



**TENSÕES DE CRESCIMENTO EM *Eucalyptus*
E SUAS RELAÇÕES COM ESPAÇAMENTO,
IDADE E MATERIAL GENÉTICO**

ANTÔNIO AMÉRICO CARDOSO JÚNIOR

2004

97342

4

58304

049906

ANTÔNIO AMÉRICO CARDOSO JÚNIOR

TENSÕES DE CRESCIMENTO EM *Eucalyptus* E SUAS
RELAÇÕES COM ESPAÇAMENTO, IDADE E MATERIAL
GENÉTICO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira, para obtenção do título de "Mestre".

BIBLIOTECA CENTRAL

UFLA

Nº CLAS T634.97342

CAR

ten

Nº REGISTRO 58304

DATA 13 02 04

Orientador

Prof. Dr. Paulo Fernando Trugilho

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

2004

BIBLIOTECA CENTRAL - UFLA



58304

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Cardoso Junior, Antônio Américo

Tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas relações com
espaçamento, idade e material genético / Antônio Américo Cardoso Junior -
- Lavras : UFLA, 2004.

85 p. : il.

Orientador: Paulo Fernando Trugilho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Eucalipto. 2. Tensão de crescimento. 3. Espaçamento. 4. Idade. 5.
Extensômetro. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.97342

ANTÔNIO AMÉRICO CARDOSO JÚNIOR

**TENSÕES DE CRESCIMENTO EM *Eucalyptus* E SUAS
RELAÇÕES COM ESPAÇAMENTO, IDADE E
MATERIAL GENÉTICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 18 de fevereiro de 2004

Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha

UFPR

Prof. PhD. José Tarcísio Lima

UFLA

Prof. PhD. Sebastião Carlos da Silva Rosado

UFLA



Prof. Dr. Paulo Fernando Trugilho

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

A minha esposa, Andrea Shan,
que sempre esteve junto comigo em todas as
conquistas mais importantes da minha vida...
Ao meu filho, Lucas,
meu bem-maior,

DEDICO

Ao meu pai, por nunca me deixar, à minha mãe, exemplo de
carinho, amor e dedicação.

Aos meus irmãos, Andréia e Andrés, pelo amor,
carinho, apoio e constante torcida.

À minha tia Vânia, pelo amor e pelo carinho.

À minha sogra, por me entender e pela
ajuda que sempre deu,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, pelo amor, educação, ensinamentos e apoio, mostrando-me e ensinando-me sempre os verdadeiros caminhos e conceitos da dignidade.

Aos meus irmãos, pela amizade, carinho e pelas brigas e ensinamentos.

A minha esposa, Andrea, pelo amor, companheirismo, dedicação, respeito, por entender e aceitar minhas ausências, pelo que me ensinou, e por todos os momentos bons e ruins que passamos juntos. Tenha para sempre meu eterno amor, respeito e gratidão e a meu filho, Lucas, meu maior incentivo, e que muito me ensina com o passar dos anos, obrigado por entender o papai.

A minha tia Vânia, pela ajuda na minha educação e pelo carinho.

Ao meu orientador Paulo Fernando Trugilho, por ter sido mais que um orientador e um amigo, mas um segundo pai, que sempre confiou no meu trabalho, ensinando-me e oferecendo oportunidades, e mostrando-me que o caráter, a ética, a honestidade, a humildade e, acima de tudo, o companheirismo são conceitos que definem um bom profissional, a quem devo 8 anos de aprendizagem, deixo a você o meu mais profundo agradecimento.

Ao Prof. José Tarcísio Lima, por quem nutro um grande respeito e admiração, pela confiança, ensinamentos, amizade e pela ajuda e incentivo na minha formação profissional. Obrigado pelas conversas, críticas e sugestões que só me fizeram amadurecer e crescer.

Ao Prof. Sebastião Carlos da Silva Rosado, pelas oportunidades oferecidas, carinho, amizade, atenção, orientação profissional e pessoal, ajuda na realização deste trabalho, com informações preciosas que muito abrilhantaram a formatação final.

Ao Prof. Márcio Pereira da Rocha (UFPR), por ter se disponibilizado a participar da minha banca de defesa. Obrigado pela inestimável contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Lourival Marin Mendes, Prof. Fábio Akira Mori e ao Prof. José Reinaldo Moreira da Silva, profissionais que sempre estiveram de portas abertas, procurando sempre ajudar e ensinar.

Ao amigo Clair Rogério da Cruz, ao qual tenho uma grande admiração e amizade obrigado pelos ensinamentos e conselhos.

Ao amigo Adalberto Caldas (Betão – O Clone), o qual muito me ajudou na coleta de dados, pelas conversas, risadas e pela confiança.

À coordenação de Pós-Graduação do Departamento de Ciências Florestais, pela oportunidade oferecida.

Ao professor José Roberto Scolforo, que por reconhecer minha capacidade, ajudou-me a seguir em frente.

A todos os professores do Departamento de Ciências Florestais, pelos ensinamentos passados e por sempre me atenderem quando precisei, em especial aos professores Calegário e Fausto.

Ao Prof. Luis Marcelo (passarinho), que me ajudou quando eu precisei, mesmo em cima da hora. Obrigado pela atenção e dicas e pela amizade que sempre demonstrou.

Ao Manga, amigo que me ajudou em momentos importantes, valeu a força!

Às secretárias Gláucia, Teresinha, Lillian, Marluci e Rosi; sem vocês os meus problemas teriam sido mais difíceis de resolver. Obrigado pela atenção e carinho que sempre tiveram comigo!

A Kátia, Dona Cidinha, Márcia, Beth, Renato, sobrinhos e sobrinhas, por sempre estarem prontos a ajudar a minha família, pelos bons momentos que passamos juntos (churrascos, ranchos, rios). Muito obrigado por terem sido um

porto seguro para nós em Lavras. Tenham o meu mais profundo agradecimento, amizade e lealdade. Que Deus abençoe a todos vocês.

A Grécia Oiama Dolabela Bicalho, amiga imprescindível nas horas boas e ruins, sempre pronta a ajudar, principalmente à minha família. Obrigado pelos uisquinhos, peixinhos, pezinhos de porco entre outros, discussões, conversas, conselhos e risadas.

Aos meus eternos amigos, Luisinho, Zigoto, Palelo, Ricardo, Sérgio, Pantanal, Maurício, Wagão, Cássia. Obrigado pelos anos de convivência e por me mostrarem que existem coisas mais importantes na vida, como a lealdade e amizade.

Às amigas Franciane e Vanete, saibam que tenho por vocês o mesmo carinho, amizade, lealdade, honestidade e admiração que sempre demonstraram ter por mim. A vocês, muito obrigado e continuem com esse caráter, essa personalidade e essa alegria que me fizeram dar muitas risadas.

Aos amigos de Pós-Graduação, Sérgio, Celso, Murilo, Cláudia, Adelson, Graciane, Yustane, Cíntia, Débora, Soraya Daniela, obrigado pela convivência.

Aos alunos da graduação, Felipe, Samuel, Alisson, Isaias, Renato, Rodrigo e a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos amigos Zé Francisco (Fazendeiro), Hernani, Gilson, Álvaro ("Seu Vico"), Zé Lopes e Carlinhos, pela convivência, aprendizagem, lição de vida e pelas boas risadas.

Ao Claret, pela amizade durante esses anos e pela ajuda.

A Companhia Mineira de Metais, pelo material e por todo o apoio logístico.

A todos os demais funcionários do Departamento de Ciência Florestais.

Ao PROCAD e ao CNPq, pela bolsa.

BIOGRAFIA

Antônio Américo Cardoso Júnior, nascido aos vinte e cinco dias do mês de janeiro de 1971, na cidade de Viçosa-M.G, é filho de Antônio Américo Cardoso e Maria Aparecida Cordeiro de Carvalho Cardoso.

Concluiu o 1^o grau na Escola Estadual Coronel Antônio da Silva Bernardes; 2^o grau no DESU, em Belo Horizonte-M.G, e graduando-se em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Lavras (UFLA), em 2001.

Mestre em Engenharia Florestal com área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira.

Atualmente cursa o Doutorado em Engenharia Florestal, na Universidade Federal do Paraná (UFPR), com área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1. TENSÕES DE CRESCIMENTO EM <i>Eucalyptus</i> E SUAS RELAÇÕES COM ESPAÇAMENTO, IDADE E MATERIAL GENÉTICO	1
1 Introdução.....	2
2 Referencial teórico	5
2.1 Influência do espaçamento e da idade em <i>Eucalyptus</i>	7
2.2 Tensões de crescimento.....	11
2.3 Medição das tensões de crescimento.....	12
2.4 Seleção de material genético em função da deformação residual longitudinal e do índice de rachadura.....	14
3 Referências bibliográficas	19
CAPÍTULO 2. INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO E DA IDADE NA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL DE CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	24
Resumo.....	25
Abstract	26
1 Introdução.....	27
2 Material e métodos	29
2.1 Descrição do local de experimentação	29
2.2 Material genético utilizado.....	29
2.3 Coleta dos dados.....	30
2.4 Delineamento experimental.....	35
2.4.1 Delineamento experimental para o experimento de espaçamentos	35
2.4.2 Delineamento experimental para o experimento de idades	35
3 Resultados e discussão	37
3.1 Resultados do primeiro experimento.....	37

3.2 Resultados do segundo experimento	44
3.2.1 Resultado do terceiro experimento	50
3.3 Resultados do quarto experimento	55
4 Conclusões	59
5 Referências bibliográficas	61
CAPÍTULO 3. RELAÇÃO ENTRE A DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL E O ÍNDICE DE RACHADURA EM GENÓTIPOS DE <i>Eucalyptus</i>	63
Resumo	64
Abstract	65
1 Introdução.....	66
2 Material e métodos	68
3 Resultados e discussão	73
4 Conclusões	84
5 Referências bibliográficas	85

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1. Resumo da análise de variância dos resultados da deformação residual longitudinal (DRL), do desvio da grã, diâmetro a 1,30 m (DAP) e altura total (HT).....	37
TABELA 2.2. Estimativas da parte complexa (acima da diagonal) e respectivos valores percentuais da interação complexa (abaixo da diagonal) da deformação residual longitudinal (DRL)	39
TABELA 2.3. Resultados médios da deformação residual longitudinal avaliada nos seis clones	41
TABELA 2.4. Resultados médios de três repetições do desvio de grã de seis clones de híbrido de <i>Eucalyptus</i> avaliados em quatro espaçamentos diferentes	44
TABELA 2.5. Resumo da análise de variância dos resultados da deformação residual longitudinal (DRL), do desvio da grã e altura total (HT), obtidos em 6 clones de <i>Eucalyptus</i> em 4 espaçamentos de plantio	46
TABELA 2.6. Estimativas da parte complexa (acima da diagonal) e respectivos valores percentuais da interação complexa (abaixo da diagonal) da deformação residual longitudinal (DRL)	47
TABELA 2.7. Resultados médios das características avaliadas nos 4 clones....	48
TABELA 2.8. Estimativas da parte complexa (acima da diagonal) e respectivos valores percentuais da interação complexa (abaixo da diagonal) do desvio da grã.....	49
TABELA 2.9. Resultados médios de três repetições do desvio de grã de quatro clones de híbrido de <i>Eucalyptus</i> avaliados em três espaçamentos diferentes, (3x3, 6x4 e 10x4)	50
TABELA 2.10. Resumo da análise de variância dos resultados da deformação residual longitudinal (DRL), do desvio da grã e altura total (HT), obtidos em 3 clones de <i>Eucalyptus</i> em 3 idades de plantio	51
TABELA 2.11. Estimativas da parte complexa (acima da diagonal) e respectivos valores percentuais da interação complexa (abaixo da diagonal) da deformação residual longitudinal (DRL)	52

TABELA 2.12. Resultados médios da DRL avaliada nos três clones em três idades.....	53
TABELA 2.13. Estimativas da parte complexa (acima da diagonal) e respectivos valores percentuais da interação complexa (abaixo da diagonal) do desvio da grã	54
TABELA 2.14. Resultados médios de três repetições do desvio da grã de três clones de híbrido de <i>Eucalyptus</i> avaliados em três idades diferentes.	54
TABELA 2.15. Resultados médios da deformação residual longitudinal (DRL) do clone 58 em três espaçamentos	55
TABELA 2.16. Resumo da análise de variância dos resultados da deformação residual longitudinal (DRL), do clone 58 em três espaçamentos.....	55
TABELA 2.17. Resumo da análise de variância dos resultados da deformação residual longitudinal (DRL), do clone 58 em cinco idades	57
TABELA 3.1. Símbolos e suas denominações para os índices de rachadura....	69
TABELA 3.2. Método utilizado para separar em classes os desvios padrões da deformação residual longitudinal (DRL).....	71
TABELA 3.3. Método utilizado para separar por classe de diâmetro a 1,30 m (DAP)	72
TABELA 3.4. Método utilizado para separar por classes de altura total (HT). 72	
TABELA 3.5. Médias da deformação residual longitudinal das árvores-matrizes analisadas	74
TABELA 3.6: Correlações entre DRL e diâmetro a 1,30 m (DAP), altura total (HT) e índices de rachadura (IR) para as classes de desvio padrão 1, 2, 3, 4, 5 e 6	78
TABELA 3.7. Correlações entre DRL e diâmetro a 1,30 m (DAP), altura total (HT), e índices de rachadura (IR) para as classes de diâmetro 1, 2, 3 e 4.....	79
TABELA 3.8. Correlações entre DRL e diâmetro a 1,30 m (DAP), altura total (HT), e índices de rachadura (IR) para as classes de altura 1, 2, 3, 4 e 5.....	80

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1. Gabarito usado para a fixação dos pinos, no sentido do desvio da grã, e marcação da posição para furo com arco-de-pua	31
FIGURA 2.2. Pinos fixados no sentido do desvio da grã a uma distância de 45 mm com a marcação da posição para furo com arco-de-pua	31
FIGURA 2.3. Extensômetro posicionado para leitura da DRL	32
FIGURA 2.4. Furo realizado com o arco-de-pua para a leitura DRL	32
FIGURA 2.5. Registro feito pelo extensômetro da DRL em “mm” após furo realizado com o arco-de-pua	33
FIGURA 2.6. Desvio da grã ($\alpha = \text{mm}$) na face norte.....	34
FIGURA 2.7. Riscador utilizado para determinação do desvio da grã	34
FIGURA 2.8. Efeito do espaçamento (ESP) na deformação residual longitudinal (DRL) do clone 3 de <i>Eucalyptus</i>	42
FIGURA 2.9. Efeito do espaçamento (ESP) na deformação residual longitudinal (DRL) do clone 5 de <i>Eucalyptus</i>	43
FIGURA 2.10. Efeito do espaçamento (ESP) na deformação residual longitudinal (DRL) do clone 6 de <i>Eucalyptus</i>	43
FIGURA 2.11. Efeito do espaçamento (ESP) sobre a deformação residual longitudinal (DRL) para o clone 6.	48
FIGURA 2.12. Efeito da idade sobre a deformação residual longitudinal (DRL) para o clone 6	53
FIGURA 2.13. Efeito do espaçamento (ESP) sobre a deformação residual longitudinal (DRL) no clone 58.	56
FIGURA 3.1. Esquema da retirada das pranchas externas (1), intermediárias (2) e internas (3).....	70
FIGURA 3.2. Comportamento da deformação residual longitudinal (DRL) em cada classe de desvio padrão (CDP).....	83

RESUMO GERAL

CARDOSO JÚNIOR, Antônio Américo. **Tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas relações com espaçamento, idade e material genético.** LAVRAS: UFLA, 2004. 85p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal)*

As tensões de crescimento são responsáveis por danos que podem ocorrer na madeira processada. Existem evidências que estas tensões são influenciadas por diversos fatores, tanto de origem genética como ambiental. Este trabalho foi conduzido com os objetivos gerais de avaliar a influência do espaçamento e da idade das árvores na deformação residual longitudinal (DRL) associadas às tensões de crescimento e selecionar árvores-matrizes de *Eucalyptus* em função da DRL e do índice de rachadura. O material avaliado foi proveniente de área de teste clonal e de uma área de seleção de matrizes, localizadas no município de Vazante e Paracatu, região noroeste do Estado de Minas Gerais. Para a determinação da DRL foi utilizado o extensômetro do "CIRAD-Forêt". Foram avaliados quatro experimentos, que variaram no espaçamento (6 m² a 40 m²), e na idade (36 a 156 meses), sendo o primeiro experimento com seis clones da mesma idade e local e em quatro espaçamentos diferentes, um segundo experimento de quatro clones no qual foi avaliado o efeito de três espaçamentos, um terceiro experimento por meio do qual avaliou-se o efeito de três idades, e um quarto experimento com um clone em três espaçamentos e cinco idades diferentes. Foram ainda medidos a DRL de setenta árvores-matrizes e os índices de rachadura das pranchas, com 4 cm de espessura e largura variável, provenientes de duas toras de 4,5 m de comprimento. Pelos resultados obtidos, pode-se concluir pela análise de variância que houve interação significativa entre espaçamento e clone para a DRL nos dois primeiros experimentos; o terceiro experimento apresentou interação significativa entre clone e idade para a DRL, e que o clone do quarto experimento apresentou redução da DRL, com a ampliação do espaçamento e uma tendência de variação quadrática da DRL em relação à idade.

* Comitê Orientador: Paulo Fernando Trugilho - UFLA (Orientador), José Tarcísio Lima - UFLA (Co-orientador), Lourival Marin Mendes - UFLA (Co-orientador).

GENERAL ABSTRACT

CARDOSO JÚNIOR, Antônio Américo. **Growth stresses in *Eucalyptus* and their relationships with spacing, age and genetic material.** LAVRAS: UFLA, 2004. 85p. (Dissertation – Master in Forest Engineering)*

The growth stresses are responsible for damage that can occur in processed timber. There are evidences that these stresses are influenced by several factors, both from genetic and environmental source. The objective of this work was to verify the influence of the spacing and of age of the trees in the longitudinal residual strain (DRL) in *Eucalyptus* clones. The material were collected at Vazante and Paracatu regions, Northwest of Minas Gerais State, Brazil. For determination of DRL was utilised an extensometer “CIRAD-Forêt” Four experiments were evaluated: the first experiment with six clones of same age and site, but four different spacing; the second experiment with four clones and three spacing; the third experiment with three clones with three ages; the fourth experiment with one clone and five different ages, planted in three spacing. The results showed that there was significant effect of both interaction clone-spacing and clone-age on the DRL. For the first experiment the results showed that clones 1, 2 and 4 were not influenced by the spacing. Clones 3 and 5 presented reduction of DRL with the enlargement of the spacing, whilst for clone 6, the effect was inverse. In relation to the second experiment DRL of clone 6 increased with the opening of the spacing, while for clones 7, 10 and 44 the spacing have not caused alteration in the magnitude of DRL. The third experiment, evaluating the effect of the age on DRL, showed that only DRL of clone 6 suffered reduction with the increase of age. The fourth experiment indicated a linear reduction in DRL with the enlargement of the spacing and a tendency of quadratic variation for the age factor.

* Guidance Committee: Paulo Fernando Trugilho - UFLA (Adviser), José Tarcísio Lima - UFLA (Co-adviser), Lourival Marin Mendes - UFLA (Co-adviser).

