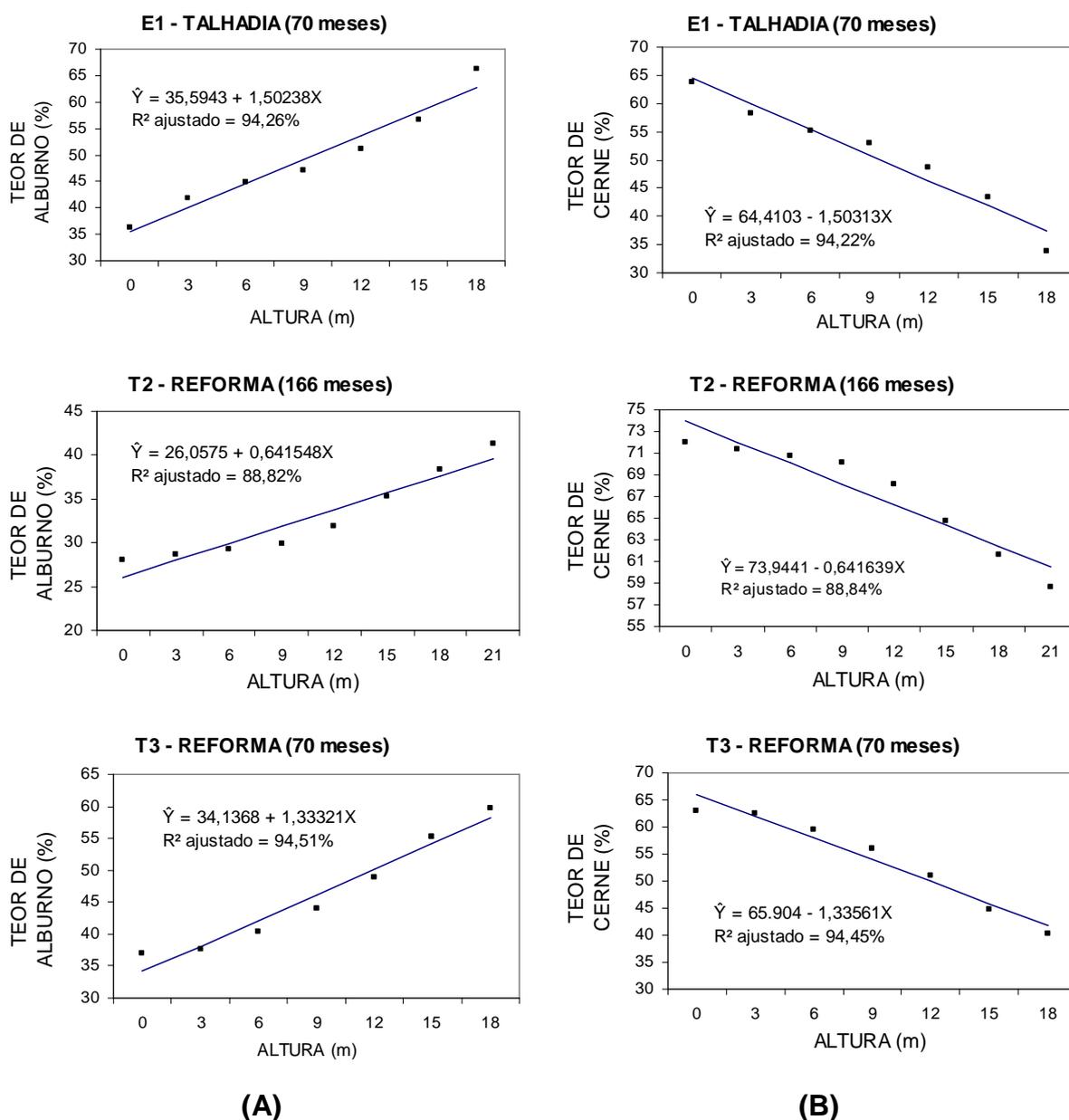


Figura 5 – Representação gráfica da percentagem média de alburno (A) e cerne (B) nos três extratos avaliados ao longo do tronco do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com as respectivas equações ajustadas.

