UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake para carvão vegetal.

EDUARDO PINHEIRO HENRIQUES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

Botucatu – SP
Maio de 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake para carvão vegetal.

Orientado: EDUARDO PINHEIRO HENRIQUES
Orientador: Prof. Dr. Edson Seizo Mori
Co-Orientador: Prof. Dr. Mário Tomazello Filho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU – SP
Maio de 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO – SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Henriques, Eduardo Pinheiro, 1949-
H517v Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake para carvão vegetal / Eduardo Pinheiro Henriques.– Botucatu : [s.n.], 2012
xvi, 75 f. : il., color., tabs.

Dissertação(Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2012
Orientador: Edson Seizo Mori
Co-orientador: Mário Tomazello Filho
Inclui bibliografia

1. Eucalyptus. 2. Melhoramento genético. 3. Seleção de plantas. 4. Densidade – Madeira. I. Mori, Edson Seizo. II. Tomazello Filho, Mário. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **VARIABILIDADE GENÉTICA EM PROGÊNIES DE Eucalyptus urophylla S.T. Blake PARA CARVÃO VEGETAL**

ALUNO: EDUARDO PINHEIRO HENRIQUES

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON SEIZO MORI
COORIENTADOR: PROF. DR. MÁRIO TOMAZELLO FILHO

Aprovado pela Comissão Examinadora

PROF. DR. EDSON SEIZO MORI

PROF. DR. MÁRIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

PROF. DR. José de castro silva

Data da Realização: 24 de agosto de 2012.

À minha família - **DEDICO**

BIOGRAFIA DO AUTOR

Eduardo Pinheiro Henriques, filho de Waldemar Henriques e de Gilse Pinheiro Henriques, nasceu em Cataguases – MG, a 30 de novembro de 1949.

Cursou o primeiro e segundo graus em Caratinga – MG, no Grupo Escolar Dom Carloto e no Colégio Estadual José Augusto Ferreira Filho respectivamente.

Graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa – UFV, em dezembro de 1975.

Trabalha, desde a formatura, até os dias de hoje, na Aperam Bioenergia Ltda, ex-ArcelorMittal BioEnergia Ltda e ex- Acesita Energética Ltda.

Em primeiro de março de 2010 iniciou seu Mestrado em Ciência Florestal, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agronômicas – Campus de Botucatu – SP.

AGRADECIMENTOS

- À minha família, minha esposa Valdene, minhas filhas Vanessa e Vivian e minha mãe Gilse, que se privaram de tantos momentos para que eu pudesse me dedicar aos estudos e à pesquisa.

- Ao meu Orientador Prof. Dr. Edson Seizo Mori, que me ensinou tanto com sua orientação, suas aulas e seu jeito de viver e ver os acontecimentos de forma mansa e pacífica.

- Ao meu Co-orientador Prof. Dr. Mário Tomazello Filho, pela orientação, o apoio e o estímulo desde o primeiro momento.

- Ao Dr. Paulo Sadi Silochi, pessoalmente, Diretor de Operações da Aperam Bioenergia Ltda, pelo apoio e incentivo desde o início, quando a idéia do Mestrado germinava e pelo apoio financeiro na liberação do trabalho, para que eu pudesse me dedicar aos estudos e à pesquisa.

- Ao Prof. Dr. Mário Luiz Teixeira de Moraes, pelas aulas de análise de experimentos e pela colaboração na análise dos dados.

- Ao Prof. Dr. Alexandre Magno Sebbenn, pela valorosa ajuda na análise dos dados e pelo exemplo de muito estudo e muito trabalho.

- À Aperam Bioenergia Ltda, por seus Diretores e Colegas, pelo apoio financeiro e incentivo.

- À Engenheira Agrônoma Marcela Aparecida de Moraes, pela valiosa ajuda na análise dos dados do experimento.

- Ao Doutorando Evandro Tambarussi, pelas críticas e sugestões na redação da Dissertação.

À Engenheira Florestal Karina de Lima, pela imprescindível ajuda na correção da redação.

Ao Doutorando Cristiano Bueno de Moraes, pelas críticas e ajudas nas análises.

Felizmente tenho muito a agradecer ....., muitas pessoas não foram citadas, mas pela grandiosidade de seus corações, nem se importam com isto !

“Nós todos somos organizados de modo diferente. Cada um de nós age dentro de suas limitações e preenche apenas parcialmente suas possibilidades.”

Byron

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS VIII
LISTA DE TABELAS X
RESUMO XIII
SUMMARY. XV
1 INTRODUÇÃO 01
2 OBJETIVOS 02
3 REVISÃO DE LITERATURA 03
3.1 A Madeira 03
3.2 O ideótipo de madeira para produção de carvão vegetal siderúrgico 04
3.3 Densidade básica da madeira por gravimetria 05
3.4 Densidade aparente da madeira por densitometria de raios x 08
3.5 Estimativa de parâmetros genéticos.....09
4 MATERIAL E MÉTODOS 10
4.1 Material.....10
4.2 Descrição do local de instalação do teste de progênies 2003.....12
4.3 Técnica de plantio 13
4.4 Caracterização edafoclimática 13
4.5 Método 15
4.5.1 Avaliação do crescimento e da qualidade do lenho das árvores 15
4.5.2 Densidade básica do lenho por gravimetria 18
4.5.3 Densidade aparente do lenho por densitometria de raio x 19
4.5.4 Densidade aparente dos anéis anuais de crescimento por densitometria de raio X 21
4.5.5 Análise dos dados 22
5 RESULTADOS 24
5.1 Parâmetros genéticos.....24
5.1.1 Variâncias genéticas, fenotípicas e ambientais.....25
5.1.2 Parâmetros genéticos para produção e qualidade da madeira 27

5.2 Análise conjunta 36
5.3 Correlações genéticas 37
5.4 Seleção 40
6 CONCLUSÕES 45
7 REFERÊNCIAS 46
8 ANEXOS 57

LISTA DE FIGURAS

		Página
1.	Esquema da constituição genética do teste de progênies TP-2003.	12
2.	Localização da instalação do teste de progênies 2003.	13
3.	Balanço hídrico da região de Itamarandiba.	14
4.	Precipitação pluviométrica média de 1975 a 2009 e de 2010.	14
5.	Temperaturas máximas (azul) e mínimas (vermelho) – médias mensais de 1995 a 2010.	15
6.	Seção transversal do lenho de árvore de *Eucalyptus urophylla*, evidenciando os anéis de crescimento e a cicatriz no lenho, induzida pela injúria na camada cambial, em decorrência da penetração da agulha do pilodyn (novembro de 2008). Fonte: Tomazello Filho e Almonacid (2011).	17
7.	Seção transversal do lenho de árvore de *Eucalyptus urophylla,* com a demarcação dos anéis de crescimento (escala: 5 cm), evidenciando a cicatriz pela penetração da agulha do pilodyn. Fonte: Tomazello Filho e Almonacid (2011).	17
8.	(A) Seção transversal do disco do lenho de árvore de *Eucalyptus urophylla*; (B) amostra diametral do lenho colada em suporte de madeira e corte das amostras transversais do lenho em	21

equipamento de dupla serra; (C) amostra radial do lenho (2 mm de espessura); (D e E) equipamento de raios X QTRS-01X e suporte metálico com as amostras do lenho; (F) seção transversal do lenho e respectivo perfil de densidade aparente. Fonte: Tomazello Filho e Almonacid (2011).

9. Comportamento da densidade aparente, por ano de idade da árvore, com base nos anéis de crescimento das 26 progênies de *Eucalyptus urophylla.* 34

10. Perfil radial da densidade aparente, de árvores de *Eucalyptus urophylla*: progênie seis, árvore quatro (raio um, C; raio dois, D). 35

11. Demonstrativo das densidades básica média por gravimetria e aparente média do lenho por densitometria de raios X, aos sete anos, na região do DAP. 36

LISTA DE TABELAS

Página

1. Composição do teste de progênies 2003, oriundo do pomar de sementes clonal 2.000, de *Eucalyptus urophylla,* ambos localizados em Itamarandiba – MG. 11

2. Composição dos pomares de sementes clonais de *Eucalyptus urophylla*, constituintes do pomar de sementes clonal - 2000, que deu origem ao teste de progênies 2003, todos localizados em Itamarandiba – MG. 11

3. Estimativa de componentes de variâncias para caracteres de crescimento em altura (m), diâmetro à altura do peito (DAP) (cm), volume individual das árvores (m^3) e densidade aparente do lenho por densitometria de raios X (g cm^{-3}), nas idades de um, dois, três, cinco e sete anos, em teste de progênies de polinização livre de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. 26

4. Estimativa de parâmetros genéticos para crescimento em altura (m), nas idades de um, dois, três, cinco e sete anos, em teste de progênies de polinização livre de *Eucalyptus urophylla*, assumindo as progênies como de sistema misto de reprodução e cruzamentos aleatórios – meios irmãos. Instalado em novembro de 2003 em Itamarandiba – MG. 30

5. Estimativa de parâmetros genéticos para crescimento em DAP - diâmetro a altura do peito (cm), nas idades de um, dois, três, cinco e sete anos, em teste de progênies de polinização livre de *Eucalyptus urophylla*, assumindo as progênies como de sistema misto de reprodução e cruzamentos aleatórios – meios irmãos. 31

Instalado em novembro de 2003 em Itamarandiba – MG.

6. Estimativa de parâmetros genéticos para crescimento em volume individual das árvores (m^3), nas idades de um, dois, três, cinco e sete anos, em teste de progênies de polinização livre de *Eucalyptus urophylla*, assumindo as progênies como de sistema misto de reprodução e cruzamentos aleatórios – meios irmãos. Instalado em novembro de 2003 em Itamarandiba – MG. 32

7. Estimativa de parâmetros genéticos para densidade aparente ($g\ cm^{-3}$), nas idades de um, dois, três, cinco e sete anos, em teste de progênies de polinização livre de *Eucalyptus urophylla*, assumindo as progênies como de sistema misto de reprodução e cruzamentos aleatórios – meios irmãos. Instalado em novembro de 2003 em Itamarandiba – MG. 33

8. Estimativa de correlação do desempenho das progênies nas diferentes idades de avaliação (um, dois, três, cinco, e sete anos de idade), para caracteres de crescimento. 37

9. Estimativa de correlações genéticas (rg) e fenotípicas (rf) entre diferentes idades e mesmo caráter. 39

10. Estimativa de correlações genéticas (rg) e fenotípicas (rf) entre diferentes caracteres de produção e mesma idade. 40

11. Caracterização das árvores selecionadas com base no IME, para volume individual das árvores aos sete anos de idade. 43

12. Comparação de seleção quando se fixa o número de progênies, 44

aos sete anos, para volume individual das árvores.

Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake para carvão vegetal.

RESUMO

Em melhoramento genético florestal, ensaios de campo baseados em progênies de polinização aberta são muito utilizados. Tais ensaios constituem importante estratégia na seleção de plantas e contribuem para o progresso do melhoramento no Brasil. Dessa forma, a presente pesquisa, objetiva formar um pomar de hibridação de *Eucalyptus urophylla,* para subsidiar a introgressão de genes de interesse na qualidade da madeira. Para isto, foram estimados os parâmetros genéticos em um teste de progênies de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, nas idades de um, dois, três, cinco, e sete anos. Avaliaram-se quatro caracteres de interesse no melhoramento florestal: altura (m), diâmetro a altura do peito (DAP) (cm), volume individual das arvores (m^3) e densidade aparente do lenho das árvores por densitometria de raios X (g cm^{-3}). O delineamento experimental do teste, foi o de blocos casualizados com 77 tratamentos, seis repetições e seis plantas por parcela linear. O teste da razão de verossimilhança (LRT), revelou diferenças altamente significativas em nível de 1% de probabilidade ($p<0,01$) entre os caracteres avaliados, exceto para DAP a um ano, que foi significativa em nível de 5% de probabilidade ($p<0,05$) e não significativa, para densidade aparente, também a um ano. Os coeficientes de variação experimental (CVe), foram da ordem de 5% a 8% para altura e DAP, 12% a 13% para densidade aparente do lenho e 15% a 19% para volume. A herdabilidade média de progênies ($\hat{h}_m^2$) foi superior a 0,83 para altura, 0,67 para DAP, 0,72 para volume e entre 0,65 e 0,84 para densidade aparente. A seleção, para volume aos sete anos de idade, entre tratamentos e dentro de parcelas, pelo indice multi efeito (IME), possibilitou a obtenção de 39 progênies para formação de: (i) um pomar de hibridação, com somente uma árvore por progênie e ganho de seleção (Gs) de 35,34%; (ii) um pomar de recombinação, limitado a 6 árvores por

progênie, sendo uma por bloco, com (Gs) de 32,47% e, (iii) maximizando os ganhos pela clonagem, foram selecionadas 10 árvores de seis diferentes progênies, obtendo-se um ganho com a seleção (Gs) de 40,28%.

Palavras chaves: *Eucalyptus*; teste de progênies; parâmetros genéticos; seleção; melhoramento genético florestal; densidade do lenho.

GENETIC VARIABILITY IN PROGENIES OF *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake FOR CHARCOAL. Botucatu, 2012. 82 p

Dissertação Mestrado em Ciência Florestal – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
Author: EDUARDO PINHEIRO HENRIQUES
Advisor: PROF. DR. EDSON SEIZO MORI
Co-advisor: PROF. DR. MÁRIO TOMAZELLO FILHO

SUMMARY

In forest genetic improvement, field trials based on pollinated progenies are widely used. These tests are an important strategy in the selection of plants and contribute to the progress of genetic improvement in Brazil. This research aims to create a hybridization orchard of *Eucalyptus urophylla* to support the introgression of genes that influence timber quality. For this, the genetic parameters in a progeny test of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake were estimated at the ages of one, two, three, five and seven years. Four forest genetic improvement traits were assessed: Height (m), Diameter at breast height (DBH) (cm), volume (m^3) and wood density through X-ray densitometry (g cm^{-3}). The trial was set out in randomized blocks (77 treatments, six repetitions and six plants per linear plot). The LRT test revealed significant differences at ($p<0.01$) level, between the evaluated characteristics, except for DBH at one year ($p<0.05$) and was not significant for wood density; the magnitude of the experimental variation coefficients (CVe) were in the order of 5 to 8% for height and DBH, and 15 to 19% for volume. The average heritability of the progenies ($\hat{h}_m^2$) was greater than 0.83 for height, 0.67 and 0.72, for DBH and volume, respectively and between 0.65 and 0.84 for density. The selection based on Multi-Effect Index (MEI) within treatments and plots allowed to obtain 39 progenies to form: (i) a hybridization orchard, with one tree per progeny and a Genetic Gain (Gs) of 35.34%; (ii) recombination orchard, limited to six trees per progeny, with a 32.47% (Gs) by stratified mass selection, and by maximizing the

gains with cloning; (iii) 10 trees from six different progenies were selected obtaining a (Gs) 40.28% gain.

Key words: *Eucalyptus*; progeny test; genetic parameters; selection; forest genetic improvement; wood density.

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro, juntamente com as universidades e institutos de pesquisas, vêm intensificando estudos de melhoramento genético, manejo do solo e nutrição de plantas desde a década de 1960, especialmente a partir da criação de escolas de Engenharia Florestal. Tais esforços permitiram a elevação da produtividade florestal do gênero *Eucalyptus* sp*,* de aproximadamente 9,0 m^3 ha^{-1} ano^{-1} na década de 1970, para 45 m^3 ha^{-1} ano^{-1} nos dias atuais; a densidade saltou de 420 kg m^{-3} para 530 kg m^{-3} nas décadas de 1970 e 2010 respectivamente. A expectativa é que, em 2025, ter-se-á produtividade e densidade de 60 m^3 ha^{-1} ano^{-1} e 600 kg m^{-3} respectivamente.

A partir da década de 1970, o *Eucalyptus urophylla,* foi introduzido no Brasil, vindo das ilhas orientais do arquipélago de Sonda, das latitudes de 7°S a 10°S e altitudes entre 300 e 3.000 m, segundo Pryor e Jonhson (1971) e Mora e Garcia (2000), apud Rocha et al. (2006), com o objetivo de substituir o *Eucalyptus grandis,* muito susceptível ao cancro do eucalipto, provocado pelo patógeno *Cryphonectria cubensis,* que colocava em risco os empreendimentos florestais nas regiões costeiras dos Estados do Espírito Santo e Bahia.

Verificou-se a sua excelente adaptação às mais diversas regiões edafoclimáticas, inclusive naquelas com restrições ao crescimento do *Eucalyptus grandis,* como no Cerrado*.*

O setor florestal, ligado à produção de celulose e de carvão vegetal para a siderurgia, incentivou a introdução dessa espécie de diversas procedências e amplitude genética.

Rocha et al. (2006) sugeriram que, “por causa do seu grande potencial de adaptação e rusticidade, capacidade de brotação e rápido crescimento, o *Eucalyptus urophylla,* tem sido a principal espécie componente de híbridos com o *Eucalyptus grandis”.* Este híbrido, viabilizou os plantios tolerantes ao cancro no litoral do Espírito Santo, ao déficit hídrico no Cerrado, além de apresentar boas características da madeira para as mais diversas opções de uso.

Atualmente, o caminho tem sido a produção de híbridos interespecíficos, “three way cross”, das espécies das seções transversária e exertária, cuja base é a espécie *Eucalyptus urophylla,* tendo em vista a procura por materiais genéticos que resultem em madeira de elevada qualidade tecnológica e rápido crescimento (GRATTAPAGLIA, 2007; SOUZA JÚNIOR, 2007; MORI; MORAES, 2010).

Nesse sentido, as estratégias de melhoramento para espécies puras, são associadas a programas de obtenção de híbridos e de clonagem, visando a produção, captura e multiplicação de combinações superiores, a fim de aumentar a eficiência dos programas de melhoramento (DESTRO; MONTALVÁN, 1999; TITON et al., 2003; ASSIS et al.,2007 a). Os materiais genéticos hibridizados, apresentaram maior plasticidade quanto a adaptação aos diferentes sítios florestais, além disso, são mais produtivos ou apresentam melhores características da madeira (SILVEIRA et al., 2001; ASSIS et al.,2007 b; MAFIA, 2007).

Daí a necessidade do conhecimento dos parâmetros genéticos para caracteres de produção e de qualidade do *Eucalyptus urophylla*, para orientar o programa de melhoramento genético, objetivando a produção de matéria prima adequada com o segmento industrial.

2 OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho são:

- (i) estimar parâmetros genéticos para caracteres de produção e de densidade da madeira;
- (ii) obter correlações genéticas e fenotípicas entre os diferentes caracteres e as diferentes idades, visando a consecução de respostas correlacionadas para seleção indireta e seleção precoce;
- (iii) selecionar material de *Eucalyptus urophylla* para formação de um pomar de hibridação, com a finalidade de promover introgressão de caracteres desejáveis para produção de híbridos interespecíficos de alta produtividade e qualidades tecnológicas da madeira;

- (iv) compor um pomar de recombinação, ambos (iii e iv), com o fim de melhor usar a variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$) e,
- (v) selecionar material para clonagem, visando explorar a variância genética total ($\hat{\sigma}_g^2$).

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 A madeira

"A madeira é uma obra de arte da natureza, que espelha inúmeras interações entre os fatores genéticos internos da árvore e os sinais ambientais externos. É um tecido extremamente heterogêneo, composto de células radiais vivas e células mortas do xilema e de estrutura anatômica complexa" (JOSHI, 2007).

Seus compostos são: celulose – 40 a 50%; hemicelulose – 20 a 30%; lignina – 18 a 25% para folhosas e 25 a 35% para coníferas; extrativos – 3 a 8% e cinzas – 0,4%, segundo Lewin e Goldstein (1991) e Tsoumis (1991) (apud PIMENTA, [1996 ?]).

Quimicamente a composição elementar da madeira é: 50% de carbono, 6% de hidrogênio, 44% de oxigênio e percentagens desprezíveis de nitrogênio, sem variações significativas entre as madeiras das diversas espécies (MENDES, 1980).

A madeira, quando direcionada para a produção industrial, comporta-se de modo tão diverso. Apresenta notáveis variações de densidade, resistência à compressão, tração, cisalhamento entre outros. As formas de combinação de C, H, e O, determinam variações nos rendimentos industriais em geral, influindo desde a qualidade dos produtos processados até seus custos de produção (MENDES, 1980).

3.2 O ideótipo de madeira para produção de carvão vegetal siderúrgico

A produção de carvão vegetal, para uso como termorredutor na siderurgia, demanda madeira de qualidades tecnológicas adequadas e uniformes nos sentidos axial e radial. Estas características variam especialmente em função das espécies e das procedências, que se comportam diferentemente entre elas, com relação a: (i) distribuição da umidade interna e consequentemente influência no tempo de secagem da madeira ao ambiente, bem como na carbonização; (ii) densidade da madeira e sua variação no interior da árvore (OLIVEIRA et al., 1997), que reflete diretamente na densidade do carvão produzido (BOTREL et al., 2007); (iii) frequência e diâmetro do lume dos vasos (BARRICHELLO; BRITO, 1976), que permitirão a difusão da água por capilaridade no processo de secagem e, posteriormente, na carbonização, influindo na saída dos óleos, dos gases e da água abaixo do ponto de saturação das fibras, sem danos à estrutura anatômica da madeira em processo de carbonização e no carvão; (iv) volume de cerne e alburno que (BUSNARDO et al., 1982; PURNEL, 1988; ALZATE, TOMAZELLO FILHO, 2001; ALZATE, 2004) verificaram variabilidade genética, para valores de volumes médios de cerne, para diversas espécies de eucaliptos em condições e localidades muito distintas. A menor relação cerne/alburno, influirá positivamente na propriedade de resistência mecânica do carvão, possibilitando que suporte uma compressão de 165 kgf cm^{-2}, oriunda da carga metálica no alto-forno da siderurgia; (v) alto teor de lignina, que é o componente da madeira que suporta a degradação térmica no processo da pirólise (LATORRE, 2008).

Todas estas características devem estar presentes na madeira a ser carbonizada, como conjunto de caracteres de várias espécies em um só material genético que as agregue e que seja produtiva. Segundo Santos et al. (1992), o *Eucalyptus urophylla* é esta espécie, por ser um material importante para programas de melhoramento, tendo em vista os “benefícios da adaptação para o aumento da produtividade”.

3.3 Densidade básica da madeira por gravimetria

Benjamim e Ballarin (2009), com base na literatura nacional e internacional, indicaram a densidade básica, como índice de seleção de árvores matrizes para melhoramento genético florestal, por sua reconhecida importância e influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira. Ferreira (1968), em estudo utilizando árvores de *Eucalyptus alba,* com cinco anos e *E. saligna* com sete anos, considerou a densidade básica da madeira como critério de seleção de material genético.

Garcia (1998) afirmou que apesar da densidade da madeira ser considerada como uma das características aplicadas nos programas de melhoramento, poucos trabalhos contemplam estimativas de parâmetros genéticos e estudos de interação genótipo-ambiente para essa característica.

Kollmann (1959) afirmou que, a densidade básica, entre os diferentes tipos de densidade da madeira, permite estabelecer mais claramente os critérios de comparação, por determinar a massa de madeira anidra em estufa contida em unidade de volume verde ou saturado, condições muito estáveis na madeira.

Diversos autores (VITAL et al., 1981; BARRICHELO et al., 1983; ARANGO; HOYOS, 1999), ao estabelecerem o grau de representação das amostras de madeira, tomadas na região do DAP, em relação à densidade básica média da árvore, concluíram que o DAP pode ser considerado como a altura do tronco com valores altamente significativos na determinação da densidade básica média das árvores de *Eucalyptus* sp.

As qualidades tecnológicas são características a serem incluídas no programa de melhoramento, pois, segundo Ruy et al. (2001), estudando dois grupos de clones de *Eucalyptus urophylla*, relataram que “as características fenotípicas de cada grupo, não têm relação com as variações de qualidade da madeira”. Tolfo et al. (2005), estudando estimativa de caracteres genéticos de crescimento, produção e tecnológicos, constataram pequena magnitude para

correlação dos caracteres de crescimento e produção, com os tecnológicos, sugerindo a ausência de genes pleiotrópicos no controle destas características.

Rocha et al. (2006), avaliando progênies de meios-irmãos, constataram que o *Eucalyptus urophylla* apresentou alto nível de variação entre procedências. Igualmente, Ribeiro e Zani (1993) estudando cinco espécies e 15 procedências, agrupadas em dois conjuntos, sendo um composto por materiais com densidade superior a 0,510 g cm^{-3} onde se encontrava o *Eucalyptus urophylla* e outro, inferior a este valor, onde de encontrava o *Eucalyptus grandis*, não verificaram diferenças significativas para *Eucalyptus grandis*, porém para *Eucalyptus urophylla* as diferenças foram significativas para medidas de procedências.

Adorno et al. (2003), estudando 18 clones de *Eucalyptus grandis* e 15 de *Eucalyptus urophylla*, constataram diferenças significativas de qualidades tecnológicas entre eles e concluíram, que nenhum clone apresentou “bons resultados para todas as características simultaneamente”. As duas espécies mostraram-se discrepantes entre as diversas correlações entre elas.