CAPÍTULO 1

TENSÕES DE CRESCIMENTO EM *Eucalyptus* E SUAS RELAÇÕES COM ESPAÇAMENTO, IDADE E MATERIAL GENÉTICO

1 INTRODUÇÃO

A utilização da madeira de *Eucalyptus* para novos usos tem tomado impulso cada vez maior, devido ao seu rápido crescimento vegetativo, sua boa adaptabilidade a diversos ambientes, boas características silviculturais, tecnológicas, entre outras. O aumento da possibilidade de usos dessa notável matéria-prima contribuirá com a redução do consumo de madeiras nativas, devido à diminuição da sua exploração, o que reduzirá significativamente o perigo de extinção de determinadas espécies florestais.

Nos últimos anos, as empresas florestais têm apostado na adequação de tratamentos silviculturais e em programas de melhoramento genético. Entretanto, o grande potencial de ganho econômico e técnico gerado pelo melhoramento genético do *Eucalyptus* restringiu-se, na maioria dos casos, às características de crescimento.

Apesar das qualidades silviculturais alcançadas com a madeira de *Eucalyptus*, essa apresenta problemas de diversos aspectos, os quais vão desde a sua colheita, até a utilização final, o que ocasiona sua depreciação no mercado madeireiro. Defeitos como as rachaduras e os empenamentos, provocados pelas tensões de crescimento, o colapso, a presença de nós, entre outros, são atributos que os pesquisadores devem procurar minimizar, via seleção de material genético de qualidade.

A seleção de material, levando-se em consideração as propriedades físicas, químicas, mecânicas e anatômicas da madeira, associadas aos aspectos silviculturais, deve ser prática usual, visando a melhorar o desenvolvimento do vegetal e o seu desempenho industrial.

Os tratamentos silviculturais, que possibilitam a melhoria do ambiente, proporcionam aceleração no ritmo do crescimento e podem contribuir com o

aumento dos níveis de tensões de crescimento na planta. O efeito da abertura do espaçamento, em especial, nos plantios destinados a projetos de agrossilvicultura, pode contribuir para a queda na qualidade da madeira, pois poderia potencializar os níveis dessas tensões. Deve ser enfatizado que como as tensões de crescimento podem ter origem de fatores genéticos e ambientais, o seu efeito será diferenciado de acordo com o material genético e a interação genótipo x ambiente.

Todavia, a literatura carece de maiores informações sobre até que ponto a alteração da área por planta afetaria de fato os níveis das tensões de crescimento. A busca por indivíduos que desenvolvam menores níveis de tensões ou mesmo aqueles que têm a capacidade de suportar maiores níveis sem, no entanto, apresentarem defeitos graves, e ao mesmo tempo, definir em qual espaçamento e qual a idade mais adequada passa a ser tarefas importantes e necessárias.

As tensões de crescimento promovem sérias conseqüências negativas sobre a madeira processada, ocasionando uma redução nos rendimentos em serrados e até mesmo conceituando de forma genérica e preconceitual a matéria-prima. Devido à importância que as tensões de crescimento assumem em relação à seleção de material mais adequado para a utilização como sólido, deve-se procurar avaliar cuidadosamente as técnicas silviculturais de plantio, além das espécies ou clones que apresentem tensões de crescimento mais baixas, visando a minimizar esse defeito de presença tão marcante na madeira de *Eucalyptus*.

Além dos aspectos de topografia, existência de ventos dominantes, sítio, qualidade do material, como tortuosidade e bifurcações, entre outras, a idade é mais uma característica que deve ser analisada, visando a buscar uma idade ótima de corte, procurando minimizar os níveis de rachaduras de topo depois da derrubada e após desdobro decorrente dessas tensões de crescimento.

Vários trabalhos foram realizados com o objetivo de avaliar outras características da madeira em função da idade, características essas que apresentam uma enorme heterogeneidade. O aumento da idade provoca profundas alterações na madeira. As características físicas, químicas, anatômicas e mecânicas da madeira sofrem modificações com o envelhecimento da árvore, tanto transversalmente como longitudinalmente, o que, de certa forma, pode prejudicar ou favorecer a sua utilização final.

O aumento da idade acarreta deposições de novas células sobre as já lignificadas, as quais podem alterar os níveis de tensões na madeira. A alteração dos níveis de tensões existentes na madeira pode favorecer ou não o aparecimento de defeitos, dependendo, é claro, se os níveis aumentam ou diminuem com o passar do tempo, em função da modificação na estrutura da madeira juvenil para a adulta.

Dessa maneira, como a madeira de *Eucalyptus* apresenta uma grande variabilidade nas suas características tecnológicas, a seleção de árvores-matrizes deve ser realizada, não considerando somente as características de crescimento e tratos silviculturais, mas, desde o início do plantio, avaliando o indivíduo também em relação à maturidade tecnológica.

Nesse contexto, com esse trabalho tem como objetivos gerais avaliar os níveis das tensões de crescimento na árvore, por meio da deformação residual longitudinal, e verificar o desvio de grã, verificando-se os efeitos do espaçamento e da idade sobre essas características em clones de *Eucalyptus*. Objetivou-se, ainda, determinar a relação existente entre a deformação residual longitudinal e o índice de rachadura em árvores-matrizes de híbridos de *Eucalyptus*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil, o uso de madeira de *Eucalyptus* concentrou-se basicamente na produção de celulose e papel e na produção de carvão vegetal para os mais variados usos, sendo que principalmente para a indústria siderúrgica. No ano de 1997, foram produzidos no Brasil 23.600.000 mdc (metros cúbicos de carvão), em que 75% desses eram de madeira de reflorestamento de *Eucalyptus* (Rocha, 2000). As espécies cultivadas de *Eucalyptus* possuem uma ampla faixa de densidade, constituição química e anatômica, o que leva, conseqüentemente, a diferenças nas suas propriedades, possibilitando, assim, usos diferenciados na madeira (Vital e Della Lucia, 1986).

Sabe-se que a madeira de *Eucalyptus* possui determinadas características que restringem a sua utilização para novos usos, como, por exemplo, a indústria moveleira, aumentando, assim, seu valor comercial e conservando os recursos florestais naturais. Características descritas na literatura, como, por exemplo, bolsas de quimo, rachaduras e empenamentos de diversas formas e correlacionados com diversas características da madeira como grã, tensões de crescimento, madeira juvenil, entre outras, são objetos de pesquisa.

Tais problemas mencionados podem ser minimizados, estabilizados ou até extintos de diversas formas, entre elas, a seleção de matéria-prima de alta qualidade, proveniente de programas de melhoramento genético, métodos silviculturais adequados, sistema de colheita que visam a minimizar o impacto da queda e colisão com outras árvores ou tocos, procurando evitar a liberação das tensões de crescimento e/ou, a ocorrência de rachaduras, acarretando danos à madeira.

O gênero *Eucalyptus* é considerado uma madeira de difícil processamento, em virtude de várias razões, entre elas os elevados níveis das

tensões de crescimento, (Rech, 2001b). Todo vegetal lenhoso apresenta algum nível de tensão de crescimento. Esses níveis são muito variáveis e dependem tanto do fator genético como do ambiental. Souza (2002), avaliando indiretamente os níveis das tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus* plantados no espaçamento 10x4 (40 m²), verificou que essa característica apresenta forte controle genético, sendo a herdabilidade estimada em 94,3%. Do ponto de vista do fator ambiental, o espaçamento e os desbastes podem reduzir ou aumentar os níveis de tensões de crescimento devido à formação de madeira de reação provocada pela reorientação das copas no caso de desbastes mais intensos, presença de ventos dominantes, o que gera formação de lenho de tração.

O espaçamento praticado no plantio é um dos principais fatores que afetam a formação das florestas, seus tratos culturais, a qualidade da madeira, sua extração e, conseqüentemente, os custos de produção (Simões et al. citados por Miranda e Nahuz, 1999). Segundo os autores, é um fator de grande importância para o desenvolvimento das árvores sob os aspectos tecnológicos, silviculturais e econômico.

O espaçamento pode influenciar várias características quantitativas e qualitativas, interferindo significativamente na morfologia das árvores e no seu crescimento, em particular no diâmetro, independente do fator genético, (Shimoyama e Barrichelo; Brasil e Ferreira; Mello et al.; Coelho et al. citados por Miranda e Nahuz, 1999).

Em trabalho realizado com cinco procedências de *Eucalyptus grandis*, não foram encontradas variações significativas nos níveis de tensões de crescimento medidos pelo índice de rachadura (IR), entre as procedências analisadas. No entanto, testando a correlação entre o IR e o diâmetro a 1,30 m (DAP), houve correlações significativas para as cinco progênies, e pelos valores obtidos infere-se o IR decresce com o aumento do DAP (Fernandes et al., 1989).

Diversas técnicas, por métodos e ensaios não-destrutivos, vêm constituindo-se em importantes ferramentas de avaliação das propriedades da madeira, sendo utilizadas para qualificar as propriedades do material sem que ocorra comprometimento do seu uso. O método não destrutível e indireto, por meio da avaliação da deformação residual longitudinal, mensurada pelo extensômetro (medidor de deformações causadas pelo crescimento), é um exemplo típico e tem demonstrado ser uma ferramenta muito útil para a ciência e tecnologia da madeira e para o melhoramento florestal (Trugilho et al., 2002).

2.1 Influência do espaçamento e da idade em *Eucalyptus*

No passado, várias pesquisas sobre espaçamento foram realizadas na tentativa de se verificar qual seria a área mínima a ser ocupada por planta que maximizasse a produção. O espaçamento praticado no plantio é fator importante, pois afeta a formação das florestas, seus tratamentos culturais, a qualidade da madeira, sua extração e, conseqüentemente, os custos de produção (Simões et al., citados por Miranda e Nahuz, 1999). O espaçamento afeta o desenvolvimento das árvores, tanto sob o aspecto tecnológico, como o silvicultural e econômico.

Um crescimento satisfatório das árvores deve ser alcançado para se obter madeira de dimensões mais adequadas para serraria. Nesse sentido, espaçamentos mais amplos podem ser adotados, desde que os efeitos proporcionados com o aumento da área por planta não prejudiquem as características da madeira. A sua interação com os materiais genéticos deve ser avaliada e considerada para que seja possível obter madeira com melhor qualidade e proporcionar maiores ganhos com a seleção (Silveira et al., 1999).

A escolha do espaçamento de plantio fundamenta-se no uso final da madeira. Inúmeros estudos foram desenvolvidos com vistas à produção de madeira para celulose e/ou chapas de fibra. Considerando-se a diversidade de comportamento das espécies florestais e as diferentes qualidades de madeiras

exigidas para cada uso, espera-se que o espaçamento ideal para produção de celulose, por exemplo, possa não ser o adequado para produção de madeira para serraria (Balloni e Simões, 1980).

Povoamentos de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com espaçamentos entre 3,0 x 1,5 e 3,0 x 2,0 m, em São Paulo, já se encontram em estagnação a partir dos sete anos. O problema relacionado com espaçamento mais adensado é a ocorrência de competição entre as plantas antes do primeiro desbaste, recomendado aos 4 anos. Entretanto, aumentando o espaçamento, têm-se problemas com ramos de maiores diâmetros, redução da desrama natural, a qual induz o uso da desrama artificial, gerando custo maior e menor volume de madeira por hectare (ha) no primeiro desbaste, além da primeira tora se apresentar bastante cônica, o que gera menor aproveitamento na serraria (Rech, 2001b).

Outra alternativa para modificar a área por planta é a adoção de desbastes periódicos. O benefício do desbaste é disponibilizar madeira em período de tempo mais curto e, dessa forma, gerar renda para amortizar o investimento florestal. Os desbastes reduzem a densidade populacional e, caso não promovam novas orientações das copas nos indivíduos remanescentes, podem reduzir o nível das tensões de crescimento. Entretanto, os desbastes rigorosos poderão induzir novas orientações das copas e, nesse caso, o problema das tensões de crescimento poderá ser agravado (Kubler, citado por Lima et al., 2002). O autor cita, ainda, que em trabalhos realizados por Opie, os desbastes pesados aumentaram em 30% as tensões de crescimento em uma população clonal de “poplar”.

Entretanto, Ferrand (1983), estudando o efeito dos desbastes na deformação residual longitudinal (DRL) em duas espécies de *Eucalyptus*, verificou que desbastes suaves não influenciaram a DRL, mas desbastes pesados e prematuros reduziram os níveis das deformações, indicando uma relação entre

as deformações e a competição existentes em plantios mais densos, relação essa verificada pelo autor ao comparar a área basal do povoamento e o nível de deformação. O autor cita que em populações mais densas, os problemas de tensões de crescimento podem ser mais graves devido ao pequeno diâmetro das árvores, que podem apresentar maiores tensões.

Lima et al. (2000) constataram que não houve interação entre a intensidade do desbaste e o índice de rachadura, independentemente da posição longitudinal da tora, demonstrando que não existe variação nesse índice no sentido da base para o topo. Resultado semelhante foi encontrado por Souza (2002), que não encontrou diferença entre as deformações medidas no DAP e a três metros de altura.

Adotar plantios em espaçamentos mais amplos e, portanto, de menor custo de implantação, ou promover desbastes na floresta são pontos que devem ser considerados no planejamento florestal, de acordo com o destino que se deseja dar à matéria-prima.

Outro importante ponto a ser considerado na busca de material genético superior com menor propensão a rachaduras, empenamentos e outros defeitos associados à tensão de crescimento é a idade. Diversos trabalhos associando a idade com as características da madeira foram realizados no passado. A influência da idade sobre as propriedades da madeira já está bem elucidada; nesse sentido, citam-se os trabalhos de Lima et al., 1990; Rosado, 1982; Trugilho et al., 1996; Malan, 1995; Foelkel e Barrichelo, 1975; Barrichelo e Brito, 1976; Pettersen, 1984. Segundo Kollmann e Coté (1968), as propriedades mecânicas da madeira são fortemente influenciadas por diversos fatores dos quais a idade se apresenta como um dos mais importantes. Com o aumento da idade, ocorre a presença de fibras mais longas, formação de madeira mais estável, aumento da densidade no sentido medula-casca em *Eucalyptus*, aumento da resistência mecânica, entre outros.

Nesse contexto, as tensões de crescimento também podem sofrer alteração na sua magnitude com o aumento da idade do vegetal, porém, a literatura é ainda controversa com relação a esse fato. As tensões internas têm maior intensidade nas árvores mais jovens e tendem a reduzir com o aumento da idade (Rech, 2001b). Entretanto, Jacobs (1945), avaliando *Eucalyptus gigantea*, não encontrou relação entre tensão de crescimento periférica e idade da árvore.

Trugilho et al. (2003), avaliando os níveis de tensões de crescimento em árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden, aos 8, 13, 15 e 19 anos de idade, não encontraram efeito significativo da idade, porém, verificaram que existe uma tendência de aumento dos níveis de tensão com a idade do povoamento.

Sella (2001) reiterou que as rotações longas de plantações de *Eucalyptus* proporcionam maiores diâmetros das toras, beneficiando a qualidade e acarretando maiores rendimentos no desdobro, além de maior estabilidade da madeira, devido à maior quantidade de cerne, possibilitando, ainda, a obtenção de produtos de maior valor agregado, pela proporção de madeira limpa, de qualidade superior. Calori et al. (1995) realizaram um estudo comparativo da madeira de *Eucalyptus grandis*, com idades entre onze e vinte e um anos para uso em serraria, classificando-a, dentro do conceito de qualidade para a indústria moveleira; verificaram que a madeira de maior idade apresentou rendimentos significativamente superiores em madeira serrada, bem como maior qualidade após a etapa de secagem. Concluíram, ainda, que a idade considerada ideal para uso em serraria, para fins de movelaria, estava em torno de vinte anos, baseando-se nas características físico-mecânicas desejáveis da madeira e no retorno econômico do investimento florestal.

O fator idade é uma nova fonte de informações que deve ser avaliada, pois sua influência nas características da madeira é consenso entre os pesquisadores e tem sido alvo de novas investigações.

2.2 Tensões de crescimento

Dos problemas relacionados à madeira de *Eucalyptus* sp, os mais importantes, sem dúvida, são os ocasionados pelas tensões de crescimento, que se iniciam durante o desenvolvimento da parede secundária das fibras (Oliveira, 1999). As tensões de crescimento estão intimamente relacionadas à ocorrência de rachaduras e empenamentos diversos na madeira, sendo uma característica que contribui significativamente com a depreciação do seu valor de mercado.

Hillis e Brown, citados por Archer (1986), afirmaram que as tensões de crescimento originam-se na fase de deposição de lignina nas células, expandindo-as e conseqüentemente provocando uma retração no sentido axial. Devido à maior rigidez das células vizinhas, ocorre uma restrição à redução do comprimento celular, o que leva à formação das tensões de tração longitudinal, as quais vão se formando nas camadas das células recém-formadas. Por outro lado, a tensão de compressão observada no centro do tronco ocorre devido ao aumento do diâmetro, e que se espalha em toda seção transversal do tronco. Jacobs, citado por Trugilho et al. (2002), afirma que tensões de crescimento originam-se em fibras recém-diferenciadas, causando uma tração longitudinal no câmbio e induzindo uma tensão compressiva à seção transversal do caule.

De acordo com essa teoria, as tensões de crescimento são geradas dentro do tecido da madeira, nas deposições consecutivas das novas camadas de células a partir do câmbio, durante o desenvolvimento da árvore. Essas novas células tendem a expandir-se lateralmente, enquanto, simultaneamente, se contraem no sentido longitudinal. Cada camada de células adicionada ao tronco causa um estado de tensão externa (tração). Como resultado surgem, na parte central do tronco, forças de compressão compensatórias (Kauman et al., 1995; Kubler, 1987; Malan, 1995; Shield, 1995 citados por Miranda e Nahuz, 1999).

As pesquisas atualmente estão voltadas para a busca de material resistente às rachaduras e aos empenamentos decorrentes das liberações das

tensões de crescimento e da secagem da madeira processada. Segundo Rech (2001a), essa é uma prática corriqueira na África do Sul, sendo o melhoramento focado para selecionar árvores de *Eucalyptus* que forneçam toras com menor propensão a rachaduras de topo. Os resultados dos ganhos obtidos têm incentivado a continuação dessa atividade nos futuros programas de melhoramento desse gênero para a produção de madeira serrada.

2.3 Medição das tensões de crescimento

Existem vários métodos de se determinar os níveis de tensões de crescimento na madeira. Os métodos podem servir para analisar os níveis de tensão de crescimento residual em toras ou diretamente na árvore em pé.

As tensões de crescimento são determinadas com base na medição de alterações nos comprimentos de peças de madeira, após a liberação de suas junções a elementos vizinhos, dentro do tronco de uma árvore (Lisboa, 1993). Em consequência, os processos de medições utilizados determinam as deformações ou deslocamentos e não propriamente as tensões. De acordo com a distribuição das tensões no interior do tronco, peças de madeira removidas da periferia do tronco tenderão a diminuir de comprimento em resposta ao seu estado de tração. Inversamente, peças removidas próximas à medula tenderão a alongar-se, em resposta ao estado de compressão anterior.

Uma vez determinada a deformação de uma peça em relação ao seu comprimento (deformação residual longitudinal - DRL), quando ainda no interior da árvore, basta multiplicar esse valor pelo correspondente módulo de elasticidade determinado na própria peça em que foi medida a alteração de comprimento ou, simplesmente, multiplicá-lo pelo valor médio desse módulo, determinado em laboratório para a espécie em questão, para estimar as tensões de crescimento (Lisboa, 1993).