Alzate (2004) encontrou valores médios para percentagem de alburno para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com oito anos de idade na ordem de 52,37%, superior ao encontrado neste trabalho, sendo 49,45%, 32,41% e 45,63 para os extratos E1, E2 e E3%, respectivamente.

É importante salientar que para utilização de madeira de qualidade, a quantificação do cerne e alburno é extremamente importante, uma vez que maiores proporções de cerne, por exemplo, dificultam o processo de extrato químico, devido às suas características anatômicas, sendo preferencial para a utilização em produtos serrados. Uma maior proporção de alburno é mais indicada, quando se pretende realizar o tratamento preservativo em madeira roliça. Por outro lado, em indústrias à base de madeira sólida para movelaria, por exemplo, torna-se mais interessante madeira com maiores proporções de cerne. Em espécies de rápido crescimento, a exemplo de espécies de eucalipto, Oliveira (1997) afirma que seu cerne é praticamente impermeável ao extrato químico com preservativos.

Na Figura 5, pode-se observar que em todos os extratos a proporção de cerne manteve a mesma tendência em reduzir com o aumento da altura.

Para uma melhor visualização do comportamento para as duas primeiras toras, foi confeccionada a Tabela 8 que apresenta os valores médios da porcentagem de cerne, alburno e da relação cerne-alburno para as árvores individuais em cada extrato estudado.

Tabela 8 – Valores de Alburno (%), Cerne (%) e relação Cerne-Alburno para as duas primeiras toras em cinco repetições nos três extratos para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

EXTRATOS	ÁRVORES / TORAS										MÉDIAS	
	1		2		3		4		5		1	2
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ALBURNO (%)												
E1 – TALHADIA (70 MESES)	35,20	42,59	37,45	43,95	35,60	38,66	35,21	39,50	37,65	43,94	(4,79) *	(2,50)
											36,22	41,73
											(12,41)	(5,98)
E2 – REFORMA (166 MESES)	28,81	29,12	27,94	28,37	31,84	32,49	26,79	27,26	24,78	25,78	(2,61)	(2,51)
											28,03	28,60
											(9,31)	(8,78)
E3 – REFORMA (70 MESES)	38,00	39,08	38,78	39,25	35,86	36,04	34,55	35,18	37,98	38,18	(1,76)	(1,84)
											37,03	37,55
											(4,76)	(4,90)
CERNE (%)												
E1 – TALHADIA (70 MESES)	64,80	57,41	62,55	56,00	64,40	61,35	64,80	60,50	62,35	56,06	(1,23)	(2,51)
											63,78	58,26
											(1,92)	(4,31)
E2 – REFORMA (166 MESES)	71,20	70,90	72,00	71,60	68,20	67,51	73,21	72,30	75,20	74,22	(2,59)	(2,46)
											71,96	71,40
											(3,60)	(3,45)
E3 – REFORMA (70 MESES)	62,00	60,92	61,22	60,75	64,14	63,95	65,45	64,80	62,02	61,82	(3,99)	(1,83)
											62,97	62,47
											(6,33)	(2,93)

Tabela 8 - Cont...

EXTRATOS	ÁRVORES / TORAS										MÉDIAS	
	1		2		3		4		5		1	2
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
	CERNE-ALBURNO											
E1 – TALHADIA (70 MESES)	2,25	1,35	2,24	1,28	2,02	1,59	2,42	1,53	2,52	1,28	(0,19)	(0,15)
											2,29	1,40
											(8,27)	(10,43)
E2 – REFORMA (166 MESES)	2,47	2,43	2,58	2,52	2,14	2,08	2,73	2,65	3,03	2,88	(0,33)	(0,30)
											2,59	2,51
											(12,70)	(11,75)
E3 – REFORMA (70 MESES)	1,61	1,56	1,58	1,55	1,79	1,77	1,89	1,84	1,63	1,62	(0,14)	(0,13)
											1,70	1,67
											(7,97)	(7,95)

* Valores entre parênteses superiores e inferiores ao valor médio (centro) são desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Observando a Tabela 8, nota-se que o extrato E1 apresentou os melhores resultados absolutos para a relação cerne-alburno, destacando-se a primeira tora, comparando-o com o extrato E3. Para o extrato E2, apesar da maior idade, o crescimento foi mais lento, contribuição esta devido provavelmente aos dois desbastes ocorridos tardiamente, fornecendo condições para uma maior proporção de cerne em relação ao alburno.