Rosado e Brune (1983), estudando características tecnológicas e de crescimento em árvores de *E. urophylla, E. grandis* e *E. saligna,* no segundo ano, em relação ao DAP e altura total, concluíram que não existe correlação entre a densidade básica da madeira e o crescimento em diâmetro e altura em nenhuma das espécies.

Cruz et al. (2003), estudando sete clones de *Eucalyptus* sp, com cinco e 10 anos de idade, verificaram correlações lineares de 0,47 a 0,67, a 1% de probabilidade, entre a densidade básica da madeira e a resistência à compressão paralela às fibras, como também ao seu módulo de elasticidade à compressão e à flexão, indicando que a densidade básica pode ser utilizada para estimar a resistência mecânica da madeira, com potencial de uso estrutural, de forma rápida e precisa.

Oliveira et al. (1997), estudando a “variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto“, constataram: (i) aumento da densidade na direção radial, sentido medula-casca, decréscimo na direção longitudinal, sentido base-topo das árvores, (ii) para a amplitude da

densidade básica, verificou-se formação de madeira mais homogênea em *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus paniculata* e *Eucalyprus cloeziana* e formação de madeira mais heterogênea em *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis.*

Tomazello Filho (1985, 1987) constatou que a densidade básica aumentou no sentido medula-casca em árvores de *E. saligna*, *E. grandis, E. pellita* e *E. acmenioides* com 10 anos de idade.

A densidade básica da madeira varia entre e dentro de árvores de uma mesma espécie (SHIMOYAMA, 1990; ARANGO; HOYOS, 1999; LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000; FREITAS et al. 2011) permitindo que a madeira de *Eucalyptus* sp possa ter diversas finalidades.

Panshin e De Zeeuw (1980) apresentaram uma síntese dos padrões de variação longitudinal da densidade da madeira: (i) a densidade decresce uniformemente no sentido base-topo do tronco; (ii) a densidade decresce até o meio do tronco e a partir deste ponto cresce até o topo; (iii) a densidade cresce da base para o topo, embora desuniformemente.

Arbuthnot (1991), em estudo realizado com várias espécies de eucaliptos, verificou que a densidade básica da madeira está altamente correlacionada com algumas propriedades da celulose e parâmetros do papel. De igual forma, Ferreira (1972) relacionou-a com a espessura da parede das fibras, com seu valor alto indicando fibras de paredes espessas, presentes em muitas espécies do gênero.

Barrichelo e Brito (1984), analisando a variação longitudinal e radial da densidade básica da madeira em árvores de *E. grandis,* encontraram os maiores valores na base do tronco com um decréscimo na altura do DAP, aumentando em direção ao topo. Tal fato foi observado também por Carpim e Barrichelo (1984), Shimoyama e Barrichelo (1991), Arango e Hoyos (1999) e Carvalho (2000).

Oliveira et al. (2005) verificaram a mesma tendência em estudo com sete espécies de eucalipto, bem como, próximo à casca, na região do alburno, uma diminuição nos valores da densidade básica.

Pereira et al. (2000) constataram baixa variação da densidade ao longo da altura das árvores para as espécies *E. camaldulensis*, especialmente de procedência Gibb River – Austrália; *E. cloeziana*, procedência S. W. Kennedy, Queensland, Austrália; *E. globulus*, procedência Stanley – Victória, Austrália. Impressionante é a uniformidade da densidade na direção longitudinal do *E. pellita*, procedência S. Helenvale, Queensland, Austrália (15º 30' S; 145º 15' E; 150 m), com uma variação praticamente nula, bem como *E. tereticornis*, procedência Mackay Dist.

O histórico operacional da Aperam Bioenergia Ltda, registra produção de carvão das espécies *C. citriodora*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e de *E. paniculata*, com rendimentos gravimétricos elevados, granulometria com predominância de fração grossa, resistência mecânica alta, carvão compacto e de densidade elevada.

3.4 Densidade aparente da madeira por densitometria de raios X

Densitometria de raios X, é uma técnica empregada para se obter dados densitométricos, que serão utilizados nas diversas interpretações, na busca do conhecimento de caracteres tecnológicos e de produção, até mesmo para correlacionar crescimento ao longo do tempo com as condições climáticas ocasionais; isto foi citado por Parker e Kennedy (1973), que compilaram extensa literatura sobre o assunto, mencionando ainda, que a técnica foi desenvolvida por Polge em 1963, no Centro Nacional de Pesquisas Florestais em Champenoux, França.

Segundo Siqueira (2004), a densitometria de raios X em madeira foi proposta por Lenz (1957) e desenvolvida por Polge (1963).

Como o foco é a leitura da densidade aparente ao longo dos anos de crescimento da floresta, refletido nos anéis anuais de crescimento, para se estudar o comportamento da densidade nas diversas idades das árvores e obter a idade juvenil de seleção, esta é uma das técnicas mais avançadas para se medir as variações de densidade, conferindo alta precisão nos resultados por possibilitar a detecção de variações a intervalos de 20 micrômetros.

A técnica utiliza uma fina seção transversal de madeira, disposta sobre um filme radiográfico, de onde são obtidas radiografias da madeira. Posteriormente, o filme radiográfico é exposto a uma fonte de raios X, com a passagem da radiação através da amostra de madeira, forma-se uma imagem de sua estrutura transversal (CHAGAS et al., 2005). Segundo os mesmos autores, esta técnica permite: (i) medir as variações de densidade em pequenos setores, em particular, as variações intra e inter anéis de crescimento, (ii) medir a largura dos lenhos inicial e tardio e a largura do anel de crescimento e (iii) determinar a porcentagem de lenho tardio.

A análise por densitometria de raios X, proporciona um perfil detalhado da densidade na direção radial da madeira, onde se visualizam os limites dos anéis de crescimento (TOMAZELLO FILHO, 2006).

3.5 Estimativa de parâmetros genéticos

Como observou Vencovsky (1969), a estimação de parâmetros genéticos, é sem dúvida, a busca de informações sobre o tipo de ação gênica em caracteres quantitativos e orientação sobre o procedimento mais adequado para a seleção dos materiais que darão sequência ao programa de melhoramento.

Rosado et al. (2009) avaliaram parâmetros genéticos em 100 famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus urophylla* e, constataram que as progênies apresentaram “variabilidade genética significativa e elevada magnitude de herdabilidade para os caracteres estudados de DAP, altura total e volume total com casca, o que evidencia alto controle genético e condições favoráveis para seleção”. Tolfo et al. (2005) verificaram que as estimativas de herdabilidade no sentido amplo, “foram de alta magnitude para a grande maioria dos caracteres, denotando bom controle genético sobre os mesmos e possibilidades de ganhos expressivos, quando estudaram a estimativa de caracteres genéticos de crescimento, produção e tecnológicos”.

Altas correlações genéticas e fenotípicas entre DAP x altura, DAP x volume e altura x volume, foram encontradas por Zimback et al. (2011),

estudando *Eucalyptus grandis* nas regiões de Angatuba e Lençóis Paulista no Estado de São Paulo, com avaliações aos dois, três, quatro, cinco e seis anos e sugerem para esta população, a seleção para volume e DAP a partir dos três anos.

Falconer (1987) relatou que a eficiência da seleção precoce, está intimamente relacionada com a existência de correlação genética entre os caracteres nas idades de interesse: juvenil e adulta. Grandes números de casos têm indicado correlação de desempenho da planta jovem com a adulta, o que demonstra que nestas situações a seleção precoce será eficaz (PEREIRA et al.,1997). Massaro (2008), estudando a aplicação da seleção precoce em dois testes clonais de *Ecualyptus* spp pertencentes à antiga VCP (Votorantin Celulose e Papel) e atual Fíbria S.A., encontrou correlações genotípicas positivas e de alta magnitude (acima de 0,7), para idades e caracteres diferentes, indicando que a seleção praticada sobre um dado caráter, promoverá variações expressivas nos demais. Relatou também que ausência de correlações negativas entre os caracteres avaliados, possibilita que a resposta correlacionada à seleção praticada sobre um determinado caráter, ocorra no sentido desejado do caráter sob seleção indireta.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

O material em estudo, é oriundo de um teste de progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, pertencente ao acervo de melhoramento genético florestal da empresa Aperam Bioenergia Ltda, implantado em 2003, constituído de 77 progênies de meios irmãos, obtidas no pomar de sementes clonal – 2000. Nestas matrizes, foram colhidas sementes de polinização aberta e produzidas mudas identificadas por progênie. Com aproximadamente 120 dias de idade, foram selecionadas fenotipicamente as oito melhores mudas em termos de altura, diâmetro do coleto e estado vegetativo geral. Foram plantadas em seguida conforme a técnica empregada pela empresa. Suas origens e procedências constam nas Tabelas 1 e 2, bem como na Figura 1.

Tabela 1. Composição do teste de progênies 2003, oriundo do pomar de sementes clonal 2.000, de *Eucalyptus urophylla,* ambos localizados em Itamarandiba – MG

MATERIAL DE ESTUDO	ORIGEM	COMPOSIÇÃO DO POMAR 2000
Teste de progênies 2003	pomar de sementes clonal - 2000	pomar de sementes clonal 1984 - 27 matrizes
		pomar de sementes clonal 1989 - 40 matrizes
		pomar de sementes clonal 1991 - 28 matrizes
		pomar de sementes clonal 1996 - 09 matrizes

Tabela 2. Composição dos pomares de sementes clonais de *Eucalyptus urophylla*, constituintes do pomar de sementes clonal - 2000, que deu origem ao teste de progênies 2003, todos localizados em Itamarandiba – MG.

POMARES CONSTITUINTES	**COMPOSIÇÃO DO POMAR**		**PROCEDÊNCIA**	**ORIGEM**
Pomar de sementes clonal 1984	A P S - 1981 -	57 matrizes	Timor	Timor
	P S C - 1984 -	32 matrizes	Turmalina - MG	Timor
Pomar de sementes clonal 1989	A P S - 1981 -	17 matrizes	Timor	Timor
	Anhembi - NA-29 -	15 matrizes	Anhembi - SP	Timor
	Anhembi - NA-30 -	08 matrizes	Anhembi - SP	Timor
Pomar de sementes clonal 1991	P S C - 1984 -	90 matrizes	Itamarandiba - MG	Timor
Pomar de sementes clonal 1996	A P S - 1985 -	64 matrizes	Timóteo - MG	Flores

APS – Área produtora de sementes – PSC – Pomar de sementes clonal

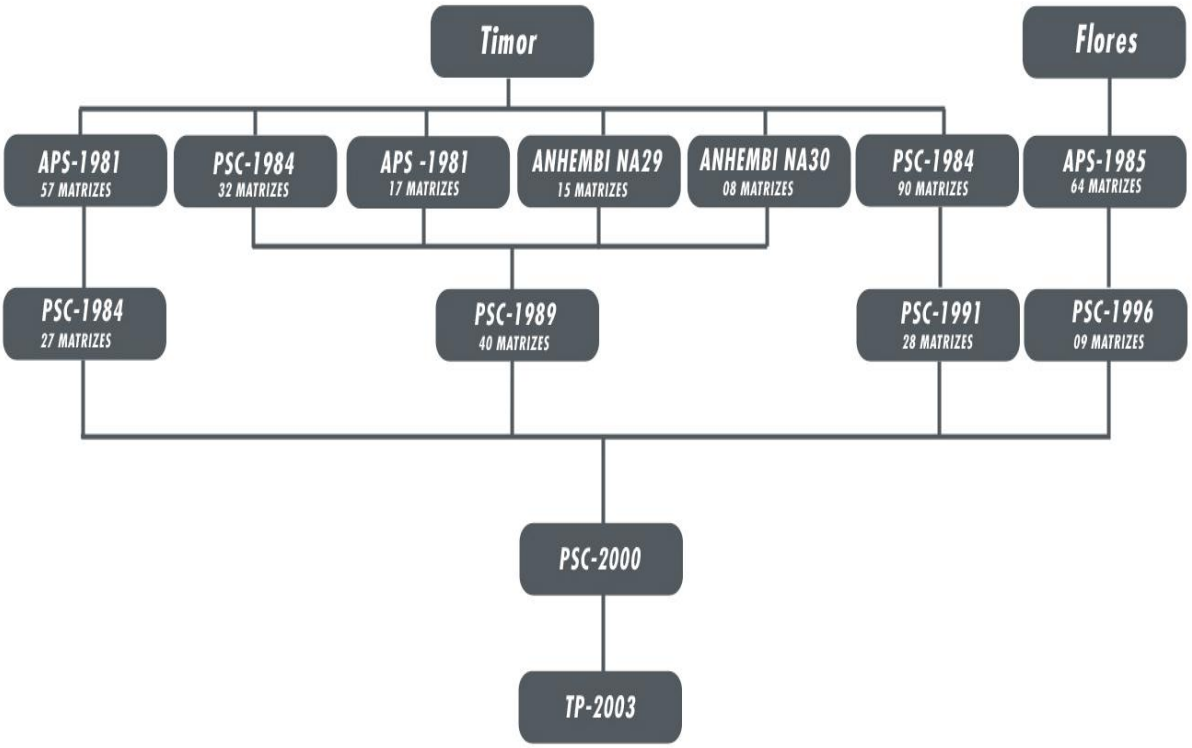


Figura 1 – Esquema da constituição genética do teste de progênies TP-2003

4.2 Descrição do local de instalação do teste de progênies 2003

O teste foi instalado em novembro de 2003, no talhão de número 575, no local denominado Embaúbas, município de Itamarandiba-MG, Brasil, cujas características geográficas são: latitude – 17º 44’ 45” S, longitude – 42º 45’ 11” W e altitude - 1.000 m, conforme a Figura 2.

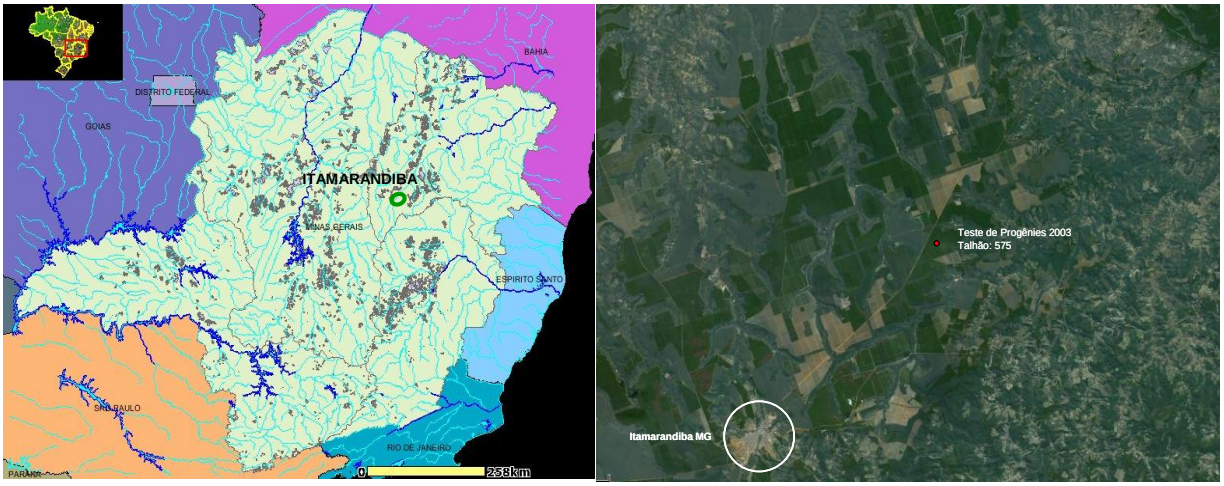


Figura 2 – Localização da instalação do teste de progênies 2003.

4.3 Técnica de plantio

O plantio das mudas foi feito em conformidade com as técnicas utilizadas pela empresa, consistindo de subsolagem com aplicação concomitante de fosfato natural de Araxá, mais adubação de plantio e aplicação de silicato de Ca e Mg. Foram feitas mais duas adubações suplementares nos dois anos seguintes à base de KCl. Na sequência, controle anual de formigas cortadeiras e matocompetição.

4.4 Caracterização edafoclimática

A condição de clima e solo da região, onde se encontra o teste de progênies 2003, é de precipitação pluviométrica média anual de 1166 mm, temperatura média de 21°C e o clima, conforme classificação de Köppen, é tropical de altitude – Cwa – temperado úmido com inverno seco e verão quente. Figuras 3, 4 e 5.

O solo é um latossolo vermelho distrófico típico e vermelho amarelo distrófico típico, com textura argilosa ou muito argilosa, bem estruturada. A topografia é plana (chapada) e a vegetação nativa é de Cerrado.

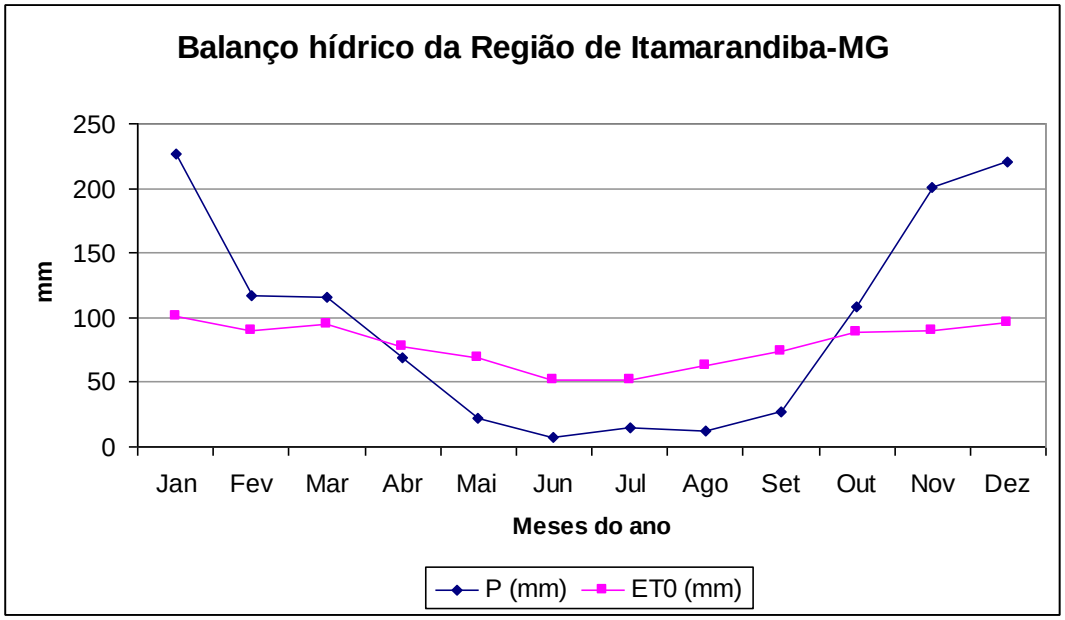


Figura 3 – Balanço hídrico da região de Itamarandiba.

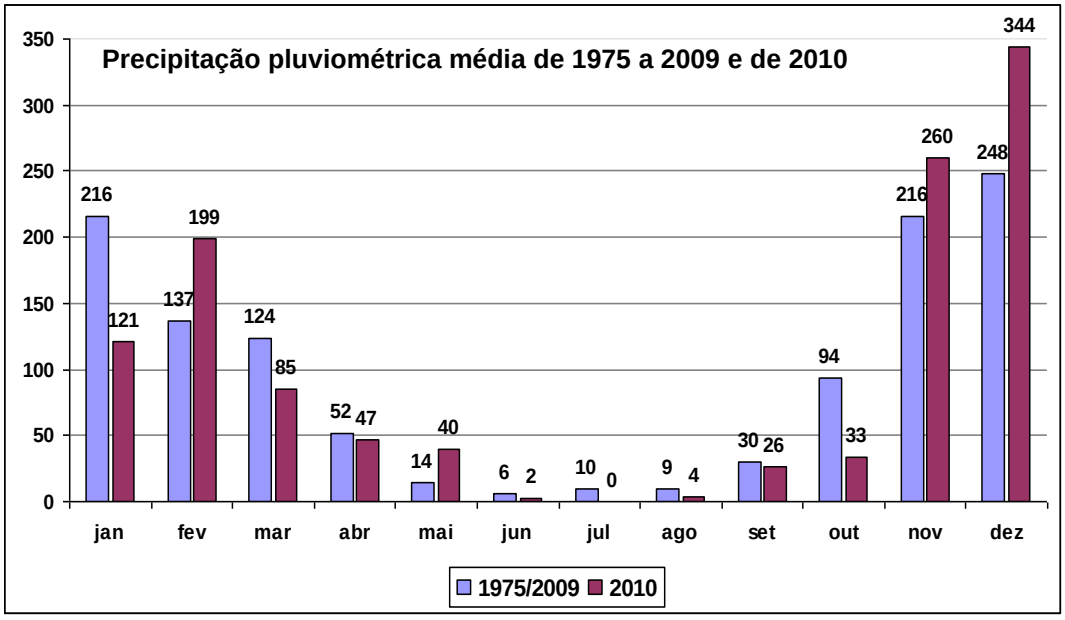


Figura 4 – Precipitação pluviométrica média de 1975 a 2009 e de 2010.

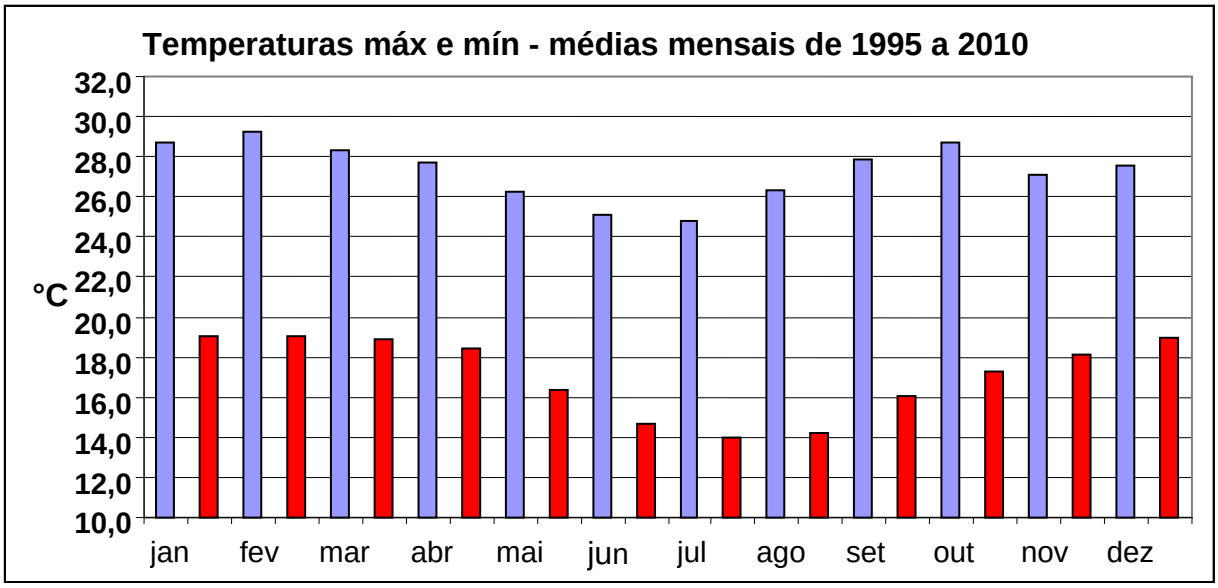


Figura 5 – Temperaturas máximas (azul) e mínimas (vermelho) – médias mensais de 1995 a 2010.

4.5 Método

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com seis repetições em parcelas lineares de oito árvores, sendo seis mensuradas, considerando-se a primeira e a oitava árvores como bordadura simples dentro de cada parcela, para os 77 tratamentos ou progênies. O espaçamento de plantio foi de 3,0 m entre linhas e de 2,0 m entre plantas na linha de plantio, perfazendo uma área contígua de 2,22 ha.

4.5.1 Avaliação do crescimento e da qualidade do lenho das árvores

O ensaio de campo foi implantado em novembro de 2003 e foram efetuadas cinco medições, da seguinte forma: aos 13 meses (um ano), 21 meses (dois anos), 38 meses (três anos), 60 meses (cinco anos) e 82 meses (sete anos), sendo esta última a idade usual de colheita da madeira para fabricação de carvão vegetal. Os caracteres medidos foram: DAP (cm), utilizando-se fita métrica, altura (m) utilizando-se clinômetro Sunto PM-5 360 PC e sobrevivência (porcentagem).

Para avaliação da densidade aparente dos anéis anuais de crescimento, por densitometria de raios X, foram amostradas, aleatoriamente, 26 progênies (ANEXOS 4 e 8) das 39 mais produtivas, constantes da seleção entre e dentro, para formação de um pomar de hibridação por enxertia (ANEXO 4). Nessas, foram amostrados aleatoriamente os blocos um, três e cinco, do total de seis, que constituem o TP. Em cada bloco, com parcelas lineares de seis árvores mensuráveis, foram selecionadas as quatro árvores de melhor desenvolvimento, num total de 312 árvores. As árvores selecionadas foram cortadas e retirados dois discos de 2,5 cm de espessura na base 0%, DAP (duas amostras, para análise da densidade e mais outra para se retirar o local em que consta a cicatriz decorrente da penetração da agulha do pilodyn), 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial do tronco. Após a identificação, uma parte dos discos foi utilizada para análise da densidade básica pelo método da balança hidrostática no laboratório de Análise da Madeira da Aperam Bioenergia Ltda, outra parte foi acondicionada em sacos plásticos e enviada para análise de densidade aparente no Laboratório de Anatomia, Identificação e Densitometria de Raios X em Madeira, do Departamento de Ciências Florestais, da ESALQ/USP.