Deformações longitudinais periféricas podem ser determinadas pela liberação de tensões proporcionadas por dois orifícios perfurados acima e abaixo do extensômetro de medição fixados no tronco de uma árvore. A medição das deformações periféricas no tronco refere-se tão somente à madeira mais recentemente formada. De acordo com Archer (1986) esse método é relativamente simples, de execução rápida, somente destrutivo localmente e pode ser aplicado na própria árvore. De acordo com esse método, é possível examinar detalhadamente as tensões periféricas ao longo do comprimento de toras e árvores.

Dessa forma, a comparação de árvores individualmente e o acompanhamento das alterações que possam ocorrer em tratamentos para redução e seleção daquelas com reconhecidas baixas tensões, visando à recondução de experimentos de propagação vegetativa (clonagem), são alternativas viáveis para a produção futura de madeira mais estável e homogênea. A perfuração dos orifícios fornece uma estimativa da total liberação das deformações próximas a eles, sendo 15% inferior ao valor obtido com a remoção completa da peça de madeira (Nicholson, 1971). Conseqüentemente, esse método é apenas indicado para trabalhos de campo, onde se deseja conhecer a intensidade aproximada das deformações de crescimento, sua distribuição periférica, sua variação entre árvores e espécies. Esse procedimento é conhecido com método de Nicholson.

O método de medição das deformações periféricas é de importância prática, embora não informe a magnitude e a distribuição radial das tensões longitudinais no interior do tronco. Para isso, pode-se empregar o denominado método de Jacobs. Esse método é detalhadamente descrito por Archer (1986) e não será objeto de abordagem neste estudo.

Mesmo considerando a importância do conhecimento e dos efeitos das tensões de crescimento para a utilização da madeira, no Brasil, esse tema tem

sido pouco estudado. Mais recentemente, entretanto, devido ao crescente emprego do *Eucalyptus* como produtor de madeira serrada, várias questões sobre os níveis, os efeitos, as variações e possíveis formas de controle das tensões de crescimento têm surgido. Entre outros, citam-se os trabalhos de Lisboa (1993), Schacht et al. (1998) e Souza (2002).

2.4 Seleção de material genético em função da deformação residual longitudinal e do índice de rachadura

A variação das tensões de crescimento ocorre com a espécie, entre os indivíduos da mesma espécie e dentro de um mesmo indivíduo, aumenta com a altura da árvore e com eventuais medulas excêntricas (Vignote et al., 1996).

Para se introduzir um programa de melhoramento genético, o passo inicial é a escolha da espécie. Devido à variabilidade existente entre as espécies de *Eucalyptus*, é fácil a identificação dos caracteres desejáveis em florestas plantadas com características fenotípicas dominantes. O segundo passo é a identificação dos caracteres desejáveis, como fatores de crescimento, capacidade produtiva, adaptabilidade, resistência a doenças e, por fim, propriedades físicas e mecânicas da madeira. Esses caracteres devem representar um potencial herdável significativo para estarem contidos na seleção genética (Lopes, 2003).

Souza (2002) avaliou as tensões de crescimento em diferentes clones de *Eucalyptus* plantados em espaçamento amplo de 10 x 4 m, em duas alturas diferentes, no DAP e a três metros. O autor encontrou grande variação existente entre os materiais avaliados, alta variabilidade associada às tensões de crescimento e não encontrou diferença estatística entre as duas posições longitudinais (DAP e 3 m). Schacht (1998), estudando a variação genética de indicadores de tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, após avaliação de 27 clones, concluiu que as rachaduras e empenamentos da madeira serrada verde são caracteres altamente herdáveis.

Ao se considerar o desenvolvimento de programas de melhoramento genético para determinada finalidade, esse se torna de fundamental importância para o conhecimento da existência da variabilidade nas características de interesse e o nível de controle genético. (Rech, 2001a).

A evolução científica, ao longo dos tempos, promoveu a descoberta de novas fronteiras em todas as áreas tecnológicas; como, por exemplo, o mapeamento genético de algumas espécies de uso agrícolas e florestais, que impulsionaram o avanço tecnológico em aspectos ambientais, sociais e econômicos. O melhoramento genético do gênero *Eucalyptus* destaca-se nesse novo horizonte como alvo contínuo de avanço tecnológico e fonte de pesquisa científica florestal (Lopes, 2003). Segundo o autor, atualmente busca-se a interação perfeita entre matéria-prima e a qualidade do produto final, mediante trabalho conjunto dos setores de produção florestal e industrial, e, dependendo do produto a ser obtido, as árvores terão que apresentar características adequadas e distintas, o que leva as técnicas de melhoramento florestal serem bastante diferenciadas das técnicas utilizadas no melhoramento de celulose e carvão (Rech, 2001a).

No Brasil, desde a sua introdução no início do século passado, o *Eucalyptus* alcançou o primeiro lugar em área plantada no mundo. Detentor de grande “know how” na silvicultura, melhoramento genético e manejo, principalmente pelo desenvolvimento tecnológico a partir da década de 70, pelas grandes empresas de celulose e energia (Sella, 2001).

Dessa forma, o gênero *Eucalyptus* se apresenta como uma opção potencial para a produção de madeira, não apenas pela sua capacidade produtiva e alta adaptabilidade, mas, sobretudo, pela grande diversidade de espécie, o que torna possível atender aos requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos da produção industrial de madeira (Assis, 1999).

Durante muito tempo, a seleção de árvores para um programa de melhoramento florestal, no Brasil, foi baseada em valores fenotípicos das características de crescimento, preocupando-se, basicamente, com a produção volumétrica (Trugilho, 1995). A evolução do melhoramento genético do *Eucalyptus* é indiscutível; porém, seus primórdios basearam-se nos fatores dendrométricos para maior produção de madeira por hectare de floresta plantada e no fator massa específica básica para homogeneização da qualidade na indústria de celulose e papel e na indústria energética (Lopes, 2003).

A qualidade do produto final deve unir de forma harmoniosa a área florestal com a industrial, em que o objetivo principal seja formar florestas produtivas silvicultural e tecnologicamente, no intuito de obter um produto final com a qualidade desejada pelo cliente (Comério e Xavier, 1996).

As estratégias atuais de melhoramento devem incluir inicialmente materiais genéticos com características satisfatórias à produção florestal e apresentar propriedades tecnológicas que satisfaçam o setor industrial (Caixeta, 2000). O direcionamento do melhoramento genético não deve utilizar apenas os aspectos de crescimento para a seleção de material geneticamente superior, mas também as propriedades tecnológicas inerentes a cada material analisado, procurando, dessa forma, caracterizar as madeiras não só para a produção de celulose e energia, mas também para uso de produtos sólidos, como serraria, laminação, entre outros.

Ente as propriedades tecnológicas, as propriedades físicas e mecânicas são de grande importância, pois podem ser responsáveis por diversos defeitos decorrentes no processamento e na utilização final da madeira. Entre as propriedades físicas mais estudadas, encontram-se a densidade, coeficiente de anisotropia e as contrações, radial e tangencial principalmente. Entre as propriedades mecânicas mais estudadas, visando à seleção de material genético superior, pode-se citar a flexão perpendicular às fibras, compressão paralela às

fibras, dureza, que apresenta uma grande correlação com a densidade, tração paralela às fibras e tensões de crescimento. Entretanto, dizer de forma categórica quais são as características mais importantes para se embasar um programa de melhoramento genético é arriscado, sem saber, ao certo, qual será o uso futuro da madeira. Todavia, em se conhecendo o uso a ser dado a madeira, as estratégias para o melhoramento passam a ser facilmente identificáveis. Por exemplo, o uso da madeira para serraria solicita avaliar os empenamentos e as rachaduras em toras e tábuas.

Variações no índice de rachaduras são observadas nas espécies, procedência e indivíduos. Isso indica que a seleção pode, efetivamente, produzir alterações positivas, no sentido de reduzir rachaduras em toras e tábuas de *Eucalyptus* (Hillis e Brown, 1984).

A avaliação de progênies de árvores selecionadas é uma forma de estimar o nível de controle genético da característica estudada. Para rachaduras das extremidades de toras de *Eucalyptus saligna* provenientes de um teste de polinização livre, foram encontradas variações significativas entre famílias, em que se obteve uma estimativa de 0,20 para herdabilidade da característica, com predição de ganhos genéticos de ordem de 6,4%, na redução das rachaduras, em relação à média da população (Malan, 1979). Entretanto, 50% do índice do índice de rachadura de topo explicam essas rachaduras; as variáveis que respondem pelos outros 50% devem ser buscadas, mas esse índice pode ser considerado uma propriedade muito importante e útil na seleção de árvores de *Eucalyptus* para uso em serraria (Lima et al., 2001).

Em trabalhos realizados na África do Sul com *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, nas características de rachaduras de toras e tábuas, foram encontradas variações significativas; assim como os locais de coleta apresentaram variações significativas, sugerindo, assim, que além da seleção clonal, se utilize um

zoneamento ambiental como estratégia para a produção de madeira, com menores níveis de tensão de crescimento (Rech, 2001b).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHER, R. R. "Growth stresses and strains in trees". Berlin: Springer-Verlag, 1986. 24 p.
- ARCHER, R. R. On the distribution of the growth stresses: part-3 – the case of inclined grain. *Wood Science Thechnology*, New York, v. 13, n. 1, p. 67-78, 1979.
- ASSIS, R. L.; FERREIRA, M. M.; MORAIS, E. J. et al. Produção de biomassa de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 151-156, abr./jun. 1999.
- ASSIS, T. F. Aspectos do melhoramento de *Eucalyptus* para a obtenção de produtos sólidos de madeira. In: WORKSHO "TÉCNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE MADEIRA DE *EUCALYPTUS*", 1999, Viçosa. *Anais...* Viçosa-MG: UFV, 1999. p. 61-72
- BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. "O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais". *Série Técnica IPEF*, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 1-16, 1980.
- BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. A madeira das espécies de *Eucalyptus* como matéria prima para a indústria de celulose e papel. Brasília/DF: PRODEPEF, 1976. 145 p. (Série de Divulgação, n. 13).
- CAIXETA, R. P. **Propriedades da madeira de *Eucalyptus*: classificação e seleção de genótipos utilizando marcador molecular e análise multivariada.** 2000. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- CALORI, J. W.; FIER, I. S. N.; KIKUTI, P. Estudo das propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* em diferentes idades. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 5., 1995, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: EBRAMEM-EESC/USP, 1995. 116 p.
- COMÉRIO, J.; XAVIER, A. Estratégia de melhoramento para a qualidade da madeira na Champion. In: SIMPÓSIO IPEF, 6., 1996, São Paulo. *Anais...* Piracicaba: UPEF, 1996. v. 3, p. 1-4.

FERNANDES, P. S.; FLORSHEIM, S. M. B.; ROCHA, F. T. "Tensões de crescimento em precedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características das fibras e densidade básica". **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 215-234, jul. 1989.

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

FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G. Avaliação das madeiras para produção de celulose através de suas características estruturais: uma referência especial para o gênero *Eucalyptus*. In: SEMINÁRIO DE INTEGRAÇÃO FLORESTA-INDÚSTRIA, 1975, Piracicaba/SP. **Seminário...** Piracicaba: IPEF, 1975. p. 5-33.

JACOBS, M. R. **The growth stresses of wood stems**. London: Commonwealth Forestry Bureau, 1945. (Bulletin, n. 28).

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

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

LIMA, J. T. **Relações entre características da madeira do *Eucalyptus* e a susceptibilidade de suas árvores a danos causados pela ação do vento**. 2002. (Relatório Técnico).

LIMA, J. T. **Resistência a perfuração da madeira de *Eucalyptus* com o resitrógrafo e sua relação com outras propriedades**. 2001. 42 p. (Relatório Técnico).

LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. da S.; OLIVEIRA, A. D. Évaluation précoce de la densité du bois de clones de *Eucalyptus grandis*. In: WORD CONGRESS/TUFRO, 19., 1990, Montreal, Canadá. **Proceedings...** Montreal, Canada, 1990. v. 5, 440 p.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. da S. Novas metodologias empregadas para avaliar variações nas características da madeira de *Eucalyptus*. In: SÓLIDOS DE *EUCALYPTUS*: AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS, 2002, Lavras. **Anais Sólidos de *Eucalyptus*: avanços científicos e tecnológicos**. Lavras: UFLA, 2002. p. 135-149.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. da S.; CRUZ, C. R. da. Deformação residual longitudinal decorrentes de tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas associações com outras propriedades. *Revista Árvore*, Viçosa, 2001. (Submetido).

LISBÔA, C. D. J. **Estudos das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex Maiden.** 1993. 275 p. Tese (Doutorado Ciências Florestais) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba.

LOPES, M de C. **Agrupamento de árvores-matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira.** 2003. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MALAN, F. S. The control of end splitting in saw logs: A short literature review. *South African Forestry Journal*, Pretoria, v. 109, p. 14-18, 1979.

MALAN, F. S. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE *EUCALYPTUS* PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. *Anais...* São Paulo: IPEF/IPT/IUFRO/LCF/ ESALQ/ USP, 1995. p. 1-19.

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

NICHOLSON, J. E. “A rapid method for estimating longitudinal growth stresses in logs”. *Wood Science and Technology*, New York, v. 5, n. 1, p. 40-48, 1971.

OLIVEIRA, J. T. S. “Problemas e Oportunidades com a Utilização da Madeira de *Eucalyptus*”. In: **WORKSHOP: técnicas de abate, processamento e utilização da madeira de *Eucalyptus***, 1999, Viçosa-MG. p. 39-52.

PETTERSEN, R. C. The chemical composition of wood. In: ROWELL, R. (Ed). **The chemistry of solid wood.** Washington: American Chemical Society, 1984. p. 54-126.

RECH, C. Melhoramento genético para a qualidade da madeira. Curitiba, *Revista da Madeira*, p. 48-54, set. 2001a. (Edição especial).

RECH, C. Tratamentos silviculturais na qualidade da madeira. Curitiba, *Revista da Madeira*, Curitiba, v. 10, p. 114, set. 2001b. (Edição especial).

ROCHA, M. P. "*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serraria". 2000. 185 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ROSADO, S. C. da S. Avaliação da densidade básica da madeira e com diferentes idades, em *Eucalyptus* spp. 1982. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

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

SELLA, R. L. Técnicas silviculturais de exploração para a obtenção de madeira de qualidade para a laminação e serraria. In: SEMINÁRIO MADEIRA DE *EUCALYPTUS*: TENDÊNCIAS E USOS, 2001, Curitiba. *Anais...* Curitiba-PR: FUPEF/UFPR, 2001. p. 19-24.

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

SOUZA, M. A. M. de. "Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus*". 2002. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TRUGILHO, P. F. Aplicação de algumas técnicas multivariadas na avaliação da qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus*. 1995. 160 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TRUGILHO, P. F.; IWAKIRI, S.; ROCHA, M. P. da; MATOS, J. L. M. de
Tensão de crescimento em árvores de *Eucalyptus dunnii*: I – Efeito da idade In:
CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. CD-ROM.
DISCO 2 Área Temática 1. p. 56-61.

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

TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. da S.; LIMA, J. T.; SOUZA, M. A. M. de.
“Tensões de crescimento: recentes experiências com medições não destrutivas”.
In: SÓLIDOS DE *EUCALYPTUS*: AVANÇOS CIENTÍFICOS E
TECNOLÓGICOS, 2002, Lavras. *Anais Sólidos de Eucalyptus: avanços
científicos e tecnológicos*. Lavras: UFLA, 2002. p. 125-134.

VIGNOTE, S.; MOLINERO, I.; GERARD, J.; DIEZ, M. R. Estudio de las
tensiones de crecimiento del *Eucalyptus globulus* Labill, en Galicia y su
relacion con las características de las estacio y morfológicas del propio arbol.
Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, v. 5, n. 1, p. 153-176,
jun. 1996.

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Propriedades físicas e mecânicas da
madeira de *Eucalyptus*. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, n. 141, set.
1986.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO E DA IDADE NA DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL DE CLONES DE *Eucalyptus*

RESUMO

CARDOSO JÚNIOR, Antônio Américo. Influência do espaçamento e da idade na deformação residual longitudinal de clones de *Eucalyptus*. In: ____ **Tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas relações com espaçamento, idade e material genético**. LAVRAS: UFLA, 2004. Cap 2, p. 24-62. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal)*

A utilização do *Eucalyptus* como fornecedor de matéria-prima para serrarias vem tomando impulso cada vez maior. Árvores de melhor qualidade e de maiores diâmetros são uma necessidade do mercado. Dessa forma, os efeitos dos tratos silviculturais nas características da madeira obtidas devem ser avaliados. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência do espaçamento e da idade das árvores na deformação residual longitudinal, associada às tensões de crescimento, em clones de *Eucalyptus*. O material foi coletado nas regiões de Vazante e Paracatu, noroeste do Estado de Minas Gerais. Para a determinação da DRL foi utilizado o extensômetro do “CIRAD-Forêt”. Foram avaliados quatro experimentos, que variaram no espaçamento (6 m² a 40 m²) e na idade (36 a 156 meses). Para medir a DRL foi usado o extensômetro do “CIRAD-Forêt – Growth Strain Gauge”. O primeiro experimento com seis clones da mesma idade e local e em quatro espaçamentos diferentes; um segundo experimento com quatro clones, no qual foi avaliado o efeito de três espaçamentos; um terceiro experimento em que foi avaliado o efeito de três idades com três clones, e um quarto experimento com um clone em três espaçamentos e cinco idades. Pelos resultados verifica-se que existe efeito significativo da interação entre clone e espaçamento e entre clone e idade para a deformação residual longitudinal (DRL). Para o primeiro experimento, os resultados mostraram que as DRLs dos clones 1, 2 e 4 não foram influenciadas pelo espaçamento. Os clones 3 e 5 apresentaram redução das DRLs com o aumento do espaçamento e o clone 6 apresentou comportamento inverso. No segundo experimento, a DRL do clone 6 aumentou com a abertura do espaçamento, ao passo que para os clones 7, 10 e 44, os espaçamentos não provocaram alterações nos valores das DRLs. O terceiro experimento, avaliando o efeito da idade sobre a DRL, demonstrou que apenas a DRL do clone 6 sofreu redução com o aumento da idade. O quarto experimento indicou, por meio de análise de regressão, uma redução linear no valor da DRL com o aumento do espaçamento e uma variação quadrática da DRL em relação à idade.

* Comitê Orientador: Paulo Fernando Trugilho - UFLA (Orientador), José Tarcísio Lima - UFLA (Co-orientador), Lourival Marin Mendes - UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

CARDOSO JÚNIOR, Antônio Américo. Influence of spacing and the age on the longitudinal residual strain in *Eucalyptus* clones. In: ____ **Growth stresses in *Eucalyptus* and their relationships with the spacing, the age and genetic material.** LAVRAS: UFLA, 2004. Cap 2, p. 24-62. (Dissertation – Master in Forest Engineering)*

The utilization of *Eucalyptus* as supplier of raw-material for sawmills has been progressively increased. Trees of both best quality and dimensions represent an important market requirement. This way, the effects of forestry treats on the wood characteristics must be evaluated. The objective of this work was to verify the influence of the spacing and of the age in the longitudinal residual strain (DRL), associated to the growth stresses, in clones of *Eucalyptus*. The material was collected at Vazante and Paracatu regions, Northwest of Minas Gerais State, Brazil. For determination of DRL was utilised an extensometer “CIRAD-Forêt”. Four experiments, with variations in the spacing (from 6 m² to 40 m²) and in the age (from 36 to 156 months), were evaluated: the first experiment had six clones of both same age and site, but four different spacing; the second experiment had four clones and three spacing; the third experiment had three clones with three ages; the fourth experiment had one clone with five different ages, planted in three spacing. The results showed that there was significant effect of both interaction clone-spacing and clone-age on DRL. For the first experiment the results showed that clones 1, 2 and 4 were not significantly influenced by the spacing. Clones 3 and 5 presented reduction of DRL with the enlargement of the spacing, whilst for clone 6, the effect was inverse. In relation to the second experiment DRL of clone 6 increased with the opening of the spacing, while for clones 7, 10 and 44 the spacing have not caused alteration in the magnitude of DRL. The third experiment, evaluating the effect of the age on DRL, showed that DRL of clone 6 suffered reduction with the increase of age. The fourth experiment indicated a linear reduction in DRL with the enlargement of the spacing and a tendency of quadratic variation for the age factor.