O terceiro extrato, com um maior espaçamento (6,0 x 2,5m), apresentou uma maior porcentagem de alburno para a primeira tora, provavelmente em função do desbaste realizado na época certa (3,5 anos) com as árvores obtendo um crescimento satisfatório em diâmetro. No entanto, a relação cerne-alburno apresentou-se pouco superior no extrato E1 com a mesma idade e desbaste realizado precocemente (2,5 anos). Salienta-se que em função do sistema de talhadia simples, o sistema radicular já estava formado, o que pode ter contribuído para o rápido crescimento das árvores e formação do lenho.

Sella (2001) citado por Silva (2002) afirma que em ciclos de corte mais prolongados há um incremento em diâmetro nas toras, e, conseqüentemente, mais rendimento em madeira de qualidade superior, haja vista a maior porcentagem de cerne. O presente estudo comprovou que na idade de 166 meses (E2 – condição de reforma) há uma maior proporção de cerne, sendo que a primeira tora apresentou valores bem próximos à segunda tora, à exceção no extrato E1 cultivado na condição de talhadia simples, onde os valores foram superiores.

Yang & Hazenberg (1992), analisando o impacto do espaçamento na espessura do cerne e do alburno nas espécies *Picea mariana* e *P. glauca* com 38 anos de idade, no nordeste do Canadá, afirmam que o espaçamento é um fator importante, com um grande impacto nos diâmetros de cerne e espessura de alburno. Relatam também que a espessura de alburno é menor em espaçamentos menores (1,8 x 1,8 m).

3.5 Correlações de Pearson

Na Tabela 9, encontram-se os resultados dos Coeficientes de Pearson, provenientes da correlação linear entre algumas propriedades físicas, mecânicas e

das características dendrométricas avaliadas para o híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Tabela 9 – Coeficientes de correlação de Pearson, obtidos com base na média das características avaliadas para o híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

	DB	DA	CR	CT	CV	FA	MOE	MOR	CP	IC	EA	CO	FF	RCA	PCAS	HT	HC	HPGV	DRL	
DB																				
DA	0,99 **																			
CR	0,92 **	0,94 **																		
CT	0,80 **	0,81 **	0,91 **																	
CV	0,93 **	0,94 **	0,96 **	0,88 **																
FA	-0,83 **	-0,86 **	-0,91 **	-0,69 **	-0,85 **															
MOE	0,78 **	0,79 **	0,88 **	0,91 **	0,85 **	-0,65 **														
MOR	0,72 **	0,72 **	0,82 **	0,90 **	0,77 **	-0,56 *	0,97 **													
CA	0,87 **	0,88 **	0,95 **	0,95 **	0,92 **	0,77 **	0,94 **	0,90 **												
IC	0,60 **	0,60 **	0,65 **	0,90 **	0,67 **	-0,62 **	0,53 *	0,47 *	0,54 *											
EA	-0,84 **	-0,83 **	-0,86 **	-0,85 **	-0,88 **	0,63 **	-0,88 **	-0,85 **	-0,88 **	-0,66 **										
CO	-0,75 **	-0,76 **	-0,87 **	-0,76 **	-0,83 **	0,87 **	-0,78 **	-0,69 **	-0,77 **	-0,53 *	0,65 **									
FF	0,30 ns ¹	0,32 ns	0,47 *	0,61 **	0,42 ns	-0,30 ns	0,66 **	0,72 **	0,59 **	0,22 ns	-0,44 *	-0,44 *								
RCA	0,86 **	0,86 **	0,90 **	0,89 **	0,91 **	-0,68 **	0,89 **	0,86 **	0,91 **	0,65 **	-0,99 **	-0,70 **	0,46 *							
PCAS	-0,47 *	-0,47 *	-0,34 ns	-0,46 *	-0,45 *	0,24 ns	-0,37 ns	-0,36 ns	-0,37 ns	-0,06 ns	0,31 ns	0,39 ns	-0,06 ns	-0,35 ns						
HT	0,87 **	0,89 **	0,94 **	0,82 **	0,92 **	-0,90 **	0,79 **	0,71 **	0,86 **	0,57 *	-0,80 **	-0,90 **	0,35 ns	0,85 **	-0,42 ns					
HC	0,82 **	0,85 **	0,93 **	0,81 **	0,88 **	0,91 **	0,77 **	0,68 **	0,84 **	0,55 *	-0,73 **	-0,90 **	0,30 ns	0,78 **	-0,43 ns	0,96 **				
HPGV	-0,23 ns	-0,25 ns	-0,25 ns	-0,39 ns	-0,36 ns	-0,10 ns	-0,52 *	-0,56 *	-0,42 ns	0,01 ns	0,47 *	0,10 ns	-0,53 *	-0,45 *	0,27 ns	-0,24 ns	-0,58 ns			
DRL	0,32 ns	0,33 ns	0,38 ns	0,56 *	0,39 ns	-0,17 ns	0,44 *	0,50 *	0,41 ns	0,32 ns	-0,44 *	-0,35 ns	0,42 ns	0,44 *	-0,39 ns	0,30 ns	0,28 ns	-0,17 ns		

