



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

FREDERICO JOSÉ NISTAL FRANÇA

**PROPRIEDADES DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA A PRODUÇÃO DE
MADEIRA SERRADA**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES
FEVEREIRO – 2014

FREDERICO JOSÉ NISTAL FRANÇA

**PROPRIEDADES DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA A PRODUÇÃO DE
MADEIRA SERRADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na área de concentração Ciências Florestais.
Orientadora: Profa. Dra. Graziela Baptista Vidaurre
Coorientadores: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira e Dr. Leif Nutto

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

FEVEREIRO – 2014

**PROPRIEDADES DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA A PRODUÇÃO DE
MADEIRA SERRADA**

FREDERICO JOSÉ NISTAL FRANÇA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na área de Tecnologia de Produtos Florestais.

Aprovada em 20 de fevereiro de 2014.

Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira
Coorientador
UFES

Dr. Leif Nutto
Coorientador

Prof. Dr. Djeison Cesar Batista
Membro interno
UFES

Dr. Aurélio Mendes Aguiar
Membro externo
FIBRIA S/A

Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre
Orientadora
UFES

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre ao meu lado, permitindo os recursos necessários para conclusão de mais esta etapa em minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de realização deste trabalho. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus pais, Fátima e Hebert, irmão Bernardo, padrasto Jarbas, pelo amor incondicional, que acima de tudo me deu forças para chegar ao final deste trabalho. À minha mulher, Tâmara, pelo amor, carinho, apoio, companhia e ajuda em todos os momentos vividos juntos até aqui.

Aos professores Graziela Baptista Vidaurre, José Tarcísio da Silva Oliveira e Leif Nutto, pelos conselhos, amizade e orientação. Aos professores Djeison Cesar Batista, Fabricio Gomes Gonçalves, Pedro de Alcântara Gutemberg Segundinho e Juarez Benigno Paes, pelo carinho e conhecimento oferecido.

Às empresas Fibria S.A. e Bahia Produtos de Madeira - BPM, pela doação de materiais utilizados neste estudo. Ao engenheiro florestal e pesquisador Jupiter Israel Muro Abad e ao técnico de pesquisa Jailson Antônio Ciarelli Simões pela auxílio no desenvolvimento da pesquisa e à equipe da Bahia Produtos de Madeira, Nicholas Peter Rogers, Charles Gonsalves Costa, e Joel Soares de Oliveira Neto pelo apoio técnico e logístico.

Aos pesquisadores e amigos do Forest Product Laboratory, Xiping Wang, Robert J. Ross, James Wacker, Rachel Arango, Bessie Woodward, Pamela Byrd, Alex Wiedenhoeft, Sara Fishwild, Marshall Begel, Michael Weimann, pelo interesse e incentivo à tecnologia de produtos florestais.

Aos amigos da graduação Henrique de Almeida Vaccari, Danilo Danésio (Aspira) e Abraão pela ajuda na realização de coleta de dados e realização de ensaios. Aos funcionários Elecy Palacio e Gilberto Alves e José Geraldo pela ajuda em fases deste trabalho. A todos meus amigos que ajudaram diretamente ou indiretamente na execução deste trabalho.

BIOGRAFIA

FREDERICO JOSÉ NISTAL FRANÇA, filho de Hebert e Fátima, nasceu na cidade de Vitória, estado do Espírito Santo, em 20 de julho de 1979.

Possui graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo – CEFETES, atual Instituto Federal do Espírito Santo – IFES.

Foi funcionário público nas secretarias de saúde nos municípios de Vitória e Serra, atuando em controle de endemias, vigilância epidemiológica e vigilância sanitária. Também atuou na gestão pública como chefe de divisão de educação sanitária na secretaria de serviços no município da Serra, ES.

Foi instrutor de língua inglesa no centro de idiomas Wisdom e professor das disciplinas Efluentes Industriais e Abastecimento de Águas do curso Técnico em Meio Ambiente do Centro Universo de Educação, situado em Vitória, ES.

Ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo em 2007, graduando-se Engenheiro Industrial Madeireiro em fevereiro de 2011. Em março de 2012, iniciou o curso de Mestrado em Ciências Florestais, na mesma universidade.

Realizou estágio técnico científico no Forest Products Laboratory, localizado em Madison, EUA, com duração de cinco meses, adquirindo conhecimento em técnicas não destrutivas de avaliação de madeiras. Após retorno ao Brasil, finalizou sua pesquisa, concluindo o mestrado em fevereiro de 2014.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 OBJETIVO GERAL	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
 ARTIGO I – RELAÇÃO ENTRE ALGUMAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E AS TENSÕES DE CRESCIMENTO EM CLONES DE <i>EUCALYPTUS GRANDIS X EUCALYPTUS UROPHYLLA</i>	
RESUMO	4
ABSTRACT	5
1 INTRODUÇÃO	6
2 MATERIAL E MÉTODOS	8
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
4 CONCLUSÃO	16
5 AGRADECIMENTOS	17
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
 ARTIGO II – ÍNDICE DE RACHADURAS, TIPO DE GRÃ E PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE EUCALIPTO	
RESUMO	20
ABSTRACT	21
1 INTRODUÇÃO	22
2 MATERIAL E MÉTODOS	23
2.1 INFORMAÇÕES DO PLANTIO E AMOSTRAGEM	23
2.2 DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL	24
2.3 RACHADURAS DE TOPO DE TORAS	25
2.4 RACHADURAS DE TOPO DE TÁBUAS	26
2.5 GRÃ INTERCRUZADA	26
2.6 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA	28
2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	28
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
3.1 RACHADURAS DE TOPO DE TORAS	29
3.2 RACHADURAS DE TOPO DE TÁBUAS	32
3.3 GRÃ INTERCRUZADA	35
3.4 PROPRIEDADES FÍSICAS	39
3.5 PROPRIEDADES MECÂNICAS	42
4 CONCLUSÃO	47
5 AGRADECIMENTOS	47
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
 2 CONCLUSÃO GERAL	 53

RESUMO GERAL

FRANÇA, Frederico José Nistal. **Propriedades da madeira de eucalipto para a produção de madeira serrada**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro ES. Orientadora: Dra. Graziela Baptista Vidaurre. Coorientadores: Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira e Dr. Leif Nutto.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar as características das árvores e das propriedades da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 13 anos de idade, buscando auxiliar na seleção de material genético para produção de madeira serrada. Foram avaliados: tamanho da copa, diâmetro à altura do peito (DAP) e tensões de crescimento por meio das deformações residuais longitudinais (DRL) nas direções norte e sul dos fustes das árvores de 20 diferentes clones. Houve diferença significativa entre clones pelo teste de *Scott-Knott* ($p = 0,05$) nos três parâmetros analisados. Ocorreram variações da DRL entre as direções Norte e Sul, sendo mais acentuada na posição norte. A DRL não apresentou correlação significativa ($p=0,3885$) com o DAP. Foram escolhidos sete clones que apresentaram as melhores características (maior DAP e menor DRL), sendo analisado o índice de rachaduras de topo de toras e de extremidade de tábuas verdes e secas ao ar. Foi analisado o grau de intercruzamento da grã pelos métodos de maior desvio angular (MAD) e índice de grã intercruzada (IGI). Fora também analisados propriedades físicas (densidade básica e retratibilidade) e propriedades mecânicas (compressão paralela às fibras, flexão estática e dureza Janka). As rachaduras de topo de toras e de tábuas apresentaram baixa correlação com a DRL. Houve maior correlação entre os índice de grã intercruzada com os índices de rachaduras, levando a perceber que o entrelaçamento da grã reduz os índices de rachaduras.

Palavras-chave: Propriedades tecnológicas. Produtos sólidos. *Eucalyptus*.

GENERAL ABSTRACT

FRANÇA, Frederico José Nistal. **Eucalyptus wood properties for lumber production**. 2014. Dissertation (Master Degree in Forest Science) – Federal University of Espírito Santo State, Jerônimo Monteiro ES. Adviser: Dra. Graziela Baptista Vidaurre. Co-advisers: Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira and Dr. Leif Nutto

The present work aimed to describe the characteristics of trees and wood properties of clones of the 13-year-old *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* hybrid, seeking for selection of genetic material for production of lumber. Crown size, diameter at breast height (DBH) and longitudinal growth strain (LGS) in the North and South position of the stems of 20 different clones of the hybrid trees were evaluated. There were significant differences between clones by Scott-Knott test ($p = 0.05$) in the three parameters. LGS variation occurred between the North and South directions, more pronounced in the northern position. The LGS showed no significant correlation ($p=0.3885$) with the DBH. Seven clones were selected showing better characteristics (DBH and reduced LGS). The rate of logs end splits and cracks in green and air dried boards was analyzed. Interlocked grain was evaluated by maximum angle deviation (MAD) and interlocked grain index (IGI) methods. Physical properties (specific gravity and shrinkage) and mechanical properties (compression parallel to grain, static bending and Janka hardness) were analyzed. The results showed that end Split of logs and cracks on boards showed low correlation with LGS. There was a high correlation between the interlocked grain index with splits and cracks, leading to realize that the interlocked grain reduces those type of defects.

Key words: Technological properties. Solid products. *Eucalyptus*.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Árvores do gênero *Eucalyptus* tem sido muito plantadas no Brasil e no mundo em resposta às necessidades do aumento da população mundial, por pressões ambientais quanto ao uso de florestas nativas e pelo rápido crescimento e produtividade de suas plantações, além da ampla gama de usos de seus produtos florestais.

A seleção de clones com características desejáveis é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento de eucalipto no Brasil, em que se buscam materiais genéticos com melhor crescimento em diâmetro e altura, e também estáveis e adaptados a um ou mais ambientes.

O melhoramento genético da madeira de eucalipto no Brasil teve como objetivo critérios de produtividade de árvores por hectare para a produção de polpa de celulose, e as propriedades tecnológicas e qualitativas da madeira produzida tem sido pouco consideradas em programas de seleção genética.

Nos últimos tempos está ocorrendo um aumento no interesse por produtos de maior valor agregado de florestas de eucalipto, por causa da disponibilidade de matéria prima, oscilações no preço da celulose no mercado, facilidade na adequação à legislação ambiental, curtos ciclos de rotação, aumento das tecnologias de processamento e a possibilidade do eucalipto substituir a madeira tropical.

Um dos fatores que limita o uso de toras jovens de eucalipto para produção de madeira serrada são as significantes tensões de crescimento existentes no lenho, o que aumenta a propensão a rachaduras e a empenamentos e diminui a aceitação e prejudica a utilização da madeira serrada. Torna-se necessário utilizar toras de exemplares selecionados de plantios clonais e que tenham baixo índice de rachaduras, e desenvolver estudos para a determinação das componentes herdáveis relacionadas com o desenvolvimento de rachaduras durante o processamento da madeira.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho foi avaliar a relação entre algumas variáveis dendrométricas com as tensões de crescimento da madeira, bem como avaliar a relação da grã e rachaduras com as tensões de crescimento e propriedades da madeira em clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* buscando auxiliar na seleção de material genético para produção de madeira serrada.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a relação entre as variáveis dendrométricas (tamanho da copa, diâmetro à altura do peito e espessura de casca) e as tensões de crescimento da madeira.
- Estimar a influência das tensões de crescimento nas rachaduras de topo de toras e de tábuas.
- Determinar a evolução das rachaduras de topo de toras ao longo de sete dias de avaliação.
- Relacionar as rachaduras de topo e rachaduras em extremidade de tábuas;
- Comparar as metodologias de avaliação de grã intercruzada da madeira;
- Analisar a influência da grã intercruzada no desenvolvimento de rachaduras de topo de toras e tábuas.
- Relacionar a grã da madeira e as propriedades físicas e mecânicas da madeira.
- Correlacionar as variáveis estudadas visando um melhor entendimento da madeira produzida.

ARTIGO I

Relação entre algumas variáveis dendrométricas e as tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

RESUMO

O objetivo do trabalho foi mensurar as deformações residuais longitudinais (DRL) decorrentes das tensões de crescimento em árvores de 20 clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com 13 anos de idade. Foram medidas o tamanho da copa, o diâmetro à altura do peito (DAP) e a espessura da casca. As medições das DRL nas posições norte e sul do fuste foram realizadas de acordo com o método do CIRAD-Forêt. Houve diferença significativa entre clones para DAP, DRL e espessura de casca. Não houve correlação significativa entre DAP e DRL. A correlação foi significativa entre DAP e tamanho da copa, podendo-se afirmar que o tamanho da copa afeta o crescimento diamétrico das árvores. DAP e espessura de casca também se correlacionaram significativamente, em que árvores de maiores diâmetros possuem cascas mais espessas. Foi possível selecionar clones com melhor potencial para produção de madeira serrada, isto é, elevados DAP com reduzidas DRL.

Palavras-chave: diâmetro à altura do peito, tamanho da copa, deformação residual longitudinal, espessura de casca.

Relationship between dendrometric properties and longitudinal growth strain in

***Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* clones**

ABSTRACT

This study aims to evaluate growth stress measuring the longitudinal growth strain (LGS) of randomly selected trees from different clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* hybrid. Twenty 13-year-old clones, from Alcobaça, Bahia state, Brazil. Visual analysis of the crown size, diameter at breast height (DBH) and bark thickness were measured. LGS in the North and South positions the stem were made with the aid of the extensometer, called Growth Strain Gauge method, by CIRAD-Forêt. Significant differences were found between clones for DBH, LGS and bark thickness. There was no significant correlation between DBH and LGS. The correlation was significant between DBH and crown size. It can be stated that the size of the crown affects the diameter of the trunk of trees. The correlation was also significant between DBH and bark thickness, larger DBH trees have thicker bark. It was possible to select clones with better potential for lumber production, i.e. higher DBH with reduced LGS.