A avaliação da qualidade do lenho das árvores de *Eucalyptus urophylla* foi realizada, anteriormente, em novembro de 2008, através da resistência do lenho à penetração da agulha do equipamento Pilodyn 6 J Forest. O método consiste na retirada de duas seções de 0,5 cm² de casca, na altura do DAP, em posições opostas do tronco das árvores, expondo o seu lenho. Com o equipamento, é inserida uma agulha de aço (2,5 mm de diâmetro), sob a pressão de uma mola com 6 joules de força, no lenho do tronco. A profundidade de penetração da agulha no tronco das árvores é avaliada no visor do equipamento e relacionada com a dureza do seu lenho (OLIVEIRA, 2001). Este procedimento induz à formação de cicatriz em resposta ao processo de cicatrização cambial e cuja cicatrização, neste caso, foi utilizada como referencial da idade dos anéis de crescimento (Figuras 6 e 7).

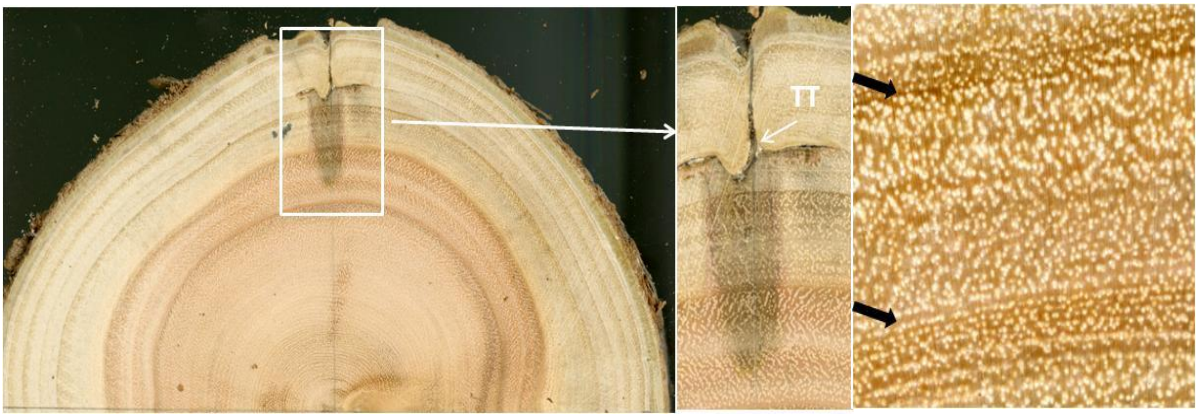


Figura 6 – Seção transversal do lenho de árvore de *Eucalyptus urophylla*, evidenciando os anéis de crescimento e a cicatriz no lenho induzida pela injúria na camada cambial, em decorrência da penetração da agulha do pilodyn (novembro de 2008). Fonte: Tomazello Filho e Almonacid (2011).

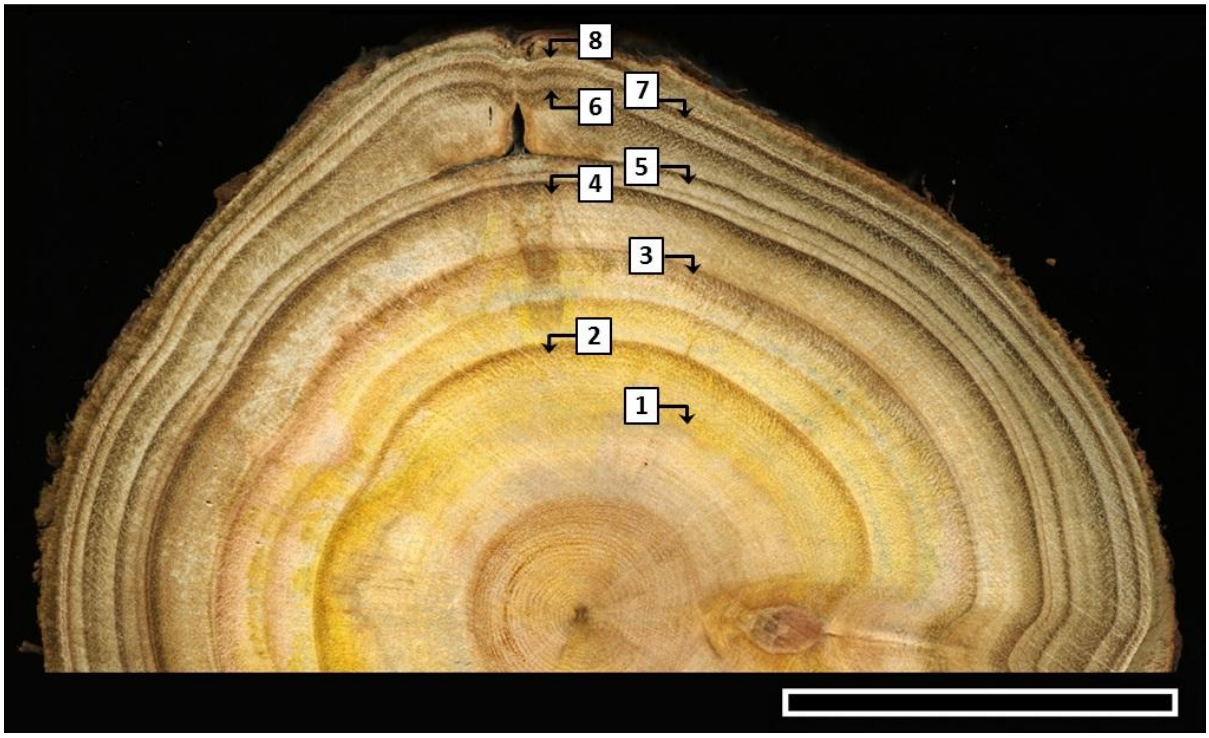


Figura 7 – Seção transversal do lenho de árvore de *Eucalyptus urophylla* com a demarcação dos anéis de crescimento (escala: 5 cm), evidenciando a cicatriz pela penetração da agulha do pilodyn. Fonte: Tomazello Filho e Almonacid (2011).

4.5.2 Densidade básica do lenho por gravimetria

A densidade básica das amostras do lenho das árvores de *Eucalyptus urophylla,* foi determinada pelo método da balança hidrostática, segundo a norma ABTCP M 14/70. Os discos provenientes da base 0%, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial do tronco das árvores, foram imersos em água, em tanques de plástico, até a sua saturação. Em seguida, foram obtidas as massas úmida e imersa e transferidas para uma estufa de circulação forçada (105±2°C), para a determinação da sua massa absolutamente seca. A densidade básica das amostras do lenho das árvores de *Eucalyptus urophylla* das seis diferentes alturas do tronco, foi determinada pela fórmula um. A densidade básica média do tronco das árvores de *Eucalyptus urophylla,* foi obtida através das fórmulas dois, três e quatro, considerando os valores de densidade básica média do lenho e o volume de cada seção (torete). A densidade básica do lenho das árvores foi realizada no Laboratório de Análise de Madeira da Aperam Bioenergia Ltda, objetivando conhecer melhor a densidade do material em estudo ANEXOS 9 e 10.

Para efeito deste trabalho, foram usadas somente as densidades básicas da região do DAP, na idade de sete anos, para confrontação com a densidade aparente, que também foi feita da mesma região e idade, por considerar que no DAP estão presentes todos os anéis.

$$DB = \frac{P_s}{P_U - P_I} \qquad (1)$$

Onde:

DB = densidade básica (g cm^{-3})

Ps = massa seca (g)

Pu = massa úmida (g)

Pi = massa imersa (g)

$$DBM = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} Vs_{(i)} * DB_{(i)}}{\sum_{i=1}^{N-1} VS_{(i)}} \quad (2)$$

Onde:

DBM = densidade média da árvore

VS = volume da tora – fórmula de Smalian

$$VS = 0{,}00007854 \frac{D^2 + d^2}{2} * L \quad (3)$$

D = diâmetro sem casca da base da tora

d = diâmetro sem casca do topo da tora

L = comprimento da tora

$$DB = \frac{DB_1 + DB_2}{2} \quad (4)$$

DB = densidade média da tora

DB_1 = densidade do disco retirado na base da tora

DB_2 = densidade do disco retirado no topo da tora

N = número de discos

i = 1, 2, 3 ... N

4.5.3 Densidade aparente do lenho por densitometria de raios X

O lenho das 12 árvores de cada uma das 26 progênies, da região do DAP, foi analisado através de densitometria de raios X, para a determinação do perfil radial de densidade aparente do lenho (26 progênies x 12 árvores x dois raios = 624 perfis radiais de densidade aparente do lenho), de acordo com a metodologia descrita por Castro (2011).

A seção transversal das amostras do lenho das árvores foi polida com lixas de granulometrias crescentes (100 a 600), inicialmente com lixadeira de cinta e, em seguida, com lixadeira orbital manual, até obter uma superfície lisa, permitindo a análise macroscópica do lenho. Em seguida, foram demarcadas e cortadas amostras diametrais do lenho (1 cm de largura), coladas em suporte de madeira e seccionadas em equipamento de serra circular paralela, no sentido transversal (2,0 mm, espessura) e acondicionadas em câmara de climatização (24 h, 20°C, 50% de UR) até atingir 12% de umidade (Figura 8).

As amostras do lenho foram encaixadas em suporte metálico e transferidas para um compartimento interno do equipamento QTRS-01X da Quintek Measurement System, para a determinação do perfil radial de densidade do lenho. O equipamento é inicialmente calibrado, seguindo-se o escaneamento (varredura) radial contínuo das amostras do lenho por um feixe colimado de raios X. Os valores de raios X que atravessam a amostra do lenho são transformados em densidade aparente através do software QMS. Os valores pontuais de densidade que compõem o perfil radial de densidade aparente do lenho são observados na tela do monitor, simultaneamente à imagem da seção transversal da amostra do lenho (QMS, 1999). Os valores radiais de densidade aparente do lenho obtidos pelo QMS, originam um arquivo DAT (contém os valores pontuais de densidade aparente da amostra a cada 20 µm). O arquivo DAT é lido pelo programa Excel, permitindo construir os gráficos de variação radial de densidade aparente do lenho, bem como a determinação dos valores de densidade aparente média, mínima e máxima (Figuras 8 e 10) (CASTRO, 2011). A determinação da densidade aparente do lenho das amostras foi realizada no Laboratório de Anatomia, Identificação e Densitometria de Raios X em Madeira, do Departamento de Ciências Florestais, da ESALQ/USP.

Figura 8 – (A) Seção transversal do disco do lenho de árvore de *Eucalyptus urophylla*; (B) amostra diametral do lenho colada em suporte de madeira e corte das amostras transversais do lenho em equipamento de dupla serra; (C) amostra radial do lenho (2 mm de espessura); (D e E) equipamento de raios X QTRS-01X e suporte metálico com as amostras do lenho; (F) seção transversal do lenho e respectivo perfil de densidade aparente. Fonte: Tomazello Filho e Almonacid (2011).

4.5.4 Densidade aparente dos anéis anuais de crescimento por densitometria de raios X

Para a determinação da densidade aparente dos anéis de crescimento formados a cada ano, no lenho das árvores de *Eucalyptus urophylla*, foram selecionados os perfis radiais de densidade aparente do lenho de seis árvores

de cada uma das 26 progênies, considerando a delimitação e distinção dos anéis de crescimento nos perfis e na análise da estrutura anatômica macroscópica.

Para essas amostras radiais, foram delimitados os anéis de crescimento anuais através da imagem dos anéis de crescimento e do perfil radial de densidade na tela do monitor, determinando-se os valores de sua densidade aparente, mínima, máxima e média.

4.5.5 Análise dos dados

Estimativas de componentes de variância, parâmetros genéticos para caracteres de crescimento e densidade aparente e a seleção individual com base em índices multi-efeitos, ao nível de plantas, com o propósito de transformar o teste de progênies em (i) um pomar de recombinação – pomar de sementes por mudas (PSM), (ii) um pomar de hibridação – clonal – por enxertia e (iii) também selecionar para clonagem as 10 melhores árvores com índices genotípicos de maior magnitude, foram obtidas pelo método de máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viciada – REML/BLUP – empregando-se o software genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP, desenvolvido por Resende (2007).

O experimento seguiu o delineamento de blocos casualizados utilizando o modelo matemático:

$$y = Xr + Za + Wp + e$$

em que:

y: é o vetor de dados;

r: é o vetor dos efeitos de repetição (fixos), somados à média geral;

a: é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (aleatórios);

p: é o vetor dos efeitos de parcela (aleatórios);

e: é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

As variáveis quantitativas e os parâmetros genéticos foram analisados conforme as equações abaixo, admitindo que as progênies de polinização livre são meios irmãos e que houve sobrevivência completa.

a) Variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$);

$$\hat{\sigma}_a^2 = [\hat{a}' A^{-1} \hat{a} + \hat{\sigma}_e^2 \ tr \ (A^{-1} C^{22})] / q$$

b) Variância ambiental entre parcelas ($\hat{\sigma}_c^2$);

$$\hat{\sigma}_c^2 = [\hat{c}' \hat{c} + \hat{\sigma}_e^2 \ tr \ C^{33}] / s_1$$

c) Variância residual (ambiental + não aditiva) ($\hat{\sigma}_e^2$);

$$\hat{\sigma}_e^2 = [y' y - \hat{r}' X' y - \hat{a}' Z' y - \hat{c}' W' y] / [N - r(x)]$$

em que: C^{22}, C^{33}, C^{44} e C^{55} vem da inversa de C.

C: matriz dos coeficientes das equações de modelo misto.

tr: operador traço matricial.

r(x): posto da matriz X.

N, q, s: números de dados, de indivíduos e de parcelas, respectivamente.

d) Variância fenotípica individual ($\hat{\sigma}_f^2$): $\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2 + \hat{\sigma}_e^2$

e) Herdabilidade individual no sentido restrito ($\hat{h}_a^2$): $\hat{h}_a^2 = \dfrac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_f^2}$

f) Coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ($\hat{C}_p^2$): $\hat{C}_p^2 = \dfrac{\hat{\sigma}_c^2}{\hat{\sigma}_f^2}$

g) Herdabilidade da média de progênies ($\hat{h}_m^2$): $\hat{h}_m^2 = \dfrac{(1/4).\hat{\sigma}_a^2}{(1/4).\hat{\sigma}_a^2 + \dfrac{\hat{\sigma}_c^2}{r} + \dfrac{(0{,}75.\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2)}{n.r}}$

h) Acurácia da seleção de progênies ($r_{\hat{a}a}$): $r_{\hat{a}a} = \sqrt{\hat{h}_m^2}$

i) Coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}): CV_{gi} (%) = $\frac{\sqrt{\hat{\sigma}_a^2}}{\hat{m}}$.100

j) Coeficiente de variação genotípica entre progênies (CV_{gp}):

CV_{gp} (%) = $\frac{\sqrt{0,25 .\hat{\sigma}_a^2}}{\hat{m}}$.100

k) Coeficiente de variação experimental (CV_e):

CV_e (%) = $\frac{\sqrt{[(0,75 .\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2) / n] + \hat{\sigma}_c^2}}{\hat{m}}$.100 (n é o número de plantas por parcela).

l) Coeficiente de variação relativa (CV_r): $CV_r = \frac{CV_{gp}}{CV_e}$

As correlações genéticas e fenotípicas entre diferentes caracteres da mesma idade e entre mesmos caracteres em diferentes idades, foram estimadas pelo programa estatístico Statistical Analysis System (SAS,1999) segundo as equações:

$$\hat{\sigma}_{gxy} = \frac{\hat{\sigma}_{axy}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{ax}^2 .\hat{\sigma}_{ay}^2}} \quad \text{e} \quad \hat{\sigma}_{fxy} = \frac{\hat{\sigma}_{fxy}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{fx}^2 .\hat{\sigma}_{fy}^2}}$$

em que, $\hat{\sigma}_{gxy}$ e $\hat{\sigma}_{fxy}$ são os coeficientes de variação genética e fenotípica; $\hat{\sigma}_{ax}^2 .\hat{\sigma}_{ay}^2$ e $\hat{\sigma}_{fx}^2 .\hat{\sigma}_{fy}^2$ são os produtos cruzados genéticos e fenotípicos dos caracteres x e y , estimados das análises de covariância; $\hat{\sigma}_{gx}$, $\hat{\sigma}_{fx}$ e $\hat{\sigma}_{gy}$, $\hat{\sigma}_{fy}$ são as variâncias genéticas e fenotípicas dos caracteres x e y respectivamente.

5 RESULTADOS

5.1 Parâmetros genéticos

5.1.1 Variâncias genéticas, fenotípicas e ambientais

As estimativas de variâncias genéticas, fenotípicas e ambientais, para todos os caracteres em todas as idades, encontram-se na Tabela 3. Essas variâncias foram utilizadas para cálculo das herdabilidades e coeficientes de variação.

Os resultados da variância aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$) para os caracteres altura (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), volume (VOL) e densidade aparente do lenho (DENS. APAR), apresentaram-se com valores crescentes ao longo das idades para as progênies em estudo.

A variância ambiental entre parcelas ($\hat{\sigma}_c^2$) foi maior para altura, DAP e densidade aparente no primeiro ano, caindo no segundo ano e tornando-se crescente até o sétimo ano. Já para volume individual, os valores foram crescentes ao longo das idades desde o primeiro ano.

Os valores da variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$) foram crescentes para os caracteres de produção (altura, DAP e volume individual das árvores), para todas as idades, contudo foram constantes para densidade aparente do lenho, ao longo das diversas idades. O mesmo aconteceu para variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), que manteve aproximadamente constante para densidade aparente do lenho e crescente para os caracteres de produção, ao longo das idades das árvores.

Tabela 3. Estimativa de componentes de variâncias para caracteres de crescimento em altura (m), diâmetro à altura do peito (DAP) (cm), volume individual das árvores (m^3) e densidade aparente ($g\ cm^{-3}$), nas idades de um, dois, três, cinco e sete anos, em teste de progênies de polinização livre de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake.

Caracteres	Estimativas	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos	7 anos
ALT.	$\hat{\sigma}^2_a$	0,2444	0,5763	2,4034	2,4109	3,4813
	$\hat{\sigma}^2_c$	0,1284	0,0192	0,0600	0,0912	0,0908
	$\hat{\sigma}^2_e$	0,469	1,1262	2,2059	2,3862	4,4842
	$\hat{\sigma}^2_f$	0,8419	1,7218	4,6694	4,8884	8,0664
DAP	$\hat{\sigma}^2_a$	0,0885	0,2199	0,6733	1,1088	1,7732
	$\hat{\sigma}^2_c$	0,1563	0,0050	0,0111	0,0155	0,0242
	$\hat{\sigma}^2_e$	0,5868	1,0628	3,5661	4,4628	6,2463
	$\hat{\sigma}^2_f$	0,8318	1,2872	4,2506	5,5872	8,0437
VOL. IND.	$\hat{\sigma}^2_a$	$1,0x10^{-6}$	$1,9x10^{-5}$	$3,0x10^{-4}$	$9,0x10^{-4}$	$2,5x10^{-3}$
	$\hat{\sigma}^2_c$	$2,0x10^{-6}$	$3,0x10^{-6}$	$4,0x10^{-6}$	$1,1x10^{-5}$	$2,9x10^{-5}$
	$\hat{\sigma}^2_e$	$4,0x10^{-6}$	$5,7x10^{-5}$	$9,0x10^{-4}$	$2,7x10^{-3}$	$6,5x10^{-3}$
	$\hat{\sigma}^2_f$	$7,0x10^{-6}$	$7,6x10^{-5}$	$1,3x10^{-3}$	$3,7x10^{-3}$	$9,1x10^{-3}$
DENS.APAR.	$\hat{\sigma}^2_a$	$4,62x10^{-4}$	$8,60x10^{-4}$	$1,02x10^{-3}$	$1,23x10^{-3}$	$1,21x10^{-3}$
	$\hat{\sigma}^2_c$	$9,20x10^{-5}$	$2,80x10^{-5}$	$4,10x10^{-5}$	$6,20x10^{-5}$	$1,62x10^{-4}$
	$\hat{\sigma}^2_e$	$3,87x10^{-3}$	$3,60x10^{-3}$	$3,73x10^{-3}$	$3,62x10^{-3}$	$3,55x10^{-3}$
	$\hat{\sigma}^2_f$	$4,43x10^{-3}$	$4,48x10^{-3}$	$4,80x10^{-3}$	$4,91x10^{-3}$	$4,92x10^{-3}$

$\hat{\sigma}^2_a$ variância genética aditiva; $\hat{\sigma}^2_c$ variância ambiental entre parcelas; $\hat{\sigma}^2_e$ variância residual (ambiental+não aditiva); $\hat{\sigma}^2_f$ variância fenotípica individual.

5.1.2 Parâmetros genéticos para produção e qualidade da madeira

As progênies apresentaram aos sete anos de idade, média de altura de 22,18 m, média de DAP de 14,44 cm e média de volume individual das árvores de 0,1959 m³, o que corresponde a uma produtividade média entre progênies de 42,03 m³ ha^{-1} ano^{-1} [(0,1959 m³ por árvore x 1.666 árvores ha^{-1} x 88% de sobrevivência)/82 meses x 12 meses por ano]. A densidade média aparente, foi de 0,6189 g cm^{-3} e a densidade básica média, 0,4760 g cm^{-3}.

Em todos os períodos de avaliação, os caracteres de produção e densidade aparente, apresentaram-se altamente significativos a um grau de liberdade ($p<0,01$) pelo teste LRT (6,64), exceto DAP a um ano de idade que foi significativo a 5% de probabilidade ($p<0,05$) e densidade aparente, que não foi significativo também a um ano de idade, o que pode ser observado nas suas médias entre os tratamentos. Sebbenn et al. (2008), sugerem a presença de variação genética entre progênies e possibilidade de melhoramento com seleção de matrizes produtivas.

O coeficiente de variação experimental (CV_e %) foi inferior a 10% para os caracteres altura das árvores e DAP, em todas as idades, exceto no primeiro ano para DAP, que foi de 10,66%, considerado médio e, médios também para volume individual das árvores (entre 10 e 20%) e densidade aparente do lenho. Somente o volume no primeiro ano teve CV_e = 29,74%, tido como alto, conforme classificação de Pimentel Gomes (1990).

As herdabilidades ajustadas são utilizadas quando o coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas são maiores que 10%, o que ocorreu somente no primeiro ano para altura (15,26%), DAP (18,79%), volume individual das árvores (23,18%) e densidade aparente do lenho (20,78%). Para as demais idades, as herdabilidades individuais dos efeitos aditivos não apresentaram diferença significativa em relação aos valores das herdabilidades ajustadas, exceto no caso da densidade aparente, cujo modelo de análise não mediu a herdabilidade ajustada. Para as demais idades também, o coeficiente de determinação dos efeitos de

parcelas foi de aproximadamente 1%, o que indica um ótimo controle ambiental entre as parcelas e que o delineamento utilizado neste experimento foi adequado.

As progênies apresentaram altas herdabilidades médias variando de 0,60 (um ano) a 0,83 (três anos) para altura das árvores; 0,33 no primeiro ano, para 0,67 no sétimo ano, para DAP; 0,37 no primeiro ano para 0,72 no sétimo ano para volume e variação de 0,65, no primeiro ano para 0,81 no sétimo ano para densidade aparente, o que indica bom controle genético dos caracteres em estudo e alto potencial de seleção dentro do teste de progênies, com boas perspectivas de avanço genético. Segundo Borges et al. (1980) e Kalil Filho et al. (1982), quando há "tendência crescente dos valores de herdabilidade com o aumento da idade das árvores, pode ser explicado pela maior influência do ambiente sobre as características juvenis. À medida que as árvores tornam-se adultas, o genótipo passa a desempenhar maior importância na expressão do fenótipo que o ambiente". Para a densidade aparente, as herdabilidades médias entre progênies foram altas, o que está de acordo com o relato de Kageyama (1980) e Moraes (1987), citados por Sturion (1993).

O coeficiente de variação genética entre progênies (CV_{gp}), segundo Sturion (1993), expressa em percentagem da média geral, a quantidade de variação genética existente entre progênies. Neste estudo, estes coeficientes foram baixos para altura, com cerca de 3,86% (cinco anos) a 4,88% (três anos); DAP, variando de 3,05% (dois anos) a 4,61% (sete anos) e densidade oscilando entre 2,04% no primeiro ano a 2,90% no quinto ano. Tais valores podem ser explicados por se tratar de material/progênies vindas de outros estágios de melhoramento, item 4.1. Para o volume individual das árvores os coeficientes foram mais altos, variando de 9,18% (dois anos) a 12,71% (sete anos), ou seja, existe a possibilidade de este caráter ser mais expressivo, com mais facilidade de transmitir os genes de pais para os filhos (para sucessivas gerações) do que nos demais caracteres.