¹ ns – não significativo; ** significativo a 1%; e * significativo a 5%.

A densidade básica apresentou uma forte correlação negativa com o fator anisotrópico (-0,83), a espessura de alburno (-0,84) e a conicidade (-0,75). Por consequência, forte correlação positiva com as contrações nas direções tangencial (0,80) e radial (0,92), bem como a volumétrica (0,93).

Adorno e Garcia (2003) não encontraram correlação significativa entre a densidade básica e a conicidade em árvores de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, ambos com oito anos de idade e plantados no espaçamento 2,0 x 3,0 m. No presente trabalho, em função da boa correlação da conicidade com as demais variáveis estudadas, pode-se inferir que a mesma apresenta um potencial satisfatório no processo de seleção genética.

Clair et al. (2003) não encontraram correlação significativa entre a densidade básica e a DRL para a espécie *Castanea sativa*, encontrando uma correlação inferior (0,11) ao deste estudo (0,32). Lima et al. (2004), estudando a DRL associada à outras propriedades da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, afirmam que não houve correlação significativa entre a DRL e a densidade básica, a contração volumétrica, a compressão paralela às fibras, o MOE e o MOR para nenhum dos clones avaliados.

Oliveira (1997), estudando a correlação entre a retratibilidade volumétrica total e a densidade básica em sete espécies de eucalipto com 16 anos de idade, encontrou uma correlação significativa a 1% de probabilidade entre a contração volumétrica e a densidade básica (0,77) para a espécie *Eucalyptus grandis*, não encontrando correlação para a espécie *E. urophylla*.

Panshin & De Zeeuw (1964) relatam a existência de uma forte correlação existente entre a densidade e as propriedades de resistência da madeira. Neste estudo, as propriedades mecânicas (MOR e MOE) apresentaram fortes correlações positivas com todas as propriedades físicas avaliadas (Tabela 3), sendo negativas e significativas com o fator anisotrópico (-0,65 e -0,56, respectivamente). Adorno e Garcia (2003) não encontraram correlação significativa entre a compressão paralela às fibras com o módulo de elasticidade para a espécie *Eucalyptus grandis*. No entanto, para a espécie *E. urophylla* os autores encontraram uma correlação positiva de 0,35, significativo a apenas 0,01%. No presente estudo, a compressão paralela às fibras apresentou, como esperado, uma forte correlação significativa com o MOE (0,77).

Lima (1996) citado por Oliveira (1997), estudando as correlações entre contrações e densidade, para a madeira de *Eucalyptus pilularis* e *E. microcorys*, de 21 anos de idade encontrou um coeficiente de correlação de -0,36 e 0,84, respectivamente, entre a contração volumétrica total e a densidade básica, a um nível de probabilidade de 5%. Para a madeira do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* do presente estudo, esta mesma correlação foi significativa ao nível de significância de 1%, apresentando um coeficiente de correlação igual a 0,93.