* Guidance Committee: Paulo Fernando Trugilho - UFLA (Adviser), José Tarcísio Lima - UFLA (Co-adviser), Lourival Marin Mendes - UFLA (Co-adviser).

1 INTRODUÇÃO



O *Eucalyptus* foi introduzido no Brasil visando a atender principalmente a demanda por carvão vegetal e celulose, e a seleção de espécies era para a obtenção de material com determinadas características, como rápido crescimento, boa forma, densidade e alto ou baixo teor de lignina, de acordo com a utilização do material. Como algumas características tecnológicas não fizeram parte desse processo de seleção, esse fato explica os problemas enfrentados por pesquisadores para a obtenção de material geneticamente superior, visando à utilização da madeira como sólido.

Hoje são selecionados materiais que apresentam menos problemas no processo de industrialização, cuja seleção compreende características, como forma, diâmetro, bom estado fitossanitário, características relacionadas ao desenvolvimento do vegetal, desrama e espaçamento em avaliação silvicultural e a caracterização tecnológica da madeira em laboratórios especializados. Assim, com a avaliação simultânea das características relacionadas ao crescimento e às intrínsecas da madeira, espera-se poder compreender melhor os fatores que afetam a qualidade da matéria-prima, como por exemplo, a avaliação das tensões de crescimento, visando a adequar as técnicas silviculturais, de colheita e de desdobro, além da seleção de matrizes potenciais. Esses são passos importantes a serem trilhados pelos pesquisadores, com o objetivo de minimizar esse grave defeito presente na madeira de *Eucalyptus*.

Dos defeitos apresentados devido ao desenvolvimento do vegetal, e que são responsáveis por dano severo à madeira, como as rachaduras após o abate (rachaduras de topo) e após o desdobro, são as tensões de crescimento, que no *Eucalyptus* são mais acentuadas devido ao seu rápido crescimento.

A madeira é um material heterogêneo, possuindo diferentes tipos de células, adaptadas a desempenharem funções específicas. As variações nas composições químicas, físicas e anatômicas da madeira são grandes entre espécies, embora dentro da mesma espécie, elas também ocorram, em função principalmente da idade, fatores genéticos e ambientais. Dentro de uma mesma espécie ocorrem variações significativas, com a altura do tronco e na direção da medula até a casca.

Sendo assim, com este trabalho tem-se como objetivo avaliar a influência do espaçamento e da idade nos níveis da deformação residual longitudinal em clones de *Eucalyptus*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do local de experimentação

O material avaliado foi proveniente de área de teste clonal implantado nas Fazendas Bom Sucesso e Riacho, pertencentes à Companhia Mineira de Metais (VMM-AGRO) do Grupo Votorantim, estando localizadas nos municípios de Vazante e Paracatu, respectivamente, região noroeste do Estado de Minas Gerais. Localiza-se a 17°36'09" de latitude Sul , 46°42'42" de longitude Oeste de Greenwich e a uma altitude de 550 metros. O clima é do tipo Aw, tropical úmido de savana, com um inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação de Köppen, apresentando uma temperatura média anual de 24 °C e uma precipitação média anual de 1450 mm.

O experimento foi estabelecido em quatro locais de estudo em novembro de 1991, com mudas produzidas por estaquia no viveiro da VMM-AGRO. Foram instalados 4 experimentos utilizando-se espaçamentos diferentes.

O preparo do solo foi o mesmo para todos os experimentos, no qual foi realizada uma gradagem, retirada dos tocos e confecção dos camalhões para plantio. A adubação foi realizada no ato do plantio, sendo utilizado 100 g por planta de NPK (06:30:06) mais 1% de boro (8,7% de bórax) e feita uma correção com 400 kg de fosfato natural do Araxá, 200 kg de gesso agrícola por hectare e 80 kg de magnesita por hectare.

2.2 Material genético utilizado

Foram avaliados quatro experimentos. O primeiro experimento com seis clones (1, 2, 3, 4, 5 e 6) com a mesma idade e local e em quatro espaçamentos diferentes (3x2, 6x2, 6x3 e 6x4 m²); o segundo experimento com quatro clones

X

(6, 7, 10 e 44) em que foi avaliado o efeito de três espaçamentos (6x3, 6x4 e 10x4 m²), o terceiro experimento em que se avaliou o efeito de três idades (84, 96 e 156 meses) em três clones, 6, 7 e 44, e o quarto experimento com o clone 58 em três espaçamentos e cinco idades diferentes.

2.3 Coleta dos dados

Três árvores por clone foram avaliadas, e a medição do desvio da grã foi realizada nas faces norte e leste e a deformação residual longitudinal (DRL), associada às tensões de crescimento, foi medida a 1,30 m de altura.

A medição da DRL foi feita nos quatro pontos cardeais, norte, sul, leste e oeste, usando-se o aparelho do “CIRAD-Forêt – Growth Strain Gauge”. As Figuras de 2.1 até 2.5 ilustram o procedimento de medição da DRL. A “janela” aberta para a fixação dos pinos com gabarito, no sentido do desvio da grã, e marcação da posição para furo com arco-de-pua (Figura 2.1), estando os pinos a uma distância de 45 mm (Figura 2.2), onde é instalado o extensômetro (Figura 2.3), para registrar a deformação ocorrida, após abertura do orifício central entre os pinos com o arco-de-pua (Figura 2.4), fazendo-se a leitura final (Figura 2.5).



FIGURA 2.1. Gabarito usado para a fixação dos pinos, no sentido do desvio da grã, e marcação da posição para furo com arco-de-pua



FIGURA 2.2. Pinos fixados no sentido do desvio da grã a uma distância de 45 mm com a marcação da posição para furo com arco-de-pua



FIGURA 2.3. Extensômetro posicionado para leitura da DRL



FIGURA 2.4. Furo realizado com o arco-de-pua para a leitura DRL



FIGURA 2.5. Registro feito pelo extensômetro da DRL em “mm” após furo realizado com o arco-de-pua

O procedimento usado para determinar o desvio de grã está ilustrado na Figura 2.6. O desvio da grã foi medido nas posições norte e leste, pelo método do riscador (Figura 2.7). O riscador é um instrumento que possui uma haste de aço que é livremente pivotada em um cabo de madeira e que tem em sua extremidade uma agulha de aço. Quando o riscador é puxado, a agulha risca a madeira segundo o sentido da grã. O desvio da grã foi obtido em relação a uma linha de referência de 100 mm na direção longitudinal do lenho, obtendo-se os valores do desvio em milímetros. O desvio também pode ser transformado em graus, caso seja do interesse do pesquisador.

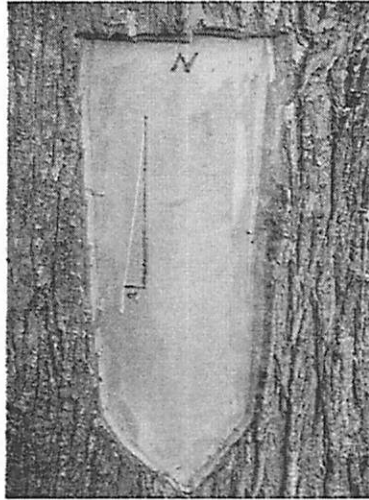


FIGURA 2.6. Desvio da grã ($\alpha = \text{mm}$) na face norte

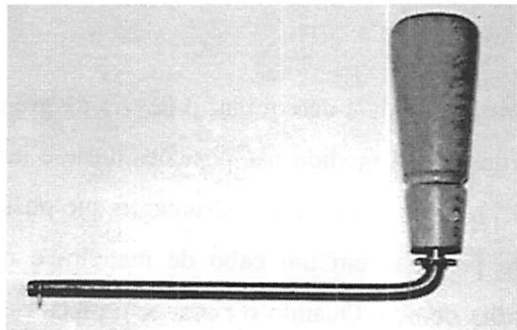


FIGURA 2.7. Riscador utilizado para determinação do desvio da grã

Foram ainda medidas as características de crescimento referentes ao diâmetro (DAP) e altura total das árvores com uma fita diamétrica e uma trena respectivamente.

2.4 Delineamento experimental

2.4.1 Delineamento experimental para o experimento de espaçamentos

Na avaliação do primeiro e segundo experimentos (relativos aos espaçamentos), foi adotado o modelo inteiramente casualizado com três repetições (árvores-amostra), disposto em parcelas subdivididas, em que o efeito de parcela é o espaçamento e o efeito da subparcela é o clone. Para este procedimento estatístico, usaram-se os clones 1, 2, 3, 4, 5 e 6 para os espaçamentos 3x2, 6x2, 6x3 e 6x4 m (Experimento 1), e os clones 6, 7, 10 e 44 nos espaçamentos 3x3, 6x4 e 10x4 m (Experimento 2).

O modelo estatístico utilizado nesse delineamento foi:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + e_i + C_j + EC_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

sendo,

Y_{ijk} = i-ésima observação do espaçamento i, no j-ésimo clone e na k-ésima repetição;

μ = constante inerente a todas as observações;

E_i = efeito do i-ésimo espaçamento ($i = 1, 2, \dots, e$), efeito fixo;

e_i = erro a;

C_j = efeito do j-ésimo clone ($j = 1, 2, \dots, c$), efeito fixo;

EC_{ij} = efeito da interação do i-ésimo espaçamento com o j-ésimo clone, efeito fixo;

ε_{ijk} = erro b (erro experimental).

2.4.2 Delineamento experimental para o experimento de idades

Na avaliação do terceiro experimento, para a idade, foi adotado o modelo inteiramente casualizado com três repetições (árvores-amostra), disposto em parcelas subdivididas, em que o efeito de parcela é a idade e o efeito da

subparcela é o clone. Para esse procedimento estatístico, foram utilizados os clones 6, 7, e 44 nas idades de 84, 96 e 156 meses.

O modelo estatístico utilizado nesse delineamento foi:

$$Y_{ijk} = \mu + I_i + e_i + C_j + IC_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

sendo,

Y_{ijk} = i-ésima observação da idade i, no j-ésimo clone e na k-ésima repetição;

μ = constante inerente a todas as observações;

I_i = efeito da i-ésima idade ($i = 1, 2, \dots, e$), efeito fixo;

e_i = erro a;

C_j = efeito do j-ésimo clone ($j = 1, 2, \dots, c$), efeito fixo;

IC_{ij} = efeito da interação da i-ésima idade com o j-ésimo clone, efeito fixo;

ε_{ijk} = erro b (erro experimental).

Para o quarto experimento, foram usados dois modelos de regressão para verificar a relação funcional entre a DRL e o espaçamento e a DRL e a idade na DRL, sendo considerados os modelos polinomiais cúbico e cúbico-raiz. A seleção do melhor modelo foi com base na observação da significância da regressão, dos coeficientes de regressão e do coeficiente de determinação corrigido, sendo realizada pela rotina de regressão seqüencial do programa SAEG.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados do primeiro experimento

Pelo resumo da análise de variância, observado na Tabela 2.1, verifica-se que não houve efeito significativo do espaçamento para a deformação residual longitudinal (DRL), mas o efeito de clones e da interação espaçamentos x clones foram altamente significativos. A existência dessa interação indica que os clones se comportam de maneira diferente nos espaçamentos estudados. No desdobramento da interação e avaliação do efeito de espaçamento dentro de clone, verificou-se que a regressão linear foi significativa para os clones 3, 5 e 6. Não houve efeito significativo para os clones 1, 2 e 4, indicando que o aumento do espaçamento não alterou significativamente a DRL. O desvio da grã foi significativo apenas para clones, não apresentado alteração com a abertura do espaçamento.

TABELA 2.1. Resumo da análise de variância dos resultados da deformação residual longitudinal (DRL), do desvio da grã, diâmetro a 1,30 m (DAP) e altura total (HT)

QUADRADOS MEDIOS		GL	FV
GRÁ	DRL	3	Espaçamento (E)
23,12 ^{ns}	0,000116 ^{ns}	1	Efeito linear
28,34 ^{ns}	0,000098 ^{ns}	1	Efeito quadrático
17,01 ^{ns}	0,000000 ^{ns}	1	Desvio
24,03 ^{ns}	0,000250 ^{ns}	8	Ea
13,12	0,000071	5	Clone (C)
110,88**	0,004577**	15	Esp x Clone (E x C)
26,55 ^{ns}	0,000289**		

Continua.

TABELA 2.1, Cont.

E / C 1	3	0,000033 ^{ns}	-
Efeito linear	1	0,000008 ^{ns}	-
Efeito quadrático	1	0,000010 ^{ns}	-
Desvio	1	0,000081 ^{ns}	-
E / C 2	3	0,000038 ^{ns}	-
Efeito linear	1	0,000004 ^{ns}	-
Efeito quadrático	1	0,000001 ^{ns}	-
Desvio	1	0,000109 ^{ns}	-
E / C 3	3	0,000265 ^{ns}	-
Efeito linear	1	0,000611*	-
Efeito quadrático	1	0,00007 ^{ns}	-
Desvio	1	0,000111 ^{ns}	-
E / C 4	3	0,000131 ^{ns}	-
Efeito linear	1	0,000245 ^{ns}	-
Efeito quadrático	1	0,000033 ^{ns}	-
Desvio	1	0,000115 ^{ns}	-
E / C 5	3	0,000241 ^{ns}	-
Efeito linear	1	0,000687*	-
Efeito quadrático	1	0,000037 ^{ns}	-
Desvio	1	0,000000 ^{ns}	-
E / C 6	3	0,000851**	-
Efeito linear	1	0,002202**	-
Efeito quadrático	1	0,00002 ^{ns}	-
Desvio	1	0,000349 ^{ns}	-
C / E. (3x2)	5	0,000928**	-
C / E. (6x2)	5	0,000924**	-
C / E (6x3)	5	0,001626**	-
C / E (6x4)	5	0,001964**	-
Eb	40	0,000114	17,19
CV% Parcela		10,04	49,67
CV% Subparcela		12,72	56,87
Média geral		0,084	7,29

** e ns – significativo a 1% e não-significativo pelo teste F, respectivamente. GL – grau de liberdade. DRL – deformação residual longitudinal. FV – fonte de variação. Esp - espaçamento

Na Tabela 2.2 encontram-se as estimativas dos valores da parte complexa, acima da diagonal e seus respectivos valores percentuais, ou seja, a porcentagem de interação complexa existente, abaixo da diagonal, da DRL dos clones estudados. Observa-se que os pares de clones 1 e 2; 1 e 3; 1 e 6; 2 e 3; 2 e 6, 4 e 5, e 3 e 5 apresentaram interação predominantemente simples, com respectivamente 25,20; 19,00; 38,81; 39,36; 28,01, 28,73, e 49,10% de interação complexa. O par 3 e 5 apresentou uma interação simples, apesar de estar com apenas 51,90% dessa interação. Os outros pares de clones apresentaram valores de interação predominantemente complexa. Valores acima de 100% ocorrem nos casos em que a correlação entre as médias de dois clones nos quatro espaçamentos é negativa.

TABELA 2.2. Estimativas da parte complexa (acima da diagonal) e respectivos valores percentuais da interação complexa (abaixo da diagonal) da deformação residual longitudinal (DRL)

Clones	1	2	3	4	5	6
1	-	$3,53 \times 10^{-7}$	$1,61 \times 10^{-5}$	$1,00 \times 10^{-4}$	$5,89 \times 10^{-5}$	$1,59 \times 10^{-4}$
2	25,20 s	-	$3,78 \times 10^{-5}$	$1,25 \times 10^{-4}$	$8,21 \times 10^{-5}$	$1,14 \times 10^{-4}$
3	19,00 s	39,36 s	-	$8,47 \times 10^{-5}$	$2,50 \times 10^{-5}$	$1,04 \times 10^{-3}$
4	94,39	109,33	68,85	-	$1,18 \times 10^{-5}$	$8,89 \times 10^{-4}$
5	50,31	67,32	49,10 s	28,73 s	-	$1,18 \times 10^{-3}$
6	38,81 s	28,01 s	118,46	111,08	124,58	-

S - identifica os pares de clones cuja interação com os espaçamentos é predominantemente simples.

A existência da interação espaçamento *versus* DRL está associada a dois fatores; o primeiro, denominado simples, é proporcionado pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, e o segundo, denominado complexo, é dado pela falta de correlação entre genótipos, (Cruz e Regazzi, 1994). Segundo os autores, apenas quando atribuída a essa última é que a

interação proporcionará dificuldades no melhoramento. A interação complexa indica inconsistência da superioridade de genótipos com a variação ambiental, ou seja, haverá genótipos com desempenho superior em um ambiente, mas não em outro, tornando mais difícil a seleção ou a recomendação dos mesmos. Neste estudo, os clones 3 e 5 apresentaram uma redução da DRL com a abertura do espaçamento; o clone 6 teve comportamento inverso, caracterizando uma interação complexa, e os clones 1, 2 e 4 não apresentaram interação, ou seja, não dependência entre os fatores

Os resultados foram bastante heterogêneos para DRL entre os clones estudados, verificando-se uma média geral de 0,084 mm. Esse valor está acima do encontrado por Lima (2001), de 0,071 mm, trabalhando com clones de *Eucalyptus* em diferentes idades e acima do valor encontrado por Muneri et al. (2000) de 0,077 mm para *Eucalyptus cloeziana* com 4 anos de idade; porém, foi inferior ao valor 0,090 mm encontrado por Souza (2002) em clones de híbridos de *Eucalyptus*. Lima et al. (2004) encontraram médias de DRL que variaram de 0,049 a 0,095 mm em clones de 15 anos, e Lima (2002) encontrou valores médios de DRL para clones com idades diferentes que variaram de 0,088 a 0,098 mm. O clone 2 (0,067 mm) foi o que apresentou a menor média de DRL, enquanto o clone 4 (0,114 mm) foi o que apresentou a maior média. É importante ressaltar que as idades e os locais são os mesmos, sendo, portanto, fatores que não contribuíram para a ocorrência dessa diferença. Outro fato a ser destacado é que essa diferença encontrada entre as médias deste trabalho demonstra a eficiência e a sensibilidade do extensômetro. O desdobramento do efeito de clone dentro de espaçamento foi significativo para todos os espaçamentos, como pode ser observado no teste de comparação múltipla de média (Tabela 2.3).

TABELA 2.3. Resultados médios da deformação residual longitudinal avaliada nos seis clones

Clone	Espaçamento (m ²)				Média Geral DRL (mm)
	6	12	18	24	
1	0,075 b	0,077 b	0,070 b	0,075 c	0,074
2	0,066 b	0,071 b	0,063 b	0,067 c	0,067
3	0,083 b	0,077 b	0,063 b	0,067 c	0,072
4	0,118 a	0,112 a	0,116 a	0,103 b	0,112
5	0,081 b	0,078 b	0,071 b	0,061 c	0,073
6	0,085 b	0,107 a	0,105 a	0,126 a	0,106
Média	0,085	0,087	0,081	0,083	0,084
CV (%)	20,79	20,17	28,75	30,76	25,12

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Skott-Knott.