Keywords: diameter at breast height, crown size, longitudinal growth strain, bark thickness.

INTRODUÇÃO

A madeira de eucalipto produzida no Brasil é utilizada principalmente para produção de polpa de celulose e também para a produção de carvão vegetal e lenha industrial. A produção de madeira serrada de eucalipto ainda é pequena pois requer um regime de manejo diferenciado para se elevar a qualidade e dimensão das toras.

Diversas espécies do gênero *Eucalyptus* têm sua madeira utilizada em produtos de maior valor agregado (PMVA), sendo consideradas de grande potencial para a produção de painéis, compensados estruturais, lâminas e móveis.

O uso da madeira de *Eucalyptus* para produtos sólidos implica mudanças na forma de produção florestal, no qual o manejo tradicional (com rotação em torno de sete anos) precisa ser substituído por rotações maiores, com aplicação de desbastes e poda (Dias, 2005) e considerar as propriedades da madeira em programas de melhoramento genético.

Ciclos longos de rotação e desbastes de plantios de eucalipto proporcionam maiores diâmetros das toras, refletindo em maior rendimento no desdobro, e madeira de maior qualidade (maior proporção de lenho adulto e cerne, maior estabilidade dimensional e resistência mecânica, e menor incidência de nós) o que permite a geração de PMVA (Sella, 2001).

Um dos principais objetivos da produção de toras para produtos sólidos é alcançar o diâmetro meta o mais rápido possível, reduzindo-se o ciclo de rotação que é fundamental para o retorno econômico do investimento. Um dos fatores que limita o uso de toras jovens de eucalipto para produção de madeira serrada, é as fortes tensões de crescimento existentes no lenho.

As tensões de crescimento estão presentes em árvores e estão relacionadas com o equilíbrio do tronco, suportando o peso da copa e a ação de fatores externos (vento e inclinação do terreno). Nas folhosas, as tensões de crescimento são mais acentuadas que em coníferas, em que a madeira de *Eucalyptus* encontra-se naquele grupo e apresenta consideráveis níveis de tensões de crescimento (Beltrame et al., 2012).

Existem na literatura estudos que relatam a existência de correlações entre a formação de tensões de crescimento e variáveis dendrométricas, tais como o diâmetro à altura do peito (DAP), a altura total, tamanho e forma da copa das árvores (Lemos, 2002; Nutto & Touza Vázquez, 2006).

Variações na intensidade das tensões de crescimento ocorrem na circunferência do tronco, conforme a espécie e indivíduos de uma mesma espécie. Os problemas causados pela manifestação das tensões de crescimento podem ser minimizados pelo melhoramento genético, tratamentos silviculturais e formas adequadas de manuseio e estocagem das toras, associadas a estratégias apropriadas de desdobro (Melo, 2004).

Dessa forma, se torna importante conhecer os níveis de tensões de crescimento em populações de eucalipto, para que se possa selecionar clones menos propensos a manifestação de defeitos e melhorá-los geneticamente.

O objetivo deste trabalho foi selecionar clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* para a produção de madeira serrada, considerando-se algumas características dendrométricas (tamanho da copa, diâmetro à altura do peito e espessura de casca) e as tensões de crescimento para a seleção de clones para produção de madeira serrada.

MATERIAL E MÉTODOS

O material de pesquisa foi coletado em um plantio experimental localizado em Alcobaça, Sul da Bahia, que foi implantado em outubro do ano 2000. A área corresponde a 10 hectares e se encontra nas coordenadas geográficas 17°33' S e 39°22' O com altitude média de 50 m e o tipo de solo predominante é o Podzoico Amarelo Distrófico.

Conforme a classificação climática de Köppen, o clima é tropical chuvoso e quente, com predomínio do tipo “Af”, com temperaturas superiores a 18°C no mês mais frio. A precipitação anual média está em torno de 1.378 mm.

Diferentes clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* foram implantados em espaçamento 3 x 3 m de forma aleatória na parcela experimental e não foram realizados desbastes ou podas ao longo dos anos. Foram selecionadas ao acaso árvores de 20 diferentes clones aos 13 anos de idade, das quais foram medidas o tamanho da copa por meio de observação direta, diâmetro a altura do peito (DAP), espessura de casca e as tensões de crescimento.

A avaliação do tamanho da copa foi realizada por meio da observação direta de 15 árvores por clone. As copas das árvores foram classificadas qualitativamente em quatro diferentes níveis, recebendo notas de 1 a 4: 1 – pequena; 2 – média; 3 – grande e com poucos galhos; 4 – grande e densa.

O diâmetro à altura do peito (DAP) foi mensurada com auxílio de uma trena a 1,30 m do solo e a espessura da casca foi realizada no lado norte do fuste, na altura do DAP, com uso de um paquímetro digital (0,01 mm). 15 árvores por clone foram medidas para ambas características dendrométricas.

A DRL foi mensurada na posição do DAP, nas direções cardinais norte e sul no tronco de 5 árvores por clone, e essa posição foi adotada por causa facilidade de obtenção e pela possibilidade de comparação com outras pesquisas. Foi utilizado o método de medição da deformação de crescimento preconizado pelo *Centre de Coopération Internationale em Recherche Agronomique pour le Développement, Département des Forêt* (CIRAD-Fôret), que consiste basicamente na medição da DRL por meio da liberação das tensões de crescimento na região avaliada no fuste, com a utilização de um relógio comparador digital (extensômetro) conforme utilizado por Fournier et al. (1994). Os valores da DRL foram tomados na ausência de vento, evitando que as leituras fossem superestimadas, pois com o movimento das árvores, as forças de sustentação internas poderiam oscilar, influenciando no resultado.

A análise estatística foi realizada em delineamento inteiramente casualizado e o efeito dos clones foi verificado pela aplicação da análise de variância (ANOVA). Havendo diferença significativa entre as médias dos clones pelo teste F, foi adotado o teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância. A interação entre as variáveis estudadas foi avaliada por meio do coeficiente de correlação de Pearson e seu valor P. Os testes estatísticos foram realizados no *software* SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de tamanho de copa, DAP, DRL nas direções Norte e Sul e espessura de casca para os clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados de tamanho de copa, DAP, DRL nas direções Norte e Sul e espessura de casca para os clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

Table 1. Average values for crown size, DBH, North and South direction LGS and bark thickness for *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* clones

CLONE	TC	DAP (cm)	EC (mm)	DRL norte (mm)	DRL sul (mm)
A	3,09 (26,89)*	26,7 a (12,29)	2,94 b (15,29)	0,079 b (21,14)	0,091 a (28,69)
B	3,42 (19,57)	30,2 a (11,92)	4,09 a (17,77)	0,116 a (21,16)	0,098 a (32,82)
C	2,85 (40,18)	26,9 a (24,54)	4,26 a (23,26)	0,100 a (42,00)	0,089 a (26,53)
D	3,15 (31,30)	27,2 a (21,45)	5,76 a (24,70)	0,056 b (36,96)	0,056 b (43,59)
E	2,33 (52,49)	27,7 a (23,51)	4,94 a (23,12)	0,083 a (25,10)	0,073 a (48,71)
F	3,08 (40,22)	29,3 a (20,90)	4,07 a (17,82)	0,094 a (31,89)	0,101 a (26,46)
G	1,30 (75,00)	17,1 b (23,77)	2,60 b (22,96)	0,075 b (44,04)	0,068 b (17,14)
H	2,00 (52,22)	25,2 b (27,26)	3,53 a (25,91)	0,088 a (19,96)	0,085 a (25,01)
I	2,85 (42,66)	29,1 a (23,85)	4,30 a (31,82)	0,084 a (38,38)	0,116 a (33,19)
J	2,62 (39,91)	28,1 a (17,38)	5,22 a (15,82)	0,047 b (14,74)	0,037 b (11,75)
K	2,87 (39,26)	29,3 a (27,96)	5,07 a (22,63)	0,050 b (26,57)	0,042 b (16,75)
L	2,70 (40,38)	27,6 a (27,11)	4,28 a (25,89)	0,070 b (23,40)	0,072 b (15,28)
M	2,79 (53,02)	25,3 b (25,23)	3,78 b (21,65)	0,103 a (13,38)	0,111 a (27,41)
N	1,67 (73,85)	20,3 b (30,76)	2,94 b (31,64)	0,085 a (19,42)	0,087 a (18,87)
O	2,23 (55,37)	25,5 b (33,31)	4,19 b (29,08)	0,108 a (28,27)	0,056 b (17,63)
P	3,14 (32,68)	27,9 a (9,63)	3,40 b (19,78)	0,107 a (19,34)	0,092 a (35,87)
Q	3,00 (36,00)	28,2 a (18,20)	3,81 b (21,11)	0,116 a (15,63)	0,083 a (20,77)
R	3,00 (36,98)	31,0 a (13,57)	4,88 b (25,82)	0,110 a (28,86)	0,068 b (13,13)
S	1,09 (27,64)	20,5 b (24,64)	3,58 b (26,71)	0,089 a (41,84)	0,087 a (56,76)
T	1,21 (66,03)	18,6 b (36,44)	3,59 b (32,51)	0,059 b (54,98)	0,050 b (37,03)
MÉDIA	2,54	26,20	4,09	0,086	0,078

Resultados entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%); médias seguidas por uma mesma letra minúscula em uma mesma coluna não diferem estatisticamente entre si (Scott-Knott; $p > 0,05$).

As notas 2 e 3 foram obtidas com maior frequência na análise visual do tamanho da copa. O DAP médio das árvores foi de 26,2 cm (máximo de 41,9 cm e mínimo de 8,6 cm). A espessura de casca média foi 4,09 mm, com máximo igual a 9,24 mm e mínimo igual a 1,78 mm. Os resultados da DRL variaram entre 0,042 mm e 0,107 mm, e as médias nas direções norte e sul foram iguais a 0,086 e 0,078 mm respectivamente.

Para a variável tamanho da copa, não foi realizado teste estatístico por causa da não normalidade na distribuição das notas obtidas pelas árvores estudadas. O clone B obteve cinco notas 3 e seis notas 4, sendo o clone que apresentou os maiores valores para tamanho da copa. Dez árvores do clone S foram avaliadas com nota igual a 1, sendo a menor para tamanho da copa entre os clones estudados.

Houve diferença significativa entre as médias do DAP dos vinte clones conforme o teste de Scott-Knott ($p = 0,05$). O clone R apresentou a maior média absoluta de DAP (31,0 cm), porém não diferiu significativamente dos clones A, B, C, D, E, F, I, J, K, L, P e Q. O clone G apresentou a menor média absoluta (17,1 cm), porém não diferiu significativamente dos clones H, M, N, O, S e T.

Diferença significativa também foi encontrada entre as médias da DRL para os clones de eucalipto, sendo possível selecionar clones com menores valores de DRL. O clone J apresentou a menor média absoluta de DRL (0,042 mm) e os clones B e M apresentaram as maiores médias absolutas (0,107 mm).

Não houve diferença significativa entre as média dos clones nas posições norte e sul, o que significa que as tensão de crescimento se manifestam de forma semelhante

nos dois lados do tronco para os clones analisados no plantio experimental no sul da Bahia. Nesta situação, a avaliação da DRL poderá ser realizada em apenas uma posição, norte ou sul. Outros autores também relataram diferenças não significativas entre os resultados de DRL em diferentes posições cardinais em árvores de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em idades entre oito e 15 anos (Lima et al., 2004;; Beltrame et al., 2012).

Foi verificada diferença significativa entre as médias dos clones para espessura de casca, com o clone G apresentando a menor espessura de casca média e o clone D apresentando a maior espessura de casca.

Os resultados de DAP estão dentro da faixa apresentada em outras pesquisas e variaram de 20 a 29 cm em árvores de *Eucalyptus grandis* com idade entre 11 e 15 anos e entre 18 e 44 cm de DAP em árvores do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, com idades entre 8 e 11 anos (Lima et al., 2004; König, 2005; Beltrame et al., 2012).

Valores da DRL dos vinte clones pesquisados estão também dentro da amplitude encontrada em outros trabalhos de pesquisa que apresentaram valores de DRL compreendidos entre 0,020 a 0,650 mm em plantios de *Eucalyptus grandis* bem como em plantios de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com idades entre 6 e 14 anos (Souza, 2002; Lemos, 2002; Lima et al., 2004; Cardoso Júnior et al., 2005; Trugilho et al., 2006; Gonçalves, 2006; Beltrame et al., 2012).

A amplitude das médias de espessura de casca média foi inferior ao resultado encontrado por Beltrame et al. (2012), que obtiveram media em torno de oito mm em árvores do gênero *Eucalyptus* aos nove anos de idade.

Na Tabela 2 encontram-se os resultados do coeficiente de correlação de Pearson realizado entre todas as características estudadas dos 20 clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson, obtidos com base na média das características avaliadas para o híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

Table 2. Pearson correlation coefficient for *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* híbridos

	TC	DAP	DRL norte	DRL sul	EC
TC	1				
DAP	0,904 ($<0,001$)*	1			
DRL norte	0,2607 (0,267)	0,2364 (0,316)	1		
DRL sul	0,2366 (0,315)	0,1310 (0,582)	0,6269 (0,031)	1	
EC	0,4551 (0,044)	0,6245 (0,003)	0,3105 (0,183)	0,4393 (0,053)	1

T.C.: Tamanho da copa; DAP: Diâmetro à altura do peito; DRL: Deformação residual longitudinal; E.C.: Espessura da casca; *: Valor P.