Cruz et al. (2003), avaliando a variação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de sete clones de *Eucalyptus* com idades de 5,5 e 10,5 anos em diferentes espaçamentos, encontraram fortes correlações entre o MOR, o MOE e a densidade básica, com destaque para a segunda tora. Foram avaliados clones das espécies *Eucalyptus urophylla* e *E. camaldulensis*, em que se destacou um clone da espécie *E. urophylla*, por apresentar o menor coeficiente de anisotropia (razão entre as contrações tangenciais e radiais) cultivado no espaçamento 10,0 x 4,0 m, com diâmetro de 26,5 cm e idade de 5,5 anos.

A Tabela 10 apresenta o coeficiente de Pearson para algumas propriedades físicas e variáveis dendrométricas estudadas em função das alturas em seções de três metros para o híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Tabela 10 – Coeficientes de Correlação de Pearson ($p < 0,01$) entre a altura e algumas propriedades físicas e dendrométricas das árvores do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

DB	DAN	CR	CT	CV	FA	IC	EA	CO	RCA
0,63	0,49	ns ¹	ns	ns	-0,85	ns	ns	-0,51	ns

¹ não significativo.

Na Tabela 10, pode-se observar que a densidade tende a um aumento no sentido longitudinal das árvores, seguida de um aumento negativo para o coeficiente de anisotropia e conicidade. Não foram encontradas correlações significativas para a altura em função das contrações lineares e volumétricas, assim como para a circularidade, espessura de alburno e relação cerne-alburno.

A Tabela 11 mostra o coeficiente de Pearson para algumas propriedades físicas e mecânicas em função da posição radial nas toras para o híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Tabela 11 – Coeficientes de Correlação de Pearson ($p < 0,01$) entre algumas propriedades físicas e mecânicas e a posição radial do tronco para as duas primeiras toras de três metros das árvores do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

	Propriedades Físicas					Propriedades Mecânicas		
	DB	CR	CT	CV	FA	MOR	MOE	CP
Tora 1	0,46	0,30	0,22	0,32	0,16	0,47	0,45	0,44
Tora 2	0,39	0,27	ns ¹	0,20	ns	0,45	0,37	0,23

¹ não significativo.

A densidade básica apresentou-se superior na primeira tora, com uma tendência de aumento linear no sentido medula-casca, sendo altamente significativa (Tabela 11).

Através da Tabela 11, nota-se que a contração radial apresenta uma melhor correlação em relação à tangencial para a primeira tora no sentido medula-casca, positiva e significativa e com tendência de aumento. A segunda tora não apresentou o mesmo comportamento. Com relação a contração volumétrica, existe uma tendência em haver um aumento na direção medula-casca para as toras, destacando-se a tora um. Oliveira (1997), estudando as correlações entre a retratibilidade volumétrica na posição radial em sete espécies de eucalipto, encontrou correlações significativas e positivas com tendência de aumento na direção radial para as espécies *Eucalyptus cloeziana* (0,75), *E. urophylla* (0,28), *E. grandis* (0,65) e *Corymbia citriodora* (0,39), valores superiores ao encontrado para este estudo, à exceção entre a primeira tora e a espécie *E. urophylla*.

O comportamento do coeficiente de anisotropia para a madeira do híbrido clonal deste estudo apresentou tendência de aumento na direção medula-casca. Apesar de altamente significativo, Oliveira (1997) chama atenção para o fato do gênero *Eucalyptus* apresentar um grande número de espécies e o comportamento

da madeira ser muito variável entre as mesmas e mesmo dentro da mesma árvore. O mesmo autor encontrou correlações significativas e negativas a 1% de probabilidade para cinco de sete espécies de eucalipto estudadas, contrastando com a presente pesquisa.

As propriedades mecânicas avaliadas apresentaram uma tendência de aumento na direção medula-casca, com melhores coeficientes de correlação na primeira tora, indicando que as melhores propriedades de resistência à flexão estática e à resistência à compressão estejam nas posições mais afastadas da medula, conseqüentemente na região de madeira mais adulta. Deve-se atentar para o fato de que, durante o desdobro das peças, o descarte das costaneiras deve ser minimizado, isto é, melhor aproveitado.