O coeficiente de variação relativa (CV_r) apresentou altos índices, para altura, indicando que a idade de três anos seria ideal para se fazer uma seleção para o caráter, já que foi o maior índice (0,9084) e, também, o de maior precisão de estimativa (acurácia seletiva de 91,21%).

Os demais caracteres, como DAP, VOL e DENS. APAR, não apresentaram variações significativas em seus valores a partir do segundo ano, mantendo valores aproximados até o sétimo ano.

A acurácia foi acima de 70%, a partir do segundo ano para todos os caracteres (Tabelas 4, 5, 6 e 7).

A densidade aparente cresceu ao longo das idades de 0,5262 g cm^{-3} no primeiro ano, para 0,6203 g cm^{-3} no sétimo ano, conforme (Tabela 7 e Figura 9). Houve crescimento constante da densidade aparente no sentido medula casca, conforme perfil radial da densidade aparente, Figura 10, o que corrobora os relatos de Tomazello Filho (1985, 1987). A densidade aparente, foi maior, em média 23%, oscilando entre 11% e 30%, que a densidade básica aos sete anos de idade, em razão do teor de umidade de 12%, uma vez que a análise da densidade básica é feita com amostras do lenho inteiramente secas (Figura 11).

Tabela 4. Estimativa de parâmetros genéticos para crescimento em altura (m), nas idades de um, dois, três, cinco e sete anos, em teste de progênies de polinização livre de *Eucalyptus urophylla*, assumindo as progênies como de sistema misto de reprodução e cruzamentos aleatórios – meios irmãos. Instalado em novembro de 2003 em Itamarandiba – MG.

Caracteres	Estimativas	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos	7 anos
ALT.	$\hat{h}_a^2$	0,29±0,06	0,33±0,06	0,51±0,08	0,49±0,08	0,43±0,07
	$\hat{h}_{aj}^2$	0,3426	0,3385	0,5214	0,5026	0,4365
	$\hat{C}_p^2$	0,1525	0,0111	0,0129	0,0187	0,0113
	$\hat{h}_m^2$	0,6072	0,7561	0,832	0,8207	0,8038
	$\hat{h}_{ad}^2$	0,281	0,2773	0,4497	0,4311	0,3675
	$r_{\hat{a}a}$	0,7792	0,8695	0,9121	0,9059	0,8965
	CV_{gi} (%)	9,23	7,80	9,76	7,72	8,41
	CV_e (%)	9,09	5,42	5,38	4,42	5,09
	CV_r	0,51	0,72	0,91	0,87	0,83
	CV_{gp} (%)	4,62	3,9	4,88	3,86	4,21
	$\hat{m}$ (m)	5,35	9,74	15,87	20,10	22,18
	LRT	32,79**	81,54**	133,40**	116,99**	104,19**

$\hat{h}_a^2$ herdabilidade individual dos efeitos aditivos; $\hat{h}_{aj}^2$ herdabilidade ajustada; $\hat{C}_p^2$ coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; $\hat{h}_m^2$ herdabilidade da média de progênies; $\hat{h}_{ad}^2$ herdabilidade dentro de progênies; $r_{\hat{a}a}$ acurácia; CV_{gi} coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_e coeficiente de variação experimental; CV_r coeficiente de variação relativa; CV_{gp} (%) coeficiente de variação genética entre progênies; $\hat{m}$ média do caráter; LRT teste da razão de verossimilhança.

Tabela 5. Estimativa de parâmetros genéticos para crescimento em DAP - diâmetro a altura do peito (cm), nas idades de um, dois, três, cinco e sete anos, em teste de progênies de polinização livre de *Eucalyptus urophylla*, assumindo as progênies como de sistema misto de reprodução e cruzamentos aleatórios – meios irmãos. Instalado em novembro de 2003 em Itamarandiba – MG.

Caracteres	Estimativas	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos	7 anos
DAP	$\hat{h}_a^2$	0,10±0,03	0,17±0,04	0,15±0,04	0,19±0,05	0,22±0,05
	$\hat{h}^2$	0,1312	0,171	0,1588	0,199	0,2211
	$\hat{C}_p^2$	0,1879	0,0038	0,0026	0,0028	0,003
	$\hat{h}_m^2$	0,334	0,611	0,5943	0,6494	0,6739
	$\hat{h}_{ad}^2$	0,1018	0,134	0,124	0,1571	0,1755
	$r_{\hat{a}a}$	0,5779	0,7817	0,7709	0,8059	0,8209
	CV_{gi} (%)	6,16	6,09	7,46	8,20	9,22
	CV_e (%)	10,66	5,95	7,55	7,38	7,85
	CV_r	0,28	0,51	0,49	0,55	0,59
	CV_{gp} (%)	3,08	3,05	3,73	4,10	4,61
	$\hat{m}$ (cm)	4,83	7,69	11,00	12,84	14,44
	LRT	5,58*	41,16**	38,00**	48,99**	56,73**

$\hat{h}_a^2$ herdabilidade individual dos efeitos aditivos; $\hat{h}_{aj}^2$ herdabilidade ajustada; $\hat{C}_p^2$ coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; $\hat{h}_m^2$ herdabilidade da média de progênies; $\hat{h}_{ad}^2$ herdabilidade dentro de progênies; $r_{\hat{a}a}$ acurácia; CV_{gi} coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_e coeficiente de variação experimental; CV_r coeficiente de variação relativa; CV_{gp} (%) coeficiente de variação genética entre progênies; $\hat{m}$ média do caráter; LRT teste da razão de verossimilhança.

Tabela 6. Estimativa de parâmetros genéticos para crescimento em volume individual das árvores (m³), nas idades de um, dois, três, cinco e sete anos, em teste de progênies de polinização livre de *Eucalyptus urophylla*, assumindo as progênies como de sistema misto de reprodução e cruzamentos aleatórios – meios irmãos. Instalado em novembro de 2003 em Itamarandiba – MG.

Caracteres	Estimativas	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos	7 anos
VOL. IND.	$\hat{h}_a^2$	0,13±0,04	0,25±0,05	0,25±0,05	0,26±0,06	0,27±0,06
	$\hat{h}_{aj}^2$	0,1789	0,2506	0,2495	0,2658	0,2747
	$\hat{C}_p^2$	0,2318	0,0041	0,0029	0,003	0,0032
	$\hat{h}_m^2$	0,3679	0,7011	0,7016	0,7155	0,7223
	$\hat{h}_{ad}^2$	0,1405	0,2005	0,1996	0,2136	0,2213
	$r_{\hat{a}a}$	0,6066	0,8373	0,8376	0,8459	0,8499
	CV_{gi} (%)	18,52	18,37	21,77	22,49	25,42
	CV_e (%)	29,74	14,69	17,39	17,38	19,31
	CV_r	0,31	0,62	0,63	0,65	0,66
	CV_{gp} (%)	9,26	9,18	10,89	11,25	12,71
	$\hat{m}$ (m^3)	0,0053	0,0237	0,081	0,1384	0,1959
	LRT	7,23**	67,55**	73,18**	73,93**	75,74**

$\hat{h}_a^2$ herdabilidade individual dos efeitos aditivos; $\hat{h}_{aj}^2$ herdabilidade ajustada; $\hat{C}_p^2$ coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; $\hat{h}_m^2$ herdabilidade da média de progênies; $\hat{h}_{ad}^2$ herdabilidade dentro de progênies; $r_{\hat{a}a}$ acurácia; CV_{gi} coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_e coeficiente de variação experimental; CV_r coeficiente de variação relativa; CV_{gp} (%), coeficiente de variação genética entre progênies; $\hat{m}$ média do caráter; LRT teste da razão de verossimilhança.

Tabela 7. Estimativa de parâmetros genéticos para densidade aparente (g cm^{-3}), nas idades de um, dois, três, cinco e sete anos, em teste de progênies de polinização livre de *Eucalyptus urophylla*, assumindo as progênies como de sistema misto de reprodução e cruzamentos aleatórios – meios irmãos. Instalado em novembro de 2003 em Itamarandiba – MG.

Caracteres	Estimativas	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos	7 anos
DENS.APAR	$\hat{h}_a^2$	0,2899±0,21	0,5325±0,28	0,5941±0,29	0,6987±0,32	0,6811±0,31
	$\hat{C}_p^2$	2,078x10^{-1}	6,250x10^{-3}	8,495x10^{-3}	1,256x10^{-2}	3,287x10^{-2}
	$\hat{h}_m^2$	0,6528	0,8043	0,8228	0,8480	0,8276
	$\hat{h}_{ad}^2$	0,2121	0,4249	0,4889	0,6077	0,6038
	$r_{\hat{a}a}$	0,8079	0,8968	0,9071	0,9209	0,9097
	CV_{gi} (%)	4,0848	5,2593	5,4585	5,8094	5,6078
	CV_e (%)	13,6830	12,8638	12,8837	12,2258	11,7862
	CV_r	0,1493	0,20442	0,2118	0,2376	0,2379
	CV_{gp} (%)	2,0424	2,6296	2,7292	2,9047	2,8039
	$\hat{m}$ (g cm^{-3})	0,5262	0,5576	0,5851	0,6037	0,6203
	LRT	1,88 ns	6,87**	7,30**	8,71**	7,42**

$\hat{h}_a^2$ herdabilidade individual dos efeitos aditivos; $\hat{h}_{aj}^2$ herdabilidade ajustada; $\hat{C}_p^2$ coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; $\hat{h}_m^2$ herdabilidade da média de progênies; $\hat{h}_{ad}^2$ herdabilidade dentro de progênies; $r_{\hat{a}a}$ acurácia; CV_{gi} coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_e coeficiente de variação experimental; CV_r coeficiente de variação relativa; CV_{gp} (%) coeficiente de variação genética entre progênies; $\hat{m}$ média do caráter; LRT teste da razão de verossimilhança.

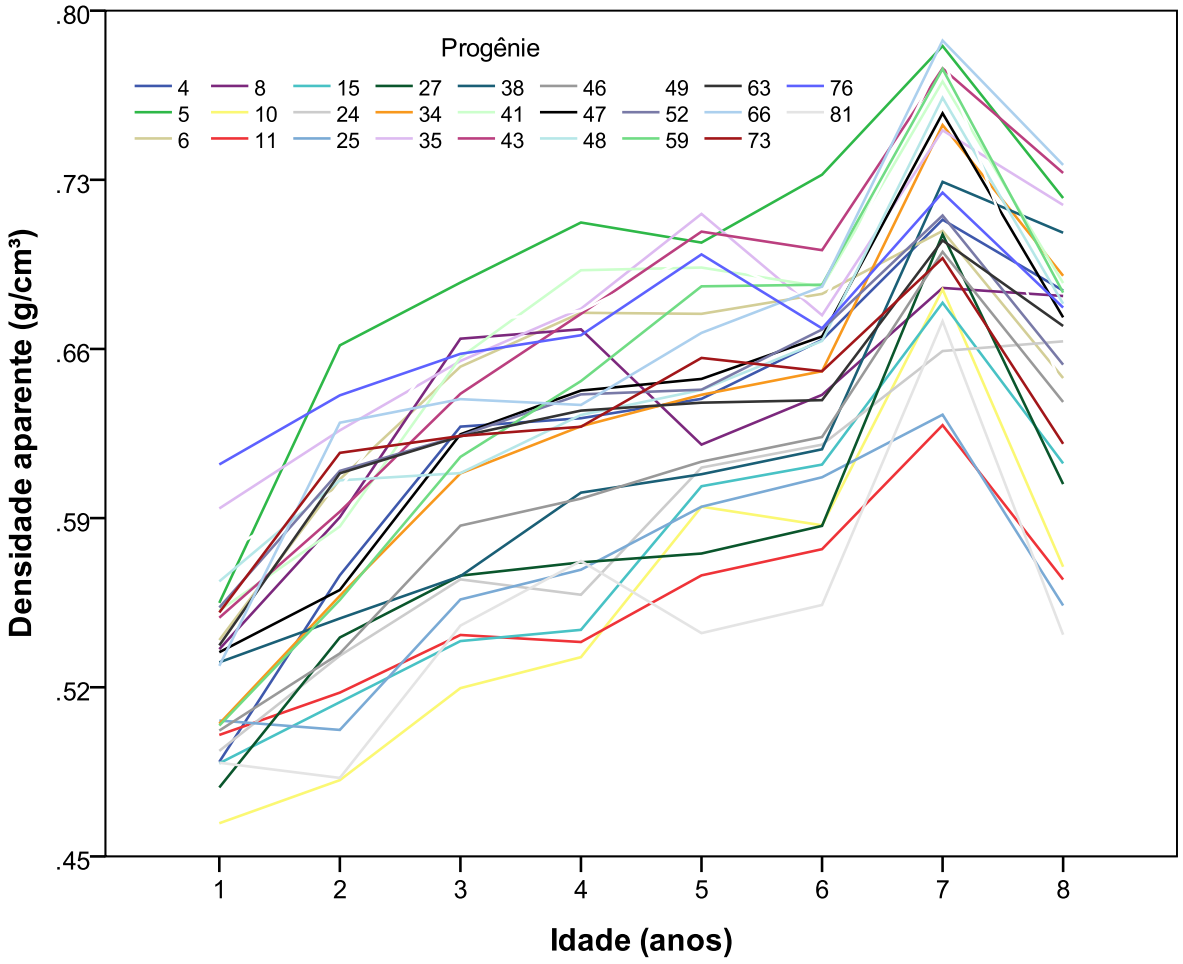


Figura 9 – Comportamento da densidade aparente, por ano de idade da árvore, com base nos anéis de crescimento das 26 progênies de *Eucalyptus urophylla.*

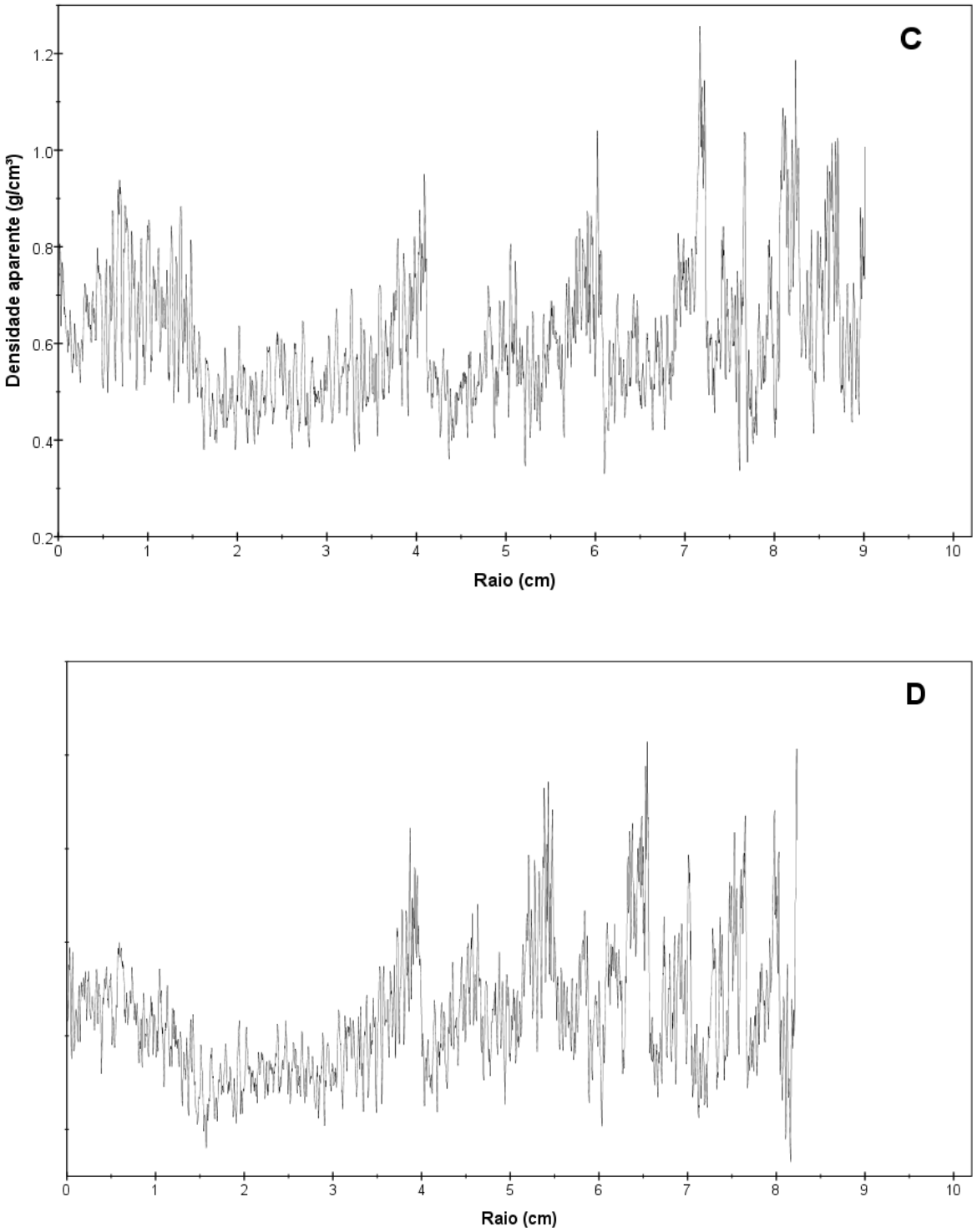


Figura 10 – Perfil radial da densidade aparente, de árvores de *Eucalyptus urophylla*: Progênie seis, árvore quatro (raio 1, C; raio 2, D).

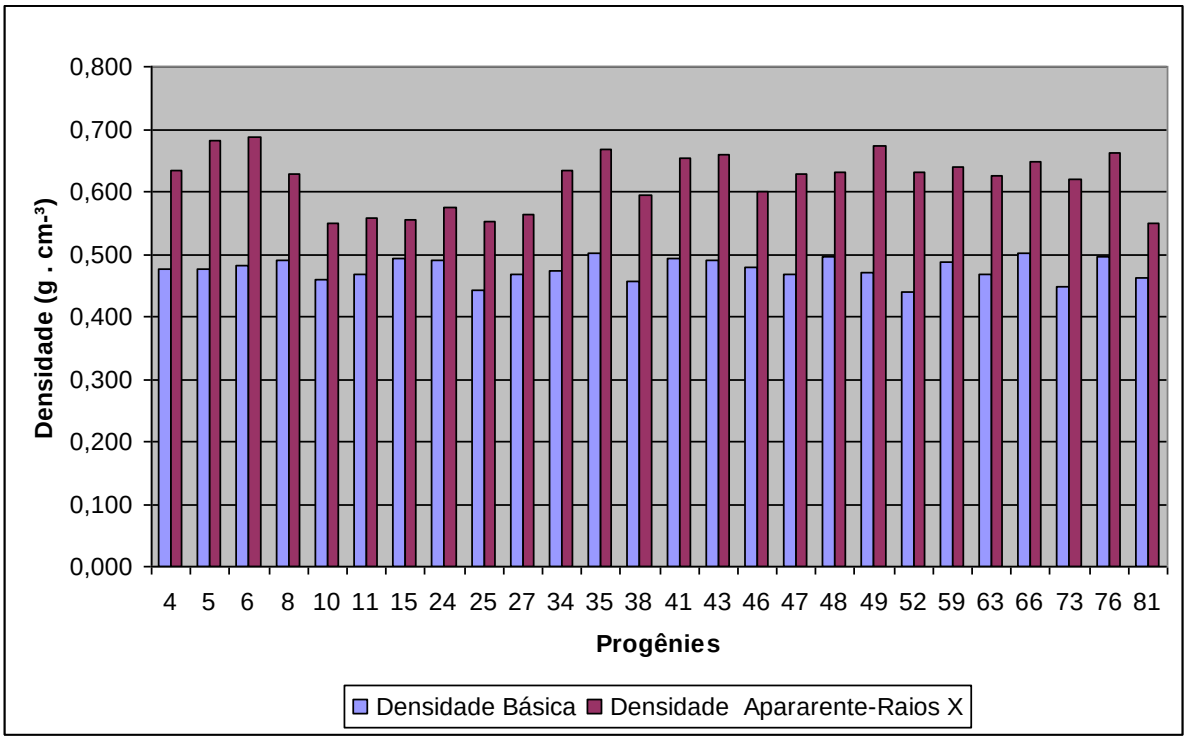


Figura 11 – Demonstrativo das densidades básica média por gravimetria e aparente média do lenho por densitometria de raios X, aos sete anos, na região do DAP.

5.2 Análise conjunta

A análise conjunta dos dados, em todas as idades de avaliação, mostrou correlação genotípica alta entre o desempenho nas várias idades, para os três caracteres: altura (r_{gid} = 0,86), DAP (rgid = 0,95) e volume (rgid = 0,59), indicando que cada progênie tem seu potencial característico e não há correlação do crescimento com o fator idade ao longo do tempo. Ao analisar os coeficientes de determinação dos efeitos da interação genótipos x idade, considerados muito baixos, verifica-se a ausência da interação idade x progênies entre os genótipos para os três caracteres: altura (c2 int = 0,017), DAP (c2 int = 0,0026) e volume (c2 int = 0,028), conforme Tabela 8.

Tabela 8. Estimativa de correlação do desempenho das progênies nas diferentes idades de avaliação (um, dois, três, cinco e sete anos de idade), para caracteres de crescimento.

	Caracteres		
Estimativa	ALTURA	DAP	VOLUME
rgid	0,86	0,95	0,59
c2 int	0,017	0,0026	0,028

rgid correlação genotípica entre o desempenho nas várias idades; c2int coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x idade.

5.3 Correlações genéticas

Para as diferentes idades e mesmo caráter, as estimativas de correlações genéticas (r_g) foram superiores às fenotípicas (r_f) e de alta magnitude (Tabela 9), nas cinco idades em todos os caracteres, indicando esta correlação genética a ser empregada para a seleção precoce. Nas condições deste teste, a idade juvenil que melhor estima os rendimentos de produção desejados na idade de colheita (sete anos) é a de três anos, com 0,99 de correlação, porém aos dois anos, havendo interesse em se adiantar a seleção, a correlação é de 0,76, que poderá ser praticada e futuras correções serem feitas ao longo do tempo, reduzindo-se o ciclo seletivo e adiantando-se a definição de novos materiais genéticos para a produção. Para o caráter densidade aparente do lenho, qualquer idade estima a melhor densidade aos sete anos, tendo em vista as altas magnitudes positivas e significativas das correlações genéticas entre as diferentes idades conforme Tabela 9.

Na Tabela 10 encontram-se os dados da estimativa de correlações genéticas (r_g) e fenotípicas (r_f) entre diferentes caracteres de produção e mesma idade. Nesta condição, também as correlações genéticas foram superiores às fenotípicas, porém em menor grau, o que evidencia forte associação entre os caracteres, segundo Paula et al. (2002) citados por Massaro (2010), “pela presença de genes pleiotrópicos ou de ligações gênicas no controle genético desses caracteres“. As correlações entre os caracteres possuem valores elevados e as

menores correlações foram entre DAP x altura, muito embora o menor valor seja 84%, resultados semelhantes aos encontrados por Zimback et al. (2011) para o *Eucalyptus grandis*.

A melhor correlação a um ano de idade foi entre a altura e volume (98%), aos dois e três anos foi entre DAP e volume (99%) e aos cinco e sete anos, a altura e DAP x volume apresentaram resultados de 100%.

Tais resultados positivos, possibilitam o emprego da resposta correlacionada, praticando-se a seleção sobre um determinado caráter, na expectativa de se encontrar o valor desejado em outro de interesse de seleção.

As correlações entre os caracteres de produção (altura, DAP e volume) e a densidade aparente, não foram boas, devido a ocorrência de correlações intraclasses e estimativas ruins das covariâncias genéticas entre os caracteres, resultando, em grande parte, estimativas fora da variação esperada para uma correlação (-1 a +1), segundo Sebbenn (2012) em relato.

Da análise dos dados das Tabelas 9 e 10, pode-se deduzir que será eficiente a seleção precoce aos três anos de idade e, também, a seleção com base no caráter DAP, na expectativa de se encontrar valores desejados de volume aos sete anos, normalmente idade de colheita das árvores. A seleção para densidade aparente do lenho pode ser feita a partir do primeiro ano de idade e independente dos caracteres de produção.

Tabela 9. Estimativa de correlações genéticas (rg) e fenotípicas (rf) entre diferentes idades e mesmo caráter.