Nos clones 3 e 5, Figuras 2.8 e 2.9, o aumento do espaçamento de 6 m² para 24 m² ocasionou redução da DRL de 0,082 mm para 0,063 mm e de 0,083 para 0,063 mm, na ordem de 76,83% e 75,90% respectivamente. Entretanto, no clone 6, o efeito foi inverso, ou seja, o aumento do espaçamento de 6 m² para 24 m² ocasionou aumento da DRL de 0,087 mm para 0,124 mm, incremento da ordem de 143%, o que pode ser observado na Figura 2.10. Por outro lado, o aumento do espaçamento não influenciou significativamente a DRL dos clones 1, 2 e 4, conforme relatado anteriormente. Isso sugere que esses clones não sofrem influência do espaçamento na DRL; estes aumentos podem causar reduções significativas na qualidade da madeira, entretanto, essa não é uma conclusão, visto que o desdobro utilizado pode influenciar a intensidade de rachadura. Outra questão é que a abertura do espaçamento permite um maior índice de insolação entre plantas, o que pode promover alteração nas árvores influenciando a DRL. Miranda e Nahuz (1999), em trabalho realizado com *Eucalyptus saligna* Smith em diferentes espaçamentos, concluíram que o espaçamento de plantio praticado influenciou de maneira negativa os índices de

rachadura, mas os autores não conseguiram estabelecer uma relação entre os espaçamentos e o índice de rachadura das tábuas após o desdobro. Trabalho realizado com *Eucalyptus macarthurii* apresentou um aumento das intensidades de rachaduras com o aumento de diâmetro após seis semanas do corte das toras (Wilson, 1985). Lima et al. (2000) verificaram que houve influência da intensidade de desbaste no nível de tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis*, entretanto, as rachaduras de extremidades de tora foram similares em todas as intensidades de desbaste.

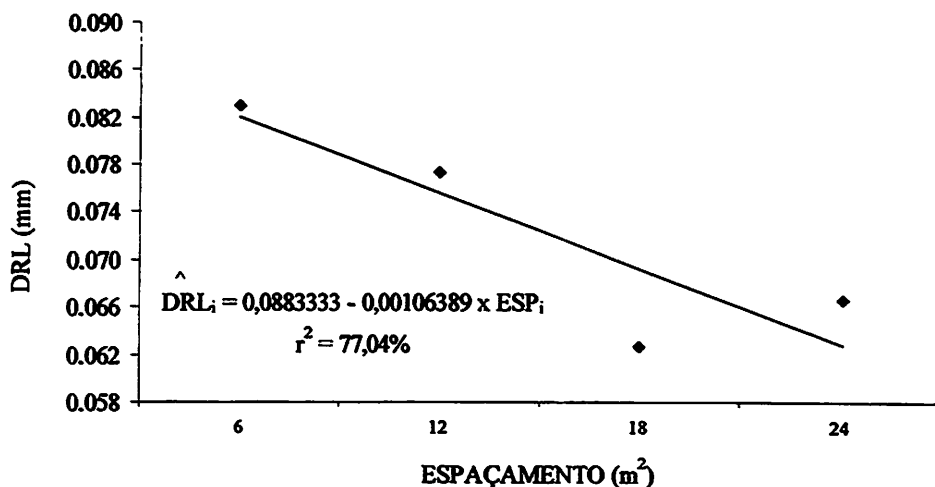


FIGURA 2.8. Efeito do espaçamento (ESP) na deformação residual longitudinal (DRL) do clone 3 de *Eucalyptus*

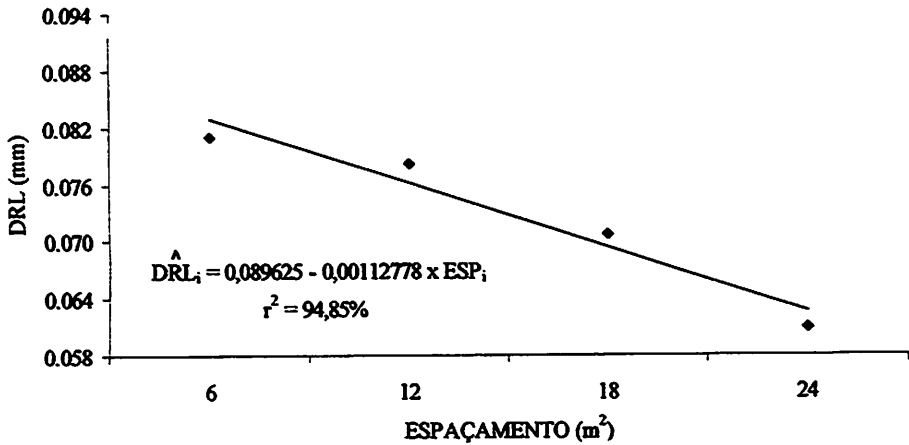


FIGURA 2.9. Efeito do espaçamento (ESP) na deformação residual longitudinal (DRL) do clone 5 de *Eucalyptus*

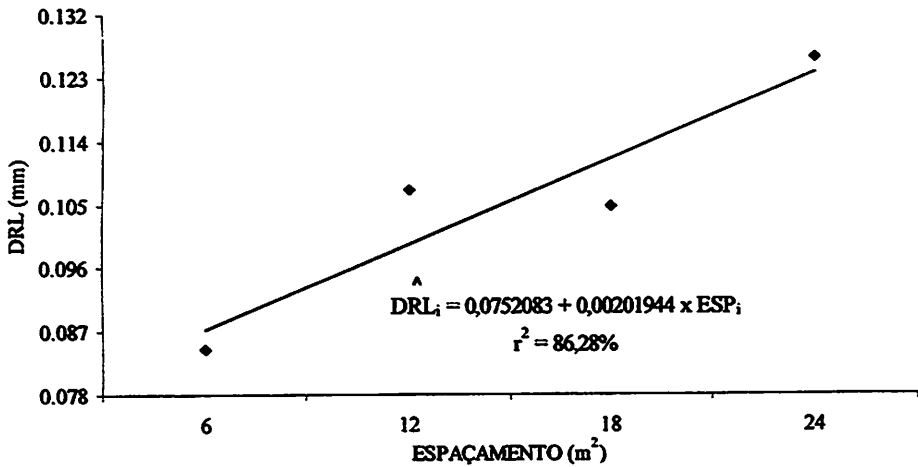


FIGURA 2.10. Efeito do espaçamento (ESP) na deformação residual longitudinal (DRL) do clone 6 de *Eucalyptus*

Os clones 1, 2 e 4 por não apresentarem influência na DRL com a abertura do espaçamento de 6 m² para 24 m² podem ser plantados em espaçamentos mais adensados, mas desbastes posteriores podem ser adotados, visando a posterior utilização em serraria.

Na Tabela 2.4 estão representados os resultados médios de grã. O clone de *Eucalyptus* 1 foi o que apresentou maior desvio de grã, valor significativamente maior do que os obtidos com os outros cinco clones avaliados. Os clones 3, 4 e 5 apresentaram um menor desvio de grã. Os clones 2 e 6 apresentaram desvios de grã intermediários.

TABELA 2.4. Resultados médios de três repetições do desvio de grã de seis clones de híbrido de *Eucalyptus* avaliados em quatro espaçamentos diferentes

CLONES	GRÃ
1	12,25 a
2	7,83 b
3	4,50 c
4	6,38c
5	4,04 c
6	8,75 b

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Skott-Knott.

3.2 Resultados do segundo experimento

No resumo da análise de variância, observado na Tabela 2.5, verifica-se que houve efeito significativo de espaçamento, de clone e interação clone x espaçamento para a DRL. Para o desvio da grã, o efeito de espaçamento foi não-significativo. A existência dessa interação, como mencionado, indica que os clones se comportam de maneira diferente nos espaçamentos estudados. No

desdobramento da interação e avaliação do efeito de espaçamento na DRL dentro de clone, verificou-se que a regressão linear foi significativa apenas para os clones 6 e 10. Não houve efeito significativo da regressão para os clones 7 e 44, indicando que o aumento do espaçamento não alterou significativamente a DRL. Para o desvio da grã, o desdobramento da interação e avaliação do efeito do espaçamento dentro de clone, verifica-se que, para o clone 6, o efeito do espaçamento *versus* clone e da regressão linear foram significativos, porém, não foi significativo o efeito da regressão linear. Para os clones 7 e 44, o efeito do espaçamento e da regressão linear foram não-significativos e para o clone 10, houve efeito significativo de espaçamento *versus* clone e do efeito linear; entretanto, o desvio também foi significativo e apresentou um baixo coeficiente de determinação (r^2). O desdobramento e a avaliação do efeito de clone dentro de espaçamento foram significativos para todos os espaçamentos.

TABELA 2.5. Resumo da análise de variância dos resultados da deformação residual longitudinal (DRL), do desvio da grã e altura total (HT), obtidos em 6 clones de *Eucalyptus* em 4 espaçamentos de plantio

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		DRL	GRÃ
Espaçamento (E)	2	0,000140*	87,8403 ^{ns}
Efeito linear	1	0,000220*	3,9182 ^{ns}
Desvio	1	0,000060 ^{ns}	171,7624 ^{ns}
r ²		78.63 %	2,23%
Ea	6	0,000027	27,6319
Clone (C)	3	0,005934**	38,7407**
Esp. X Clone (ExC)	6	0,000920**	44,4421**
E / C 6	2	0,002136**	50,0278*
Efeito linear	1	0,004259**	27,6930 ^{ns}
Desvio	1	0,000013 ^{ns}	72,3625*
R ²		83,47%	27,68%
E. / C 7	2	0,000016 ^{ns}	148,0278**
Efeito linear	1	0,000020 ^{ns}	0,102654 ^{ns}
Desvio	1	0,000013 ^{ns}	295,9529**
r ²		59,92%	0,03%
E / C 10	2	0,000730**	7,5833 ^{ns}
Efeito linear	1	0,001015**	14,9854 ^{ns}
Desvio	1	0,000445*	0,181230 ^{ns}
r ²		69,51%	98,81%
E / C 44	2	0,000016 ^{ns}	15,5278 ^{ns}
Efeito linear		0,000001 ^{ns}	30,1954 ^{ns}
Desvio		0,000032 ^{ns}	0,860148 ^{ns}
r ²		1,55%	97,23%
C / E 1	3	0,000359**	36,25*
C / E 2	3	0,005497**	88,7986**
C / E. 3	3	0,004918**	2,5764 ^{ns}
Eb	18	0,000089	6,18749
CV% Parcela		7,22	63,48
CV% Subparcela		13,09	30,05
Média geral		0,072 (mm)	8,28 (mm)

*, ** e ns – significativo a 5%, 1% e não-significativo pelo teste F, respectivamente. GL – grau de liberdade. DRL – deformação residual longitudinal. FV – fonte de variação. ESP – espaçamento

Na Tabela 2.6 encontram-se acima da diagonal as estimativas dos valores da parte complexa da deformação residual longitudinal e, abaixo da diagonal, seus respectivos valores percentuais, ou seja, a porcentagem de interação complexa existente nos clones estudados. Observa-se que houve interação predominantemente simples para os pares de clones 6 e 7, 6 e 44, 7 e 10, e 10 e 44, com respectivamente 39,86, 9,51, 0,40 e 49,83% de interação complexa. O par 10 e 44 apresentou uma interação simples, apesar de existir apenas 50,17% dessa interação. Os outros pares de clones apresentaram valores de interação predominantemente complexa. Valores acima de 100% ocorrem nos casos em que a correlação entre as médias de dois clones nos quatro espaçamentos é negativa.

TABELA 2.6. Estimativas da parte complexa (acima da diagonal) e respectivos valores percentuais da interação complexa (abaixo da diagonal) da deformação residual longitudinal (DRL)

Clones	6	7	10	44
6	-	$4,92 \times 10^{-4}$	$3,19 \times 10^{-3}$	$9,94 \times 10^{-3}$
7	39,86s	-	$1,09 \times 10^{-8}$	$3,15 \times 10^{-5}$
10	125,70	0,40s	-	$2,21 \times 10^{-4}$
44	9,51s	125,90	49,83s	-

S - identifica os pares de clones cuja interação com os espaçamentos é predominantemente simples.

Na Tabela 2.7 verifica-se a média da deformação residual longitudinal (DRL) para os quatro clones nos três espaçamentos. Os resultados foram bastante heterogêneos entre os clones estudados, em que se verifica uma média geral de 0,072 mm. Esse valor é semelhante ao encontrado por Lima (2001) (0,071 mm) e abaixo do valor encontrado por Muneri et al. (2000) (0,077 mm) e Souza (2002) (0,090 mm). Os clones 7 (0,054 mm) e 10 (0,056mm) foram os que apresentaram o menor valor médio de DRL, enquanto o clone 6 (0,109 mm) foi o que apresentou o maior valor.

TABELA 2.7: Resultados médios das características avaliadas nos 4 clones.

Clones	Espaçamento			Médias
	9	24	40	
6	0,082a	0,110a	0,135a	0,109
7	0,056b	0,052c	0,053c	0,054
10	0,074a	0,047c	0,048c	0,056
44	0,067b	0,071b	0,068b	0,069
Média	0,070	0,070	0,076	0,072
CV%	15,54	41,20	53,44	36,73

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Skott-Knott.

Para o clone 6, o aumento do espaçamento de 9 m² para 40 m² ocasionou aumento da DRL de 0,082 mm para 0,136 mm, respectivamente, na ordem de 166 %, Figura 2.11.

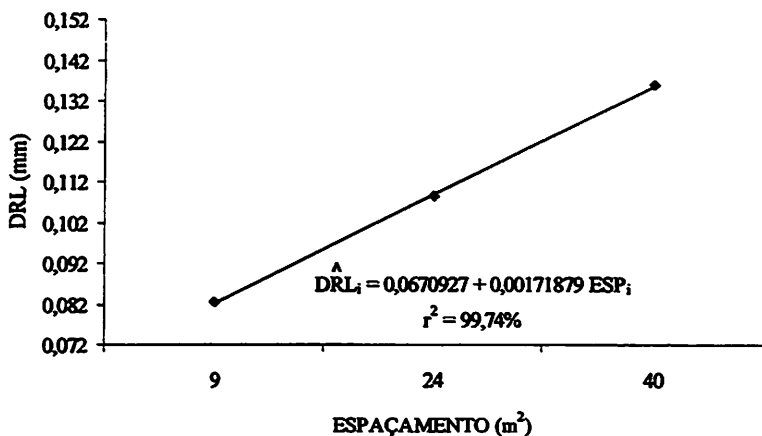


FIGURA 2.11. Efeito do espaçamento (ESP) sobre a deformação residual longitudinal (DRL) para o clone 6.

Na Tabela 2.8 observam-se acima da diagonal, as estimativas dos valores da parte complexa do desvio da grã e, abaixo da diagonal, seus respectivos valores percentuais. Observa-se que os pares de clones 6 e 7, 6 e 10, e 7 e 10 apresentaram interação predominantemente simples, com respectivamente 18,02, 41,18, e 47,32% de interação complexa.

TABELA 2.8. Estimativas da parte complexa (acima da diagonal) e respectivos valores percentuais da interação complexa (abaixo da diagonal) do desvio da grã.

Clones	6	7	10	44
6	-	4,51	8,41	44,98
7	18,02s	-	38,26	37,59
10	41,18s	47,32s	-	30,65
44	103,90	50,34	136,90	-

S - identifica os pares de clones cuja interação com os espaçamentos é predominantemente simples.

Na Tabela 2.9 verifica-se o resultado da avaliação do desdobramento da interação do efeito de clone dentro de espaçamento. No teste de comparação múltipla realizado, observa-se que o clone 44 foi o que apresentou o menor desvio de grã tanto no espaçamento de 9 m² como no de 24 m², porém foi o que apresentou o maior valor no espaçamento mais amplo, apesar de estatisticamente igual ao demais clones. Os clones 6 e 7 foram os que apresentaram os maiores valores de desvio de grã no espaçamento de 24 m² e o clone 10 no de 9 m².

TABELA 2.9. Resultados médios de três repetições do desvio de grã de quatro clones de híbrido de *Eucalyptus* avaliados em três espaçamentos diferentes, (3x3, 6x4 e 10x4)

Clones	Espaçamentos (m ²)		
	9	24	40
6	9,67a	13,67a	5,50a
7	5,67b	17,83a	5,67a
10	10,17a	8,33b	7,00a
44	2,83b	5,67b	7,33a

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Skott-Knott.

3.2.1 Resultado do terceiro experimento

No resumo da análise de variância, como pode se observar na Tabela 2.10, verifica-se que houve efeito altamente significativo de idades, clones e da interação idades x clones em todas as características avaliadas. A existência dessa interação indica que os clones se comportam de maneira diferente nas idades estudadas. O desdobramento da interação e a avaliação do efeito de idade dentro de clone revelou que para a DRL o efeito linear foi não-significativo somente para o clone 6. Para o desvio da grã o efeito linear foi significativo somente para o clone 7. Os clones 7 e 44 apresentaram efeito linear não-significativo, demonstrando que a DRL não sofreu variação com o aumento da idade. A avaliação do efeito de clone dentro de idade demonstra que, para a DRL, existe diferença significativa de clone somente para a idade de 84 meses.

TABELA 2.10. Resumo da análise de variância dos resultados da deformação residual longitudinal (DRL), do desvio da grã e altura total (HT), obtidos em 3 clones de *Eucalyptus* em 3 idades de plantio

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		DRL	GRÃ
Idade (I)	2	0,000637*	118,1593*
Efeito linear	1	0,000859*	97,0185 ^{ns}
Desvio	1	0,000415*	139,5000 ^{ns}
r ²		67,44%	41,02%
Ea	6	0,000070	27,2685
Clone (C)	2	0,007434**	57,8148**
Idade. X Clone (IxC)	4	0,000766**	47,6620**
I / C 6	2	0,002136**	50,1278 ^{ns}
Efeito linear	1	0,002733**	2,0712 ^{ns}
Desvio	1	0,001539**	97,9839**
r ²		63,98%	2,07%
I / C 7	2	0,000016 ^{ns}	148,0278**
Efeito linear	1	0,000033 ^{ns}	116,9897*
Desvio	1	0,000000 ^{ns}	179,0659**
r ²		99,98%	39,52%
I / C 44	2	0,000016 ^{ns}	15,5278 ^{ns}
Efeito linear	1	0,000018 ^{ns}	23,0865 ^{ns}
Desvio	1	0,000015 ^{ns}	7,9691 ^{ns}
r ²		53,77%	74,34%
C / I 1	2	0,002649**	114,6944**
C / I 2	2	0,005819**	3,0833 ^{ns}
C / I 3	2	0,000499**	35,3611 ^{ns}
Eb	12	0,000081	5,6435
CV% Parcela		10,73	63,68
CV% Subparcela		11,68	28,96
Média geral		0,078	8,20

*, ** e ns – significativo a 5%, 1% e não-significativo pelo teste F, respectivamente. GL – grau de liberdade. DRL – deformação residual longitudinal. FV – fonte de variação. I1 – 84 meses. I2 96 meses. I3 156 meses.

Na Tabela 2.11 verificam-se acima da diagonal as estimativas dos valores da parte complexa da deformação residual longitudinal e abaixo da diagonal, seus respectivos valores percentuais. Os pares de clones 6 e 7, e 6 e 44 apresentaram interação predominantemente simples.