Em função das contrações radiais apresentarem-se maior e com tendência de aumento na direção medula-casca, sugere-se que o desdobro, principalmente para primeira tora, seja realizado de forma radial, o que poderia minimizar possíveis defeitos, como rachaduras e empenamentos, tendo em vista o processo de secagem ser realizado mais facilmente.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, nas considerações expostas a respeito da madeira do híbrido clonal *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* cultivada no Sul do Estado da Bahia e nas condições em que foi realizado o experimento, são apresentadas as seguintes conclusões:

- os diferentes sistemas de manejo aplicados aos três extratos permitiram que o desenvolvimento em diâmetro das árvores fosse similar, contribuindo para a formação de cerne e alburno muito próximo entre os extratos;

- o extrato E1 destacou-se com a maior média absoluta em espessura de alburno. Em contrapartida, o extrato E2 apresentou os maiores valores médios em volume de cerne para as árvores proporcionado provavelmente pelos dois desbastes tardios e pela maior idade;

- entre as árvores de mesma idade, cultivadas em sistemas de plantio e manejo diferenciados (E1 e E3), destacaram-se as primeiras toras para a proporção cerne-alburno, sendo encontrado no primeiro extrato os maiores valores absolutos;

- as árvores para todos os extratos apresentam uma forma tendendo à cônica ao longo do fuste;
- as primeiras toras (tora um) de todos os extratos estudados apresentaram-se cônicas, as demais toras apresentaram um comportamento cilíndrico, indicando um bom rendimento para serraria a partir da segunda tora;
- as propriedades de resistência mecânica (MOE e MOR) e resistência à compressão paralela às fibras apresentaram uma forte correlação com a densidade básica e as contrações lineares e volumétricas;
- todas as propriedades físicas avaliadas apresentaram correlações altamente significativas com as propriedades mecânicas, com exceção do fator anisotrópico, que apresentou uma correlação negativa com as propriedades de resistência à flexão;
- entre as duas primeiras toras avaliadas, a segunda tora não apresentou correlação significativa para o fator anisotrópico na direção radial, indicando uma melhor estabilidade dimensional, que mediante processo de desdobro e secagem corretos, poderá proporcionar peças de melhor qualidade;
- não foram encontradas correlações significativas entre as contrações radial e tangencial e volumétrica longitudinalmente na árvore, mas sim, radialmente, mostrando a importância de se conhecer as variações dessas propriedades no sentido medula-casca da madeira, a fim de formar lotes mais homogêneos;
- a Deformação Residual Longitudinal não apresentou correlações significativas para a maioria dos parâmetros avaliados. Esperava-se melhores correlações, principalmente entre a conicidade e o fator de forma, por estarem diretamente ligados à liberação de tensões durante o desdobro.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADORNO, M. F. C.; GARCIA, J. N. Correlações lineares entre as principais características tecnológicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba (SP), n. 63, p. 44-53, 2003.

ALZATE, S. B. A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis* x *urophylla***. 2004. 133p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Ensaio físicos e mecânicos da madeira**. MB-26/40. Rio de Janeiro: 1940. 16p.

BERGER, R. B. et al. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Revista Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

CLAIR, B.; RUELLE, J. THIBAUT, B. Relationship between growth stresses, mechano-physical properties and proportion of fibre with gelatinous layer in Chestnut (*Castanea sativa* Mill.). **Holzforchung**, (57): 189-195, 2003.

COMBES, J. G.; BOUVET, J. M.; BAILLERES, H. Analyses growth, morphological and wood properties traits in ortet populations of *Eucalyptus* in the Congo. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. **Anais**. Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 1997. v. 3, p. 37-42.

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), 64: 33-37, 2003.

FINGER, C. A. G. et al. Efeito da intensidade de desrama sobre o crescimento e a produção de *Eucalyptus saligna* Smith. **Revista Cerne**, Lavras (MG), v.7, n.2, p.53-64, 2001.

GOMINHO, J.; PEREIRA, H. Variability of heartwood content in plantation-grown *Eucalyptus globulus* LABILL. **Wood and Fiber Science**, v. 32, n.2, p. 189-195, 2000.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology Management**: (193): 45-61, 2004.