Caracteres	Idades	Correlações	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos	7 anos
		rg	x	0,92	0,8	0,85	0,81
	1 ano	rf	x	0,58	0,46	0,37	0,37
		rg		x	0,96	0,95	0,86
	2 anos	rf		x	0,7	0,44	0,47
		rg			x	1	0,97
ALT.	3 anos	rf			x	0,66	0,66
		rg				x	1
	5 anos	rf				x	0,83
		rg					x
	7 anos	rf					x
		rg	x	0,77	0,69	0,65	0,61
	1 ano	rf	x	0,59	0,46	0,39	0,33
		rg		x	0,82	0,84	0,76
	2 anos	rf		x	0,83	0,73	0,64
		rg			x	0,98	0,99
DAP	3 anos	rf			x	0,82	0,72
		rg				x	0,97
	5 anos	rf				x	0,93
		rg					x
	7 anos	rf					x
		rg	x	0,87	0,69	0,6	0,73
	1 ano	rf	x	0,56	0,45	0,41	0,39
		rg		x	0,91	0,87	0,76
	2 anos	rf		x	0,85	0,77	0,7
		rg			x	0,98	0,98
VOL.IND.	3 anos	rf			x	0,87	0,81
		rg				x	1
	5 anos	rf				x	0,95
		rg					x
	7 anos	rf					x
		rg	x	1	1	1	1
	1 ano	rf	x	0,92	0,78	0,69	0,64
		rg		x	1	1	1
	2 anos	rf		x	0,93	0,83	0,8
		rg			x	1	1
DENS.APAR	3 anos	rf			x	0,96	0,99
		rg				x	1
	5 anos	rf				x	0,99
		rg					x
	7 anos	rf					x

ALT = altura (m), DA P = à altura do peito (cm), VOL IND = volume individual (m^3) e DENS. APAR. = densidade aparente (g cm^{-3}) aos um, dois, três, cinco e sete anos de idade.

Tabela 10. Estimativa de correlações genéticas (r_g) e fenotípicas (r_f) entre diferentes caracteres de produção e mesma idade.

Idades	Caracteres	Correlações	DAP	VOL.IND.
1 ano	ALT	rg	0,87	0,98
		rf	0,82	0,87
	DAP	rg	x	0,95
		rf	x	0,96
	VOL.IND.	rg		x
		rf		x
2 anos	ALT.	rg	0,86	0,95
		rf	0,68	0,81
	DAP	rg	x	0,99
		rf	x	0,96
	VOL.IND.	rg		x
		rf		x
3 anos	ALT.	rg	0,89	0,98
		rf	0,8	0,85
	DAP	rg	x	0,99
		rf	x	0,97
	VOL.IND.	rg		x
		rf		x
5 anos	ALT.	rg	0,94	1,00
		rf	0,75	0,82
	DAP	rg	x	1,00
		rf	x	0,98
	VOL.IND.	rg		x
		rf		x
7 anos	ALT	rg	0,94	1,00
		rf	0,78	0,83
	DAP	rg	x	1,00
		rf	x	0,88
	VOL.IND	rg		x
		rf		x

ALT = altura (m), DAP = diâmetro à altura do peito (cm) e VOL IND = volume individual (m^3).

5.4 Seleção

A seleção com base no IME – índice multi-efeito, explorou a magnitude dos genes de herança aditiva, para seleção de material de *Eucalyptus urophylla,* com a finalidade de subsidiar a introgressão de genes de interesse na qualidade tecnológica da madeira (especialmente a densidade), buscando a complementaridade de caracteres tecnológicos e produtividade, por hibridação interespecífica com *E. paniculata, E. camaldulensis, E. tereticornis*, *E. pellita e E. brassiana.* As espécies pertencentes à seção exertária (*E*. *camaldulensis*, *E*. *tereticornis* e *E*. *brassiana*) e à seção transversária (*E*. *grandis*, *E*. *saligna*, *E*, *urophylla*, *E*. *pellita*, entre outras) são compatíveis e em seus cruzamentos não há problemas de anormalidade (ASSIS; MAFIA, 2007). Essas espécies mais *E*. *paniculata*, da seção adnatária, possuem alto grau de complementaridade, Resende e Assis (2008). Para tanto foram feitas as seleções descritas a seguir.

1 – Seleção entre e dentro (Tabelas 11 e 12), identificando a melhor árvore de cada progênie com base no IME e volume individual, que em plantio comercial, produza volume de madeira igual ou maior que 55 m^3 ha^{-1} a^{-1}, totalizando 39 progênies, cujo número efetivo (N_e) também é 39, com ganho na seleção (Gs) de 35,34% e diversidade genética (D) de 0,5065, que comporão o pomar de hibridação clonal por enxertia.

2 – Seleção massal (Tabelas 11 e 12), visando promover melhor recombinação de genótipos diferentes e explorar mais os resultados do teste de progênies (Tabelas 3 a 7), objetivando encontrar todas as árvores que produzam, individualmente, volume de madeira igual ou superior a 55 m^3 ha^{-1} a^{-1}, para formação do pomar de recombinação – pomar de sementes por mudas (PMS). Foram identificadas 185 árvores de 41 progênies, cujo N_e igual 62,1184, com Gs de 30,76% e D igual 0,2729.

3 – Seleção massal estratificada (Tabelas 11 e 12), para melhor avaliar a seleção massal, com base nos melhores IME e na produtividade de 55 m^3 ha^{-1} a^{-1}, limitado a

6 árvores/progênie, (uma árvore/progênie/bloco), para reduzir a autofecundação. Neste caso foram encontradas 108 árvores com os seguintes índices: N_p = 39, Ne = 64,90, Gs = 32,47e D = 0,3864. Os índices desta seleção massal estratificada foram superiores aos da seleção massal, exceto no N_p (2 progênies a menos), o que leva a optar pela seleção massal estratificada para formação do pomar de recombinação.

4 – Seleção para clonagem (Tabelas 11 e 12), com o fim de explorar a variância genética total (g), estimativa que o programa de análise fornece. Foram então selecionadas as 10 árvores com melhores g e produtividade igual ou superior a 58 m^3 ha^{-1} a^{-1} com os seguintes índices: N_p = 6, N_e = 8,2873, Gs = 40,28% e D = 0,0722, porém, os piores índices com relação a herança aditiva e em contrapartida o melhor ganho de seleção 40,28%

Quando se leva em conta a herança aditiva, o melhor Gs foi conseguido com a seleção entre e dentro. Em vista disto, foi feita, a título de exercício, análise (IME) fixando-se o número de materiais em 39, correspondendo às melhores progênies do teste, com as opções (i) as 39 melhores árvores, (ii) as 39 melhores progênies (uma árvore por progênie) e (iii) as 39 melhores árvores limitadas a seis por progênie. Verifica-se na Tabela 12, que o maior *Gs* ocorre quando se selecionam as 39 melhores árvores, neste caso o número de progênies (N_p) selecionadas cai para 19, consequentemente o tamanho efetivo (N_e) foi de 24,67 e a diversidade genética (D) igual a 0,1555. A opção de se limitar às seis melhores árvores por progênie, diminui o Gs, 39,66 e aumenta Np 21 e consequentemente o N_e 27,72 e a D 0,1956. Como se trata de material para formação de pomar de recombinação, a melhor opção é se trabalhar com as 39 melhores árvores, limitadas a uma por progênie, onde o N_e é 39 e a D igual a 0,5065, muito embora o Gs seja de 35,34%.

Tabela 11. Caracterização das árvores selecionadas com base no IME, para volume individual das árvores aos sete anos de idade.

Sel. Massal Estratificada		Seleção Entre e Dentro		Seleção Clonagem		Seleção Massal	
PROGÊNIES	Kp	PROGÊNIES	Kp	PROGÊNIES	Kp	PROGÊNIES	Kp
1	2	1	1	1	.	1	2
4	4	4	1	4	.	4	6
5	3	5	1	5	.	5	4
6	3	6	1	6	.	6	4
8	2	8	1	8	.	8	2
10	6	10	1	10	2	10	21
11	6	11	1	11	2	11	17
14	3	14	1	14	.	14	5
15	1	15	1	15	.	15	1
16	1	16	1	16	.	16	1
19	.	19	.	19	.	19	1
22	1	22	1	22	.	22	1
25	4	25	1	25	2	25	8
27	4	27	1	27	1	27	8
29	1	29	1	29	.	29	2
32	1	32	1	32	.	32	1
34	.	34	.	34	.	34	1
35	5	35	1	35	2	35	12
36	1	36	1	36	.	36	2
37	2	37	1	37	.	37	2
38	4	38	1	38	.	38	4
41	3	41	1	41	1	41	5
42	1	42	1	42	.	42	1
43	5	43	1	43	.	43	8
45	2	45	1	45	.	45	2
46	6	46	1	46	.	46	13
47	4	47	1	47	.	47	7
48	3	48	1	48	.	48	5
52	3	52	1	52	.	52	5
53	1	53	1	53	.	53	1
54	2	54	1	54	.	54	2
59	5	59	1	59	.	59	6
63	3	63	1	63	.	63	4
64	1	64	1	64	.	64	1
66	3	66	1	66	.	66	5
70	1	70	1	70	.	70	2
72	1	72	1	72	.	72	1
73	3	73	1	73	.	73	5
76	3	76	1	76	.	76	3
77	2	77	1	77	.	77	2
81	2	81	1	81	.	81	2
SOMA Kp	108	SOMA Kp	39	SOMA Kp	10	SOMA Kp	185
MÉDIA Kp	2,7692	MÉDIA Kp	1	MÉDIA Kp	1,6667	MÉDIA Kp	4,5122
Np	39	Np	39	Np	6	Np	41
Ne	64,9402	Ne	39	Ne	8,2873	Ne	62,1184
IME(a)	6,8699	IME(a)	2,701	IME(g)	0,7891	IME(a)	11,2102
u	0,195926	u	0,195926	u	0,195926	u	0,195926
Gs(%)	32,47	Gs(%)	35,34	Gs(%)	40,28	Gs(%)	30,76
Nep	29,76	Nep	39	Nep	5,56	Nep	21,01
Npo	77	Npo	77	Npo	77	Npo	77
D	0,3864	D	0,5065	D	0,0722	D	0,2729

Kp: n° de indiv. selec. por progênie; **Np**: nº de progênies; **Ne**: tamanho efetivo; **IME(a)**: índice multi-efeito; **Gs**: ganho na seleção; **u**: média geral do vol. Ind.aos 82 meses; **Nep**: n° efetivo de progênies; **Npo**: n° de progênies original; **D**: diversidade

Tabela 12. Comparação de seleção quando se fixa o número de progênies, aos sete anos, para volume individual das árvores.

Seleção das 39 melhores arv.		Seleção das 39 melhores/ prog.		Seleção das 39 mel. Lim.a 6/prog.	
PROGÊNIES	Kp	PROGÊNIES	Kp	PROGÊNIES	Kp
1	.	1	1	1	.
4	3	4	1	4	3
5	.	5	1	5	.
6	1	6	1	6	1
8	1	8	1	8	1
10	4	10	1	10	2
11	6	11	1	11	5
14	1	14	1	14	1
15	.	15	1	15	.
16	.	16	1	16	.
22	.	22	1	22	.
25	5	25	1	25	3
27	3	27	1	27	3
29	.	29	1	29	.
32	1	32	1	32	1
35	4	35	1	35	4
36	.	36	1	36	.
37	.	37	1	37	.
38	1	38	1	38	2
41	1	41	1	41	1
42	.	42	1	42	.
43	1	43	1	43	1
45	.	45	1	45	.
46	2	46	1	46	3
47	1	47	1	47	1
48	.	48	1	48	1
52	1	52	1	52	1
53	.	53	1	53	.
54	.	54	1	54	.
59	1	59	1	59	1
63	1	63	1	63	2
64	1	64	1	64	1
66	.	66	1	66	1
70	.	70	1	70	.
72	.	72	1	72	.
73	.	73	1	73	.
76	.	76	1	76	.
77	.	77	1	77	.
81	.	81	1	81	.
SOMA Kp	39	SOMA Kp	39	SOMA Kp	39
MÉDIA Kp	2,0526	MÉDIA Kp	1	MÉDIA Kp	1,8571
Np	19	Np	39	Np	21
Ne	24,6707	Ne	39	Ne	27,7266
IME(a)	3,1461	IME(a)	2,701	IME(a)	3,0331
u	0,195926	u	0,195926	u	0,195926
Gs(%)	41,19	Gs(%)	35,34	Gs(%)	39,66
Nep	11,98	Nep	39	Nep	15,06
Npo	77	Npo	77	Npo	77
D	0,1555	D	0,5065	D	0,1956

Kp: n° de indiv. selec. por progênie; **Np**: nº de progênies; **Ne**: tamanho efetivo; **IME(a)**: índice multi-efeito; **Gs**: ganho na seleção; **u**: média geral do vol. Ind.aos 82 meses; **Nep**: n° efetivo de progênies; **Npo**: n° de progênies original; **D**: diversidade genética.

6 CONCLUSÕES

Os resultados do trabalho permitem concluir que:

- As herdabilidades médias de progênies ($\hat{h}_m^2$), permitem seleção, com ganhos significativos, para caracteres de produção e densidade aparente.

- São eficientes as seleções (i) precoce aos três anos para caracteres de produção, a partir do primeiro ano para densidade aparente e (ii) indireta, resposta correlacionada, utilizando-se o caráter DAP, na expectativa de se encontrar valores desejados de volume aos sete anos.

- A seleção entre e dentro, através do IME (índice multi efeito) possibilitou ganhos genéticos (Gs = 35,34%) expressivos, para formação de pomar de hibridação – clonal por enxertia.

- Pela seleção massal estratificada, pode-se formar um pomar de recombinação com 108 progênies e Gs de 32,47%.

- Para clonagem, a seleção de 10 árvores oriundas de seis progênies, possibilita explorar a variância genética total (g), com Gs de 40,28%.

7 REFERÊNCIAS

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

ALZATE, S. B. A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis, E. saligna* e *E. grandis x urophylla***. 2004. 133 f. Tese (Doutorado em Recursos Floretais)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2004.

ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação da porcentagem de casca, cerne e alburno no sentido longitudinal de clones de eucaliptos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL, 2001, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2001. p. 117.

AMARAL, A. C. B. **Implantação da metodología de densitometria de raios X em madeira.** 1994. 155 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)– Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

ARANGO, B.; HOYOS, J. F. **Variación de la densidad básica de la madera de *Eucalyptus grandis* en árboles de siete años de edad.** 1999. 107 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso)-Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 1999.

ARBUTHNOT, A. L. The influence of basic wood density of *Eucalyptus* on pulp and paper properties. In: SIMPOSIUM THE ROLE OF *EUCALYPTS*, 2., Durban, 1991. Durban: IUFRO, 1991. p. 966-975.

ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. **Biotecnologia florestal.** Viçosa, MG: Suprema, 2007. p. 93 -121.

ASSIS, T. F.; HENRIQUES, E. P.; CUNHA, J. F. **Relatório técnico de avaliação da hibridação para formação de material genético com características tecnológicas para produção de carvão vegetal metalúrgico**. Itamarandiba: ArcelorMittal BioEnergia, 2008. 7 p.

ASSIS, T. F.; HENRIQUES, E. P.; FERNANDES, J. C. **Relatório técnico descritivo para obtenção do registro nacional dos cultivares**: relatório n. 1: espécies puras. Itamarandiba: Arcelor Mittal BioEneria, 2007a. 11 p.

ASSIS, T. F.; HENRIQUES, E. P.; FERNANDES, J. C. **Relatório técnico descritivo para obtenção do registro nacional dos cultivares**: relatório n. 2: híbridos clonais. Itamarandiba: Arcelor Mittal BioEnergia, 2007b. 10 p.

BARRICHELLO, L. E. G.; BRITO, J. O. **A madeira das espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel**. Piracicaba: PRODEPEF, n. 13, 1976.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Variabilidade longitudinal e radial da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO NACIONAL ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 17., São Paulo, 1984. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1984. p. 403-409.

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

BENJAMIM, C. S.; BALLARIN, A. W. Variação radial da densidade aparente da madeira de *Corymbia* (*Eucalyptus*) *citriodora* com 29 anos de idade. **Energia na Agricultura,** Botucatu, v. 24, n. 2, p. 29-46, 2009.

BORGES, R. C. G. et al. Estimativa de parâmetros genéticos em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 4, n. 2, p. 134-145, 1980.

BOTREL, M. C. G. et al. Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 391-398, 2007.

BUSNARDO, C. A. et al. Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para a produção de celulose. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 20., 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1987. p. 17-33.

BUSNARDO, C. A. et al. Em busca da qualidade ideal da madeira de eucalipto para produção de celulose e papel, inter-relações entre propriedades das árvores e características da madeira. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3., 1983, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1983. v. 1, p. 45-69.

BUSNARDO, C. A. et al. Estudo comparativo da madeira de *Eucalyptus saligna*, procedência Coffs Harbour e madeira de origem híbrida procedente de Canela, introduzidas na região de Guaíba-RS. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3., 1983, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1983. p. 1073-1091.

BUSNARDO, C. A et al. Estudo comparativo da qualidade da madeira de algumas espécies de eucaliptos. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 11, 1978. São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1978. p. 191-197.

BUSNARDO, C. A. et al. Estudo comparativo da qualidade da madeira de três procedências de *Eucalyptus saligna* introduzidas na região de Guaíba-RS. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 15., 1982, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1982. p. 25.

CARPIM, M. A.; BARRICHELO, L. E. G. Influência da procedência e classe de diâmetro sobre as características da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 17., São Paulo, 1984. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1984. p. 411- 422.

CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis x urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. 2000. 128 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

CASTRO, V. R. **Aplicação de métodos não destrutivos na avaliação de propriedades físicas do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. hondurensis Barr. et Golf. e *Tectona grandis* (L. f.)**. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CHAGAS, M. P.; ROQUE, R. M.; TOMAZELLO FILHO, M. **Manual de aplicação densitometria de raios-X em amostras de madeira, Crad e Cerd.** 2005. 32 f. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

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

DESTRO, D.; MONTALVAN, R. Considerações gerais sobre hibridação em autógamas. In: DESTRO, D; MONTALVAN, R. (Org.) **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: Ed. UEL, 1999. p. 201-205.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1987. 279 p.

FERREIRA, M. **Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus saligna* Smith**. 1968. 72 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias/ Recursos Florestais e Engenharia Florestal)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. **IPEF**, Piracicaba, n. 4, p. 65-89, 1972.

FREITAS, T. C. M. et al. Determinação da densidade básica da madeira em matrizes superiores de *Eucalyptus dunnii* para laminação. In: MOSTRA CIENTIFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 7.; MOSTRA CIENTIFICA DA FMVZ, 15.; REUNIÃO CIENTIFICA DO LAGEADO, 18., 2011, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP - Faculdade de Ciências Agronômicas, 2011.

GARCIA, S. L. R. **Importância de características de crescimento, de qualidade da madeira e da polpa na diversidade genética de clones de eucalipto**. 1998.

103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

GRATTAPAGLIA, D. Aplicações operacionais de marcadores moleculares. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa, MG: Suprema, 2007. p. 175-200.

JOSHI, C. P. Genômica da formação de madeira. In: BORÉM, A. **Biotecnologia florestal.** Viçosa, MG: Suprema, 2007. p. 271-295.

KALIL FILHO, A. N.; PIRES, C. L. S.; GURFINKEL, J. Estimação de parâmetros genéticos e observação do comportamento em *Eucalyptus saligna* Smith em Angatuba (SP). In: CONGRESSO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL, 15., 1982, São Paulo. **Resumos...** São Paulo, 1982.

KOLLMAN, F. **Tecnología de la madera y sus aplicaciones**. Madrid: Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicios de la Madera, 1959. p. 359-394.

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

LATORRE, F. L. **Efeito da umidade da madeira na produção de carvão metalúrgico.** Capelinha: Arcelor Mittal BioEnergia, 2008. 17 p.

LENZ, O. The use of radiography in the examination of annual rings. **Forest Research Institute Memoirs,** Malaysia, v. 33, n. 5, 1957.

MASSARO, R. A. M. **Viabilidade de aplicação da seleção precoce e tamanho de parcelas em testes clonais de *Eucalyptus* spp.** 2008. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

MENDES, A. P. C. S. **Fisiologia da síntese dos constituintes da madeira.** Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1980. 14 p.

MORI, E. S.; MORAES, C. B. Visão do melhoramento florestal na interação com o manejo. In: WORKSHOP DE MELHORAMENTO GENÉTICO FLORESTAL, 6.; REUNIÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA DO PTSM/IPEF, 41., 2010, Botucatu. Disponível em: http://www.ipef.br/eventos/2010/melhoramento_e_manejo/mori_unesp.pdf. Acesso em: 26 jun. 2012.

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

OLIVEIRA, L. J. R. **Uso do Pilodyn para a estimativa da densidade básica e propriedades mecânicas da madeira de eucalipto**. 2001. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

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

OLIVEIRA, J. B. O. et al. **Produção de carvão vegetal**: aspectos técnicos. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1982. 85 p.
OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO, F. M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. Sociedade de Investigações florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 115-127, 2005.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4th. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 404 p.

PARKER, M. L.; KENNEDY, W. W. The status of radiation densitometry for measurement of wood specific gravity. In: IUFRO MEETING DIVISION, 5., 1973, Pretoria. **Proceedings...** Pretoria, 1973. v. 4, p.1765-1787.

PAULA. R. C. et al. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF. v. 37, n. 2, p.159-165, 2002.

PEREIRA, A. B. et al. Eficiência da seleção precoce em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, avaliados na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 3 n. 1, p. 67-81, 1997.

PIMENTA, A. S. **Curso de atualização em carvão vegetal**. Viçosa, MG: Ed. UFV, [1996 ?]. 91 p.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 467 p.

POLGE, H. Densitometric analysis of radiographs. **Annales de** L'**école Nationale des Eaux et Forêts**, Paris, v. 20, n. 4, p. 530-581, 1963.

PURNELL, R. C. Variation of wood properties of *E. nitens* in a provenance trial on the eastern Transvaal Highvel South Africa. **South African Forestry Journal,** Pretoria, n.14, p.10-22, 1988.

RESENDE, M. D. V. **SELEGEN-REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

RIBEIRO, F. A.; ZANI FILHO, J. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus* spp. **IPEF**, Piracicaba, n. 46, p. 76-85, 1993.

ROCHA, M. G. B. et al. Avaliação genética de progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus urophylla*, utilizando os procedimentos REML/BLUP e E(QM). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n. 14, p. 369-379, 2006.

ROSADO, S. C.; BRUNE, A. Crescimento de árvores: Estimativas de correlações entre idades diferentes e sua influência da densidade básica da madeira em *Eucalyptus* spp. **Revista Arvore**, Viçosa, MG, v. 7, n. 1, p. 11-22, 1983.

ROSADO, A. M. et al. Ganhos genéticos preditos por diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 12, p. 1653-1659, dez. 2009.

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

SANTOS, P. E. T.; MORI, E. S.; MORAES, M. L. T. Potential for breeding programs, genetic parameters estimates and progenies x environment interaction in *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake populations. **IPEF Internacional**, Piracicaba, n. 2, p. 1-9, 1992.

SAS INSTITUTE. **SAS procedures guide**. Version 8 (TSMO). Cary, 1999. 454 p.

SEBBENN, A. M.; VILAS BOAS, O.; MAX. J. C. M. Altas herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênies de polinização aberta de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* aos 25 anos de idade em Assis-SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 95-102, 2008.

SHIMOYAMA, V. R. **Variações da densidade básica e características anatómicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp**. 1990. 93 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

SHIMOYAMA, V. R. S.; BARRICHELLO, L. E. G. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus spp*. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24., 1991, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 1991. p. 23-36.

SILVEIRA, R. L. V. de A.; HIGASHI, E. N. Seja o doutor do seu eucalipto. **Arquivo do Agrônomo,** Piracicaba, n. 12, p. 1-32, 2001. (Informações Agronômicas, 93).

SIQUEIRA, K. P. **Variabilidade da massa específica de *Pinus taeda* l. em diferentes classes de sítio.** 2004. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SOUZA JÚNIOR, L. **Tipo de minijardim clonal e efeito do ácido indolburtírico na miniestaquia de *Grevillea robusta* A. Cunn. (Proteaceae)**. 2007. 66 f. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

STURION, J. A. **Variação genética de características de crescimento e de qualidade da madeira em progênies de** *Eucalyptus viminalis* LABILL. 1993. 112 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

TITON, M. et al. Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptyus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1. p. 1-7, 2003.

TOLFO, A. L. T. et al. Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 67, p. 101-110, 2005.

TOMAZELLO, F. M. **Efeito da irrigação e da fertilização nas propriedades do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis x urophylla***. 2006. 135 f. Tese (Livre-Docência)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenioide*. **IPEF**, Piracicaba, n. 36, p. 35-42, 1987.

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

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W. E (Coord.). **Melhoramento e genética.** São Paulo: Melhoramentos, 1969. p. 17-37.

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

ZIMBACK, L. et al. Correlações entre caracteres silviculturais durante o crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 23, n.1, p. 57-67, 2011.

8 ANEXOS

ANEXO 1. Estimativa de parâmetros genéticos para o caráter altura de plantas, em cinco períodos diferentes de avaliação, em teste de progênies de *Eucalyptus urophylla* S. T.Blake.