Obteve-se correlação positiva e significativa entre o DAP médio e a nota do tamanho da copa dos clones do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos 13 anos de idade (Figura 1-A). No entanto, o DAP não apresentou correlação significativa ($p = 0,3885$) com a DRL média (Figura 1-B) para os clones avaliados. Considerando o DAP um dos mais importantes parâmetros para a seleção de material genético, a informação da interdependência com as DRL deve ser considerada na busca de materiais genéticos para a produção de madeira serrada. Também não houve correlação significativa entre tamanho da copa e DRL média ($p = 0,291$).

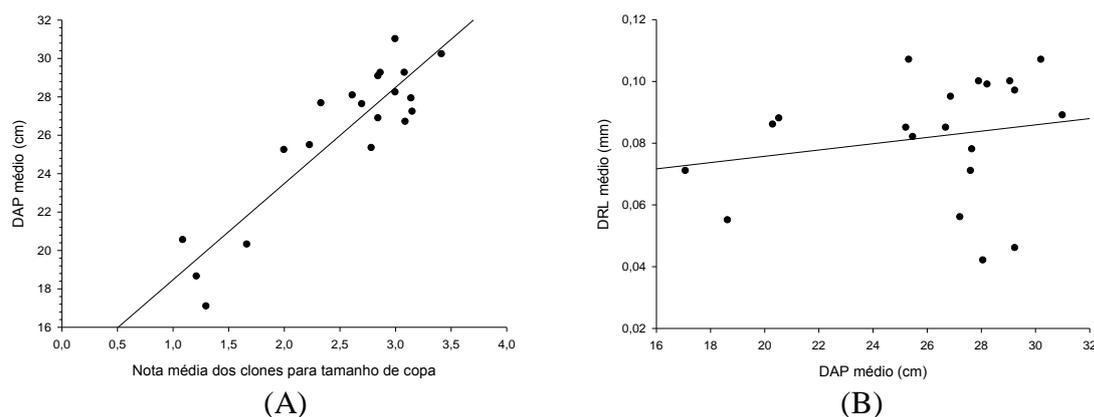


Figura 1. Diagramas de dispersão entre DAP x nota média para tamanho de copa (A) e DAP x DRL média (B) dos clones do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade.

Figure 2. Correlation between DBH and crown size avaluation (A) and LGS correlated with DBH (B) for 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* clones.

König (2005) obteve $r^2=0,799$ entre DAP e largura da copa estudando o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* plantados nos estados do Espírito Santo e Bahia. Ressalta-se que quanto maior a área de copa, conseqüentemente ocorre também o aumento do DAP. Isto ocorre em função da copa da árvore é responsável pela obtenção de luz para realização da fotossíntese. A mesma relação entre a dimensão da copa e o DAP também foi descrito por vários autores para diferentes espécies de eucalipto (Nutto & Touza Vázquez, 2006; Nutto et al., 2006; Biechele et al., 2009).

Baixas correlações e correlações não significativas entre a DRL e o DAP em árvores de *Eucalyptus grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla* em diferentes idades foram reportadas por Lima et al., 2004; Trugilho et al., 2007 e Beltrame et al., 2012, indicando que a tensão de crescimento também não deve ser afetada pelas características de crescimento.

A correlação entre as leituras de DRL na direção Norte e na direção Sul foi positiva e igual a 0,627 ($p=0,031$) (Figura 2-A). Correlação positiva igual a 0,625 ($p<0,001$) também foi encontrada para a espessura de casca e para o DAP, isto é, quanto maior o DAP maior foi a espessura da casca das árvores (Figura 2-B). É desejável clones com menores espessuras de casca devido o que pode gerar maior quantidade de resíduos durante o processamento mecânico gerada pela casca e assim menores rendimentos e custos com o transporte das toras.

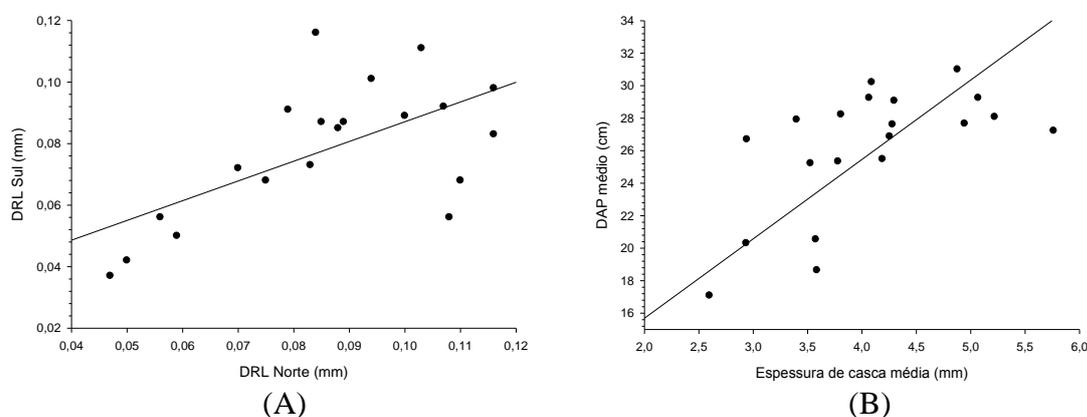


Figura 2. DRL na direção Sul em função da DRL na direção Norte (A) e espessura de casca média em função do DAP médio (B) de árvores dos clones do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade

Figure 2. North and South directions LRS correlation (A); bark thickness and DBH correlation (B) for 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* clones.

Apesar de não significativa, as diferenças encontradas em leituras da DRL nas posições norte e sul podem estar associadas a fatores ambientais predominantes, como a competição por luz ou pelo efeito dos ventos (Schacht, 1998). A variação pode também estar associada a fatores internos como a constituição do material do tronco, como a proporção de lenho juvenil (Beltrame et al., 2012).

A correlação encontrada entre DAP e espessura de casca difere do resultado obtido por Beltrame et al. (2012) que estudaram clones do gênero *Eucalyptus* aos nove anos de idade, o qual encontraram correlação negativa igual a 0,359 ($p=0,01$) entre estas variáveis.

CONCLUSÕES

- Os clones A, B, D, J, K, L e R foram os mais indicados para o fornecimento de matéria-prima para a produção de madeira serrada porque apresentaram maiores DAP e menores DRL. Estes clones são recomendados para a seleção de material para futuros programas de melhoramento genético.
- Árvores com copa maiores apresentaram maior crescimento em diâmetro (DAP).
- Árvores com maiores diâmetros (DAP) apresentaram cascas mais espessas.
- As deformações residuais longitudinais não apresentaram correlações significativas com o diâmetro a altura do peito. DAP e DRL são os parâmetros independentes na seleção de árvores para produção de madeira serrada.

AGRADECIMENTOS

À empresa Fibria S/A pelo fornecimento do material estudado, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos ao estudante de mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beltrame R, Lozarotto M, Haselein CR, Santini EJ, Schneider PR, Aguiar AM. Determinação das deformações residuais longitudinais decorrentes das tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp. *Ciência Florestal* 2012; 22(2): 343-351.
- Biechele T, Nutto L, Becker G. Growth strain in *Eucalyptus nitens* at different stages of development. *Silva Fennica* 2009; 43(4): 669-679.
- Braz RL. Caracterização do lenho de árvores de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em áreas sujeitas a danos por ventos [dissertação]. Jerônimo Monteiro: Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo; 2011.
- Cardoso Júnior AA, Trugilho PF, Lima JT, Rosado SCS, Mendes LM. Deformação residual longitudinal em diferentes espaçamentos e idade em clones de híbridos de *Eucalyptus*. *Cerne* 2005; 11(3): 218-224.
- Dias, AN. Um modelo para gerenciamento de plantações de eucalipto submetidas a desbaste [tese]. Viçosa: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa; 2005.
- Fournier M, Chanson B, Thibaut B, Guitard, D. Mesures des déformations résiduelles de croissance à la surface des arbres, en relation avec leur morphologie. Observations sur différentes espèces. *Annals of Forest Science* 1994; 51(3): 249-266.
- Garcia, JN. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA. São Paulo, 1995. *Anais...* Piracicaba: IPEF, 1995. p. 59-67.
- Gonçalves, F.G. Efeito da taxa de crescimento na qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para produtos sólidos [dissertação]. Alegre: Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo; 2006.
- König C. Optimizing the production of high value timber in fast growing *Eucalyptus* plantation in Brazil (Aracruz Celulose S.A.) – Efficiency and Economic Impact of Pruning [dissertação]. Freiburg: Mestrado em Ciências Florestais, Universidade de Freiburg; 2005.
- Lemos F. Tensões de crescimento em *Eucalyptus* spp. e interações entre a taxa de crescimento, copa assimétrica e distribuição de tensões na superfície da raiz [dissertação]. Freiburg: Mestrado em Ciências Florestais, Universidade de Freiburg; 2002.
- Lima JT, Trugilho PF, Rosado SCS, Cruz CR. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em *Eucalyptus* e sua associação com outras propriedades. *Árvore* 2004; 28(1): 107-116.

Lopes MC. Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função de variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira [dissertação]. Santa Maria: Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria; 2003.

Malan FS. *Eucalyptus* improvements for lumber production. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria, 1., 1995, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: IPEF, 1995. p. 1-19.

Melo VM. Variação nas produtividades da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias e sujeitas a tempestades [dissertação]. Lavras: Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras; 2004.

Nutto L, Spathelf P, Seling I. Management of individual tree diameter growth and implications for pruning brazilian *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. *Floresta* 2006; 36 (3): 397-413.

Nutto L, Touza Vázquez MC. Modelos de producción de madera sólida en plantaciones de *Eucalyptus globulus* de Galicia. *Boletín del CIDEU* 2006, n. 2, p. 37-50.

Schacht L. Variação de caracteres e suas implicações para o melhoramento genético da madeira serrada de *Eucalyptus urophylla* [dissertação]. Piracicaba: Mestrado em Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; 1998.

Sella RL. Técnicas silviculturais e de exploração para a obtenção de madeira de qualidade para a laminação e serraria. In SEMINÁRIO MADEIRA DE EUCALIPTO: TENDÊNCIAS E USOS. Curitiba: FUPEF. **Anais do...** 2001, p. 19-24.

SISVAR. Sisvar versão 4.6 (Build 61). Copyright, 1999-2003. Disponível na internet: <http://www.dex.ufla.br>.

Souza MAM. Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus* [dissertação]. Lavras: Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras; 2002.

Trugilho PF, Lima JT, Pádua FA, Soragi LC, Andrade CR. Deformação residual longitudinal (DRL) e tangencial (DRT) em seis clones de *Eucalyptus* spp. *Cerne* 2006; 12(3): 279-286.

Trugilho PF, Rosado SCS, Lima JT, Pádua FA, Souza, MAM. Deformação residual longitudinal (DRL) e sua relação com as características de crescimento da árvore em clones de *Eucalyptus*. *Cerne* 2007; 13(2): 130-137.

ARTIGO II

ÍNDICE DE RACHADURAS, TIPO DE GRÃ E PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE EUCALIPTO

RESUMO

Árvores com elevados níveis de tensões de crescimento começam a apresentar rachaduras de topo logo após o corte, normalmente atingindo seu máximo em uma semana. Tais tensões também influenciam rachaduras em tábuas após o desdobro. A seleção de clones com menores incidências de rachadura pode produzir ganhos em rendimento com a redução no destopo de tábuas. Diferentes níveis de grã inter cruzada influenciam positivamente e negativamente as propriedades da madeira de eucalipto. O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades da madeira de sete diferentes clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com treze anos de idade, provenientes da região Sul do estado da Bahia, Brasil. Foram coletadas seis toras por clone e analisou-se o índice de rachaduras de topo de toras, tábuas verdes e secas ao ar, índice de grã inter cruzada e máximo desvio angular e propriedades físicas e mecânicas da madeira. Foi possível verificar que o aumento das rachaduras ocorre logo após a derrubada da árvore. A DRL apresentou correlação apenas com rachaduras de topo de toras após uma semana e tábuas secas ao ar. Correlação significativa foi obtida entre os índices de rachaduras de topo de tora e tábuas secas ao ar e grã inter cruzada, em que madeiras com maior inter cruzamento da grã tendem a rachar menos. Maiores índices de grã influenciaram negativamente na resistência à flexão estática e positivamente na compressão paralela à grã.

Palavras-chave: Toras. Tábuas. Retratibilidade. Módulo de elasticidade.

END SPLIT INDEX, TYPE OF GRAIN, PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF EUCALYPTUS WOOD

ABSTRACT

Trees with high levels of growth stress begin to show cracks top immediately after cutting, usually reaching its maximum end split in a week. Those tensions also influence cracks in boards after the sawing of the log. Selection of clones with lower amount of those defects can increase in yield of the sawmill with reduction of boards size. Different levels of interlocked grain affects positively and negatively the properties of eucalyptus wood . The aim of this study was to evaluate the wood properties of seven different clones of a thirteen years old *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* hybrid, from the south of Bahia state, Brazil. Six logs per clone were cutted down and the end split of logs, cracks in green and air dried lumber, interlocked grain index, maximum angular desviation, physical and mechanical properties of wood were evaluated. It was possible to verify that the increase of end splits in logs occurs soon after felling of the trees. The LGS correlates with log end split after 1 week and cracks in air dried boards. Significant correlation was found between the rates of log end split and air dried boards with interlocked grain, showing that wood with interlocked grain tend to show less defects. High amounts of interlocked grain negatively influence the static bending and positively in compression parallel to grain.