TABELA 2.11. Estimativas da parte complexa (acima da diagonal) e respectivos valores percentuais da interação complexa (abaixo da diagonal) da deformação residual longitudinal (DRL)

Clones	6	7	44
6	-	$4,92 \times 10^{-4}$	$9,95 \times 10^{-5}$
7	39,86s	-	$3,15 \times 10^{-5}$
44	9,52s	125,87	-

S - identifica os pares de clones cuja interação com os espaçamentos é predominantemente simples.

Observa-se na Tabela 2.12 as médias da deformação residual longitudinal para os clones 6, 7, e 44 nas idades 84, 96 e 156 meses. Os resultados foram bastante heterogêneos entre os clones estudados, nos quais se verifica uma média geral de 0,077 mm. Esse valor é semelhante aos encontrados por Lima (2001) (0,071 mm) em clones de *Eucalyptus* e Muneri et al. (2000) (0,077) mm para *Eucalyptus cloeziana* e inferior ao valor encontrado por Souza (2002) (0,090 mm) em clones de híbridos de *Eucalyptus*. O valor médio foi próximo ao encontrado no item 4.2.1, no qual se utilizaram esses mesmos clones (exceto o clone 10) na avaliação, o que explica o menor valor médio encontrado. Os clones 7 (0,054 mm) e o clone 10 (0,056mm) foram os que apresentaram a menor média de DRL, enquanto o clone 6 (0,109 mm) foi o que apresentou a maior média.

TABELA 2.12. Resultados médios da DRL avaliada nos três clones em três idades

Clones	Idades			Média
	84	96	156	
6	0,110a	0,135a	0,082a	0,109
7	0,052c	0,053b	0,056b	0,053
44	0,071b	0,068b	0,067b	0,069
Média	0,078	0,085	0,068	0,077
CV%	38,07	51,80	19,10	36,08

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Skott-Knott.

Por meio da Figura 2.12, verifica-se que houve uma diminuição da DRL de 0,124 mm (84 meses) para 0,085 mm (156 meses) para o clone 6.

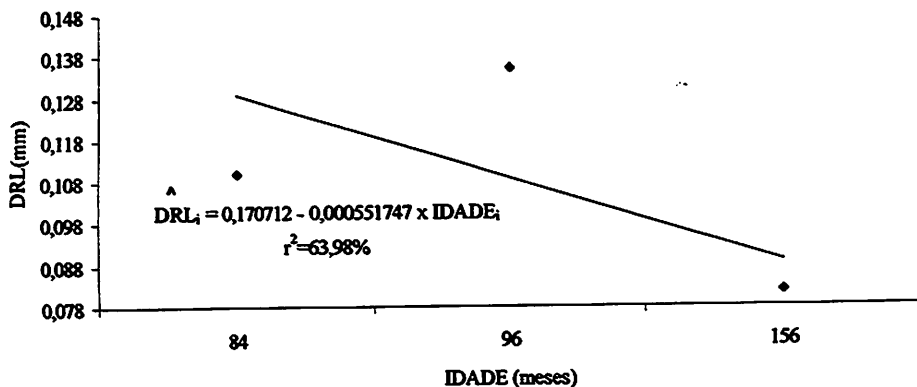


FIGURA 2.12. Efeito da idade sobre a deformação residual longitudinal (DRL) para o clone 6

Na Tabela 2.13 constata-se acima da diagonal as estimativas dos valores da parte complexa do desvio da grã e, abaixo da diagonal, seus respectivos valores percentuais. Nenhum dos pares de clones avaliados apresentou interação predominantemente simples.

TABELA 2.13. Estimativas da parte complexa (acima da diagonal) e respectivos valores percentuais da interação complexa (abaixo da diagonal) do desvio da grã

Clones	6	7	44
6	-	20,2772	45,0411
7	81,06	-	37,6906
44	104,4	50,47	-

Verifica-se na Tabela 2.14 apresenta o teste de comparação múltipla de média do desdobramento da interação e avaliação do efeito de clone dentro de idades para desvio de grã. Observa-se que aos 96 meses não houve diferença estatística entre os clones estudados para o desvio de grã.

TABELA 2.14. Resultados médios de três repetições do desvio da grã de três clones de híbrido de *Eucalyptus* avaliados em três idades diferentes.

Cones	Idade (Meses)		
	84	96	156
6	13,67a	5,50a	9,67 ^a
7	17,83a	5,67a	5,66b
44	5,67b	7,33a	2,83b

Médias seguidas pela mesma letra, em cada coluna, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Skott-Knott.

3.3 Resultados do quarto experimento

De acordo com a Tabela 2.15, o clone 58 apresentou uma deformação residual longitudinal (DRL) média geral de 0,065 mm, e para o espaçamento de 9 m², a DRL foi de 0,069 mm; para 24 m², de 0,066 mm; e para 40 m², de 0,059 mm.

TABELA 2.15. Resultados médios da deformação residual longitudinal (DRL) do clone 58 em três espaçamentos

Clone	Espaçamento		
	9	24	40
58	0,069	0,066	0,059
CV	11,60	11,95	13,38

Na análise de variância apresentada na Tabela 2.16, verifica-se que os efeitos lineares do modelo polinomial e da raiz do modelo polinomial foram significativos. Dessa forma, relacionou-se a equação linear do modelo polinomial em virtude do maior coeficiente de determinação (r^2) apresentado.

TABELA 2.16. Resumo da análise de variância dos resultados da deformação residual longitudinal (DRL), do clone 58 em três espaçamentos

FV	GL	Quadrado médio	r^2
Modelo polinomial - $\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3$			
Efeito linear	1	0,000384*	0,9546
Resíduo	33	0,000060	
Modelo cúbico-raiz - $\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_i^{0,5} + \beta_2 X_i + \beta_3 X_i^{1,5}$			
Efeito linear	1	0,000373*	0,9038
Resíduo	33	0,000059	

* e ns significativo a 5% de probabilidade e não-significativo respectivamente pelo teste F.

Por meio da Figura 2.13, verifica-se que o clone 58 apresentou uma tendência de redução linear na magnitude da DRL com o aumento do espaçamento de 0,069 mm aos 9 m² para 0,059 mm aos 40 m².

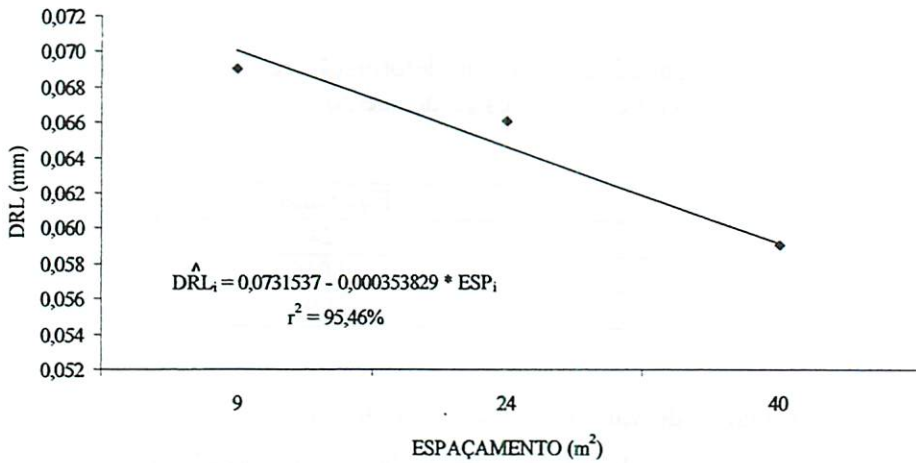


FIGURA 2.13. Efeito do espaçamento (ESP) sobre a deformação residual longitudinal (DRL) no clone 58.

Na avaliação do efeito de idade, verificou-se, pela análise de variância da regressão, que os efeitos linear e quadrático, do modelo polinomial cúbico, foram significativos a 5 e a 1%, respectivamente. Para o modelo cúbico-raiz, os efeitos lineares e raiz quadrada foram significativos a 1% de probabilidade (Tabela 2.17).

TABELA 2.17. Resumo da análise de variância dos resultados da deformação residual longitudinal (DRL), do clone 58 em cinco idades

FV	GL	Quadrado médio	r ²
Modelo polinomial - $\hat{Y}_i = \beta_{0i} + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3$			
Efeito linear	1	0,000279 *	0,3252
Efeito quadrático	1	0,000531 **	0,8832
Efeito cúbico	1	0,000103 ^{ns}	0,9957
Resíduo	31	0,0000447	
modelo cúbico-raiz - $\hat{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 X_i^{0,5} + \beta_2 X_i + \beta_3 X_i^{1,5}$			
Efeito linear	1	0,000336**	0,3851
Efeito quadrático raiz	1	0,000413**	0,8167
Efeito cúbico raiz	1	0,000161 ^{ns}	0,1000
Resíduo	31	0,0000448	

** , * e ns significativo a 1, 5%, e de probabilidade e não-significativo respectivamente pelo teste F.

O modelo polinomial quadrático foi o que apresentou o maior coeficiente de determinação corrigido, indicando que a tendência de variação da DRL em função da idade foi mais bem representada por esse modelo. Dessa forma, na Figura 2.14 observa-se essa tendência, em que a idade que o clone 58 apresentou o nível máximo de DRL (0,066 mm) foi aproximadamente aos 79 meses.

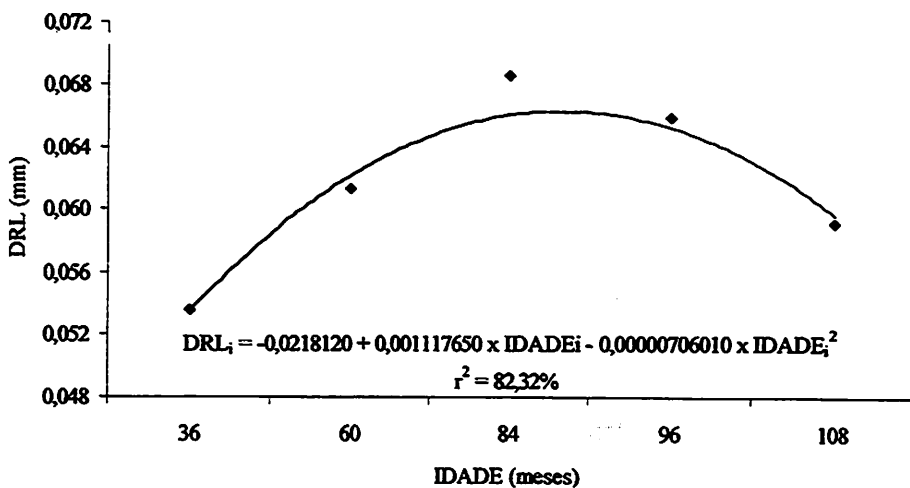


FIGURA 2.14. Efeito da idade sobre a deformação residual longitudinal (DRL) no clone 58.

4 CONCLUSÕES

Pelos resultados da avaliação para o primeiro experimento conclui-se que:

- (o valor médio da DRL encontrado nos seis clones e quatro espaçamentos avaliados foi 0,084 mm;
- (o efeito da interação clone x espaçamento foi significativo somente para a DRL, indicando a existência de dependência entre os dois fatores;
- (para os clones 1, 2 e 4 a DRL não variou com a abertura do espaçamento. Entretanto, os clones 3 e 5 apresentaram redução linear significativa da DRL com o aumento do espaçamento e o clone 6 obteve comportamento contrário;
- (o clone 1 foi o que apresentou o maior valor médio de desvio de grã e os clones 3, 4 e 5 foram os que apresentaram os menores valores;

Pelos resultados da avaliação do segundo experimento conclui-se que:

- (a DRL média, desse conjunto de clones, foi 0,072 mm;
- (a interações de clone x espaçamento foi significativa para as características avaliadas, indicando a existência de dependência entre os fatores;
- (o clone 7 apresentou os menores níveis de DRL nos 3 espaçamentos estudados, ao passo que o clone 6 apresentou os maiores níveis;
- (o clone 6 apresentou o mesmo comportamento em relação ao estudo anterior, ou seja, uma tendência de aumento da DRL com a abertura do espaçamento;
- (para desvio da grã existe diferença significativa entre clones dentro dos espaçamentos 9 e 24 m², entretanto, para 40 m², o efeito de clone foi não-significativo.

Pelos resultados da avaliação do terceiro experimento três conclui-se que:

- (os clones avaliados apresentaram DRL média de 0,077 mm;
- (os efeitos da idade, de clone e da interação clone x idade foram significativos para as características avaliadas. Interação significativa evidencia existência de dependência entre os fatores idade e clone;
- (para a DRL, somente o clone 6 apresentou efeito linear significativo e decrescente, ou seja, a DRL tende a reduzir com o aumento da idade;
- (para o desvio da grã, somente o clone 7 apresentou efeito linear significativo e decrescente.

Pelos resultados da avaliação do quarto experimento quatro conclui-se que:

- (a DRL média do clone 58 foi 0,065 mm;
- (para espaçamento, somente o efeito linear foi significativo e decrescente, a 5% de probabilidade, tanto para o modelo polinomial cúbico como para o modelo cúbico-raiz;
- (para idade, os efeitos linear e quadrático, do modelo polinomial cúbico, foram significativos a 5 e a 1%, respectivamente, e para o modelo cúbico-raiz os efeitos linear e raiz quadrada foram significativos a 1% de probabilidade;
- (modelo polinomial quadrático foi o que apresentou o maior coeficiente de determinação corrigido, indicando que a tendência de variação da DRL em função da idade segue o referido modelo. Pelo modelo quadrático, a DRL passa por ponto de máximo aproximadamente aos 79 meses (DRL = 0,066 mm).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ C. D.; REGAZZI, A. J. Quantificação da interação genótipos x ambientes. In: **Interação genótipos x ambientes: modelos biométricos aplicados ao melhoramento florestal**. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1994. p. 1-34. il.

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

LIMA, J. T. **Relações entre características da madeira do *Eucalyptus* e a susceptibilidade de suas árvores a danos causados pela ação do vento**. 2002. (Relatório Técnico).

LIMA, J. T. **Resistência a perfuração da madeira de *Eucalyptus* com o resitrógrafo e sua relação com outras propriedades**. 2001. 42 p. (Relatório Técnico).

LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. da S.; OLIVEIRA, A. D. Évaluation précoce de la densité du bois de clones de *Eucalyptus grandis*. In: WORD CONGRESS/TUFRO, 19., 1990, Montreal, Canadá. **Proceedings...** Montreal, Canada, 1990. v. 5, 440 p.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. da S. Novas metodologias empregadas para avaliar variações nas características da madeira de *Eucalyptus*. In: **SÓLIDOS DE EUCALYPTUS: AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS**, 2002, Lavras. **Anais Sólidos de *Eucalyptus*: avanços científicos e tecnológicos**. Lavras: UFLA, 2002. p. 135-149.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. da S.; CRUZ, C. R. da. Deformação residual longitudinal decorrentes de tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore**, n. 1 v. 28 Viçosa, 2004. (Prelo)

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

MUNERI, A.; KNIGHT, J.; LEGATE, W.; PALMER, G. Relationships between surface longitudinal growth strain and the size, wood properties and timber distortion of 4 year old plantation grown *Eucalyptus cloeziana*. In : IUFRO CONFERENCE-THE FUTURE OF EUCALYPTS FOR WOOD PRODUCTS, 2000, Launceston, Austrália, **Proceedings...** Launceston: IUFRO, 2000. p. 292-300.

SOUZA, M. A. M. de. **“Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus*”**. 2002. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

WILSON, P. J. Splitting studies on logs of *Eucalyptus macarthurii*, *EUCALYPTUS elata*, and *EUCALYPTUS radiata*. **Annual Report**. Institute for Commercial Forestry Reserch, Morgantown, p. 135-142, 1985.

CAPÍTULO 3

RELAÇÃO ENTRE A DEFORMAÇÃO RESIDUAL LONGITUDINAL E O ÍNDICE DE RACHADURA EM GENÓTIPOS DE *Eucalyptus*

RESUMO

CARDOSO JÚNIOR, Antônio Américo. Relação entre a deformação residual longitudinal e o índice de rachadura em genótipos de *Eucalyptus*.

In: ___ Tensões de crescimento em *Eucalyptus* e suas relações com espaçamento, idade e material genético. LAVRAS: UFLA, 2004. Cap 3, p. 63-85. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal)*

A busca de madeira de *Eucalyptus* com melhores características tornou-se uma exigência de mercado. Atualmente busca-se identificar indivíduos superiores tanto em relação aos aspectos silviculturais como aos da madeira. Nesse contexto, as tensões de crescimento, uma das causas da redução do rendimento durante o processamento da madeira, devem ser avaliadas. Assim, este trabalho teve como objetivo selecionar árvores-matrizes em função das características de crescimento, deformação residual longitudinal (DRL) e índices de rachaduras em pranchas. O experimento foi avaliado na Fazenda Bom Sucesso, localizada no município de Vazante, região noroeste do estado de Minas Gerais. Para a determinação da DRL foi utilizado o extensômetro do "CIRAD-Forêt – Growth Strain Gauge". As árvores-matrizes forneceram duas toras basais de 4,5 m de comprimento. As toras foram desdobradas pelo método tangencial, obtendo-se pranchas com espessura de 4 cm. Os índices de rachaduras (IR) de cada extremidade da prancha foram medidos imediatamente após o desdobro. Pelos resultados, apenas a DRL, que apresentou o menor desvio padrão, teve relação significativa e positiva com os IR nas pranchas avaliadas. A DRL apresentou uma variação de 0,017 a 0,136 mm e o IR variou de 0,20% a 37,93%.

* Comitê Orientador: Paulo Fernando Trugilho - UFLA (Orientador), José Tarcisio Lima - UFLA (Co-orientador), Lourival Marin Mendes - UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

CARDOSO JÚNIOR, Antônio Américo. Relationship between longitudinal residual strain and index of split in genotypes of *Eucalyptus*. In: ____ **Growth stresses in *Eucalyptus* and their relationships with the spacing, the age and genetic material.** LAVRAS: UFLA, 2004. Cap 3, p. 63-85. (Dissertation – Master in Forest Engineering)*

The search for high quality *Eucalyptus* timber became a strong market requirement. Nowadays, it is looked for superior trees, both in relation to the silvicultural and wood aspects. In that contextual, the growth stresses, one of the causes of the reduction of the yield during the log processing, must be correctly assessed. Thus, the objective of this work was to select matrix-trees based on diameter and height of trees, longitudinal residual strain (DRL) and indexes of splits (IR) of the planks. The experiment was established at Bom Sucesso Farm located at Vazante region, Northwest of Minas Gerais State, Brazil. For determination of DRL was utilised an extensometer “CIRAD-Forêt”. The stems of the matrix trees were cut in two basal logs 4.5 meters long. The logs were converted in 4 cm thick planks using the through-and-through method. The split indexes (IR) were measured in each end of the planks immediately after their production. By the results, only DRL, that presented the smallest standard deviation, had significant and positive relationship with IR. DRL presented a variation from 0.017 to 0.136 mm and the IR changed from 0.20% to 37.93%.

* Guidance Committee: Paulo Fernando Trugilho - UFLA (Adviser), José Tarcísio Lima - UFLA (Co-adviser), Lourival Marin Mendes - UFLA (Co-adviser).

1 INTRODUÇÃO

A madeira de *Eucalyptus*, oriunda de povoamentos plantados, apresenta excelentes propriedades para energia e celulose de fibra curta, porém, sofre restrição para os demais usos, em virtude de determinados problemas, como anisotropia, retratibilidade, tensões de crescimento, rachaduras, empenamentos, entre outros.