Estimativas	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos	7 anos	Análise conjunta

$\hat{\sigma}_a^2$	0,2444	0,5763	2,4034	2,4109	3,4813	-
$\hat{\sigma}_c^2$	0,1284	0,0192	0,0600	0,0912	0,0908	-
$\hat{\sigma}_e^2$	0,4690	1.1262	2,2059	2,3862	4,4842	-
$\hat{\sigma}_f^2$	0,8419	1,7218	4,6694	4,8884	8,0664	-
$\hat{h}_a^2$	0,29±0,06	0,33±0,06	0,51±0,08	0,49±0,08	0,43±0,07	-
$\hat{h}_{aj}^2$	0,3426	0,3385	0,5214	0,5026	0,4365	-
$\hat{C}_p^2$	0,1525	0,0111	0,0129	0,0187	0,0113	-
$\hat{h}_m^2$	0,6072	0,7561	0,8320	0,8207	0,8038	-
$\hat{h}_{ad}^2$	0,2810	0,2773	0,4497	0,4311	0,3675	-
$r_{\hat{a}a}$	0,7792	0,8695	0,9121	0,9059	0,8965	-
CV_{gi} (%)	*9,23*	7,80	9,76	7,72	8,41	-
CV_{gp} (%)	*4,62*	3,90	4,88	3,86	4,21	-
CV_e (%)	*9,09*	5,42	5,38	4,42	5,09	-
CV_r	0,51	0,72	0,91	0,87	0,83	-
$\hat{m}$ (m)	5,35	9,74	15,87	20,10	22,18	-
LRT	32,79**	81,54**	133,40**	116,99**	104,19**	-
rgid	-	-	-	-	-	0,85
c2 int	-	-	-	-	-	0,017

$\hat{\sigma}_a^2$ variância genética aditiva; $\hat{\sigma}_c^2$ variância ambiental entre parcelas; $\hat{\sigma}_e^2$ variância residual (ambiental+não aditiva); $\hat{\sigma}_f^2$ variância fenotípica individual; $\hat{h}_a^2$ herdabilidade individual dos efeitos aditivos; $\hat{h}_{aj}^2$ herdabilidade ajustada; $\hat{C}_p^2$ coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; $\hat{h}_m^2$ herdabilidade da média de progênies; $r_{\hat{a}a}$ acurácia; CV_{gi} coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_e coeficiente de variação experimental; CV_r coeficiente de variação relativa; $\hat{m}$ média geral ; χ^2 qui-quadrado da deviance; rgid correlação genotípica entre o desempenho nas várias idades; c2int coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x idade.

ANEXO 2. Estimativa de parâmetros genéticos para o caráter DAP (diâmetro à altura do peito) de árvores, em cinco períodos diferentes de avaliação, em teste de progênies de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake.

Estimativas	**1 ano**	**2 anos**	**3 anos**	**5 anos**	**7 anos**	**Análise Conjunta**

$\hat{\sigma}_a^2$	0,0885	0,2199	0,6733	1,1088	1,7732	-
$\hat{\sigma}_c^2$	0,1563	0,0050	0,0111	0,0155	0,0242	-
$\hat{\sigma}_e^2$	0,5868	1,0628	3,5661	4,4628	6,2463	-
$\hat{\sigma}_f^2$	0,8318	1,2872	4,2506	5,5872	8,0437	-
$\hat{h}_a^2$	0,10±0,03	0,17±0,04	0,15±0,04	0,19±0,05	0,22±0,05	-
$\hat{h}_{aj}^2$	0,1312	0,1710	0,1588	0,1990	0,2211	-
$\hat{C}_p^2$	0,1879	0,0038	0,0026	0,0028	0,0030	-
$\hat{h}_m^2$	0,3340	0,6110	0,5943	0,6494	0,6739	-
$\hat{h}_{ad}^2$	0,1018	0,1340	0,1240	0,1571	0,1755	-
$r_{\hat{a}a}$	0,5779	0,7817	0,7709	0,8059	0,8209	-
CV_{gi} (%)	6,16	6,09	7,46	8,20	9,22	-
CV_{gp} (%)	3,08	3,05	3,73	4,10	4,61	-
CV_e (%)	10,66	5,95	7,55	7,38	7,85	-
CV_r	0,28	0,51	0,49	0,55	0,59	-
$\hat{m}$ (cm)	4,83	7,69	11,00	12,84	14,44	-
LRT	5,58*	41,16**	38,00**	48,99**	56,73**	-
rgid	-	-	-	-	-	0,95
c2int	-	-	-	-	-	0,0026

$\hat{\sigma}_a^2$ variância genética aditiva; $\hat{\sigma}_c^2$ variância ambiental entre parcelas; $\hat{\sigma}_e^2$ variância residual (ambiental+não aditiva); $\hat{\sigma}_f^2$ variância fenotípica individual; $\hat{h}_a^2$ herdabilidade individual dos efeitos aditivos; $\hat{h}_{aj}^2$ herdabilidade ajustada; $\hat{C}_p^2$ coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; $\hat{h}_m^2$ herdabilidade da média de progênies; $r_{\hat{a}a}$ acurácia; CV_{gi} coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_e coeficiente de variação experimental; CV_r coeficiente de variação relativa; $\hat{m}$ média geral ; χ^2 qui-quadrado da deviance; rgid correlação genotípica entre o desempenho nas várias idades; c2int coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x idades.

ANEXO 3. Estimativa de parâmetros genéticos para o volume individual de árvores, em cinco períodos diferentes de avaliação, em teste de progênies de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake.

Estimativas	**1 ano**	**2 anos**	**3 anos**	**5 anos**	**7 anos**	**Análise Conjunta**

$\hat{\sigma}^2_a$	1,0x10^{-6}	1,9x10^{-5}	3,0x10^{-4}	9,0x10^{-4}	2,5x10^{-3}	-
$\hat{\sigma}^2_c$	2,0x10^{-6}	3,0x10-6	4,0x10^{-6}	1,1x10^{-5}	2,9x10^{-5}	-
$\hat{\sigma}^2_e$	4,0x10^{-6}	5,7x10^{-5}	9,0x10^{-4}	2,7x10^{-3}	6,5x10^{-3}	-
$\hat{\sigma}^2_f$	7,0x10^{-6}	7,6x10^{-5}	1,3x10^{-3}	3,7x10^{-3}	9,1x10^{-3}	-
$\hat{h}^2_a$	0,13±0,04	0,25±0,05	0,25±0,05	0,26±0,06	0,27±0,06	-
$\hat{h}^2_{aj}$	0,1789	0,2506	0,2495	0,2658	0,2747	-
$\hat{C}^2_p$	0,2318	0,0041	0,0029	0,0030	0,0032	-
$\hat{h}^2_m$	0,3679	0,7011	0,7016	0,7155	0,7223	-
$\hat{h}^2_{ad}$	0,1405	0,2005	0,1996	0,2136	0,2213	-
$r_{\hat{a}a}$	0,6066	0,8373	0,8376	0,8459	0,8499	-
CV_{gi} (%)	18,52	18,37	21,77	22,49	25,42	-
CV_{gp} (%)	9,26	9,18	10,89	11,25	12,71	-
CV_e (%)	29,74	14,69	17,39	17,38	19,31	-
CV_r	0,31	0,62	0,63	0,65	0,66	-
$\hat{m}$ (m^3)	0,0053	0,0237	0,0810	0,1384	0,1959	-
LRT	7,23**	67,55**	73,18**	73,93**	75,74**	-
rgid	-	-	-	-	-	0,59
c2int	-	-	-	-	-	0,028

$\hat{\sigma}^2_a$ variância genética aditiva; $\hat{\sigma}^2_c$ variância ambiental entre parcelas; $\hat{\sigma}^2_e$ variância residual (ambiental+não aditiva); $\hat{\sigma}^2_f$ variância fenotípica individual; $\hat{h}^2_a$ herdabilidade individual dos efeitos aditivos; $\hat{h}^2_{aj}$ herdabilidade ajustada; $\hat{C}^2_p$ coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; $\hat{h}^2_m$ herdabilidade da média de progênies; $r_{\hat{a}a}$ acurácia; CV_{gi} coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_e coeficiente de variação experimental; CV_r coeficiente de variação relativa; $\hat{m}$ média geral ; χ^2 qui-quadrado da deviance; rgid correlação genotípica entre o desempenho nas várias idades; c2int coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x idades.

ANEXO 4. Seleção entre e dentro - formação de pomar de hibridação por enxertia.

Ordem	Bloco	Prog.	Árv.	f	a	u+a	Ganho	Nova Média	Ne	d	g
1	2	25	3	0.6333	0,118	0.3137	0.1178	0.3137	1,000	0.0588	0.1766
2	2	35	6	0.5228	0,098	0.2936	0.1077	0.3036	2,000	0.0416	0.1393

3	4	10	5	0.4680	0,095	0.2913	0.1036	0.2995	3,000	0.0332	0.1286
7	5	11	4	0.4438	0,091	0.2871	0.0977	0.2936	5,309	0.0294	0.1206
10	1	59	1	0.5363	0,086	0.2822	0.0948	0.2908	7,619	0.0477	0.1340
12	5	4	5	0.4733	0,084	0.2794	0.0931	0.2891	8,571	0.0364	0.1199
15	3	63	5	0.5228	0,081	0.2766	0.0908	0.2867	10,021	0.0441	0.1247
16	1	14	5	0.4874	0,08	0.2754	0.0901	0.2860	10,927	0.0397	0.1192
18	5	8	6	0.5020	0,078	0.2742	0.0888	0.2847	12,255	0.0428	0.1211
20	1	43	6	0.4713	0,078	0.2738	0.0877	0.2836	13,585	0.0369	0.1148
24	4	38	1	0.4580	0,076	0.2714	0.0859	0.2818	15,323	0.0354	0.1109
25	3	27	4	0.4399	0,075	0.2711	0.0855	0.2814	16,206	0.0294	0.1047
26	3	6	3	0.4593	0,075	0.2707	0.0850	0.2810	17,096	0.0333	0.1081
27	5	46	3	0.4185	0,075	0.2707	0.0847	0.2806	17,992	0.0277	0.1025
29	6	47	5	0.4264	0,074	0.2699	0.0839	0.2799	19,091	0.0337	0.1076
30	1	32	6	0.5260	0,072	0.2678	0.0835	0.2795	19,987	0.0486	0.1205
36	2	41	1	0.4465	0,071	0.2669	0.0815	0.2774	23,539	0.0324	0.1034
35	1	52	1	0.4400	0,071	0.2670	0.0818	0.2777	22,653	0.0324	0.1034
38	3	64	5	0.5483	0,071	0.2665	0.0809	0.2769	24,873	0.0508	0.1214
47	6	66	3	0.4171	0,069	0.2649	0.0788	0.2747	26,782	0.0331	0.1021
52	6	48	6	0.3986	0,067	0.2626	0.0777	0.2736	26,249	0.0298	0.0965
57	5	15	6	0.4469	0,066	0.2618	0.0767	0.2726	28,484	0.0349	0.1007
62	3	5	2	0.4221	0,064	0.2600	0.0757	0.2716	28,357	0.0284	0.0925
64	4	1	3	0.5115	0,064	0.2596	0.0754	0.2713	28,816	0.0478	0.1114
71	1	73	3	0.4011	0,062	0.2574	0.0741	0.2700	31,151	0.0268	0.0883
73	6	81	3	0.3977	0,061	0.2569	0.0737	0.2696	32,446	0.0307	0.0917
83	3	54	6	0.4264	0,059	0.2551	0.0721	0.2680	35,318	0.0299	0.0890
90	3	22	4	0.5187	0,057	0.2530	0.0710	0.2669	37,371	0.0480	0.1051
96	1	76	3	0.4237	0,057	0.2525	0.0701	0.2660	39,587	0.0321	0.0887
99	1	42	1	0.4895	0,055	0.2512	0.0696	0.2656	41,050	0.0448	0.1000
98	6	77	1	0.4027	0,055	0.2512	0.0698	0.2657	40,385	0.0327	0.0880
103	5	45	3	0.4041	0,055	0.2506	0.0691	0.2650	42,824	0.0287	0.0834
105	1	36	4	0.4420	0,054	0.2503	0.0688	0.2647	43,981	0.0359	0.0903
106	4	37	6	0.4268	0,054	0.2502	0.0687	0.2646	44,652	0.0335	0.0878
108	3	16	6	0.4237	0,054	0.2498	0.0684	0.2643	45,724	0.0306	0.0845
121	5	70	5	0.4106	0,053	0.2485	0.0668	0.2627	48,391	0.0304	0.0830
126	4	72	2	0.4997	0,051	0.2474	0.0662	0.2621	49,902	0.0478	0.0992
138	1	29	2	0.4508	0,05	0.2463	0.0648	0.2608	52,682	0.0383	0.0887
161	4	53	5	0.4663	0,047	0.2431	0.0625	0.2585	56,170	0.0425	0.0896
TOTAL					2,701						
MÉDIA					0,069						
Seleção das 39 progênies com maiores **a**, sendo uma árvore por progênie, que proporcionam volumes iguais ou maiores a 55 m³ há$^{-1}$ a^{-1} (vol.Ind.(m³)*16666árv.ha^{-1}*0,88 sobrev./82 meses*12meses= m³ há$^{-1}$.a^{-1})											

ANEXO 5. Seleção massal - formação pomar de recombinação.

Ordem	Bloco	Prog.	Árv.	f	a	u+a	Ganho	NovaMédia	Ne	d	g
133	2	1	2	0.4641	0,0512	0.2471	0.0654	0.2613	510.598	0.0394	0.0906
64	4	1	3	0.5115	0,0637	0.2596	0.0754	0.2713	288.157	0.0478	0.1114

107	1	4	1	0.3420	0,0542	0.2502	0.0685	0.2645	450.503	0.0169	0.0711
37	2	4	2	0.4236	0,071	0.2669	0.0812	0.2771	239.869	0.0281	0.0990
112	2	4	4	0.3438	0,0533	0.2492	0.0679	0.2638	460.634	0.0163	0.0696
21	4	4	5	0.4455	0,0778	0.2737	0.0872	0.2832	142.654	0.0326	0.1104
134	4	4	1	0.3244	0,051	0.2469	0.0653	0.2612	513.082	0.0148	0.0658
12	5	4	5	0.4733	0,0835	0.2794	0.0931	0.2891	85.714	0.0364	0.1199
176	6	4	5	0.2768	0,0454	0.2414	0.0611	0.2571	598.217	0.0110	0.0565
95	2	5	6	0.3849	0,0566	0.2525	0.0702	0.2662	389.247	0.0234	0.0800
62	3	5	2	0.4221	0,0641	0.2600	0.0757	0.2716	283.574	0.0284	0.0925
128	5	5	5	0.3540	0,0514	0.2473	0.0659	0.2619	503.014	0.0199	0.0713
169	6	5	3	0.3069	0,0462	0.2421	0.0618	0.2577	580.304	0.0165	0.0627
26	3	6	3	0.4593	0,0748	0.2707	0.0850	0.2810	170.959	0.0333	0.1081
174	4	6	1	0.3145	0,0458	0.2417	0.0613	0.2572	599.973	0.0139	0.0597
77	5	6	4	0.3849	0,0607	0.2566	0.0730	0.2690	335.181	0.0239	0.0846
119	6	6	1	0.3249	0,0528	0.2487	0.0670	0.2629	476.726	0.0186	0.0714
88	2	8	3	0.4130	0,0573	0.2532	0.0713	0.2672	363.057	0.0288	0.0860
18	5	8	6	0.5020	0,0783	0.2742	0.0888	0.2847	122.553	0.0428	0.1211
59	1	10	1	0.3296	0,0649	0.2608	0.0763	0.2722	283.536	0.0128	0.0777
65	1	10	4	0.3232	0,0634	0.2594	0.0752	0.2711	284.867	0.0119	0.0753
58	2	10	2	0.3393	0,0656	0.2615	0.0765	0.2724	284.709	0.0133	0.0788
91	2	10	5	0.3009	0,0571	0.2530	0.0708	0.2667	368.967	0.0076	0.0647
113	2	10	4	0.2836	0,0532	0.2492	0.0677	0.2637	454.411	0.0050	0.0583
85	3	10	4	0.3119	0,0586	0.2545	0.0718	0.2677	354.678	0.0086	0.0672
111	3	10	6	0.2895	0,0536	0.2496	0.0680	0.2639	457.517	0.0053	0.0589
148	3	10	2	0.2690	0,0491	0.2450	0.0638	0.2597	523.008	0.0023	0.0514
3	4	10	5	0.4680	0,0954	0.2913	0.1036	0.2995	30.000	0.0332	0.1286
5	4	10	6	0.4609	0,0938	0.2898	0.0999	0.2958	41.096	0.0321	0.1260
11	4	10	2	0.4252	0,0859	0.2819	0.0940	0.2900	76.582	0.0268	0.1128
46	4	10	1	0.3494	0,0692	0.2651	0.0790	0.2749	259.604	0.0157	0.0848
56	4	10	4	0.3346	0,0659	0.2618	0.0769	0.2728	277.256	0.0135	0.0794
6	5	10	5	0.4593	0,0933	0.2892	0.0988	0.2947	43.636	0.0318	0.1251
60	5	10	1	0.3307	0,0648	0.2608	0.0761	0.2720	281.450	0.0128	0.0776
74	5	10	2	0.3132	0,061	0.2569	0.0735	0.2695	320.395	0.0102	0.0712
132	5	10	3	0.2691	0,0512	0.2471	0.0655	0.2614	505.093	0.0037	0.0549
63	6	10	1	0.3017	0,064	0.2599	0.0755	0.2715	281.072	0.0122	0.0762
139	6	10	2	0.2388	0,0501	0.2460	0.0647	0.2607	520.530	0.0030	0.0531

ANEXO 5. Continuação.

Ordem	Bloco	Prog.	Árv.	f	a	u+a	Ganho	NovaMédia	Ne	d	g
140	6	10	4	0.2383	0,05	0.2459	0.0646	0.2606	513.923	0.0029	0.0529

146	6	10	3	0.2347	0,0492	0.2451	0.0640	0.2599	525.540	0.0024	0.0516
51	1	11	1	0.3346	0,0668	0.2627	0.0779	0.2738	254.837	0.0132	0.0799
61	1	11	5	0.3255	0,0647	0.2607	0.0759	0.2718	276.413	0.0118	0.0766
82	1	11	6	0.3009	0,0593	0.2552	0.0722	0.2682	346.395	0.0082	0.0675
155	1	11	2	0.2487	0,0478	0.2437	0.0631	0.2590	537.417	0.0005	0.0482
167	1	11	3	0.2432	0,0465	0.2425	0.0620	0.2579	570.635	-0.0003	0.0462
116	2	11	2	0.2768	0,053	0.2489	0.0674	0.2633	460.642	0.0040	0.0570
8	3	11	1	0.4487	0,0896	0.2855	0.0967	0.2926	60.000	0.0284	0.1180
22	3	11	5	0.3932	0,0773	0.2733	0.0868	0.2827	142.167	0.0202	0.0976
49	3	11	3	0.3540	0,0687	0.2646	0.0784	0.2743	266.274	0.0144	0.0831
13	4	11	4	0.4041	0,0826	0.2785	0.0923	0.2883	89.695	0.0237	0.1063
14	4	11	2	0.3977	0,0812	0.2771	0.0915	0.2875	91.304	0.0228	0.1039
39	4	11	5	0.3494	0,0705	0.2664	0.0807	0.2766	246.707	0.0156	0.0861
7	5	11	4	0.4438	0,0911	0.2871	0.0977	0.2936	53.093	0.0294	0.1206
42	5	11	2	0.3463	0,0695	0.2655	0.0799	0.2758	245.324	0.0150	0.0846
41	6	11	6	0.3244	0,0699	0.2658	0.0802	0.2761	249.936	0.0153	0.0851
50	6	11	1	0.3129	0,0673	0.2633	0.0781	0.2741	260.810	0.0136	0.0809
175	6	11	5	0.2147	0,0456	0.2415	0.0612	0.2572	596.075	-0.0009	0.0447
16	1	14	5	0.4874	0,0795	0.2754	0.0901	0.2860	109.268	0.0397	0.1192
55	2	14	5	0.4332	0,0661	0.2620	0.0771	0.2730	276.163	0.0308	0.0968
81	2	14	3	0.4041	0,0596	0.2556	0.0724	0.2683	350.994	0.0265	0.0861
171	4	14	5	0.3331	0,046	0.2419	0.0616	0.2575	586.957	0.0174	0.0634
124	6	14	5	0.3369	0,0516	0.2476	0.0664	0.2623	492.630	0.0211	0.0728
57	5	15	6	0.4469	0,0659	0.2618	0.0767	0.2726	284.842	0.0349	0.1007
108	3	16	6	0.4237	0,0539	0.2498	0.0684	0.2643	457.244	0.0306	0.0845
168	4	19	5	0.4063	0,0463	0.2422	0.0619	0.2578	576.374	0.0314	0.0776
90	3	22	4	0.5187	0,0571	0.2530	0.0710	0.2669	373.707	0.0480	0.1051
185	1	25	2	0.2955	0,0448	0.2407	0.0604	0.2563	621.184	0.0101	0.0549
1	2	25	3	0.6333	0,1178	0.3137	0.1178	0.3137	10.000	0.0588	0.1766
4	2	25	5	0.5289	0,0947	0.2906	0.1014	0.2973	34.909	0.0434	0.1381
19	3	25	2	0.4574	0,0781	0.2740	0.0882	0.2842	126.821	0.0323	0.1104
33	3	25	5	0.4268	0,0713	0.2672	0.0824	0.2784	210.983	0.0278	0.0991
28	5	25	1	0.4304	0,0745	0.2704	0.0843	0.2802	182.000	0.0299	0.1044
166	5	25	4	0.3048	0,0467	0.2426	0.0621	0.2580	573.978	0.0114	0.0581
142	6	25	4	0.2955	0,0499	0.2459	0.0644	0.2604	520.494	0.0136	0.0635
32	1	27	2	0.4119	0,0714	0.2673	0.0828	0.2787	210.989	0.0269	0.0983
67	2	27	3	0.3787	0,0628	0.2588	0.0748	0.2707	293.733	0.0212	0.0840
145	2	27	5	0.3175	0,0493	0.2452	0.0641	0.2600	532.427	0.0122	0.0615

ANEXO 5. Continuação.

Ordem	Bloco	Prog.	Árv.	f	a	u+a	Ganho	NovaMédia	Ne	d	g
25	3	27	4	0.4399	0,0752	0.2711	0.0855	0.2814	162.059	0.0294	0.1047

48	3	27	6	0.4106	0,0687	0.2647	0.0786	0.2745	271.025	0.0251	0.0939
68	3	27	3	0.3787	0,0617	0.2576	0.0746	0.2705	295.682	0.0204	0.0821
31	5	27	2	0.4130	0,0717	0.2676	0.0832	0.2791	206.597	0.0271	0.0988
97	5	27	3	0.3426	0,0561	0.2521	0.0699	0.2659	397.235	0.0167	0.0729
138	1	29	2	0.4508	0,0504	0.2463	0.0648	0.2608	526.816	0.0383	0.0887
173	3	29	3	0.4399	0,0458	0.2417	0.0614	0.2573	596.037	0.0353	0.0811
30	1	32	6	0.5260	0,0719	0.2678	0.0835	0.2795	199.870	0.0486	0.1205
183	1	34	6	0.3522	0,0448	0.2408	0.0605	0.2565	616.838	0.0206	0.0654
44	1	35	4	0.3869	0,0692	0.2652	0.0794	0.2753	251.515	0.0227	0.0919
109	1	35	5	0.3175	0,0539	0.2498	0.0683	0.2642	457.563	0.0125	0.0664
149	1	35	2	0.2955	0,049	0.2449	0.0637	0.2596	522.503	0.0092	0.0582
2	2	35	6	0.5228	0,0976	0.2936	0.1077	0.3036	20.000	0.0416	0.1393
9	2	35	5	0.4823	0,0887	0.2846	0.0958	0.2917	67.150	0.0357	0.1243
54	2	35	2	0.3808	0,0662	0.2621	0.0773	0.2732	269.839	0.0207	0.0869
23	3	35	5	0.4304	0,0763	0.2723	0.0863	0.2823	144.481	0.0274	0.1038
127	3	35	2	0.3175	0,0514	0.2473	0.0660	0.2620	498.224	0.0108	0.0622
17	4	35	1	0.4252	0,0784	0.2743	0.0894	0.2853	113.512	0.0288	0.1072
180	4	35	3	0.2744	0,045	0.2410	0.0608	0.2567	609.184	0.0066	0.0516
87	5	35	1	0.3361	0,0582	0.2542	0.0715	0.2674	357.309	0.0154	0.0736
123	5	35	2	0.3073	0,0519	0.2478	0.0665	0.2624	488.632	0.0111	0.0630
105	1	36	4	0.4420	0,0544	0.2503	0.0688	0.2647	439.806	0.0359	0.0903
178	4	36	4	0.3977	0,0452	0.2411	0.0610	0.2569	606.661	0.0298	0.0750
117	1	37	4	0.4237	0,0529	0.2489	0.0672	0.2632	466.267	0.0327	0.0856
106	4	37	6	0.4268	0,0543	0.2502	0.0687	0.2646	446.524	0.0335	0.0878
147	3	38	3	0.3522	0,0491	0.2451	0.0639	0.2598	530.174	0.0179	0.0670
24	4	38	1	0.4580	0,0755	0.2714	0.0859	0.2818	153.229	0.0354	0.1109
45	5	38	6	0.4319	0,0692	0.2651	0.0792	0.2751	258.125	0.0312	0.1005
152	6	38	4	0.3129	0,0482	0.2441	0.0634	0.2593	531.820	0.0173	0.0655
36	2	41	1	0.4465	0,071	0.2669	0.0815	0.2774	235.385	0.0324	0.1034
72	2	41	6	0.4027	0,0613	0.2572	0.0739	0.2698	317.456	0.0259	0.0872
101	3	41	5	0.3787	0,055	0.2509	0.0694	0.2653	417.590	0.0217	0.0767
170	4	41	1	0.3248	0,046	0.2420	0.0617	0.2576	583.631	0.0158	0.0618
102	6	41	2	0.3426	0,0549	0.2508	0.0692	0.2651	421.579	0.0217	0.0766
99	1	42	1	0.4895	0,0552	0.2512	0.0696	0.2656	410.501	0.0448	0.1000
20	1	43	6	0.4713	0,0779	0.2738	0.0877	0.2836	135.849	0.0369	0.1148
94	2	43	6	0.3808	0,0568	0.2527	0.0704	0.2663	383.519	0.0228	0.0795
156	2	43	2	0.3393	0,0476	0.2435	0.0630	0.2589	538.894	0.0166	0.0642
66	3	43	4	0.4138	0,063	0.2590	0.0750	0.2709	290.811	0.0269	0.0900

ANEXO 5. Continuação.