Keywords: End split. Logs. Boards. Wood grain. Physical properties. Mechanical properties.

1 INTRODUÇÃO

Dentre espécies de interesse econômico plantadas no Brasil e em países de clima tropical e subtropical, as do gênero *Eucalyptus* estão entre as mais plantadas, face ao rápido crescimento, a diversidade de espécies e ao atendimento de diferentes propósitos da indústria. Destacam-se pela produtividade e adaptabilidade a diferentes ambientes, o que possibilita atender os requisitos de diferentes segmentos do setor madeireiro.

As tensões de crescimento influenciam no desenvolvimento de rachaduras de topo das toras após a derrubada das árvores (HILLIS, 1984; PURNELL, 1988; OLIVEIRA et al., 1999). Árvores com significativo nível de tensões de crescimento tendem a desenvolver rachaduras radiais imediatamente após a colheita, que normalmente atingem seu máximo após três dias (GARCIA, 1995; LIMA et al., 2002).

O índice de rachadura de topo de tora pode ser útil na seleção de árvores de eucalipto para uso em serraria (LIMA et al., 2002), visto que este defeito tende a se reproduzir na madeira serrada, reduzindo as dimensões de peças e o rendimento do desdobro (LIMA et al., 2004). A seleção de árvores para serraria por meio das rachaduras de extremidade de tora pode produzir algum ganho concreto nas rachaduras de extremidade de peça serrada (LIMA et al., 2002).

A grã intercruzada é uma característica presente na madeira de muitas espécies tropicais, sendo formada pela alteração do sentido longitudinal de camadas sucessivas de células durante o crescimento (HARRIS, 1989), gerando alteração de grã direita para reversa, influenciando no uso e na aceitação da madeira de floresta plantada de eucalipto para produção de madeira serrada (RAYMOND, 2002; THINLEY et al., 2005) por causa do aumento da instabilidade dimensional.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das deformações residuais longitudinais e do grau de intercruzamento da grã nas rachaduras de topo de toras e tábuas, e nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de sete clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 INFORMAÇÕES DO PLANTIO E AMOSTRAGEM

Um plantio foi implantado em outubro do ano 2000 em uma área de 10 hectares localizada em Alcobaça, sul do estado da Bahia (17°33' S e 39°22' W), Brasil. As árvores cresceram na forma de competição e não foi realizado desbaste ou poda ao longo dos anos. Foram coletadas seis árvores dominantes e codominantes de sete diferentes clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com 13 anos de idade, totalizando 42 árvores, em experimento com espaçamento 3 x 3 m.

O solo local predominante é o Podzóico Amarelo Distrófico. A classificação climática de Köppen, com predomínio do tipo "Af", sendo clima tropical chuvoso e quente, com temperaturas superior a 18°C no mês mais frio. A precipitação anual está em torno de 1378 mm.

Foi avaliado o índice de rachadura de topo nas toras 1 e 2 (Figura 1) da árvore, que, posteriormente passaram pelo processo de desdobro. Das tábuas retiradas da região do cerne periférico (Figura 1-B), foi analisado o índice de rachaduras de tábuas secas ao ar livre. Já o índice de rachaduras de tábuas verdes, a grã da madeira e as propriedades físicas e mecânicas da madeira foram analisados a partir do lenho da tábua diametral de sete cm de espessura retirada do torete (Figura 1).

Optou-se por utilizar o lenho da região periférica do cerne neste estudo (região destacada em vermelho na Figura 1) para retirada de corpos de prova devido ao reduzido número de defeitos (nós e rachaduras) existentes nesta região do lenho e pela indústria de madeira serrada de eucalipto adotar métodos de desdobro tangencial, visando a retirada de tábuas com qualidade superior desta região do lenho. Tábuas com qualidade superior retiradas desta região do lenho são classificadas pela associação americana de produtores de madeira serrada de folhosas, National Hardwood Lumber Association (NHLA), como F.A.S. (First and Second), valorizadas no mercado de tábuas serradas.

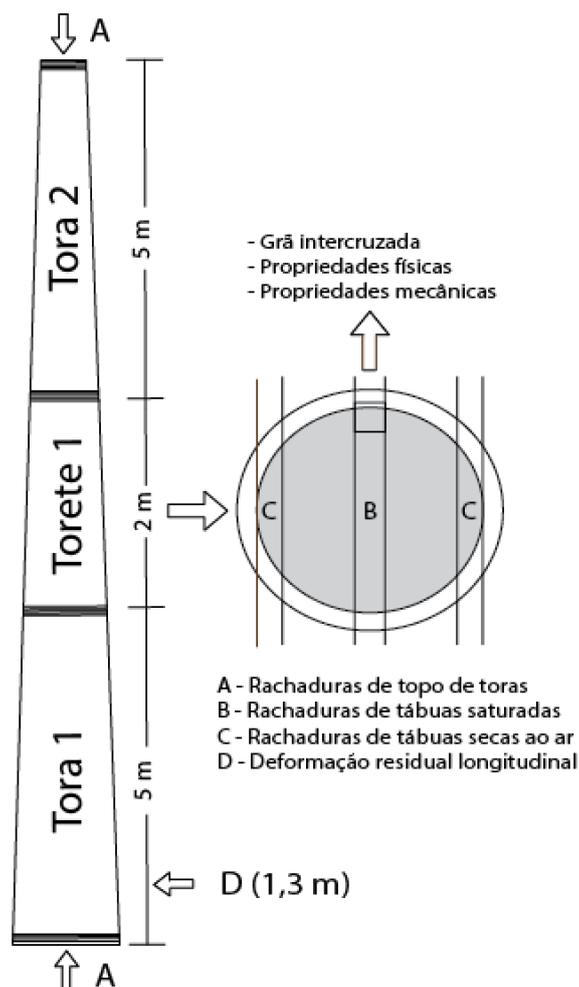


Figura 1 – Localização no fuste, modelo de desdobro e ensaios realizados nos clones do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade.

Figure 1 – Location on the trunk, sawing diagram and tests performed of 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* hybrid

2.2 DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL (DRL)

A DRL foi mensurada na posição do DAP, nas direções cardinais norte e sul no tronco de 5 árvores por clone, e essa posição foi adotada por causa facilidade de obtenção e pela possibilidade de comparação com outras pesquisas. Foi utilizado o método de medição de Deformação Residual de Crescimento do “Centre de Coopération Internationale em Recherche Agronomique pour le Développement, Département des Forêt (CIRAD - Fôret) descrito por Fournier et al. (1994). Os valores da DRL foram tomados na

ausência de vento, evitando que as leituras fossem superestimadas, pois com o movimento das árvores, as forças de sustentação internas poderiam oscilar, influenciando no resultado.

2.3 RACHADURAS DE TOPO DAS TORAS

Para avaliação das rachaduras de topo de toras (IRT) foram utilizadas as toras 1 e 3 (Figura 1), que foi realizada conforme a metodologia proposta por Wilson (1985), que consiste em agrupar as rachaduras na seção transversal em 4 classes com base no comprimento (Tabela 1).

Tabela 1 – Classes de comprimento de rachaduras de topo

Table 1 – End split length classes

Classe	Comprimento das rachaduras	Peso (Pi)
1	Iguais ao raio da seção transversal	1,00
2	Menores que o raio e maiores ou iguais a $\frac{3}{4}$ deste	0,75
3	Menores que $\frac{3}{4}$, porém maiores ou iguais a $\frac{1}{2}$ do raio	0,50
4	Menores que $\frac{1}{2}$, porém maiores ou iguais a $\frac{1}{4}$ do raio	0,25

FONTE: Wilson (1985)

Acompanhou-se o aumento do comprimento das rachaduras de topo das toras fotografando as toras em três momentos: na derrubada, e em duas situações após a derrubada. Foram geradas imagens do topo inferior da tora 1 e do topo superior da tora 2, que foram analisadas utilizando o *software Image-Pro Plus*, versão 4.5. O IRT foi obtido empregando-se a Equação 1, com o índice de rachaduras de cada árvore obtido pela média dos índices das duas toras.

$$IRT = 100 \left(\frac{\sum_{i=1}^n a_i \cdot P_i}{\pi \cdot D} \right) \quad (1)$$

em que:

IRT: índice de rachaduras de topo de toras (%);

a_i : abertura máxima da rachadura (cm), pertencente a classe de comprimento ($i= 1, \dots, 4$); e
 P_i : peso atribuído a essa rachadura, de acordo com a Tabela 1;

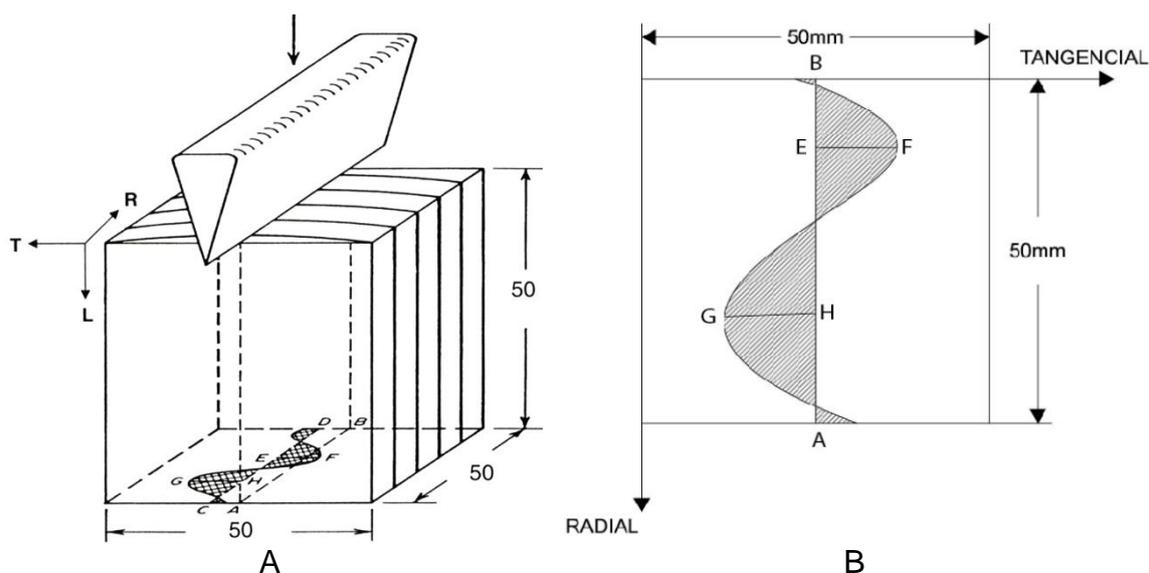
2.4 RACHADURAS DE TOPO DE TÁBUAS

As rachaduras de topo das tábuas foram avaliadas conforme a norma NBR 14806 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2002) e quantificadas considerando-se o somatório dos comprimentos individuais das rachaduras em relação ao comprimento da peça. Para o índice de rachaduras de tábuas saturadas foram medidas aquelas da porção diametral das toras (Posição “B”, Figura 1), que foram avaliadas 24 h após o desdobro. As tábuas bordaneiras (Posição “C”, Figura 1) foram avaliadas após a secagem natural pelo período de abril de 2013 a janeiro 2014, quando atingiram umidade média igual a 13%.

2.5 GRÃ INTERCRUZADA

Para a avaliação da grã intercruzada foram utilizados 18 corpos de prova (50 x 50 x 50 mm) por clone, que foram amostrados da porção externa das tábuas diâmetrais, conforme destacado na peça “B” (Figura 1). Utilizou-se o método da divisão radial com posterior análise de imagem proposto por Webb (1969).

Cada corpo de prova foi dividido ao longo do plano radial com um formão e um martelo conforme a figura 2-A. As faces fendilhadas foram fotografadas com uma câmera digital e processadas com o software Image-Pro Plus versão 4.5.0.29, obtendo-se o máximo desvio angular (MAD) e o índice de grã intercruzada (IGI).



FONTE: Adaptado de Hernandez e Almeida (2003)

Figura 2 – Direção do fendilhamento dos corpos de prova (A) e pontos de mensuração da grã inter cruzada (B).

Figure 2 – Shear direction on the specimens (A) and measurement points of interlocked grain (B).

O MAD foi obtido pela soma do ângulo máximo formado no desvio da grã para o lado esquerdo (ângulo formado pelo segmento de reta EF e a altura da amostra) com o ângulo máximo formado no desvio da grã para o lado direito (ângulo formado pelo segmento de reta GH na Figura 2-A e a altura da amostra) em graus fazendo uso da Equação 2.

$$MAD = \tan^{-1} \left(\frac{EF}{L} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{GH}{L} \right) \quad (2)$$

Em que:

MAD: máximo desvio angular (°);

EF: raio do desvio formado pela grã para o lado esquerdo (cm);

GH: raio do desvio formado pela grã para o lado direito (cm);

L: altura da amostra (cm).

O IGI foi determinado dividindo a área formada pelo movimento de onda formado pela grã pela linha média formada AB, fazendo uso da Equação 3.

$$IGI = \frac{AS}{AB} \quad (3)$$

Em que:

IGI: índice de grã inter cruzada (mm);

AS: área sombreada (mm²);

AB: mediana (mm).

2.6 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA

A densidade básica da madeira dos clones foi obtida de acordo com a norma NBR 6230 (ABNT, 1982). Foram utilizadas quatro repetições por árvore, totalizando 24 corpos de prova por clone, com dimensões de 20 x 20 x 30 mm, com a última medida na direção longitudinal, retirados da região de transição do cerne e alburno dos toretes (Figura 1).