Essas restrições persistem até o presente momento, pois os referidos problemas não foram considerados nos programas de seleção genética.

A madeira de *Eucalyptus* apresenta uma grande variabilidade nas suas características tecnológicas, o que vem justificar a seleção de árvores-matrizes não somente considerando aquelas características de crescimento e tratos silviculturais, mas associar essas características às propriedades tecnológicas da madeira, notadamente as decorrentes das tensões de crescimento.

O melhoramento genético aplicado ao *Eucalyptus* é estrategicamente importante para o Brasil, devido à grande adaptação e crescimento de dezenas de espécies em diversas condições ecológicas e à magnífica variabilidade inter e intra-específica, que expressa diversificadas propriedades da madeira, possibilitando o seu uso para os mais variados fins tecnológicos, incluindo aqueles de uso sólido na indústria moveleira e da construção civil (Rosado, 2002).

O *Eucalyptus*, devido à peculiaridade de sua madeira, apresenta certas dificuldades, e os elevados níveis de tensões de crescimento representam as maiores barreiras à sua utilização como sólidos. Essas tensões são hoje objeto de estudo visando-se à sua quantificação para a genótipos menos propensos a sua ação, para que esses sejam cultivados em escala comercial.

Objetivou-se do presente trabalho quantificar o nível das tensões de crescimento, medido pela deformação residual longitudinal (DRL) em árvores-matrizes de *Eucalyptus* sp, visando à relação daquelas com menor nível de tensão. Também procurou-se avaliar a existência de relação entre a DRL, o DAP, a altura total e o índice de rachadura de pranchas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, foram selecionadas 70 matrizes em função do seu desempenho silvicultural, avaliadas aos 19 anos de idade em uma área oriunda de desbaste na Fazenda Bom Sucesso pertencente à Companhia Mineira de Metais (VMM-AGRO) do Grupo Votorantim, localizada no município de Paracatu, região noroeste do Estado de Minas Gerais, com localização de 17°36'09" de latitude Sul e 46°42'42" de longitude Oeste de Greenwich e a uma altitude de 550 metros. Um clima do tipo Aw, tropical úmido de savana, com um inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação de Köppen, apresentando uma temperatura média anual de 24 °C e uma precipitação média anual de 1450 mm.

Foram mensurados a deformação residual longitudinal (DRL), a altura total (HT) e o diâmetro a 1,30 m (DAP) de cada árvore-matriz. A DRL foi medida pelo extensômetro na altura do DAP nos quatro pontos cardeais, ou seja, norte, sul, leste e oeste. Depois de mensuradas, as matrizes foram traçadas e separadas as duas primeiras toras de cada árvore-matriz, as quais foram desdobradas pelo método tangencial em pranchas de 4 cm de espessura, 4,5 m de comprimento e com largura e número variáveis. Nas pranchas, foram medidos os comprimentos das maiores rachaduras em ambas as extremidades, logo após o desdobro para a determinação do índice de rachadura. O índice de rachadura das pranchas foi determinado conforme a seguinte equação:

$$IR = \frac{C_1 + C_2}{L} \times 100$$

sendo:

C1 e C2 – o comprimento das maiores rachaduras nas duas extremidades da prancha, em cm;

L – comprimento da prancha, sendo, neste caso, 450 cm.

Os símbolos usados neste trabalho com suas respectivas denominações encontram-se na Tabela 3.1. As pranchas intermediárias não foram analisadas pelo fato de nem todas as toras (A) e (B) apresentarem o mesmo número de pranchas. A variação no número de pranchas obtidas foi devida à diferença existente entre os diâmetros das toras.

TABELA 3.1. Símbolos e suas denominações para os índices de rachadura.

Símbolos	Denominações
IRA1	Índice de rachadura na prancha externa da tora (A)
IRA3	Índice de rachadura na prancha interna da tora (A)
IRTA	Índice de rachadura médio na prancha externa e interna da tora (A)
IRB1	Índice de rachadura na prancha externa da tora (B)
IRB3	Índice de rachadura na prancha interna da tora (B)
IRTB	Índice de rachadura médio na prancha externa e interna da tora (B)
IRT1	Índice de rachadura médio na prancha externa das toras (A) e (B)
IRT3	Índice de rachadura médio na prancha interna das toras (A) e (B)
IRMAT	Índice de rachadura médio das toras (A) e (B)

Na Figura 3.1 verifica-se o método de desdobro utilizado e o esquema das retiradas das pranchas externas, intermediárias e internas.

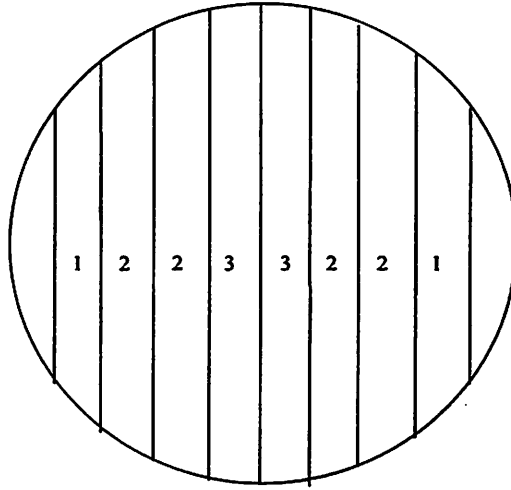


FIGURA 3.1. Esquema da retirada das pranchas externas (1), intermediárias (2) e internas (3)

Para a avaliação da associação entre a DRL e as características de crescimento e o índice de rachadura de pranchas, inicialmente classificaram-se as matrizes, separando-as por classe. Optou-se em separar as árvores-matrizes em classes de DRL, DAP e HT.

A separação das matrizes, em classes de desvio padrão da DRL, foi realizada pelo método estatístico, que consiste em obter a média aritmética do desvio padrão da DRL, considerando-se os pontos cardeais. A amplitude das classes utilizada foi de 0,5 desvio, conforme demonstrado na Tabela 3.2.

TABELA 3.2. Método utilizado para separar em classes os desvios padrões da deformação residual longitudinal (DRL)

CLASSES DE DESVIO PADRÃO		VALOR CENTRAL	Nº DA CLASSE	FREQUÊNCIA
LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR			
$\overline{sd} - 1,5 sd$	$\overline{sd} - 1,0 sd$	$\overline{sd} - 2,25$	1	9
$\overline{sd} - 1,0sd$	$\overline{sd} - 0,5 sd$	$\overline{sd} - 0,75$	2	15
$\overline{sd} - 0,5 sd$	$\overline{sd} - 0,0 sd$	$\overline{sd} - 0,25$	3	17
$\overline{sd} - 0,0 sd$	$\overline{sd} + 0,5 sd$	\overline{sd}	4	10
$\overline{sd} + 0,5 sd$	$\overline{sd} + 1,0 sd$	$\overline{sd} + 0,75$	5	11
$\overline{sd} + 1,0 sd$	$\overline{sd} + 1,5 sd$	$\overline{sd} + 1,25$	6	3
$\overline{sd} + 1,5 sd$	$\overline{sd} + 2,0 sd$	$\overline{sd} + 1,75$	7	4
$\overline{sd} + 2,0 sd$	$\overline{sd} + 2,5 sd$	$\overline{sd} + 2,25$	8	3
$\overline{sd} + 2,5 sd$	$\overline{sd} + 3,0 sd$	$\overline{sd} + 2,75$	9	1

\overline{sd} = valor médio dos desvios padrões, considerando-se os pontos cardeais, de todas as matrizes; sd = desvio padrão relativo aos desvios de todas as matrizes

As matrizes classificadas, por DRL, nas classes 7, 8 e 9 foram agrupadas juntamente com as da classe 6, devido ao pequeno número de indivíduos presentes nas mesmas.

Para o diâmetro a 1,3 m (DAP) e altura total, o mesmo procedimento para a separação das classes foi adotado, sendo a amplitude utilizada o dobro da considerada para a DRL, ou seja, uma vez o desvio padrão. Em relação ao DAP, as matrizes pertencentes às classes 5 e 6 foram agrupadas juntamente com as da classe 4, devido, também, ao pequeno número de indivíduos nas mesmas. As Tabelas 3.3 e 3.4 apresentam a amplitude das classes para DAP e HT, respectivamente.

TABELA 3.3. Método utilizado para separar por classe de diâmetro a 1,30 m (DAP)

CLASSES DE DAP		VALOR CENTRAL	Nº DA CLASSE	FREQUÊNCIA
LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR			
$\bar{D} - 2,0\ sd$	$\bar{D} - 1,0\ sd$	$\bar{D} - 1,5$	1	6
$\bar{D} - 1,0\ sd$	$\bar{D} - 0,0\ sd$	$\bar{D} - 0,5$	2	31
$\bar{D} - 0,0\ sd$	$\bar{D} + 1,0\ sd$	\bar{D}	3	23
$\bar{D} + 1,0\ sd$	$\bar{D} + 2,0\ sd$	$\bar{D} + 1,5$	4	6
$\bar{D} + 2,0\ sd$	$\bar{D} + 3,0\ sd$	$\bar{D} + 2,5$	5	2
$\bar{D} + 3,0\ sd$	$\bar{D} + 4,0\ sd$	$\bar{D} + 3,5$	6	2

\bar{D} = valor médio dos diâmetros a altura do peito (DAP) de todas as matrizes; sd = desvio padrão relativo ao DAP de todas as matrizes

TABELA 3.4. Método utilizado para separar por classes de altura total (HT)

CLASSES DE DAP		VALOR CENTRAL	Nº DA CLASSE	FREQUÊNCIA
LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR			
$\overline{HT} - 2,0\ sd$	$\overline{HT} - 1,0\ sd$	$\overline{HT} - 1,5$	1	8
$\overline{HT} - 1,0\ sd$	$\overline{HT} - 0,0\ sd$	$\overline{HT} - 0,5$	2	27
$\overline{HT} - 0,0\ sd$	$\overline{HT} + 1,0\ sd$	\overline{HT}	3	20
$\overline{HT} + 1,0\ sd$	$\overline{HT} + 2,0\ sd$	$\overline{HT} + 1,5$	4	11
$\overline{HT} + 2,0\ sd$	$\overline{HT} + 3,0\ sd$	$\overline{HT} + 2,5$	5	4

\overline{HT} = valor médio da altura total de todas as matrizes; sd = desvio padrão relativo ao DAP de todas as matrizes

Todas as correlações foram estabelecidas para as matrizes agrupadas por classe, tanto de DRL como de DAP e HT.

O aparelho de medição da DRL utilizado neste capítulo e o método de medição foram os mesmos do capítulo anterior.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3.5 apresentam-se o nível médio de deformação residual longitudinal (DRL), o índice médio de rachadura (IR) por posição externa (1) e interna (3), o índice médio por tora e o valor médio por matriz analisada. A árvores-matrizes 1271, com DRL de 0,017 mm e um índice de rachadura médio da matriz (IRMAT) de 0,20%, a árvore-matriz 1213, com DRL de 0,053 mm e IRMAT de 0,28%, e a árvore-matriz 1268, com DRL de 0,036 mm e um IRMAT de 0,44%, foram consideradas de destaque. As matrizes 1202 (DRL = 0,054 mm) e um IRMAT de 37,93%, 1217 (0,032 mm de DRL) e um IRMAT de 35,92% e a 1207, com o maior valor médio de DRL (0,130 mm) e um IRMAT de 29,86% apresentaram os piores desempenhos. Outra árvore-matriz que apresentou alto IRMAT (29,81%) foi a 1281, porém apresentou um baixo valor médio de DRL (0,032 mm). Comportamento inverso apresentou a matriz 1257, em que a DRL foi 0,074 e o IRMAT de 1,37%.

Possíveis explicações para a ocorrência desse fenômeno, ou seja, matrizes que apresentam baixa DRL e elevado IRMAT e alta DRL e IRMAT baixo podem estar associadas à resistência mecânica da madeira e à maior presença de madeira de reação, características não avaliadas neste estudo, e até mesmo ao próprio sistema de desdobro utilizado.

O valor médio da DRL para as matrizes foi de 0,052 com coeficiente de variação de 34,54%. Pelo valor elevado do coeficiente de variação, observa-se que existe muita variabilidade entre as matrizes avaliadas, o que é desejável do ponto de vista da seleção das de melhor desempenho. O coeficiente de variação (CV%) da DRL, para a tora A, foi de 292,94% e de 36,44% para o IR. Na tora B, o CV foi de 59,21% para o IR.

TABELA 3.5. Médias da deformação residual longitudinal das árvores-matrizes analisadas

Matriz	TORA	DRL	IR - POSIÇÃO (%)		IRT (%) Média/tora	IRMAT (%) Média/Matriz
			1	3		
1271	A	0,017	0,00	0,40	0,20	0,20
	B		0,40	0,00	0,20	
1180	A	0,023	0,00	2,44	1,22	1,22
	B		0,00	2,44	1,22	
1246	A	0,024	0,00	4,02	2,01	1,51
	B		0,67	1,33	1,00	
1182	A	0,027	1,56	2,44	2,00	1,92
	B		2,67	1,00	1,84	
1217	A	0,032	7,61	100,00	53,81	35,92
	B		10,72	25,33	18,03	
1184	A	0,033	0,00	7,33	3,67	6,17
	B		0,00	17,33	8,67	
1206	A	0,035	0,89	7,22	4,06	3,82
	B		1,39	5,78	3,59	
1268	A	0,036	0,00	1,00	0,50	0,44
	B		0,00	0,76	0,38	
1196	A	0,037	50,00	7,56	28,78	15,86
	B		1,89	4,00	2,95	
1216	A	0,037	0,00	3,56	1,78	2,42
	B		2,00	4,11	3,06	
1226	A	0,037	2,39	0,00	1,20	1,71
	B		0,00	4,44	2,22	
1237	A	0,037	0,00	6,89	3,45	2,31
	B		1,89	0,44	1,17	
1281	A	0,037	0,00	100,00	50,00	29,81
	B		0,00	19,22	9,61	
1209	A	0,038	1,61	9,78	5,70	3,92
	B		2,72	1,56	2,14	
1250	A	0,038	0,00	2,72	1,36	1,63
	B		0,00	3,78	1,89	
1247	A	0,040	0,00	2,67	1,34	0,67
	B		0,00	0,00	0,00	
1212	A	0,042	1,50	5,56	3,53	3,85
	B		2,50	5,83	4,17	
1259	A	0,042	0,00	100,00	50,00	25,76
	B		0,00	3,04	1,52	
1269	A	0,042	0,50	9,67	5,09	4,17
	B		1,59	4,90	3,25	
1220	A	0,043	2,44	4,00	3,22	3,50
	B		2,22	5,33	3,78	

Continua.

TABELA 3.5, Cont.

1264	A	0,043	0,00	2,22	1,11	0,82
	B		0,00	1,07	0,54	
1249	A	0,044	0,78	4,56	2,67	1,93
	B		0,00	2,39	1,20	
1266	A	0,044	0,00	4,38	2,19	2,62
	B		0,00	6,11	3,06	
1191	A	0,045	3,72	45,11	24,42	17,08
	B		4,67	14,83	9,75	
1218	A	0,045	2,87	34,67	18,77	10,82
	B		1,72	4,00	2,86	
1199	A	0,046	1,67	9,00	5,34	4,84
	B		0,00	8,67	8,67	
1252	A	0,046	1,67	100,00	50,84	27,28
	B		0,33	7,11	3,72	
1189	A	0,047	0,33	17,56	8,95	21,65
	B		5,61	63,11	34,36	
1197	A	0,047	1,89	3,83	2,86	2,39
	B		2,00	1,83	1,92	
1203	A	0,047	4,78	5,33	5,06	5,67
	B		0,00	12,56	6,28	
1221	A	0,047	0,56	5,62	3,09	3,70
	B		2,22	6,41	4,32	
1279	A	0,047	4,11	35,56	19,84	10,63
	B		0,00	2,83	1,42	
1277	A	0,048	0,00	8,98	4,49	3,47
	B		1,00	3,88	2,44	
1215	A	0,050	0,00	7,22	3,61	7,54
	B		1,33	21,61	11,47	
1255	A	0,050	0,00	100,00	50,00	26,54
	B		0,00	6,14	3,07	
1273	A	0,050	0,00	7,11	3,56	3,47
	B		1,50	5,27	3,39	
1232	A	0,051	0,00	5,17	2,59	2,02
	B		0,00	2,89	1,45	
1211	A	0,052	0,33	28,78	14,56	8,39
	B		0,67	3,78	2,23	
1280	A	0,052	1,22	1,11	1,17	1,43
	B		0,00	3,40	1,70	
1183	A	0,053	0,00	2,89	1,45	0,72
	B		0,00	0,00	0,00	
1213	A	0,053	0,00	1,11	0,56	0,28
	B		0,00	0,00	0,00	
1242	A	0,053	0,33	1,19	0,76	0,66
	B		0,00	1,11	0,56	
1253	A	0,053	2,89	17,49	10,19	5,10
	B		0,00	0,00	0,00	

Continua.

TABELA 3.5, Cont.

1261	A	0,053	0,44	9,07	4,76	3,21
	B		0,74	2,60	1,67	
1201	A	0,054	5,89	2,89	4,39	8,22
	B		2,78	21,33	12,06	
1202	A	0,054	0,67	100,00	50,34	37,93
	B		7,50	43,56	25,53	
1223	A	0,054	2,89	8,62	5,76	3,32
	B		0,00	1,78	0,89	
1243	A	0,054	0,00	2,00	1,00	1,25
	B		0,00	2,98	1,49	
1267	A	0,054	0,56	2,48	1,52	2,73
	B		1,28	6,60	3,94	
1200	A	0,055	8,67	9,33	9,00	5,76
	B		2,44	2,61	2,53	
1208	A	0,055	0,00	3,89	1,95	1,65
	B		0,72	2,00	1,36	
1214	A	0,060	5,72	66,50	36,11	23,89
	B		2,11	21,22	11,67	
1204	A	0,061	0,89	15,06	7,98	5,46
	B		1,11	4,78	2,95	
1188	A	0,062	1,67	10,78	6,23	4,89
	B		0,67	6,44	3,56	
1192	A	0,062	1,39	5,11	3,25	2,64
	B		0,00	4,06	2,03	
1190	A	0,063	0,00	4,33	2,17	3,42
	B		0,89	8,44	4,67	
1193	A	0,064	2,33	7,44	4,89	5,43
	B		5,00	6,94	5,97	
1181	A	0,065	0,67	7,44	4,06	5,19
	B		1,22	11,44	6,33	
1186	A	0,065	0,00	12,22	6,11	4,28
	B		0,56	4,33	2,45	
1256	A	0,068	0,00	4,92	2,46	1,45
	B		0,00	0,88	0,44	
1198	A	0,070	1,56	13,33	7,45	9,06
	B		0,00	21,33	10,67	
1219	A	0,070	1,78	2,00	1,89	2,58
	B		1,48	5,04	3,26	
1210	A	0,073	9,22	3,17	6,20	6,11
	B		3,06	9,00	6,03	
1257	A	0,074	0,52	2,73	1,63	1,37
	B		0,00	2,22	1,11	
1185	A	0,080	2,67	100,00	51,34	27,50
	B		0,00	7,33	3,67	
1228	A	0,083	1,28	9,56	5,42	4,23
	B		2,00	4,06	3,03	
1205	A	0,089	12,78	12,89	12,84	16,86
	B		15,94	25,83	20,89	
1187	A	0,090	0,00	5,44	2,72	4,83
	B		0,78	13,11	6,95	
1195	A	0,094	6,33	4,78	5,56	6,47
	B		5,00	9,78	7,39	
1207	A	0,130	2,11	100,00	51,06	29,86
	B		0,89	16,44	8,67	

De acordo com a Tabela 3.6, verifica-se que a DRL apresentou correlação significativa e positiva, para a primeira classe de DRL, com o IRA1, índice de rachadura da prancha externa da tora (A), IRB1, índice de rachadura externa da tora (B) e IRT1, índice de rachadura médio das pranchas externas das toras (A) e (B), IRT3, índice de rachadura médio das pranchas internas das toras (A) e (B), IRTB, índice de rachadura médio da tora (B), e IRMAT, índice de rachadura médio da matriz. As maiores magnitudes das correlações foram pra IRA1, IRB1 e IRT1, todas relativas às pranchas mais externas, o que era, de certa forma, esperado, não se levando em conta as forças de compressão que se encontram no centro da tora (lenho juvenil). A correlação com IRMAT, apesar de magnitude mais baixa, foi próxima da encontrada por Souza (0,68) (2002), que trabalhou com clones de *Eucalyptus*.