Ordem	Bloco	Prog.	Árv.	f	a	u+a	Ganho	NovaMédia	Ne	d	g
78	3	43	2	0.4011	0,0602	0.2561	0.0729	0.2688	339.130	0.0251	0.0853

151	3	43	6	0.3480	0,0485	0.2444	0.0635	0.2594	527.875	0.0172	0.0657
70	4	43	6	0.3932	0,0616	0.2575	0.0742	0.2702	304.557	0.0260	0.0876
100	6	43	4	0.3426	0,055	0.2509	0.0695	0.2654	412.720	0.0216	0.0766
144	4	45	3	0.3787	0,0497	0.2456	0.0642	0.2602	531.229	0.0254	0.0751
103	5	45	3	0.4041	0,0547	0.2506	0.0691	0.2650	428.235	0.0287	0.0834
135	1	46	6	0.3112	0,0509	0.2469	0.0652	0.2611	511.854	0.0119	0.0628
165	1	46	2	0.2921	0,0467	0.2427	0.0621	0.2581	571.883	0.0090	0.0558
182	1	46	4	0.2843	0,045	0.2409	0.0606	0.2565	611.188	0.0079	0.0529
69	2	46	5	0.3652	0,0616	0.2575	0.0744	0.2703	299.626	0.0190	0.0806
43	3	46	4	0.4063	0,0693	0.2652	0.0797	0.2756	250.161	0.0241	0.0934
76	3	46	1	0.3677	0,0608	0.2567	0.0732	0.2691	329.270	0.0184	0.0792
120	3	46	6	0.3309	0,0526	0.2486	0.0669	0.2628	477.442	0.0130	0.0656
129	3	46	5	0.3250	0,0513	0.2472	0.0658	0.2617	502.294	0.0121	0.0634
86	4	46	1	0.3426	0,0585	0.2545	0.0716	0.2675	355.971	0.0169	0.0754
27	5	46	3	0.4185	0,0748	0.2707	0.0847	0.2806	179.921	0.0277	0.1025
34	6	46	4	0.3796	0,0713	0.2672	0.0821	0.2780	217.720	0.0254	0.0967
79	6	46	6	0.3296	0,0602	0.2561	0.0727	0.2686	341.132	0.0180	0.0782
125	6	46	3	0.2906	0,0516	0.2475	0.0663	0.2622	492.603	0.0123	0.0638
80	2	47	4	0.3913	0,0598	0.2557	0.0726	0.2685	346.061	0.0242	0.0840
75	3	47	1	0.4011	0,0608	0.2568	0.0734	0.2693	326.302	0.0249	0.0857
186	3	47	5	0.3279	0,0446	0.2406	0.0603	0.2562	623.364	0.0141	0.0588
184	4	47	1	0.3145	0,0448	0.2407	0.0604	0.2564	619.589	0.0142	0.0590
89	5	47	6	0.3724	0,0572	0.2531	0.0711	0.2671	367.046	0.0225	0.0796
29	6	47	5	0.4264	0,074	0.2699	0.0839	0.2799	190.909	0.0337	0.1076
150	6	47	4	0.3129	0,0489	0.2448	0.0636	0.2595	525.818	0.0169	0.0658
137	1	48	6	0.3495	0,0505	0.2465	0.0650	0.2609	520.581	0.0190	0.0696
181	2	48	2	0.3296	0,045	0.2409	0.0607	0.2566	612.517	0.0153	0.0604
136	5	48	6	0.3490	0,0508	0.2467	0.0651	0.2610	516.587	0.0192	0.0700
52	6	48	6	0.3986	0,0667	0.2626	0.0777	0.2736	262.485	0.0298	0.0965
118	6	48	1	0.3361	0,0529	0.2488	0.0671	0.2630	471.904	0.0206	0.0735
35	1	52	1	0.4400	0,071	0.2670	0.0818	0.2777	226.528	0.0324	0.1034
122	1	52	5	0.3552	0,0523	0.2482	0.0666	0.2626	488.726	0.0198	0.0721
177	2	52	6	0.3302	0,0453	0.2412	0.0611	0.2570	601.548	0.0152	0.0605
110	5	52	5	0.3614	0,0538	0.2497	0.0681	0.2641	463.363	0.0209	0.0747
158	6	52	2	0.3079	0,0473	0.2432	0.0628	0.2587	547.383	0.0165	0.0637
161	4	53	5	0.4663	0,0471	0.2431	0.0625	0.2585	561.698	0.0425	0.0896
83	3	54	6	0.4264	0,0591	0.2551	0.0721	0.2680	353.180	0.0299	0.0890
84	4	54	4	0.4106	0,0589	0.2548	0.0719	0.2678	359.037	0.0297	0.0886

ANEXO 5. Continuação.

Ordem	Bloco	Prog.	Árv.	f	a	u+a	Ganho	NovaMédia	Ne	d	g
10	1	59	1	0.5363	0,0862	0.2822	0.0948	0.2908	76.190	0.0477	0.1340

130	2	59	6	0.3849	0,0513	0.2472	0.0657	0.2616	507.071	0.0244	0.0757
141	3	59	2	0.3824	0,05	0.2459	0.0645	0.2605	517.900	0.0236	0.0736
154	4	59	6	0.3601	0,0479	0.2439	0.0632	0.2591	540.345	0.0222	0.0701
164	4	59	4	0.3547	0,0468	0.2427	0.0622	0.2582	572.910	0.0214	0.0681
115	5	59	3	0.3849	0,053	0.2490	0.0675	0.2634	464.909	0.0256	0.0786
160	1	63	6	0.3601	0,0472	0.2431	0.0626	0.2586	555.882	0.0218	0.0690
15	3	63	5	0.5228	0,0806	0.2766	0.0908	0.2867	100.212	0.0441	0.1247
40	4	63	6	0.4609	0,0703	0.2662	0.0804	0.2763	253.421	0.0372	0.1075
172	5	63	4	0.3540	0,0459	0.2419	0.0615	0.2574	590.889	0.0209	0.0669
38	3	64	5	0.5483	0,0706	0.2665	0.0809	0.2769	248.727	0.0508	0.1214
104	2	66	5	0.3838	0,0547	0.2506	0.0689	0.2649	433.115	0.0235	0.0782
163	2	66	2	0.3480	0,0468	0.2427	0.0623	0.2583	570.217	0.0182	0.0650
53	4	66	4	0.4287	0,0667	0.2626	0.0775	0.2734	268.828	0.0315	0.0982
131	4	66	5	0.3592	0,0513	0.2472	0.0656	0.2615	511.069	0.0213	0.0726
47	6	66	3	0.4171	0,069	0.2649	0.0788	0.2747	267.820	0.0331	0.1021
121	5	70	5	0.4106	0,0526	0.2485	0.0668	0.2627	483.905	0.0304	0.0830
162	5	70	2	0.3849	0,0469	0.2429	0.0624	0.2584	566.897	0.0266	0.0735
126	4	72	2	0.4997	0,0514	0.2474	0.0662	0.2621	499.017	0.0478	0.0992
71	1	73	3	0.4011	0,0615	0.2574	0.0741	0.2700	311.506	0.0268	0.0883
114	4	73	1	0.3608	0,0532	0.2491	0.0676	0.2635	459.238	0.0212	0.0744
179	4	73	5	0.3244	0,0451	0.2410	0.0609	0.2568	609.992	0.0159	0.0610
92	5	73	6	0.3803	0,0569	0.2528	0.0707	0.2666	374.671	0.0237	0.0807
159	5	73	5	0.3366	0,0472	0.2432	0.0627	0.2586	551.322	0.0173	0.0645
96	1	76	3	0.4237	0,0566	0.2525	0.0701	0.2660	395.867	0.0321	0.0887
143	2	76	2	0.3997	0,0499	0.2459	0.0643	0.2603	525.856	0.0277	0.0776
157	6	76	2	0.3601	0,0476	0.2435	0.0629	0.2588	543.444	0.0261	0.0737
153	1	77	3	0.3948	0,0482	0.2441	0.0633	0.2592	537.029	0.0280	0.0762
98	6	77	1	0.4027	0,0552	0.2512	0.0698	0.2657	403.853	0.0327	0.0880
93	4	81	6	0.3997	0,0568	0.2527	0.0705	0.2664	380.391	0.0279	0.0847
73	6	81	3	0.3977	0,061	0.2569	0.0737	0.2696	324.463	0.0307	0.0917
TOTAL					11,2102						
MÉDIA					0,0603						

Seleção das 185 progênies com maiores **a**, que proporcionam rendimentos iguais ou superiores a 55 m³ $ha^{-1}.a^{-1}$., sem limite de árvores/progênie – (vol.Ind.(m³) * 16666 árv.ha^{-1} *0,88 sobrev./82 meses*12meses = m³ $há^{-1}$ a^{-1})

ANEXO 6. Seleção massal estratificada – formação de pomar de recombinação.

Ordem	Bloco	Prog.	Árv.	f	a	u+a	Ganho	Nova Média	Ne	d	g

1	2	25	3	0.6333	0,1178	0.3137	0.1178	0.3137	1,000	0.0588	0.1766
2	2	35	6	0.5228	0,0976	0.2936	0.1077	0.3036	2,000	0.0416	0.1393
3	4	10	5	0.4680	0,0954	0.2913	0.1036	0.2995	3,000	0.0332	0.1286
6	5	10	5	0.4593	0,0933	0.2892	0.0988	0.2947	4,364	0.0318	0.1251
7	5	11	4	0.4438	0,0911	0.2871	0.0977	0.2936	5,309	0.0294	0.1206
8	3	11	1	0.4487	0,0896	0.2855	0.0967	0.2926	6,000	0.0284	0.1180
10	1	59	1	0.5363	0,0862	0.2822	0.0948	0.2908	7,619	0.0477	0.1340
12	5	4	5	0.4733	0,0835	0.2794	0.0931	0.2891	8,571	0.0364	0.1199
13	4	11	4	0.4041	0,0826	0.2785	0.0923	0.2883	8,970	0.0237	0.1063
15	3	63	5	0.5228	0,0806	0.2766	0.0908	0.2867	10,021	0.0441	0.1247
16	1	14	5	0.4874	0,0795	0.2754	0.0901	0.2860	10,927	0.0397	0.1192
17	4	35	1	0.4252	0,0784	0.2743	0.0894	0.2853	11,351	0.0288	0.1072
18	5	8	6	0.5020	0,0783	0.2742	0.0888	0.2847	12,255	0.0428	0.1211
19	3	25	2	0.4574	0,0781	0.2740	0.0882	0.2842	12,682	0.0323	0.1104
20	1	43	6	0.4713	0,0779	0.2738	0.0877	0.2836	13,585	0.0369	0.1148
21	4	4	5	0.4455	0,0778	0.2737	0.0872	0.2832	14,265	0.0326	0.1104
23	3	35	5	0.4304	0,0763	0.2723	0.0863	0.2823	14,448	0.0274	0.1038
24	4	38	1	0.4580	0,0755	0.2714	0.0859	0.2818	15,323	0.0354	0.1109
25	3	27	4	0.4399	0,0752	0.2711	0.0855	0.2814	16,206	0.0294	0.1047
26	3	6	3	0.4593	0,0748	0.2707	0.0850	0.2810	17,096	0.0333	0.1081
27	5	46	3	0.4185	0,0748	0.2707	0.0847	0.2806	17,992	0.0277	0.1025
28	5	25	1	0.4304	0,0745	0.2704	0.0843	0.2802	18,200	0.0299	0.1044
29	6	47	5	0.4264	0,074	0.2699	0.0839	0.2799	19,091	0.0337	0.1076
30	1	32	6	0.5260	0,0719	0.2678	0.0835	0.2795	19,987	0.0486	0.1205
31	5	27	2	0.4130	0,0717	0.2676	0.0832	0.2791	20,660	0.0271	0.0988
32	1	27	2	0.4119	0,0714	0.2673	0.0828	0.2787	21,099	0.0269	0.0983
34	6	46	4	0.3796	0,0713	0.2672	0.0821	0.2780	21,772	0.0254	0.0967
35	1	52	1	0.4400	0,071	0.2670	0.0818	0.2777	22,653	0.0324	0.1034
36	2	41	1	0.4465	0,071	0.2669	0.0815	0.2774	23,539	0.0324	0.1034
37	2	4	2	0.4236	0,071	0.2669	0.0812	0.2771	23,987	0.0281	0.0990
38	3	64	5	0.5483	0,0706	0.2665	0.0809	0.2769	24,873	0.0508	0.1214
40	4	63	6	0.4609	0,0703	0.2662	0.0804	0.2763	25,342	0.0372	0.1075
41	6	11	6	0.3244	0,0699	0.2658	0.0802	0.2761	24,994	0.0153	0.0851
43	3	46	4	0.4063	0,0693	0.2652	0.0797	0.2756	25,016	0.0241	0.0934
44	1	35	4	0.3869	0,0692	0.2652	0.0794	0.2753	25,152	0.0227	0.0919

ANEXO 6. Continuação.

Ordem	Bloco	Prog.	Árv.	f	a	u+a	Ganho	Nova Média	Ne	d	g

45	5	38	6	0.4319	0,0692	0.2651	0.0792	0.2751	25,813	0.0312	0.1005
47	6	66	3	0.4171	0,069	0.2649	0.0788	0.2747	26,782	0.0331	0.1021
51	1	11	1	0.3346	0,0668	0.2627	0.0779	0.2738	25,484	0.0132	0.0799
52	6	48	6	0.3986	0,0667	0.2626	0.0777	0.2736	26,249	0.0298	0.0965
53	4	66	4	0.4287	0,0667	0.2626	0.0775	0.2734	26,883	0.0315	0.0982
55	2	14	5	0.4332	0,0661	0.2620	0.0771	0.2730	27,616	0.0308	0.0968
57	5	15	6	0.4469	0,0659	0.2618	0.0767	0.2726	28,484	0.0349	0.1007
58	2	10	2	0.3393	0,0656	0.2615	0.0765	0.2724	28,471	0.0133	0.0788
59	1	10	1	0.3296	0,0649	0.2608	0.0763	0.2722	28,354	0.0128	0.0777
62	3	5	2	0.4221	0,0641	0.2600	0.0757	0.2716	28,357	0.0284	0.0925
63	6	10	1	0.3017	0,064	0.2599	0.0755	0.2715	28,107	0.0122	0.0762
64	4	1	3	0.5115	0,0637	0.2596	0.0754	0.2713	28,816	0.0478	0.1114
66	3	43	4	0.4138	0,063	0.2590	0.0750	0.2709	29,081	0.0269	0.0900
67	2	27	3	0.3787	0,0628	0.2588	0.0748	0.2707	29,373	0.0212	0.0840
69	2	46	5	0.3652	0,0616	0.2575	0.0744	0.2703	29,963	0.0190	0.0806
70	4	43	6	0.3932	0,0616	0.2575	0.0742	0.2702	30,456	0.0260	0.0876
71	1	73	3	0.4011	0,0615	0.2574	0.0741	0.2700	31,151	0.0268	0.0883
73	6	81	3	0.3977	0,061	0.2569	0.0737	0.2696	32,446	0.0307	0.0917
75	3	47	1	0.4011	0,0608	0.2568	0.0734	0.2693	32,630	0.0249	0.0857
77	5	6	4	0.3849	0,0607	0.2566	0.0730	0.2690	33,518	0.0239	0.0846
80	2	47	4	0.3913	0,0598	0.2557	0.0726	0.2685	34,606	0.0242	0.0840
83	3	54	6	0.4264	0,0591	0.2551	0.0721	0.2680	35,318	0.0299	0.0890
84	4	54	4	0.4106	0,0589	0.2548	0.0719	0.2678	35,904	0.0297	0.0886
85	3	10	4	0.3119	0,0586	0.2545	0.0718	0.2677	35,468	0.0086	0.0672
86	4	46	1	0.3426	0,0585	0.2545	0.0716	0.2675	35,597	0.0169	0.0754
87	5	35	1	0.3361	0,0582	0.2542	0.0715	0.2674	35,731	0.0154	0.0736
88	2	8	3	0.4130	0,0573	0.2532	0.0713	0.2672	36,306	0.0288	0.0860
89	5	47	6	0.3724	0,0572	0.2531	0.0711	0.2671	36,705	0.0225	0.0796
90	3	22	4	0.5187	0,0571	0.2530	0.0710	0.2669	37,371	0.0480	0.1051
92	5	73	6	0.3803	0,0569	0.2528	0.0707	0.2666	37,467	0.0237	0.0807
93	4	81	6	0.3997	0,0568	0.2527	0.0705	0.2664	38,039	0.0279	0.0847
94	2	43	6	0.3808	0,0568	0.2527	0.0704	0.2663	38,352	0.0228	0.0795
95	2	5	6	0.3849	0,0566	0.2525	0.0702	0.2662	38,925	0.0234	0.0800
96	1	76	3	0.4237	0,0566	0.2525	0.0701	0.2660	39,587	0.0321	0.0887
98	6	77	1	0.4027	0,0552	0.2512	0.0698	0.2657	40,385	0.0327	0.0880
99	1	42	1	0.4895	0,0552	0.2512	0.0696	0.2656	41,050	0.0448	0.1000

ANEXO 6. Continuação.

Ordem	Bloco	Prog.	Árv.	f	a	u+a	Ganho	Nova	Ne	d	g

								Média			
100	6	43	4	0.3426	0,055	0.2509	0.0695	0.2654	41,272	0.0216	0.0766
101	3	41	5	0.3787	0,055	0.2509	0.0694	0.2653	41,759	0.0217	0.0767
102	6	41	2	0.3426	0,0549	0.2508	0.0692	0.2651	42,158	0.0217	0.0766
103	5	45	3	0.4041	0,0547	0.2506	0.0691	0.2650	42,824	0.0287	0.0834
104	2	66	5	0.3838	0,0547	0.2506	0.0689	0.2649	43,312	0.0235	0.0782
105	1	36	4	0.4420	0,0544	0.2503	0.0688	0.2647	43,981	0.0359	0.0903
106	4	37	6	0.4268	0,0543	0.2502	0.0687	0.2646	44,652	0.0335	0.0878
107	1	4	1	0.3420	0,0542	0.2502	0.0685	0.2645	45,050	0.0169	0.0711
108	3	16	6	0.4237	0,0539	0.2498	0.0684	0.2643	45,724	0.0306	0.0845
110	5	52	5	0.3614	0,0538	0.2497	0.0681	0.2641	46,336	0.0209	0.0747
114	4	73	1	0.3608	0,0532	0.2491	0.0676	0.2635	45,924	0.0212	0.0744
115	5	59	3	0.3849	0,053	0.2490	0.0675	0.2634	46,491	0.0256	0.0786
116	2	11	2	0.2768	0,0530	0.2489	0.0674	0.2633	46,064	0.0040	0.0570
117	1	37	4	0.4237	0,0529	0.2489	0.0672	0.2632	46,627	0.0327	0.0856
119	6	6	1	0.3249	0,0528	0.2487	0.0670	0.2629	47,673	0.0186	0.0714
121	5	70	5	0.4106	0,0526	0.2485	0.0668	0.2627	48,391	0.0304	0.0830
124	6	14	5	0.3369	0,0516	0.2476	0.0664	0.2623	49,263	0.0211	0.0728
126	4	72	2	0.4997	0,0514	0.2474	0.0662	0.2621	49,902	0.0478	0.0992
128	5	5	5	0.3540	0,0514	0.2473	0.0659	0.2619	50,301	0.0199	0.0713
130	2	59	6	0.3849	0,0513	0.2472	0.0657	0.2616	50,707	0.0244	0.0757
133	2	1	2	0.4641	0,0512	0.2471	0.0654	0.2613	51,060	0.0394	0.0906
135	1	46	6	0.3112	0,0509	0.2469	0.0652	0.2611	51,185	0.0119	0.0628
136	5	48	6	0.3490	0,0508	0.2467	0.0651	0.2610	51,659	0.0192	0.0700
137	1	48	6	0.3495	0,0505	0.2465	0.0650	0.2609	52,058	0.0190	0.0696
138	1	29	2	0.4508	0,0504	0.2463	0.0648	0.2608	52,682	0.0383	0.0887
141	3	59	2	0.3824	0,05	0.2459	0.0645	0.2605	51,790	0.0236	0.0736
142	6	25	4	0.2955	0,0499	0.2459	0.0644	0.2604	52,049	0.0136	0.0635
143	2	76	2	0.3997	0,0499	0.2459	0.0643	0.2603	52,586	0.0277	0.0776
144	4	45	3	0.3787	0,0497	0.2456	0.0642	0.2602	53,123	0.0254	0.0751
147	3	38	3	0.3522	0,0491	0.2451	0.0639	0.2598	53,017	0.0179	0.0670
152	6	38	4	0.3129	0,0482	0.2441	0.0634	0.2593	53,182	0.0173	0.0655
153	1	77	3	0.3948	0,0482	0.2441	0.0633	0.2592	53,703	0.0280	0.0762
154	4	59	6	0.3601	0,0479	0.2439	0.0632	0.2591	54,035	0.0222	0.0701
157	6	76	2	0.3601	0,0476	0.2435	0.0629	0.2588	54,344	0.0261	0.0737
158	6	52	2	0.3079	0,0473	0.2432	0.0628	0.2587	54,738	0.0165	0.0637
160	1	63	6	0.3601	0,0472	0.2431	0.0626	0.2586	55,588	0.0218	0.0690
161	4	53	5	0.4663	0,0471	0.2431	0.0625	0.2585	56,170	0.0425	0.0896
TOTAL					6,8699						
MÉDIA					0,0636						

Seleção das 108 progênies com maiores **a**, que proporcionam volumes iguais ou superiores a 55 m³ há$^{-1}$ a^{-1} limitado a 6 árvores/progênie, (uma árvore/progênie/bloco), para reduzir a autofecundação – (vol.Ind.(m³)*16666árv.ha^{-1}*0,88 sobrev./82 meses*12meses = m³ há$^{-1}$.a^{-1})

ANEXO 7. Seleção para clonagem.

Ordem	Bloco	Prog.	Árv.	f	a	u+a	Ganho	Nova Média	Ne	d	g
4	2	25	5	0,529	0,0947	0,291	0,101	0,2973	3,491	0,0434	0,1381
5	4	10	6	0,461	0,0938	0,29	0,1	0,2958	4,110	0,0321	0,126
9	2	35	5	0,482	0,0887	0,285	0,096	0,2917	6,715	0,0357	0,1243
11	4	10	2	0,425	0,0859	0,282	0,094	0,29	7,658	0,0268	0,1128
14	4	11	2	0,398	0,0812	0,277	0,092	0,2875	9,130	0,0228	0,1039
22	3	11	5	0,393	0,0773	0,273	0,087	0,2827	14,217	0,0202	0,0976
33	3	25	5	0,427	0,0713	0,267	0,082	0,2784	21,098	0,0278	0,0991
48	3	27	6	0,411	0,0687	0,265	0,079	0,2745	27,103	0,0251	0,0939
54	2	35	2	0,381	0,0662	0,262	0,077	0,2732	26,984	0,0207	0,0869
72	2	41	6	0,403	0,0613	0,257	0,074	0,2698	31,746	0,0259	0,0872
TOTAL					0,7891	.....					1,0698
MÉDIA					0,0789	.....					0,107

Seleção das 10 progênies com maiores **g**, que proporcionam volumes iguais ou maiores a 58 m^3 ha^{-1} a^{-1} [(vol.Ind.(m^3)*16666 árv.ha^{-1} * 0,88 sobrev.)/82 meses*12meses = m^3 $há^{-1}.a^{-1}$].