A retratibilidade foi obtida pela diferença na estabilidade dimensional, determinadas para cada um dos planos de orientações, quando a madeira se encontrava em estado de saturação (verde) e seca, seguindo a norma NBR 6230 da ABNT (1982).

As propriedades mecânicas determinadas foram a resistência a flexão estática e dureza Janka de acordo com a norma americana ASTM D143 a partir da de amostras retiradas da prancha diametral do torete (Figura 1). Após a realização dos ensaios mecânicos determinaram-se o teor de umidade das amostras no momento do ensaio, com objetivo de realizar o ajuste dos resultados ao padrão de 12% de umidade.

2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada em delineamento inteiramente casualizado, e o nível de significância adotado foi de 5% de probabilidade para todos os testes. O efeito dos clones nas variáveis estudadas foi verificado pela aplicação da análise de variância (ANOVA) e, confirmada a rejeição da hipótese nula (valor $p < 0,05$), aplicou-se o teste de Tukey para diferenciação das médias. A interação entre as variáveis estudadas foi avaliada por meio do coeficiente de correlação de Pearson e seu valor P. Os teste estatísticos foram realizados no *software* SISVAR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RACHADURAS DE TOPO DE TORAS

Os índices de rachaduras de topo médios das toras 1 e tora 2, após o corte, 24 horas após o corte e uma semana após o corte, dos clones de encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Índices médios de rachaduras de topo de toras dos clones do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade
Table 2 – Average values for log end split of 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* clones

CLONE	RACHADURAS DE TOPO (%)					
	APÓS CORTE		APÓS 24H		APÓS 1 SEMANA	
	Tora 1	Tora 2	Tora 1	Tora 2	Tora 1	Tora 2
A	0,077 bc** (62,17)*	0,235 ab (50,68)	0,260 ab (41,32)	0,462 a (23,81)	0,421 abc (23,21)	0,661 a (9,95)
B	0,187 a (42,23)	0,118 bcd (48,79)	0,383 a (24,58)	0,283 bcd (40,87)	0,513 ab (32,54)	0,378 cd (30,31)
D	0,072 bc (73,20)	0,300 a (42,88)	0,203 b (44,87)	0,393 ab (19,76)	0,382 bcd (17,02)	0,524 ab (6,23)
J	0,024 c (45,26)	0,057 d (25,60)	0,151 b (33,94)	0,171 d (34,14)	0,240 d (31,11)	0,281 d (10,24)
K	0,013 c (121,55)	0,058 d (36,01)	0,148 b (30,17)	0,187 cd (34,57)	0,286 cd (17,73)	0,259 d (18,65)
L	0,047 bc (31,91)	0,093 cd (30,73)	0,229 b (18,98)	0,287 bcd (22,15)	0,505 ab (13,88)	0,465 bc (7,12)
R	0,108 b (18,48)	0,200 abc (42,15)	0,239 b (39,42)	0,336 abc (29,81)	0,570 a (16,94)	0,488 bc (28,40)
MÉDIA	0,075	0,152	0,230	0,303	0,417	0,437

* Coeficiente de variação (%)

** As médias seguidas por uma mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $p > 0,05$).

Ocorreu aumento das rachaduras de topo de toras ao longo de uma semana de avaliação (Figura 3) para todos os clones. Pode-se perceber a maior variação no aumento das rachaduras nas primeiras 24 horas após o abate (aumento médio de 135,13%), se comparado a variação entre 24 horas após corte e uma semana posterior ao corte (aumento médio de 60,14%). Esta variação provavelmente ocorre devido a uma maior taxa de alívio das tensões de crescimento existentes nas primeiras 24 horas após o corte.

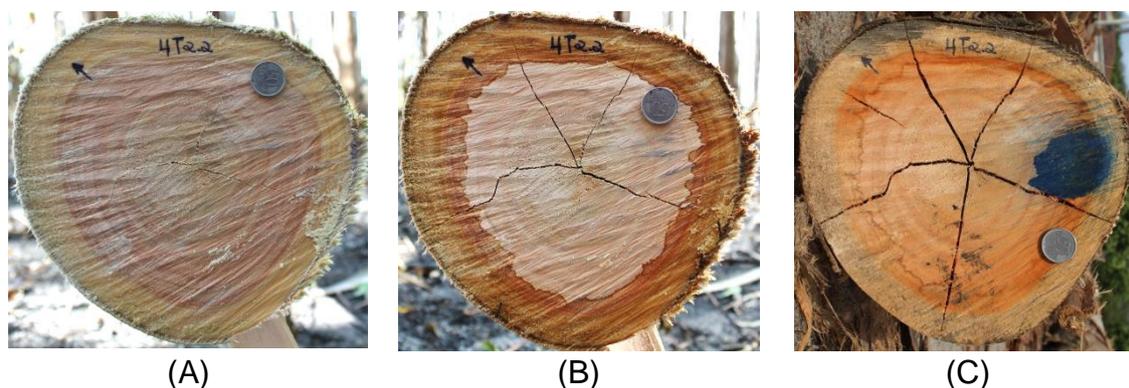


Figura 3 – Rachaduras de topo de toras após o corte (A), 24 horas após o corte (B) e sete dias após o corte (C) de uma árvore do clone A de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade.

Figure 3 –Log end split after harvest (A) 24 hours after harvest (B) and seven days after harvest (C) of 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* clones.

A média geral dos índices de rachaduras de topo das toras para todos os sete clones após o corte, após 24 horas após o corte e após uma semana de observação foram, respectivamente, 0,113%, 0,267% e 0,427%. Os clones J e K apresentaram os menores índices para rachadura de topo nos três momentos da análise (Figura 4), diferindo dos demais clones pelo teste de Tukey após o corte e uma semana após o corte.

O índice de rachaduras de topo de toras encontram-se de acordo com o encontrado na literatura. Valores entre 0,15% e 3,5% foram obtidos em avaliações entre o quarto e o sexto dia após o corte, em clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, com idades entre 9 e 29 anos (SCHACHT et al., 1998; LOPES, 2003; TREVISAN et al., 2013).

De uma forma geral, a tora 2 apresentou maiores valores nos índices de rachaduras de topo se comparado à tora 1. Lima et al. (2007) e Santos (2002) encontraram diferença não significativa entre os índices de rachaduras na primeira e na segunda tora de *Eucalyptus grandis*. O lenho em posições superiores no fuste possui maior quantidade de lenho juvenil, com propriedades mecânicas inferiores (MALAN, 1991), o que fez a tora 2 apresentar índices de rachaduras superiores aos obtidos para a tora 1.

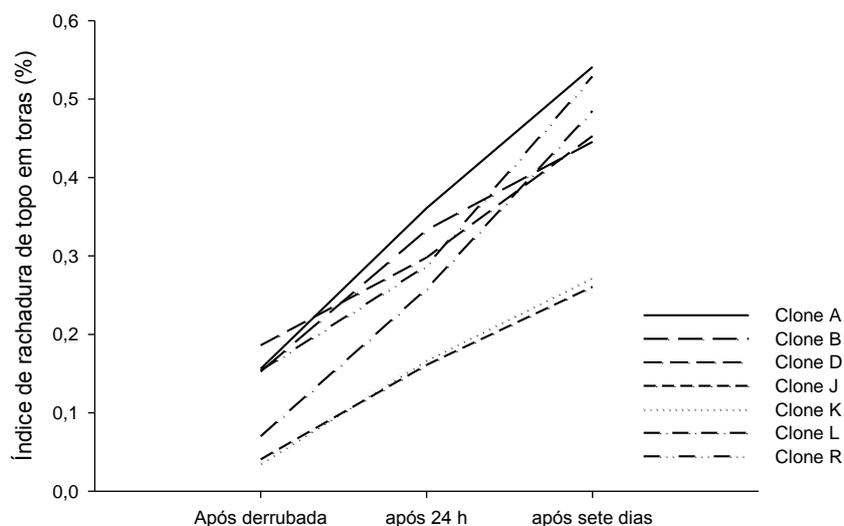


Figura 4 – Linhas de tendência do índice de rachaduras de topo de toras por clone, nos diferentes momentos de avaliação.

Figure 4 – Trendlines of end split index per clone in different moments of evaluation.

O índice de rachaduras de topo tende a aumentar com a posição ao longo da altura da árvore, em função da tendência de melhor orientação da grã em posições superiores das árvores (LIMA, 2000; LIMA et al., 2002). Del Menezzi (1999) verificou tendência de aumento de defeitos relacionados à tensão de crescimento na segunda tora das árvores de *Eucalyptus grandis* (21 anos), concluindo que toras da parte superior das árvores geram maiores defeitos no desdobro se comparada à toras próximas da base.

O índice de rachaduras de topo apresentou correlação positiva com a DRL (Figura 5). A correlação foi significativa apenas para as rachaduras tomadas após sete dias da colheita - 0,447 ($p = 0,042$), devido ao maior alívio das tensões de crescimento na forma de rachaduras após uma semana.

Foi encontrado na literatura trabalhos relatando análise de rachaduras de topo de toras de eucalipto e em outras espécies (AGUIAR; JANKOWSKY, 1986; LIMA, 2000; TREVISAN et al., 2013). Muitos trabalhos adotaram metodologias diferentes da utilizada neste trabalho, dificultando a comparação dos resultados (SANTOS, 2002; LOPES, 2003).

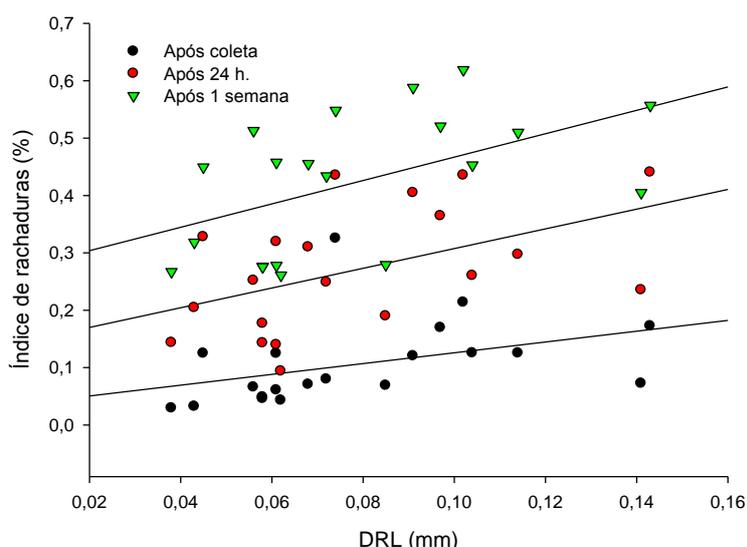


Figura 5 – Índices de rachaduras de topo de toras em função da DRL a altura de 1,30 m do solo para os clones do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade.

Figure 5 – Relationship between log end split and LGS at DBH of 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* clones.

3.2 RACHADURAS DE TOPO DE TÁBUAS

Não houve diferença significativa entre os clones na análise do índice de rachaduras de tábuas verdes. Houve diferença significativa entre clones na análise de rachadura de tábuas secas, com os clones J, K e L apresentaram os menores índices tanto na análise de tábuas verdes quanto em tábuas secas ao ar. Isto provavelmente ocorreu devido aos maiores índices de grã intercruzada encontradas nos três clones.

Os índices médios de rachaduras de extremidade de tábuas verdes e secas foram, respectivamente, 62,79% e 26,24% (Tabela 3). Os índices de rachaduras de tábuas secas apresentaram valores inferiores aos índices de tábuas verdes devido a posição de retirada das tábuas no modelo de desdobro adotado na serraria. Tábuas tangenciais e retiradas próximas as contaneiras apresentaram baixos índices de rachaduras pela região apresentar provavelmente lenho adulto em sua maior composição, possuindo melhora resistência à rachaduras. Rocha e Tomaselli (2002) obtiveram para rachaduras de tábuas secas de *E. grandis* valores entre 14,65% e 23,51%.

Tabela 3 – Índices de rachaduras de topo médio de tábuas saturadas e secas aos ar, dos clones do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade

Table 3 – Green and air-dry boards average values for end split in 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* clones

CLONE	RACHADURAS DE EXTREMIDADE (%)	
	Tábuas saturadas	Tábuas secas ao ar
A	72,07 a** (27,57)*	27,02 bc (29,77)
B	65,38 a (25,72)	26,08 bc (27,90)
D	62,18 a (18,65)	38,77 ab (48,73)
J	50,12 a (60,04)	13,13 c (36,76)
K	52,45 a (36,42)	12,79 c (31,62)
L	58,08 a (46,07)	23,44 c (25,63)
R	79,24 a (13,54)	43,50 a (20,92)
média	62,79	26,24

* Coeficiente de variação (%)

** As médias seguidas por uma mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $p > 0,05$).

Tábuas radiais contendo a região de medula tendem a apresentar maiores índices de rachaduras por possuírem maior proporção de madeira juvenil. A madeira juvenil é formada no início do crescimento das árvores e possui características inferiores de resistência quando comparada a madeira. Diferentes autores relataram a alta incidência de rachaduras de tábuas de *Eucalyptus* contendo região de medula. Rachaduras acima de 40% da superfície das peças logo após o desdobro foram relatadas por diferentes autores (DEL MENEZZI, 1999; ROCHA, 2000; HASELEIN et al., 2004).

A maior resistência a ocorrências de rachaduras está relacionada às propriedades mecânicas da madeira. Gonçalves (2006) afirmou que as propriedades mecânicas apresentaram aumento na direção medula-casca, indicando que as melhores propriedades de resistência à flexão estática e resistência à compressão estejam nas posições mais afastadas da medula, isto é, na região da madeira mais adulta. Rocha e Tomaselli (2002) não encontraram diferença significativa entre os índices de rachaduras de topo de

tábuas verdes e após a secagem das tábuas, afirmando que o modelo de desdobro tangencial é mais adequado que o sistema radial com relação ao índice de rachaduras de tábuas. Também verificaram que o aumento das rachaduras no processo de secagem foi mais acentuado no desdobro radial do que em peças tangenciais.