LATORRACA, J. V.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica (RJ), v. 07, n. 01, p. 279-291, 2000.

LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; DIAS, A. N. Desbastes e seus efeitos sobre a produção e qualidade de povoamentos florestais. In: SEMINÁRIO SOBRE SILVICULTURA EM FLORESTAS PLANTADAS, 1: 2004, Vitória. **Anais...** Vitória: Sociedade de Investigações Florestais/SIF: Viçosa, p. 165-195, 2004.

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

LOBÃO, M. S. et al. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997.

OLIVEIRA, J. T. S. **Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da Pindaíba (*Xylopia sericea* St. Hill.)**. 1988. 106p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1- Avaliações dendrométricas das árvores. **Revista Scientia Forestalis**, n. 56, p. 113-124, 1996.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. New York: McGraw Hill, Vol. I, Second edition, 643p., 1964.

PAULA NETO, F. et al. Variação da percentagem de casca ao longo do tronco e entre árvores de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 16, n. 3, p. 309-318. 1992.

PINHEIRO, A. L. Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia da madeira. **SIF**, Viçosa, MG, 144 p., 1999.

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

SCHÖNAU, A. P. G.; COETZEE, J. Initial spacing, stand density and thinning in eucalypt plantations. **Forest Ecology Management**, (29): 245-266, 1989.

SCOLFORO, J. R.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Mensuração Florestal. Módulo 2: Volumetria**. Lavras. ESAL/FAEPE. 126 p. 1993.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 160p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2002

VALE, A. T.; MARTINS, I. S.; ARAÚJO, W. O. Estudo da densidade básica de três espécies do cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 16, n. 2, p. 209-217, 1992.

VALE, R. S. et al. 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.

VEIGA, R. A. A.; CARVALHO, C. M.; BRASIL, M. A. M. Determinação de equações de volume para árvores de *Acacia mangium* Willd. **CERNE**, v. 6, n.1, p.103-107, 2000.

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

WILKINS A. P.; HORNE, R. Wood-density variation of young plantation-grown *Eucalyptus grandis* in response to silvicultural treatments. **Forest Ecology Management**, (40): 39-50, 1991.

YANG, K. C.; HAZEMBERG, G. Impact of spacings on sapwood and heartwood thickness in *Picea mariana* (MILL.) B.S.P. and *Picea galuca* (MOENCH.) VOSS. **Wood and Fiber Science**: v. 24, n. 3 p. 330-336, 1992.

ZOBEL, B. Silvicultural effects on wood properties. **IPEF International**, Piracicaba, (2): p. 31-38, 1992.

CONCLUSÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, nas considerações expostas e nas condições em que foram realizados os experimentos, são apresentadas as seguintes conclusões:

- a utilização do pilodyn não apresentou resultados satisfatórios, quando correlacionado com a densidade da madeira das árvores agrupadas, independente da forma de manejo;
- a amostragem realizada foi insuficiente para afirmação da eficiência do aparelho. Havendo assim, a necessidade de estudos adicionais;
- o resistógrafo permitiu apenas uma análise descritiva da qualidade da madeira, não sendo possível realizar uma correlação da amplitude gerada pelo aparelho com a densidade do lenho das árvores;
- o resistógrafo foi uma ferramenta útil na determinação da transição de madeira juvenil-adulta em *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*;
- o extensômetro é um aparelho de fácil manuseio, permitindo leituras rápidas e com boa confiabilidade na medição de tensões de crescimento;
- a deformação residual longitudinal (DRL) do lenho nos extratos estudados, apresentou valores muito próximos entre si, indicando pouca variabilidade entre os mesmos;
- os valores elevados para o coeficiente de variação encontrados para as posições cardinais em todos os extratos avaliados indicam haver um comportamento muito heterogêneo entre as árvores estudadas, o que pode favorecer estudos futuros na seleção genética de indivíduos menos susceptíveis à problemas tecnológicos, como rachamento e empenamentos;

- todos os extratos, com exceção do terceiro, apresentaram uma tendência linear crescente para a densidade básica ao longo do tronco e na direção radial;