Para as outras classes, observa-se que não houve correlação significativa entre a DRL e os índices de rachadura de pranchas e, na maioria dos casos elas foram de baixa magnitude.

Para as características de crescimento, DAP e HT, não houve correlação significativa com a DRL em nenhuma das classes avaliadas, indicando que a DRL não sofre influência das características de crescimento, ou que o desbaste usado na área afetou de alguma forma essas características resultando na falta de correlação.

A correlação significativa apenas na classe 1 pode ser explicada pela distribuição homogênea das deformações periféricas, indicando uma possível ausência de madeira de reação. Nota-se que mesmo as classes 2, 3 e 4 apresentando uma melhor distribuição nessas deformações, as correlações não foram significativas, indicando que uma pequena presença de madeira de reação pode acarretar um comportamento não esperado dos índices de rachadura.

TABELA 3.6. Correlações entre DRL e diâmetro a 1,30 m (DAP), altura total (HT) e índices de rachadura (IR) para as classes de desvio padrão 1, 2, 3, 4, 5 e 6

	CLASSE DE DESVIO PADRÃO PARA DRL					
	1	2	3	4	5	6
DAP	-0,0728 ^{ns}	-0,2171 ^{ns}	-0,0508 ^{ns}	0,2829 ^{ns}	-0,0844 ^{ns}	0,0539 ^{ns}
HT	-0,2121 ^{ns}	-0,2165 ^{ns}	0,0630 ^{ns}	0,3435 ^{ns}	-0,2656 ^{ns}	0,0459 ^{ns}
IRA1	0,8809**	-0,2572 ^{ns}	0,2217 ^{ns}	-0,1253 ^{ns}	0,3772 ^{ns}	-0,0387 ^{ns}
IRA3	0,3352 ^{ns}	0,0132 ^{ns}	0,1288 ^{ns}	0,1202 ^{ns}	0,0990 ^{ns}	0,1251 ^{ns}
IRB1	0,8879**	0,0349 ^{ns}	-0,0519 ^{ns}	-0,0349 ^{ns}	0,5278 ^{ns}	-0,1378 ^{ns}
IRB3	0,6339 ^{ns}	0,3864 ^{ns}	-0,0681 ^{ns}	0,3308 ^{ns}	-0,1012 ^{ns}	0,1938 ^{ns}
IRT1	0,8951**	-0,2475 ^{ns}	0,1413 ^{ns}	-0,0758 ^{ns}	0,4345 ^{ns}	-0,0970 ^{ns}
IRT3	0,7502*	0,1121 ^{ns}	0,0917 ^{ns}	0,1886 ^{ns}	0,0475 ^{ns}	0,1419 ^{ns}
IRTA	0,5570 ^{ns}	-0,2003 ^{ns}	0,1415 ^{ns}	0,1150 ^{ns}	0,1495 ^{ns}	0,1196 ^{ns}
IRTB	0,7618*	0,2801 ^{ns}	-0,0758 ^{ns}	0,2826 ^{ns}	-0,0171 ^{ns}	0,0987 ^{ns}
IRMAT	0,6798*	-0,1322 ^{ns}	0,1010 ^{ns}	0,1770 ^{ns}	0,1144 ^{ns}	0,1223 ^{ns}

** , * e ns significativo a 1, 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente pelo teste t. DAP (diâmetro a 1,30 m), HT (altura total), DRL (deformação residual longitudinal), IRA1 (índice de rachadura na tora A da prancha externa), IRA3 (índice de rachadura na tora A da prancha interna), IRB1 (índice de rachadura na tora B da prancha externa), IRB3 (índice de rachadura na tora B da prancha interna), IRT1 (índice de rachadura nas toras A e B da prancha externa), IRT3 (índice de rachadura nas toras A e B das pranchas internas), IRTA (índice de rachadura na tora A), IRTB (índice de rachadura na tora B) e IRMAT (índice de rachadura da árvore-matriz)

Observa-se na Tabela 3.7 que a DRL apresentou uma pequena, porém significativa relação com os IRA1, IRB1 e IRT1 da classe 3 de DAP. Nota-se que essa relação só existiu para as pranchas externas. Pode-se verificar que a correlação da DRL com HT e DAP, para a primeira classe, foi não-significativa, porém, de magnitude superior ao observado na classificação pela DRL (Tabela 3.6). Essa não-significância está sendo influenciada pelo número de indivíduos que compõem a classe, que, no caso, foram seis.

TABELA 3.7. Correlações entre DRL e diâmetro a 1,30 m (DAP), altura total (HT), e índices de rachadura (IR) para as classes de diâmetro 1, 2, 3 e 4

	DRL / CLASSE DE DIÂMETRO A 1,30 M (DAP)			
	1	2	3	4
HT	0,6447 ^{ns}	0,0741 ^{ns}	-0,0774 ^{ns}	0,1655 ^{ns}
DAP	0,6247 ^{ns}	0,1104 ^{ns}	-0,1954 ^{ns}	-0,0004 ^{ns}
IRA1	0,6093 ^{ns}	-0,0644 ^{ns}	0,5121*	0,0538 ^{ns}
IRA3	-0,3037 ^{ns}	-0,0349 ^{ns}	0,0189 ^{ns}	0,5178 ^{ns}
IRB1	-0,5223 ^{ns}	0,2367 ^{ns}	0,5116*	-0,2041 ^{ns}
IRB3	-0,2133 ^{ns}	0,2219 ^{ns}	0,2272 ^{ns}	0,0738 ^{ns}
IRT1	0,0066 ^{ns}	-0,0028 ^{ns}	0,5481**	-0,1021 ^{ns}
IRT3	-0,2550 ^{ns}	0,0431 ^{ns}	0,1252 ^{ns}	0,4841 ^{ns}
IRTA	-0,1101 ^{ns}	-0,0536 ^{ns}	0,0852 ^{ns}	0,5113 ^{ns}
IRTB	-0,2568 ^{ns}	0,2337 ^{ns}	0,3072 ^{ns}	-0,0340 ^{ns}
IRMAT	-0,2291 ^{ns}	0,0282 ^{ns}	0,2250 ^{ns}	0,4503 ^{ns}

**, * e ns significativo a 1, 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente pelo teste t. DAP (diâmetro a 1,30 m), HT (altura total), DRL (deformação residual longitudinal), IRA1 (índice de rachadura na tora A da prancha externa), IRA3 (índice de rachadura na tora A da prancha interna), IRB1 (índice de rachadura na tora B da prancha externa), IRB3 (índice de rachadura na tora B da prancha interna), IRT1 (índice de rachadura nas toras A e B da prancha externa), IRT3 (índice de rachadura nas toras A e B das pranchas internas), IRTA (índice de rachadura na tora A), IRTB (índice de rachadura na tora B) e IRMAT (índice de rachadura da árvore-matriz)

Houve correlação significativa da DRL com os IR apenas na quarta classe de altura, Tabela 3.8. A DRL apresentou correlação com o IRA3, índice de rachadura médio na prancha interna da tora (A), com o IRT3, índice de rachadura médio da prancha interna das toras (A) e (B), com o IRTA, índice de rachadura médio da tora (A) e com o IRMAT, índice de rachadura médio da matriz, porém, apesar de significativa, essa relação foi de pequena magnitude. A correlação positiva e significativa existente com as pranchas internas, nessa classe de altura, sugere que quanto maior a altura do indivíduo maior será o nível de DRL. Esse resultado não era esperado, uma vez que a DRL é medida na periferia no tronco. Para a HT e DAP, na classe um, verificou-se correlação não-significativa, porém de magnitude mais elevada.

A classificação das matrizes por DAP e HT não apresentaram resultados satisfatórios de correlação entre DRL e as demais características, uma vez que as correlações foram, na maioria dos casos, de baixa magnitude e não-significativas. É importante observar que em nenhuma das classificações realizadas a DRL apresentou correlação não-significativa com DAP e HT, indicando que o crescimento da árvore não afeta essa característica e que a seleção de materiais mais produtivos pode ser realizada, sem o perigo de se elevar o valor da tensão de crescimento longitudinal.

TABELA 3.8. Correlações entre DRL e diâmetro a 1,30 m (DAP), altura total (HT), e índices de rachadura (IR) para as classes de altura 1, 2, 3, 4 e 5

	DRL / Classe Altura Total (HT)				
	1	2	3	4	5
DAP	-0,0044 ^{ns}	-0,3612 ^{ns}	-0,2054 ^{ns}	0,1844 ^{ns}	0,4211 ^{ns}
HT	-0,3781 ^{ns}	0,1966 ^{ns}	0,1971 ^{ns}	-0,3229 ^{ns}	0,1997 ^{ns}
IRA1	-0,1260 ^{ns}	0,2525 ^{ns}	0,4198 ^{ns}	0,5676 ^{ns}	0,5749 ^{ns}
IRA3	0,2401 ^{ns}	-0,1110 ^{ns}	-0,2405 ^{ns}	0,6456*	-0,8842 ^{ns}
IRB1	0,0123 ^{ns}	0,3383 ^{ns}	0,1992 ^{ns}	-0,1701 ^{ns}	0,3266 ^{ns}
IRB3	0,3980 ^{ns}	0,2084 ^{ns}	-0,0278 ^{ns}	0,5301 ^{ns}	-0,7363 ^{ns}
IRT1	-0,1215 ^{ns}	0,3373 ^{ns}	0,3205 ^{ns}	0,4959 ^{ns}	0,4451 ^{ns}
IRT3	0,3072 ^{ns}	-0,0097 ^{ns}	-0,1831 ^{ns}	0,6981*	-0,8696 ^{ns}
IRTA	0,1642 ^{ns}	-0,0878 ^{ns}	-0,1828 ^{ns}	0,6470*	-0,8650 ^{ns}
IRTB	0,3563 ^{ns}	0,2480 ^{ns}	0,0193 ^{ns}	0,5397 ^{ns}	-0,2335 ^{ns}
IRMAT	0,2306 ^{ns}	0,0074 ^{ns}	-0,1141 ^{ns}	0,7000*	-0,8302 ^{ns}

** , * e ns significativo a 1, 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente pelo teste t. DAP (diâmetro a 1,30 m), HT (altura total), DRL (deformação residual longitudinal), IRA1 (índice de rachadura na tora A da prancha externa), IRA3 (índice de rachadura na tora A da prancha interna), IRB1 (índice de rachadura na tora B da prancha externa), IRB3 (índice de rachadura na tora B da prancha interna), IRT1 (índice de rachadura nas toras A e B da prancha externa), IRT3 (índice de rachadura nas toras A e B das pranchas internas), IRTA (índice de rachadura na tora A), IRTB (índice de rachadura na tora B) e IRMAT (índice de rachadura da árvore-matriz)

A DRL deve estar bem distribuída em toda a circunferência da árvore, o que indica possível ausência de madeira de reação, um dos fatores que afetam a homogeneidade das distribuições da DRL na circunferência da árvore (Jourez 1997). Essas variações das tensões de crescimento podem ocorrer, associadas a outros fatores, como inclinação do fuste (Nicholson, 1973); desvio da grã (Archer, 1979); tortuosidade do fuste (Dinwoodie, 1966), pela presença de ventos dominantes na área, espaçamento adotado, idade e níveis de desbaste que possam ter havido na área, o que pode provocar a reorientação das copas, alterando os valores de DRL (Kubler, 1987).

Com relação à variação longitudinal dos índices de rachadura e suas associações com a DRL, Souza (2002) não encontrou diferença significativa entre a DRL mensuradas no diâmetro a 1,30 m (DAP) e a 3 metros de altura, concluindo que apenas a mensuração feita no DAP é suficiente para se estimar os níveis de tensão de crescimento de um indivíduo. Entretanto, a variação da intensidade das tensões ao longo do fuste da árvore tem sido controversa, podendo aumentar até cerca de 7 metros, ocorrendo a partir daí uma redução até aproximadamente 11 metros (Yao, 1979). Caixeta (2000) encontrou um aumento no índice de rachaduras da periferia para o centro das toras em clones de híbridos de *Eucalyptus*.

Como se observa na Figura 3.2, à medida que se aumenta a classe de DRL, ocorre uma distribuição mais desuniforme de valor, em função dos pontos cardiais, ou seja, existe uma maior variação nos valores de DRL na circunferência das árvores-matrizes que compõem as classes.. Esse fato pode ter contribuído para a diferença existente no comportamento do índice de rachadura entre as matrizes. Essa variação nos valores da DRL na circunferência da árvore pode ser devido a possível presença de ventos dominantes na área. Outra possível explicação para esse comportamento heterogêneo é que as matrizes avaliadas são indivíduos remanescentes, que foram deixados aleatoriamente na

área devido à superioridade silvicultura. Esse tipo de desbaste foi realizado visando somente a deixar no local os maiores indivíduos para futuro programa de multiplicação clonal. Esse fato pode ter provocado alguma modificação na copa das árvores, induzindo ao aparecimento de madeira de reação nos troncos e alterando os valores de DRL na circunferência das mesmas.

Observa-se, também, que as classes de DRL menores (CDP1, CDP2, CDP3 e CDP4) foram as que apresentaram as menores variações de DRL nos pontos cardeais, indicando menor presença de madeira de reação, ao passo que as maiores classes (CDP5 e CDP6) apresentaram grande variação da DRL nos pontos cardeais, e a menor magnitude da DRL ocorreu na direção oeste e as maiores nos sentidos norte, leste e sul.

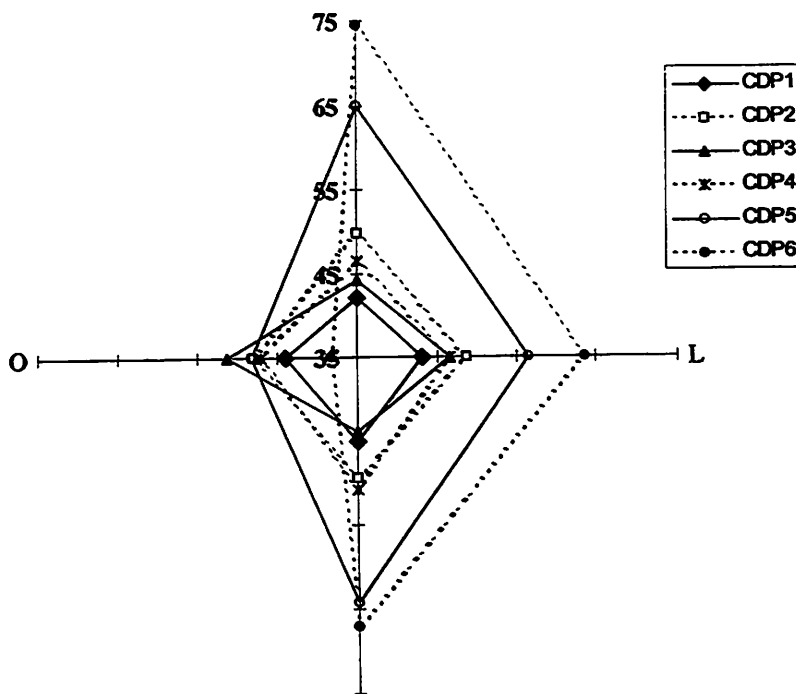


FIGURA 3.2. Comportamento da deformação residual longitudinal (DRL) em cada classe de desvio padrão (CDP)

4 CONCLUSÕES

Pelos resultados pode-se concluir que:

- (a árvore-matriz 1271 (0,017 mm) e com um índice de rachadura médio (IRMAT) de 0,20% foi a que apresentou o melhor desempenho. A matriz 1207 foi a que apresentou o maior valor médio de DRL (0,130 mm) e um IRMAT de 29,86%, e a matriz 1202 (0,054 mm de DRL) foi a que apresentou o maior IRMAT, ou seja, de 37,93%;
- (a classificação das matrizes por DRL revelou que o índice de rachadura da prancha externa na tora (A) (IRA1), o índice de rachadura das pranchas externas nas toras (A) e (B) (IRT1), o índice de rachadura internas nas toras (A) e (B) (IRT3) e o IRMAT apresentaram correlação positiva e significativa com a DRL somente para a primeira classe;
- (a classificação das matrizes por DAP revelou que o índice de rachadura na prancha externa da tora (A) (IRA1), o índice de rachadura das pranchas externas da tora (B) (IRB1) e o índice de rachadura médio das pranchas externas das toras (A) e (B) (IRT1) apresentaram uma pequena, porém, significativa correlação com a DRL da classe 3;
- (para a classificação por altura total, a DRL apresentou correlação com o IRA3, índice de rachadura médio na prancha interna da tora (A), com o IRT3, índice de rachadura médio da prancha interna das toras (A) e (B), com o IRTA, índice de rachadura médio da tora (A) e com o IRMAT, índice de rachadura médio da matriz, porém, apesar de significativa, essa relação foi de pequena magnitude;
- (na maioria dos casos, a classificação das matrizes por DAP e HT não apresentou resultado satisfatório de correlação entre DRL e os índices de rachadura, proporcionando valores de baixa magnitude e não-significativos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHER, R. R. On the distribution of the growth stresses: part-3 – the case of inclined grain. **Wood Science Thechnology**, New York, v. 13, n. 1, p. 67-78, 1979.
- CAIXETA, R. P. **Propriedades da madeira de *Eucalyptus*: classificação e seleção de genótipos utilizando marcador molecular e análise multivariada**. 2000. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- DINWOODIE, J. M. Growth stresses in timber: review of literature. **Forestry**, Oxford, v. 39, n. 2, p. 162-170, 1966.
- JOUREZ, B. L. Le bois de tension: 1-défnitio et distribution dans l'arbre. **Biotechnologie, Agronomie, Societé et environnement**, Paris, v. 1, n. 2, p. 100-112, 1997.
- KUBLER, H. Gowth sresses in trees and related wood properties. **Forest Products Abstracts**, Madison, v. 10, n. 3, p. 61-119, Mar. 1987.
- NICHOLSON, J. E. Growth stress differences in eucalypts. **Forest Science**, Washington, v. 19, n. 3, p. 169-174, Sept. 1973.
- ROSADO, S. C. da S. **Avaliação da densidade básica da madeira ecom diferentes idades, em *Eucalyptus* spp.** 1982. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- SOUZA, M. A. M. de. **“Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus*”**. 2002. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.
- YAO, J. Relationships between height and growth stresses within and among white ash, water oak, and shagbar; hickory. **Wood Science**, Madison, v. 11, n. 4, p. 246-251, 1979.