A correlação entre os índices de rachaduras de tábuas verdes e secas foi positivamente e significativa igual a 0,471 ($p = 0,002$). Esta correlação apesar de significativa não é forte por causa das análises não terem sido realizada em tábuas na mesma posição, destacando a grande variação existente no lenho na direção radial.

Não houve correlação significativa ($p = 0,2814$) entre a DRL e o índice de rachaduras em extremidade de tábuas verdes. A mesma correlação foi positiva e significativa com o índice de rachaduras em tábuas secas ao ar igual a 0,409 ($p = 0,007$), apontando a relação existente entre DRL e rachaduras em tábuas secas (Figura 6-A). Isto se deve a leitura da DRL estar próxima da posição de retirada das tábuas secas.

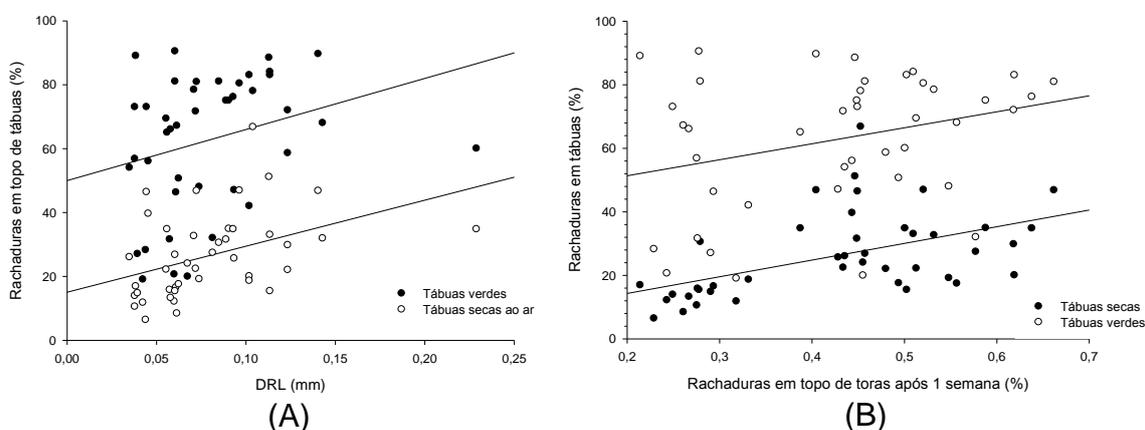


Figura 6 – Relação entre rachaduras de extremidade de tábuas verdes e secas em função da DRL (A) e em função do índice de rachaduras de toras após 1 semana (B), de clones do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade.

Figure 6 – Relationship between green and dry boards end split with LGS (A) and with log end split after 7 days (B) of 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* clones.

As correlações entre o índice de rachaduras de topo de toras após 1 semana e os índices de rachaduras de extremidade de tábuas verdes e secas

foram positivas e significativas iguais a 0,513 ($p < 0,001$) e 0,502 ($p < 0,001$), respectivamente. Lima et al. (2002) obteve correlação positiva e significativa e afirma que a seleção de árvores por meio de rachaduras de extremidade de toras pode produzir ganhos com a redução das rachaduras em extremidade de peças serradas.

3.3 GRÃ INTERCRUZADA

As duas metodologias adotadas para análise de grã inter cruzada apresentaram forte correlação igual a 0,963 sugerindo que ambas metodologias são apropriadas para realização da análise. Cambrolier et al. (2009) obteve $r^2 = 0,81$ estudando espécies nativas da Guiana Francesa. Hernandez e Almeida (2002) obtiveram $r^2 = 0,836$ estudando espécies tropicais da Amazônia Peruana.

Vários padrões entrelaçamentos da grã da madeira foram gerados nas seções transversais dos corpos de prova proveniente de diferentes clones (Figura 7) após o fendilhamento dos corpos de prova. Os índices médios de grã inter cruzada MAD e IGI foram, respectivamente, 14,55° e 1,29 mm.

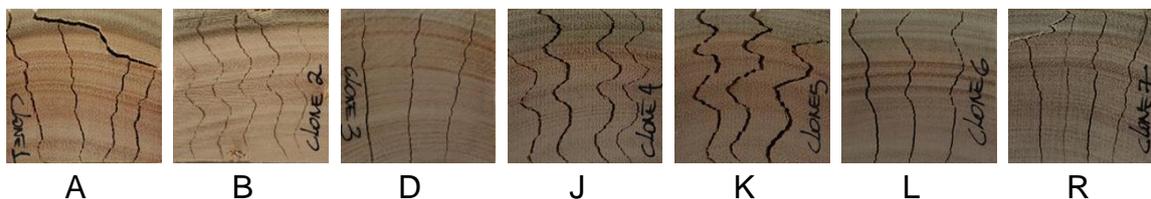


Figura 7 – Padrões de grã inter cruzada encontrada nos clones do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade.

Figure 7 – Interlocked grain patterns in 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* clones.

Os menores valores para MAD e IGI dentre os clones estudados foram encontrados nos clones R e D (Tabela 4). O clone K apresentou os maiores índices de mensuração de grã inter cruzada (MAD = 29,80° e IGI = 2,85mm) seguido do clone J (MAD = 21,49° e IGI = 1,948 mm). Os dois clones se diferenciaram significativamente dos demais pelo teste de Tukey.

Tabela 4 – Máximo desvio angular (MAD) e índice de grã intercruzada (IGI) médio dos clones do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade

Table 4 – Maximum angular deviation (MAD) and interlocked grain index (IGI) of 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla*

CLONE	MAD (°)	IGI (mm)
A	12.01 cd* (17.04)**	1.025 cd (25.52)
B	11.93 cd (13.96)	1.231 c (19.93)
D	6.94 de (20.77)	0.480 d (30.02)
J	21.49 b (6.87)	1.948 b (18.34)
K	29.80 a (6.69)	2.849 a (29.57)
L	12.94 c (21.57)	0.880 cd (34.52)
R	6.69 e (14.28)	0.609 d (24.51)
MÉDIA	14,55	1,29

MAD: desvio angular máximo; IGI: índice de grã intercruzada;* As médias seguidas por uma mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si (Tukey; $p > 0,05$). ** Coeficiente de variação (%)

Não foi encontrado trabalhos de pesquisas relacionados a mensuração de grã intercruzada em madeiras do gênero *Eucalyptus*. Valores de MAD entre 6° a 16° e IGI variando entre 0,3 mm a 2,8 mm foram encontrados para as espécies tropicais *Amburana cearenses*, *Aspidosperma macrocarpon* e *Clarisia racemosa*, *Tabebuia* sp., *Dipterix odorata* e *Bagassa guianensis* (HERNANDEZ; ALMEIDA, 2002; CAMBROLIER et al., 2009).

MAD e IGI apresentaram correlações negativas e significativas iguais a 0,579 ($p < 0,01$) e 0,545 ($p = 0,011$) respectivamente, com o índice de rachaduras de topo de toras após abate (Figura 8). Após 24 horas do corte das árvores as relações aumentaram para 0,599 ($p < 0,01$) e 0,570 ($p < 0,01$), respectivamente. E, após sete dias da colheita, as correlações mantiveram-se significativas e iguais a 0,715 ($p < 0,01$) para MAD e 0,695 ($p < 0,01$) para IGI. O alívio das tensões existentes ao longo do tempo estudado fez com que aumentasse a correlação existente entre os índices de medição de grã intercruzada e o índice de rachaduras de topo de toras.

As duas metodologias de mensuração de grã intercruzada apresentaram forte correlação com os índices de rachaduras de topo. Percebeu-se que, de uma forma geral, quanto maior foi a presença de grã intercruzada, menores foram os índices de rachaduras de topo de toras, por causa da maior área necessária para ocorrência de fendilhamento (HERNÁNDEZ; ALMEIDA, 2003).

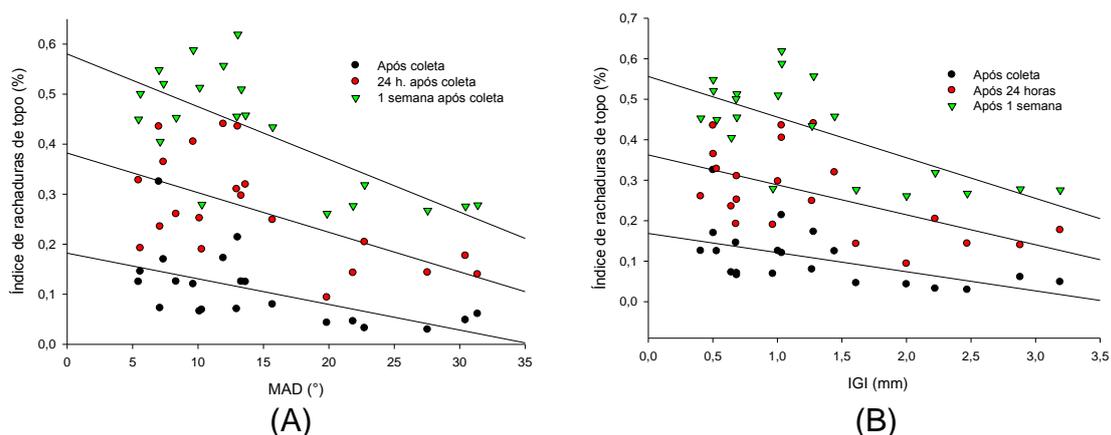


Figura 8 – Índices de rachaduras de topo em função do máximo desvio angular (A) e do índice de grã intercruzada (B) do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade.

Figure 8 – Relationship between log end split and maximum angular deviation (A) and interlocked grain index (B) of 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* clones.

Houve correlação negativa entre MAD e DRL igual a 0,428 ($p = 0,0527$) e 0,513 entre IGI e DRL ($p = 0,0173$). Isto é, quanto maior foi a presença de grã intercruzada no lenho, menores foram os valores de DRL obtidos no extensômetro em campo. Árvores em que se obteve menores valores de DRL apresentaram maiores índices de grã intercruzada.

Os índices de grã intercruzada MAD e IGI apresentaram correlação negativa não significativa ($p = 0,3624$ e $p = 0,5621$ respectivamente) com o índice de rachaduras em extremidade de tábuas verdes (Figura 9-A). A correlação entre MAD e IGI e o índice de rachaduras de tábuas secas ao ar foi negativa e significativa ($p < 0,001$ para ambas correlações) iguais a 0,716 e 0,708 respectivamente (Figura 9-B).

Isto provavelmente deve-se ao pranchão central apresentar a tendência de rachaduras se desenvolverem na região da medula. O lenho na

região próxima a medula apresenta menores índices de grã intercruzada por causa das maiores taxas de crescimento em altura durante o desenvolvimento inicial. Maiores índices de grã intercruzada foram verificados na região periférica do lenho, local de retirada das tábuas secas ao ar, provavelmente desenvolvido após a árvore se tornarem dominante.

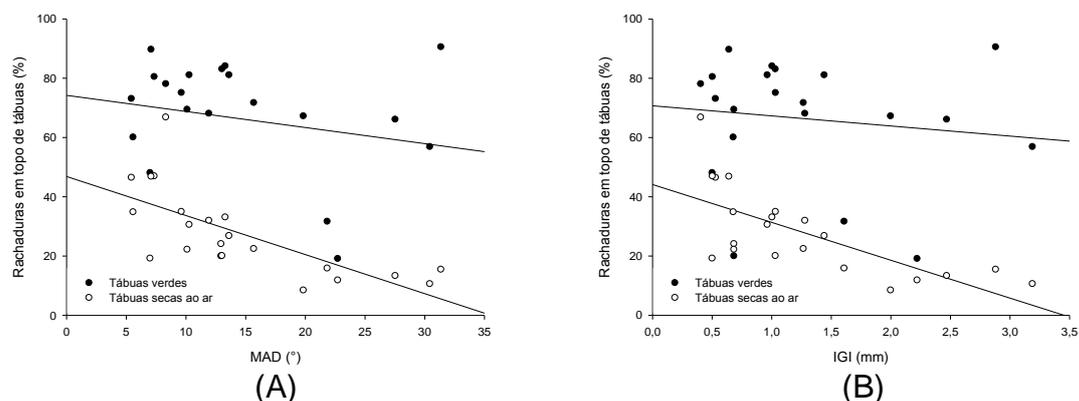


Figura 9 – Índice de rachaduras em extremidade de tábuas em função do máximo desvio angular (A) e em função do índice de grã intercruzada (B), do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade.

Figure 9 – Relationship between boards end split and maximum angular deviation (A) and with interlocked grain index (B) of 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* clones.

É possível estimar o índice de rachaduras em extremidades de tábuas secas ao ar em função tanto do MAD quanto do IGI, com $r^2 = 51,22\%$ e $r^2 = 50,07\%$ respectivamente, usando as Equações 4 e 5.

$$\text{IRTS} = 46,84 - 1,3177 \cdot \text{MAD} \quad (4)$$

$$\text{IRTS} = 44,13 - 12,7719 \cdot \text{IGI} \quad (5)$$

Onde:

IRTS = Índice de rachaduras em tábuas secas ao ar (%);

MAD = Máximo desvio angular (°);

IGI = Índice de grã intercruzada (mm).