- o desbaste precoce, sistemático e seletivo único proporcionado ao híbrido no extrato E1 promoveu um crescimento menos competitivo das árvores, proporcionando assim um ritmo relativamente rápido de crescimento, mas constante, tendendo a formar madeira mais uniforme, sem as variações de interrupções ao longo de seu desenvolvimento;

- entre as toras, os maiores valores absolutos para a densidade básica da madeira foram encontrados na segunda tora - a partir dos três metros, com exceção do terceiro extrato;

- o fator anisotrópico foi consideravelmente maior no segundo extrato. O extrato E1 apresentou uma melhor homogeneidade entre as amostras, demonstrado pelos menores coeficientes de variação, indicando que as duas primeiras toras possuem melhor estabilidade dimensional;

- as madeiras produzidas pelos extratos E1 e E3 possuem menos propensão a rachaduras e empenos. A sua maior estabilidade deve-se ao baixo coeficiente de anisotropia e aos menores valores das contrações;

- a segunda tora apresentou os maiores valores absolutos em todos os extratos avaliados para todas as propriedades mecânicas, indicando melhores propriedades mecânicas;

- os extratos E1 e E3 apresentaram comportamento parecido entre as toras para todas as propriedades avaliadas;

- o espaçamento e os desbastes, aparentemente, não influenciaram nas propriedades de flexão estática (MOR e MOE) nos extratos de mesma idade (E1 e E3), apesar do extrato E3 apresentar valores absolutos pouco superiores e com uma maior variabilidade nas amostras;

- as propriedades que permitiram ajuste de equação aos dados observados apresentaram um bom coeficiente de correlação, indicando a boa confiabilidade na estimativa das propriedades avaliadas;

- os diferentes sistemas de manejo aplicados aos três extratos permitiram que o desenvolvimento em diâmetro das árvores fosse similar, contribuindo para a formação de cerne e alburno muito próximo entre os extratos;

- o extrato E1 destacou-se com a maior média absoluta em espessura de alburno, em contrapartida, o extrato E2, proporcionou os maiores valores médios em

volume de cerne para as árvores, proporcionado provavelmente pelos dois desbastes tardios e pela maior idade;

- entre as árvores de mesma idade, cultivadas em sistemas de plantio e manejo diferenciados (E1 e E3), destacaram-se as primeiras toras para a proporção cerne-alburno, sendo encontrado no primeiro extrato os maiores valores absolutos;

- as árvores para todos os extratos apresentam uma forma tendendo à cônica ao longo do fuste;

- as primeiras toras (tora um) de todos os extratos estudados apresentaram-se cônicas, as demais toras apresentaram um comportamento cilíndrico, indicando um bom rendimento para serraria a partir da segunda tora;

- as propriedades de resistência mecânica (MOE e MOR) e resistência à compressão paralela às fibras apresentaram uma forte correlação com a densidade básica e as contrações lineares e volumétricas;

- todas as propriedades físicas avaliadas apresentaram correlações altamente significativas com as propriedades mecânicas, com exceção do fator anisotrópico, que apresentou uma correlação negativa com as propriedades de resistência à flexão;

- entre as duas primeiras toras avaliadas, a segunda tora não apresentou correlação significativa para o fator anisotrópico na direção radial, indicando uma melhor estabilidade dimensional, que mediante processo de desdobro e secagem corretos, poderá proporcionar peças de melhor qualidade;

- não foram encontradas correlações significativas entre as contrações radial e tangencial e volumétrica longitudinalmente na árvore, mas sim, radialmente, mostrando a importância de se conhecer as variações dessas propriedades no sentido medula-casca da madeira, a fim de formar lotes mais homogêneos;

- a Deformação Residual Longitudinal não apresentou correlações significativas para a maioria dos parâmetros avaliados. Esperava-se melhores correlações, principalmente entre a conicidade e o fator de forma, por estarem diretamente ligados à liberação de tensões durante o desdobro.

- para finalizar, podemos concluir que o extrato E2 apesar de produzir madeira com propriedades físicas e mecânicas superiores aos demais extratos, em termos absolutos, seu crescimento foi muito lento. Isto se deveu, provavelmente, aos desbastes realizados tardiamente, aos 10 e 13 anos aproximadamente, e corte aos 14 anos, o que torna os demais extratos mais competitivos economicamente.