A maior correlação entre os índices de grã intercruzada com os índices de rachaduras em extremidade de tábuas leva a questionar os baixos valores

de DRL encontrados pelos clones J, K e L, pois os mesmos apresentaram baixos índices de rachaduras de tábuas secas ao ar livre (região de maior incidência de intercruzamento de grã) porém não se diferenciaram dos demais na análise rachaduras de tábuas verdes (região de menor incidência de grã intercruzada). Isto se deve as tábuas diametrais possuírem presença lenho juvenil na região de medula na análise de rachaduras de tábuas verdes, onde todos os clones tenderam a apresentar uma grã mais reta. Clones que apresentaram maiores valores de grã intercruzada podem possuir valores de tensões de crescimento elevados, visto que suas tábuas diametrais também racharam e não se diferenciaram das demais. Os menores valores de DRL pode ter sido afetados pelo impedimento do alívio das tensões durante a mensuração da DRL, pela grã ser do tipo intercruzada na região de leitura.

3.4 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA

A densidade básica média da madeira dos sete clones foi 532 kg.m^{-3} (Tabela 5). O clone D diferenciou-se dos demais clones pelo teste Tukey, por possuir a maior densidade básica média entre os clones estudados. O clone L também diferenciou-se dos demais no mesmo teste, por apresentar a menor densidade básica média. Estas diferenças são explicadas pelo material genético.

De modo geral, os resultados da densidade básica da madeira dos clones foram semelhantes àqueles encontrados por outros autores, ocorrendo variações que podem ser explicadas pela diferença nas idades e nos materiais genéticos. Valores para densidade básica entre 470 e 580 kg.m^{-3} foram encontrados por outros autores para a madeira de *E. grandis* e clones de *E. grandis* x *E. urophylla* com idades entre sete e 14 anos (LIMA et al., 2001; GONÇALVES, 2006; MAURI, 2010).

Tabela 5 – Propriedades físicas e suas respectivas classificações de acordo com os critérios definidos por Carvalho (1996) para os clones do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade

Table 5 – Physical properties and classification according to Carvalho (1996) for 13-year old *E. grandis* x *E. urophylla* clones

CLONE	DENSIDADE BÁSICA		RETRATIBILIDADE					
	(kg.m ⁻³)	CLASSE	RADIAL (%)	TANGENCIAL (%)	VOLUMÉTRICA (%)	CLASSE	ANISOTROPIA	CLASSE
A	555 ab (7,70)*	Média	7,21 a (6,31)	11,34 a (4,78)	18,67 a (5,50)	Forte	1,63 a	Média
B	519 bc (9,89)	Média	6,83 a (9,67)	9,86 ab (6,45)	17,56 ab (19,93)	Forte	1,54 a	Baixa
D	594 a (10,43)	Média	6,42 a (14,38)	10,85 ab (13,88)	17,29 ab (29,63)	Forte	1,75 a	Média
J	539 bc (11,37)	Média	5,81 a (19,89)	9,73 ab (17,53)	15,59 ab (32,60)	Forte	1,86 a	Média
K	565 ab (10,64)	Média	5,36 a (7,87)	8,72 b (6,67)	14,34 b (10,39)	Média	1,74 a	Média
L	452 d (13,04)	Baixa	6,06 a (12,06)	11,58 a (13,20)	17,62 ab (21,29)	Forte	1,63 a	Média
R	500 cd (13,73)	Média	6,63 a (16,04)	11,29 a (6,93)	17,28 ab (11,67)	Forte	1,90 a	Média
MÉDIA	532		6,3	10,3	16,9		1,79	

* Coeficiente de variação (%)

** As médias seguidas por uma mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si (Tukey; p > 0,05).

Seguindo a classificação de Carvalho (1996, os materiais estudados exibiram instabilidade dimensional e forte contração volumétrica. O clone B foi o único clone classificado como “baixa” anisotropia de contração e os demais clones foram classificados como medianos, apresentando média anisotropia de contração. O clone K apresentou a menor contração volumétrica, classificada como de média contração volumétrica.

Os valores de contração volumétrica encontrados neste trabalho estão de acordo com os encontrados por outros autores. Valores iguais a 7,9% e 12,11% nas direções radial e tangencial respectivamente para madeira de *E. grandis* x *E. urophylla* com idade entre 14 e 17 anos (OLIVEIRA, 1997; GONÇALVES, 2006).

Não houve correlação significativa entre a contração volumétrica e a densidade básica (Figura 10-A). Isto se deve à variabilidade existente entre clones. A contração radial apresentou correlação negativa significativa igual a 0,584 ($p = 0,005$) com o MAD (Figura 10-B). O MAD apresentou baixa relação com as contrações longitudinal e tangencial. Assim, de uma forma geral pode-se afirmar que quanto maior o MAD, menor a contração radial, o que pode gerar defeitos (empenamentos diversos) durante o processamento na indústria.

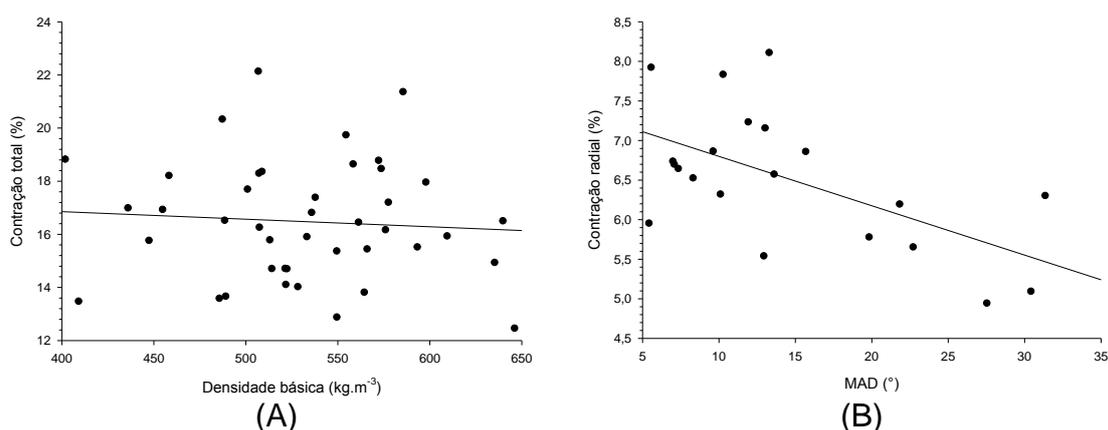


Figura 10 – Contração total em função da densidade básica (A) e da contração radial em função do máximo desvio angular (B) do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade.

Figure 10 – Relationship between total contraction and basic density (A) and radial contraction and maximum angular deviation (B) of 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* clones.

3.5 PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA

De acordo com a classificação de Carvalho (1996), todos os clones avaliados apresentaram resistência média a compressão paralela (Tabela 6) superiores a 44 MPa, comparável com valores apresentados por outras madeiras consideradas para fins estruturais. A resistência média à compressão paralela às fibras para os sete clones foi igual a 56 MPa. Houve diferença significativa entre as médias dos clones pelo teste de Tukey. O clone K apresentou a maior resistência média (64,8 MPa) e o clone L apresentou a menor média (46,2 MPa).

A média do módulo de elasticidade (MOE) na flexão estática para todos os clones analisados foi 18855 MPa. De acordo com a classificação utilizada, todos os clones possuem características para uso estrutural. O clone A diferenciou-se dos demais clones pelo teste de Tukey, apresentando a maior média (21297 MPa). Os clones J e K apresentaram as menores resistências se diferenciando dos demais. Apesar destes clones apresentarem elevada densidade básica, permitindo inferir capacidade de resistir a cargas, a presença de grã do tipo intercruzada no lenho, fez com que clones tivessem reduzida resistência à flexão estática.

A média de MOR na flexão estática foi de 98,2 MPa. Houve diferença significativa entre os clones, com os clones A e D apresentaram resistência a ruptura superiores aos demais clones. O clone L diferenciou-se dos demais apresentando o menor valor para módulo de ruptura.

O valor médio obtido para dureza Janka na madeira dos sete clones de eucalipto foi de 45,8 MPa, 42,9 MPa e 43,4 MPa nas direções longitudinal, radial e tangencial respectivamente. Houve diferença significativa entre os clones nas três direções analisadas. Os clones A e D se diferenciaram significativamente dos demais, por possuírem resistência superior aos demais clones, sendo classificadas como dureza alta / moderadamente dura, valores que indicam maior dificuldade de usinagem porém maior capacidade de suportar cargas pontuais, sendo indicadas para fabricação de pisos. O clone L apresentou dureza baixa / muito branda, indicando uma menor capacidade de suportar cargas pontuais, não sendo indicada para produção de pisos.

Tabela 6 – Propriedades mecânicas (12 % de umidade) e suas respectivas classificações segundo Carvalho (1996) de clones do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade

Table 6 – Mechanical properties (12% moisture) and classification according to Carvalho (1996) of 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* clones

CLONE	COMPRESSÃO PARALELA (MPa)		FLEXÃO ESTÁTICA (MPa)			DUREZA JANKA (MPa)			CLASSE
	CLASSE	MOE	MOR	CLASSE	Longitudinal	Radial	Tangencial		
A	60,4 ab (11,77)*	Média	21.297 a (2,46)	107,8 a (13,05)	Muito rígida	62,5 a (10,13)*	57,1 a (9,62)	47,7 abc (18,39)	Alta/ Mod. dura
B	57,0 b (12,29)	Média	19.459 ab (3,53)	103,3 ab (8,26)	Muito rígida	48,6 bc (9,40)	40,6 c (14,37)	38,4 bcd (33,58)	Média / Branda
D	57,5 b (13,93)	Média	20.768 ab (2,31)	107,6 a (3,10)	Muito rígida	53,4 ab (10,57)	49,10 b (12,64)	54,2 a (31,01)	Alta / Mod. dura
J	59,3 ab (14,11)	Média	17.671 c (13,35)	96,4 ab (8,99)	Muito rígida	41,7 c (3,51)	44,9 c (11,19)	48,0 ab (17,99)	Média / Branda
K	64,8 a (11,48)	Média	16.956 c (4,51)	99,0 ab (5,46)	Muito rígida	41,5 c (12,48)	41,7 c (7,66)	48,9 ab (23,62)	Média / Branda
L	46,2 c (15,71)	Média	17.907 bc (2,17)	80,0 b (7,97)	Muito rígida	30,2 d (4,93)	27,2 d (17,34)	32,4 d (38,65)	Baixa / Muito branda
R	49,3 c (9,95)	Média	17.928 bc (6,88)	93,3 ab (4,46)	Muito rígida	43,0 c (9,74)	40,0 c (10,59)	34,8 cd (25,91)	Média / Branda
MÉDIA	56,0		18.855	98,2		45,8	42,9	43,4	

* - Coeficiente de variação (%)

** - As médias seguidas por uma mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente entre si (Tukey; p > 0,05)

A resistência à compressão paralela média obtida para os sete clones está de acordo com os observados na literatura. Resistências entre 30 e 68 MPa foram obtidas em madeiras de *E. grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla*, com idades entre 9 e 17 anos (OLIVEIRA, 2007; GONÇALVES, 2006; SANTOS, et al., 2008).

Os valores médios obtidos para MOE foram superiores aos observados na literatura para a madeira de *E. grandis* ou do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* em idades próximas ao analisado nessa pesquisa (OLIVEIRA, 2007; SILVA, 2002; GONÇALVES, 2006; SANTOS, et al., 2008; VIVIAN et al., 2012) Isto ocorreu pois os corpos de prova foram retirados da região do cerne periférico, que possui lenho com melhores características.

Os valores de MOR verificados na madeira dos clones estão de acordo com os encontrados na literatura, que variaram entre 79 e 109 MPa para as madeiras de *E. grandis*, *E. urophylla* e do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* com idades entre 8 e 14 anos (OLIVEIRA, 1997; CRUZ et al., 2003; GONÇALVES, 2006; EVANGELISTA, 2007).

Para dureza Janka, os valores obtidos para os sete clones estão de acordo com outros resultados encontrados na literatura. Valores entre 45 e 68 MPa foram encontrados para a madeira de clones de *E. grandis* e *Eucalyptus dunnii* com idades entre 6 e 17 anos (GONÇALEZ et al., 2006; SANTOS et al., 2008; DICKSON et al., 2003).

Cruz et al. (2003) afirmaram que madeiras de eucalipto apresentam expressivas variações de suas propriedades mecânicas na direção medula-casca. Gonçalves (2006) obteve variação na resistência, com aumento do MOE na direção medula-casca. Além disso, foi adotado a norma americana ASTM D-143 (2005), que preconiza a flexão paralela aos anéis de crescimento, de maior resistência na seção.

O MOE apresentou forte correlação positiva igual a 0,631 ($p = 0,002$) com a densidade básica (Figura 11-A) podendo-se inferir que quanto maior a densidade maior a resistência à flexão estática. Isto se deve a maior espessura da parede celular, resistindo a maiores cargas. Lobão et al. (2004) afirmaram que a resistência mecânica é diretamente influenciada pela densidade.

O MOE apresentou forte correlação negativa igual a 0,497 ($p = 0,0221$) com IGI e 0,503 ($p = 0,0201$) com o MAD (Figura 11-B), podendo-se inferir que o índice de grã intercruzada reduz a resistência à flexão estática. Weddell (1961) e Thinley et al. (2005) reportaram que MOR e MOE são negativamente afetados pela presença de grã intercruzada na madeira.

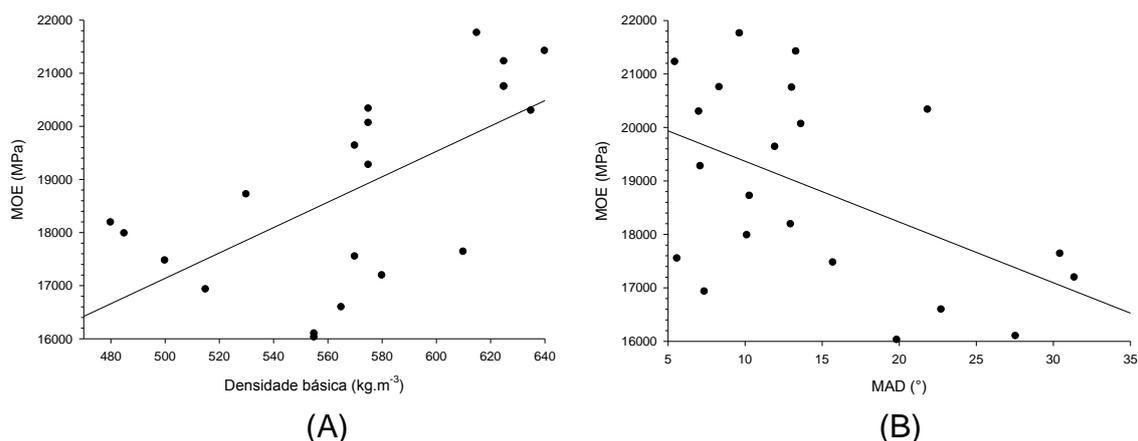


Figura 11 – Módulo de elasticidade em função da densidade básica (A) e do máximo desvio angular (B), do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade.

Figure 11 – Relation between basic density and modulus of elasticity and (A), maximum angular deviation and modulus of elasticity (B).

Os índices de grã intercruzada apresentaram correlação positiva não significativa com a resistência à dureza Janka nas três direções analisadas. Isto se deve a dureza Janka ser uma informação da resistência superficial e o índices de grã intercruzada uma leitura do grau de oscilação da grã no lenho, o que dificulta correlacionar as duas variáveis.

A dureza Janka apresentou forte correlação positiva igual a 0,905 ($p < 0,001$) com a densidade básica da madeira dos clones estudados (Figura 12).

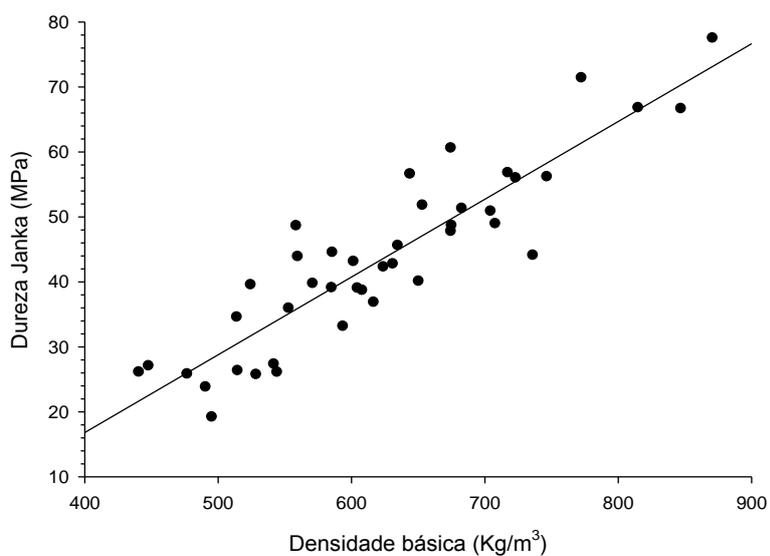


Figura 12 – Linha de tendência da dureza Janka em função da densidade básica do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 anos de idade.

Figure 12 – Trendline of Janka hardness x basic density of 13-year-old *E. grandis* x *E. urophylla* clones.

Assim é possível estimar a resistência à dureza Janka em função da densidade básica do material, com $r^2 = 81,93\%$, usando a Equação 6.

$$DJ = -31,0567 + 0,1197 \cdot DB \quad (6)$$

Em que:

DJ: dureza Janka (MPa); e

DB: densidade básica da madeira ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$).

4 CONCLUSÃO

- O índice de rachaduras de topo de toras variou com a altura nas árvores, ocorrendo aumento das rachaduras na direção base-topo.
- A seleção de clones por meio de rachaduras de topo de toras deve ser efetuada em torno de sete dias, quando grande parte das tensões já foram aliviadas.
- A presença de grã intercruzada reduz o desenvolvimento de rachaduras de topo de toras e tábuas.
- Os índices de grã intercruzada podem ser considerados uma forma útil na seleção de árvores de eucalipto para produção de madeira serrada. Recomenda-se o MAD pela maior facilidade de obtenção.
- A contração radial é influenciada pelo índice de grã intercruzada MAD.
- É possível estimar a resistência à dureza Janka em função da densidade básica.
- Clones com maiores índices de grã intercruzada MAD e IGI apresentaram reduzidos valores de resistência à flexão estática.

5 AGRADECIMENTOS

À empresa Bahia Produtos de Madeira pelo fornecimento do material estudado, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos ao estudante de mestrado e ao USDA Forest Product Laboratory pela realização do estágio técnico científico.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, O. J. R.; JANKOWSKY, I. P. Prevenção e controle de rachaduras de topo em tora de *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, n.33, p.39-46, 1986.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) D143. **Standard method of testing small clear specimens timber**. Philadelphia, 2005.

- ASSIS, T. F. Aspecto do melhoramento de *Eucalyptus* para obtenção de produtos sólidos de madeira. In: WORKSHOP. **Técnicas de abate, processamento e utilização da madeira de eucalipto**. Viçosa, DEF: SIF: UFV: IEF, 1999. p. 61-72.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6230**: Ensaios físicos e mecânicos de madeiras. Rio de Janeiro, 1982.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT, **NBR 14806: Madeira serrada de eucalipto – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2002, 11 p.
- CAMBROLIER, P.; BEAUCHÊNE, J; THIBAUT, B. Is interlocked grain an adaptive trait for tropical tree species in rainforest? In: **6th Plant Biomechanics Conference** – Cayenne, 2009.
- CARVALHO, A. **Madeiras Portuguesas: estrutura anatômica, propriedades, utilizações**. Lisboa: Instituto Florestal, v. 1, 1996.
- CRUZ, C. R.; LIMA, J. T. MUNIZ, G. I. B. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, v. 64 p. 33-37, 2003.
- DEL MENEZZI, C. H. S. **Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.** 1999. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1999.
- EVANGELISTA, W. V. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, oriunda do consórcio agrossilvipastoril.** 2007. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- FOURNIER, M.; CHANSON, B.; THIBAUT, B.; GUITARD, D. Mesures des déformations résiduelles de croissance à la surface des arbres, en relation avec leur morphologie. Observations sur différentes espèces. **Annals of Forest Science**, v. 51, n. 3, p. 249-266, 1994.
- GARCIA, J. N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA. São Paulo, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF, 1995. p. 59-67.
- GONÇALEZ, J. C.; BREDÁ, L. C.; BARROS, J. F.; MACEDO, D. G.; COSTA, A. F.; VALE, A. T. Características tecnológicas das madeira de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 329-341, 2006.

- GONÇALVES, F. G. **Efeito da taxa de crescimento na qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para produtos sólidos.** 2006. 167 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.
- HARRIS, J. M. **Spiral grain and wave phenomena in wood formation.** Heidelberg: Springer, 1989, 215 p.
- HASELEIN, C. R.; LOPES, M. C.; SANTINI, E. J.; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES, D. L. G.; MENEZES, L. F. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 145-155, 2004.
- HERNÁNDEZ, R.; ALMEIDA, G. Effects of wood density and interlocked grain on the shear strength of three Amazonian tropical hardwoods. **Wood and Fiber Science**, v. 35, n. 2, p. 154-166, 2003.
- HILLIS, W. H. Wood quality and utilization. In HILLIS, W. H.; BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production.** Melbourne: CSIRO, 1984. 434p.
- KRAWCZYSZYN, J.; ROMBERGER, J. A. Interlocked grain, cambial domains, endogenous rhythms, and time relations, with emphasis on *Nyssa sylvatica*. **American Journal of Botany**. v. 67, p. 228–236, 1980.
- 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**, v.58, p.111-125, 2000.
- LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; PIEDADE, S. M. S. Rachaduras de extremidades de tora e sua implicação nas rachaduras da madeira serrada. **Scientia Forestalis**, v. 61, p. 13-24, 2002.
- LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Cerne**, v.13, n.2, p.170-177, 2007.
- LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F. . Assessment of wood density of seven clones of *Eucalyptus grandis*. **Southern African Forestry Journal**, n. 191, p.21-27, 2001.
- LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C.R. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Árvore**, v. 28, n.1, p.107-116, 2004.
- LOBÃO, M. S.; DELLA LÚCIA, R. M.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Árvore**, v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

- LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função de variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira.** 2003. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- MALAN, F.S. Variation and inheritance of juvenile wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden with special reference to the effect of rate of growth. **South African Forestry Journal**, n. 157 p.16–23. 1991.
- MAURI, R. **Anatomia e densidade do lenho de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com variação de altitude e de topografia, no Estado de Minas Gerais.** 2010. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.
- MELO, V.M. **Variação nas produtividades da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes topografias e sujeitas a tempestade.** 2004. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil.** 1997. 429f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; SIMÕES, J. W.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1- avaliações dendrométricas das árvores. **Scientia forestalis**. n. 56, p. 113-124, 1999.
- PURNELL, R.C. Variation in wood properties of *Eucalyptus nitens* in a provenance trial on the eastern Transvaal highveld in South Africa. **South African Forestry Journal**, n.144, p.10-22, 1988.
- RAYMOND, C. A. Genetics of Eucalyptus wood properties. **Annals of Forest Science** 59: 525-531, 2002.
- ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias.** 2000. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito do modelo de desdobro na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, v. 8, n.2, p. 70-83, 2002.
- SANTOS, P. E. T. **Avaliação de características tecnológicas de madeira para serraria em progênies de polinização aberta de eucalipto e implicações para o melhoramento genético.** 2002. 153p. Tese (Doutorado

- em Agronomia) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- SANTOS, R. C.; MENDES, L. M.; MORI, F. A.; MENDES, R. F. Aproveitamento de resíduos da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*) para produção de painéis cimentomadeira. **Cerne**, v. 14, n. 3, p. 241-250, 2008.
- SCHACHT, L. **Variação de caracteres e suas implicações para melhoramento genético da madeira serrada de *Eucalyptus urophylla***. 1998. 58p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1998.
- SCHACHT, L.; GARCIA, J. N. Variação entre e interclones nas rachaduras de topo em *Eucalyptus urophylla*. In: IUFRO CONFERENCE OF SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. **Anais**. Colombo: EMBRAPA / CNPF, 1997. p. 401-404.
- SCHACHT, L.; GARCIA, J. N.; VENCOSKY, R. Variação genética de indicadores de tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, n. 54, p. 55-68, 1998.
- SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 160f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2002.
- THINLEY, C.; PALMER, G.; VANCLAY, J. K.; HENSON, M. Spiral and interlocking grain in *Eucalyptus dunii*. **European Journal of Wood and Wood Products**. vol. 63, n. 5, p. 372-379, 2005.
- TREVISAN, R.; DENARDI, L.; CARDOSO, G. V.; HASELEIN, R.; SANTINI, E. J. Variação axial do índice de rachaduras na base e no topo de toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**. n. 97, p. 75-81, 2013.
- VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; MODES, K. S.; CARVALHO, D. E.; MORAES, W. W. C.; SOUZA, J. T.; SUSIN, F. Estimativa da resistência da madeira de *Eucalyptus grandis* por meio de onda ultrassônica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 109-113, 2012.
- WEBB, C. D. Variation of interlocked grain in Sweetgum. **Forest Products Journal**, v. 19, n. 8, 1969.
- WEDDELL, E. Influence of interlocked grain on the bending strength of timber, with particular reference to utile and greenheart. **Journal of the Institute of Wood Science**. v. 7, p. 56-72, 1961.

WILSON, P. J. Splitting studies on logs of *Eucalyptus macarthurii*, *E. elata* and *E. radiata*. **Institute for Commercial Forestry Research anual report**, p. 135-142, 1985.

2 CONCLUSÃO GERAL

Os clones apresentaram diferenças nas propriedades analisadas. O diâmetro à altura do peito e as deformações residuais longitudinais foram parâmetros importantes na seleção de árvores, sendo possível escolher clones com melhor potencial para produção de madeira serrada.

A técnica de obtenção da DRL deve ser utilizada, visto a facilidade de obtenção da informação, sendo uma forma de predição da ocorrência de rachaduras em toras e tábuas serradas.

As rachaduras de topo de toras e em extremidade de tábuas ocorrem devido as tensões de crescimento. A grã inter cruzada reduz a ocorrência de rachaduras em toras e tábuas.

A variação no inter cruzamento da grã no lenho de diferentes clones também é uma forma de seleção de materiais genéticos para produção de serrados, sendo de fácil obtenção.

As madeiras com maiores índices de grã inter cruzada apresentaram menos defeitos na forma de rachaduras, porém geraram alterações em algumas propriedades físicas e mecânicas, não sendo indicadas para fins estruturais.

Se faz necessário maior conhecimento das propriedades da madeira de eucalipto para a produção de madeira serrada, visto a disponibilidade e a variabilidade de materiais genéticos disponíveis. O não conhecimento da variabilidade resulta na perda de receita com subutilização da madeira produzida, com potencial para maior agregação de valor.