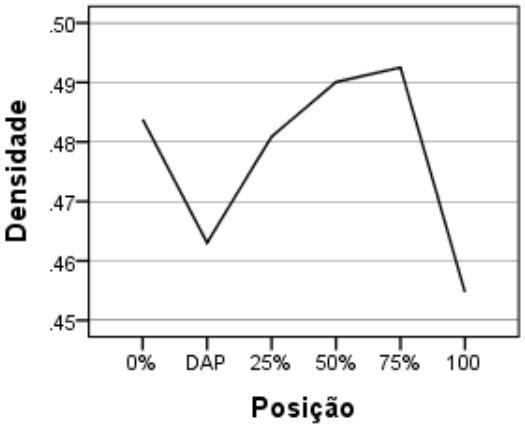
Bloco 01									
76	2	22	43	62	58	20	35	79	44
61	40	64	10	29	41	80	69	47	11
67	59	3	32	30	48	38	33	19	12
17	63	65	27	45	23	54	21	28	39
8	55	14	26	42	18	6	16	46	57
4	68	71	74	15	24	53	1	70	I-224
25	31	60	77	66	81	36	9	13	I-144
73	37	7	5	56	49	72	34	52	I-220
Bloco 02									
71	28	74	47	9	67	36	77	45	76
69	65	68	53	42	29	26	66	44	8
46	41	52	2	63	15	25	23	61	49
39	40	64	43	55	22	73	80	54	5
19	18	30	6	17	7	14	59	48	60
33	12	16	57	4	27	13	56	37	I-224
11	32	3	79	72	24	21	81	34	I-144
31	38	70	58	10	20	35	62	1	I-220
Bloco 03									
36	77	47	53	60	70	5	21	42	65
48	41	64	17	33	7	28	23	19	72
6	16	39	27	55	10	40	62	35	11
8	49	68	79	81	24	18	26	31	3
22	73	66	45	25	13	12	20	54	76
15	69	46	1	74	14	59	38	80	I-224
29	56	57	4	52	44	37	34	67	I-144
63	71	30	61	32	43	2	9	58	I-220
Bloco 04									
32	67	35	53	54	28	17	9	79	38
3	10	45	11	14	23	13	73	39	29
5	33	2	58	34	80	42	48	31	40
27	18	21	26	63	20	43	69	71	30
61	52	60	62	25	77	59	56	24	22
7	76	41	36	81	66	65	6	72	I-224
68	4	64	46	70	12	1	37	19	I-144
74	49	57	44	16	47	8	15	55	I-220
Bloco 05									
27	74	81	76	7	77	9	22	57	61
73	12	55	48	40	18	15	66	42	58
28	13	47	19	6	35	68	72	64	63
52	32	31	60	30	10	65	45	70	69
43	37	16	62	5	71	67	53	56	14
1	26	23	46	2	39	59	4	11	I-224
24	29	17	3	33	34	38	41	54	I-144
21	20	36	79	49	25	44	8	80	I-220
Bloco 06									
22	46	6	8	5	40	10	26	74	11
4	71	3	41	79	45	49	59	33	55
77	21	63	67	61	14	73	80	43	9
44	69	16	15	13	54	28	27	2	48
81	70	37	23	35	17	18	56	7	65
38	64	57	36	60	24	68	31	39	I-224
25	76	42	32	19	12	47	34	53	I-144
66	62	52	30	58	72	1	29	20	I-220

ANEXO 8 Disposição das progênies nos blocos. Em verde, progênies selecionadas para estudo de densidade.

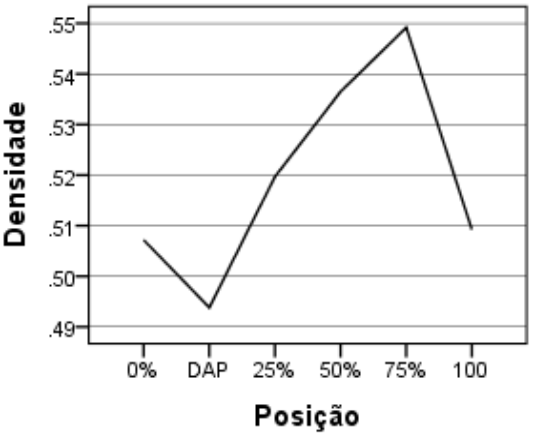
ANEXO 9. Densidade básica (g cm^{-3}) do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla,* por posição no fuste e médias aritméticas por progênie e por posição, do teste de progênies 2003.

	Posição						
Progênie	0%	DAP	25%	50%	75%	100	Média
04	.48	.46	.48	.49	.49	.45	.48
05	.51	.49	.52	.54	.55	.51	.52
06	.50	.48	.51	.52	.51	.49	.50
08	.53	.50	.52	.54	.53	.50	.52
10	.50	.46	.45	.51	.52	.49	.49
11	.47	.45	.48	.51	.51	.46	.48
15	.50	.48	.51	.53	.52	.50	.51
24	.53	.51	.55	.51	.55	.50	.52
25	.50	.48	.48	.49	.49	.50	.49
27	.47	.46	.49	.51	.52	.49	.49
34	.52	.49	.51	.55	.53	.45	.51
35	.54	.51	.54	.48	.53	.50	.52
38	.47	.46	.50	.49	.50	.48	.48
41	.48	.50	.51	.52	.51	.45	.50
43	.49	.47	.49	.51	.52	.48	.49
46	.49	.46	.48	.49	.51	.47	.48
47	.50	.49	.51	.53	.53	.49	.51
48	.48	.48	.48	.50	.50	.45	.48
49	.50	.47	.50	.52	.52	.49	.50
52	.46	.44	.45	.46	.48	.46	.46
59	.50	.48	.50	.50	.50	.46	.49
63	.47	.44	.48	.49	.49	.45	.47
66	.48	.48	.51	.52	.52	.48	.50
73	.49	.46	.47	.49	.49	.51	.48
76	.52	.53	.52	.54	.53	.51	.53
81	.48	.45	.46	.47	.46	.44	.46
Média	.49	.48	.50	.51	.51	.48	.49

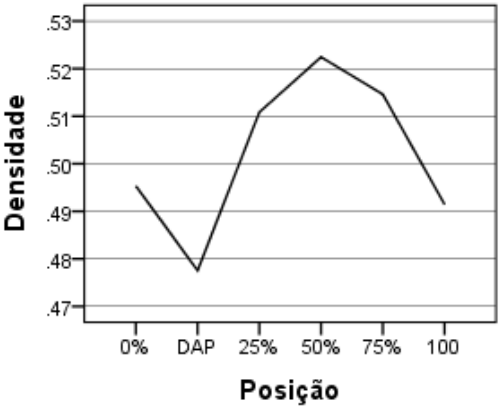
ANEXO 9. Continuação.



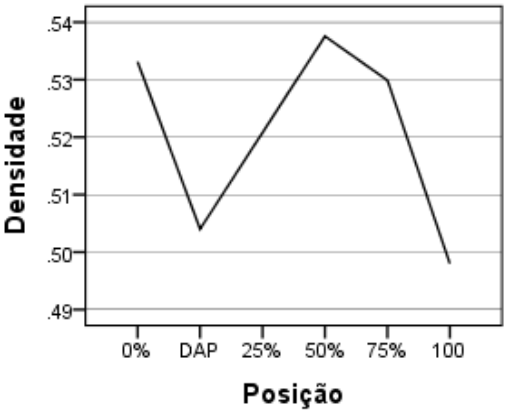
Progênie 4



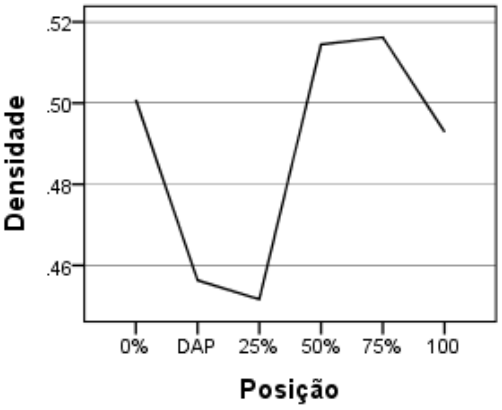
Progênie 5



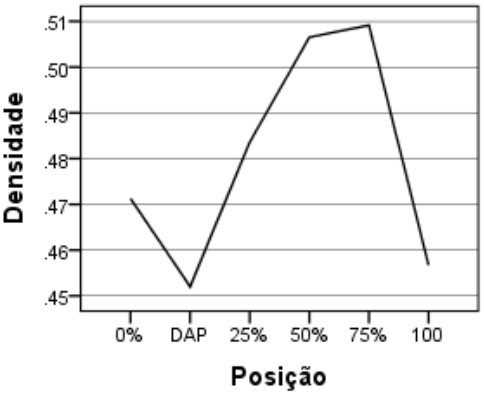
Progênie 6



Progênie 8

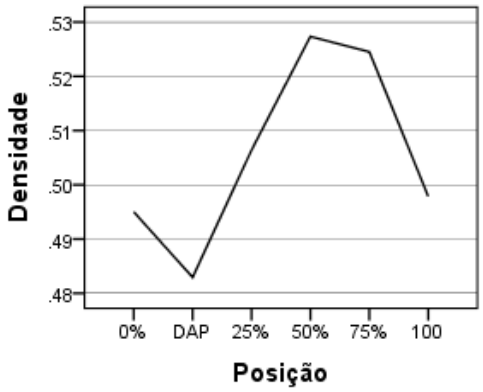


Progênie 10

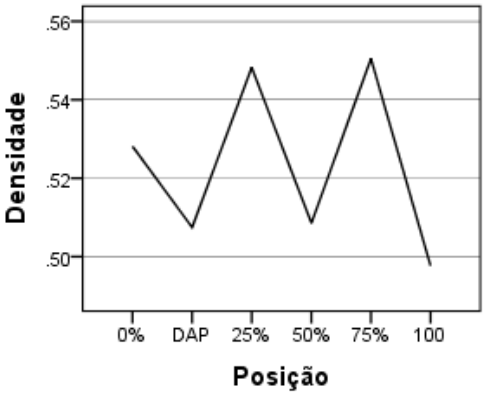


Progênie 11

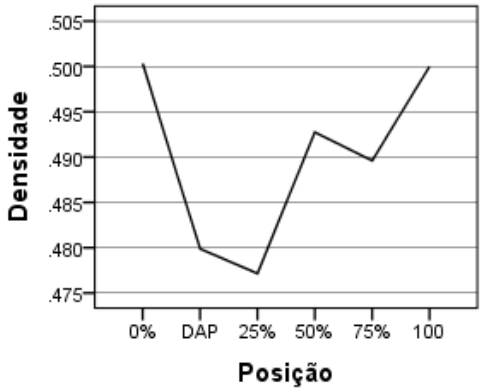
ANEXO 9. Continuação.



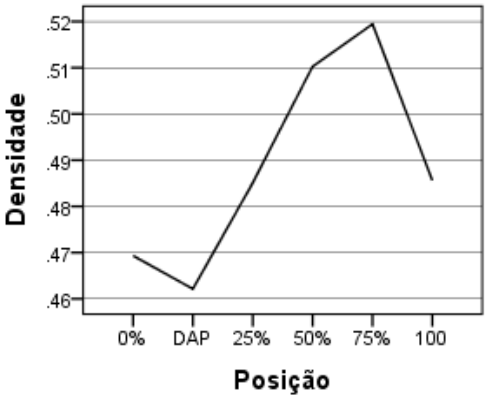
Progênie 15



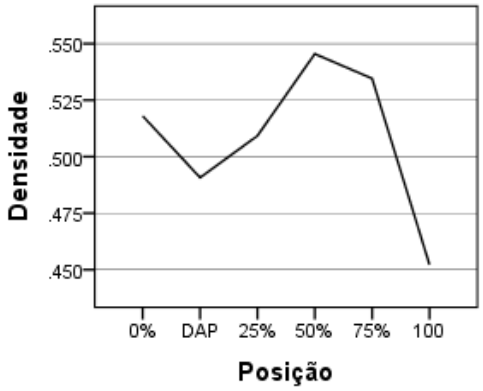
Progênie 24



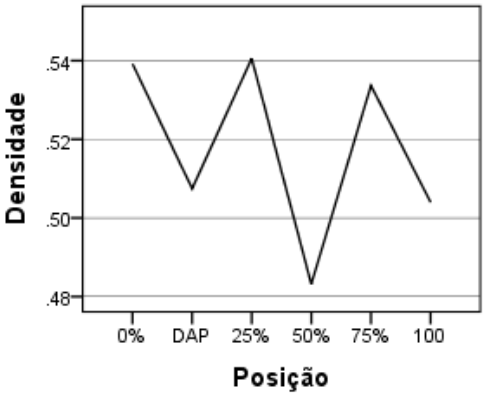
Progênie 25



Progênie 27

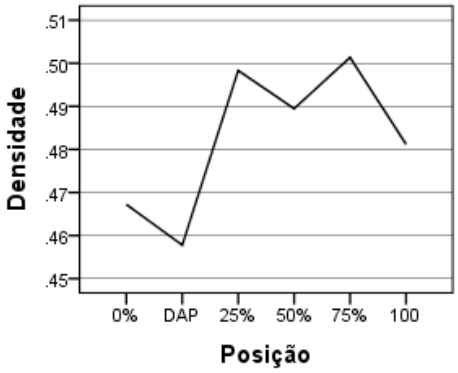


Progênie 34

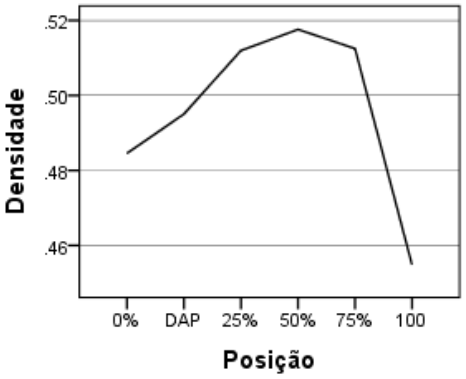


Progênie 35

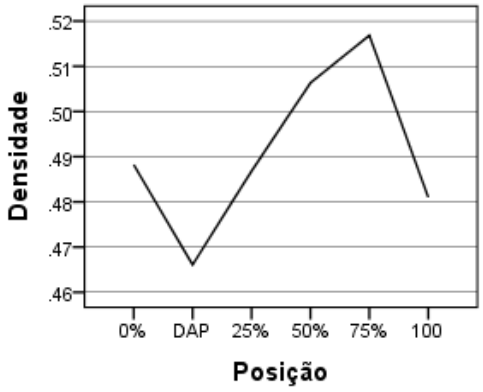
ANEXO 9. Continuação.



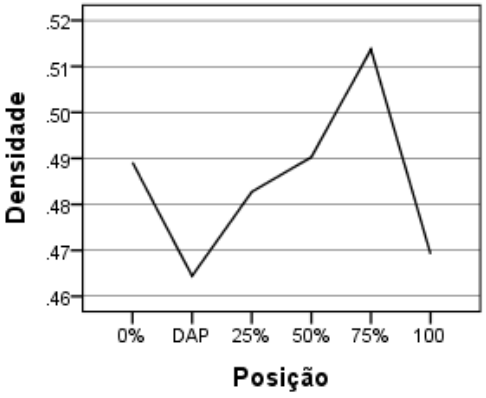
Progênie 38



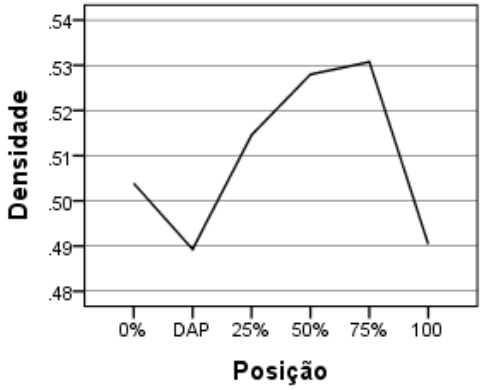
Progênie 41



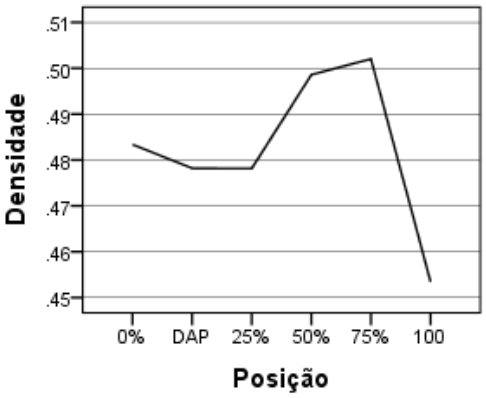
Progênie 43



Progênie 46

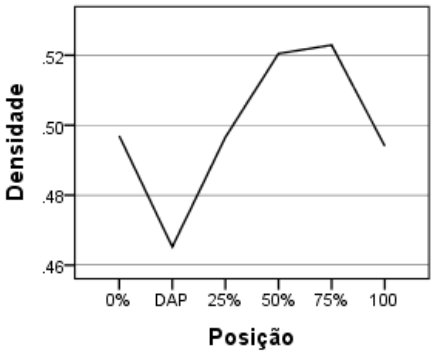


Progênie 47

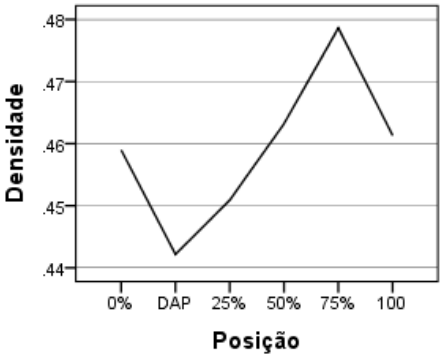


Progênie 48

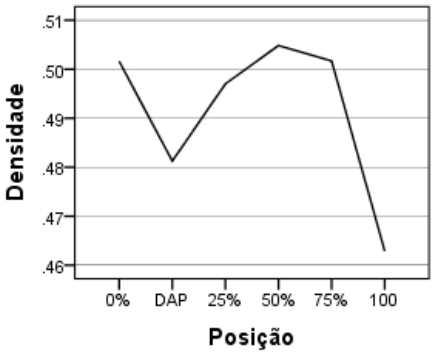
ANEXO 9. Continuação.



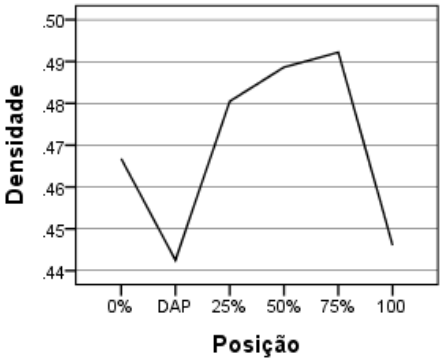
Progênie 49



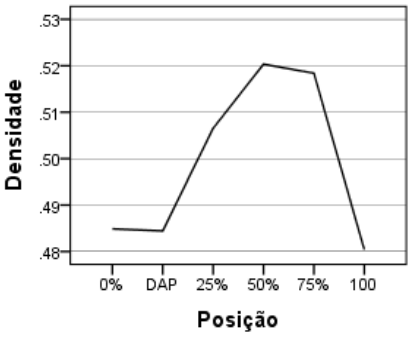
Progênie 52



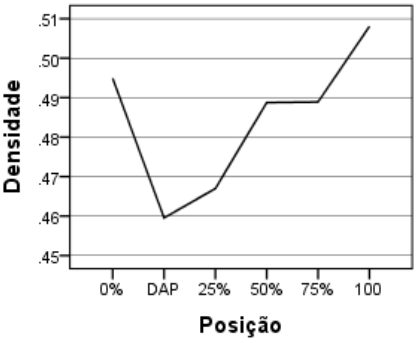
Progênie 59



Progênie 63

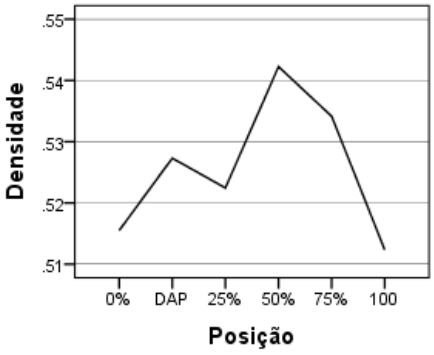


Progênie 66

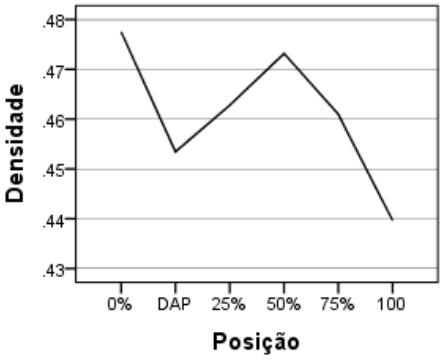


Progênie 73

ANEXO 9. Continuação.



Progênie 76

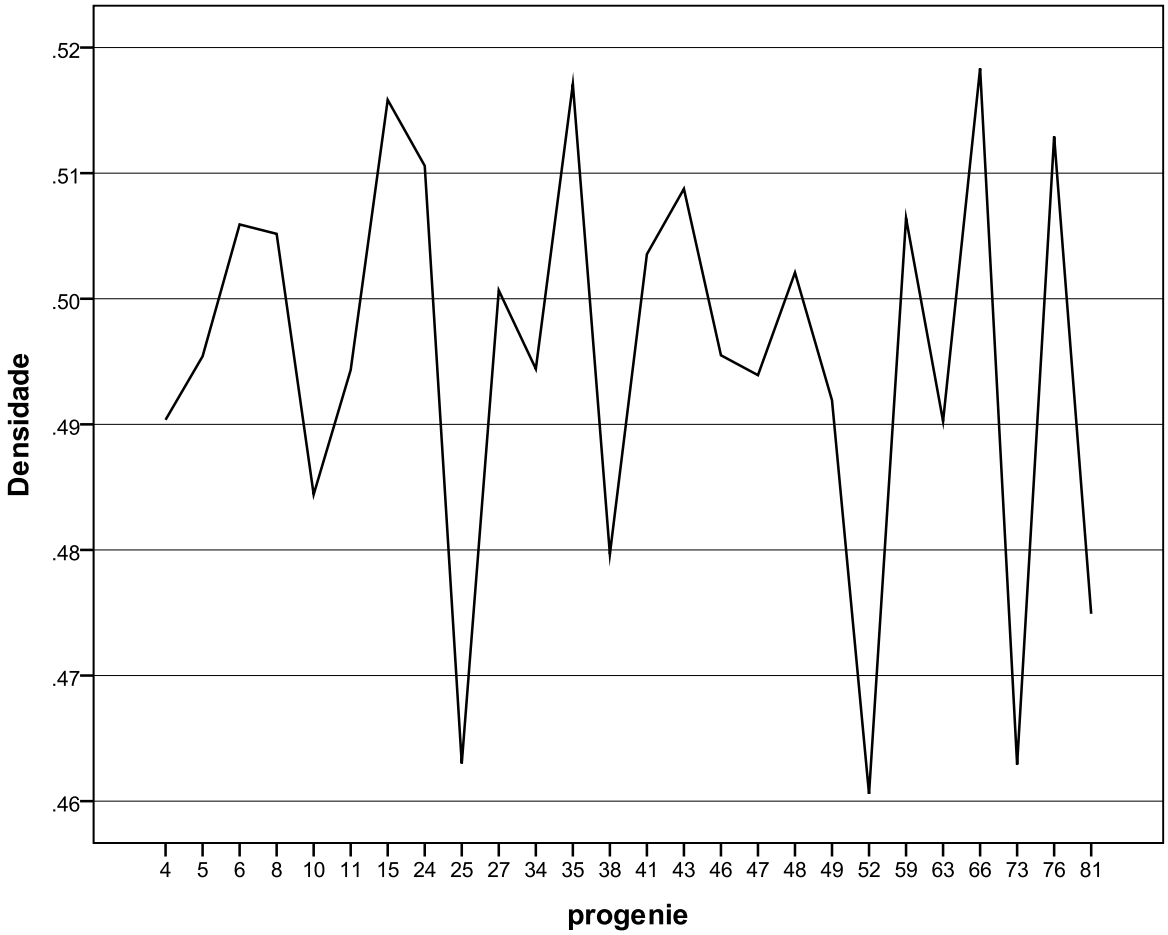


Progênie 81

ANEXO 10. Densidade ponderada média (g cm^{-3}) do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla,* por progênie, do teste de progênies 2003.

Progenie	Media	N	Desvio	Máximo	Mínimo
04	.4904	11	.02405	.53	.46
05	.4954	12	.03056	.53	.45
06	.5059	12	.03370	.58	.45
08	.5052	12	.04086	.57	.44
10	.4844	12	.02536	.55	.46
11	.4943	12	.02580	.55	.45
15	.5158	12	.03648	.60	.46
24	.5106	12	.02473	.54	.47
25	.4630	12	.03751	.53	.41
27	.5007	12	.02648	.55	.45
34	.4944	12	.04738	.56	.41
35	.5171	12	.03260	.58	.48
38	.4797	12	.02929	.53	.43
41	.5035	11	.03423	.55	.44
43	.5087	12	.03791	.57	.46
46	.4955	12	.03401	.54	.45
47	.4939	12	.03046	.54	.44
48	.5021	12	.04410	.58	.44
49	.4919	12	.04633	.56	.41
52	.4606	12	.03877	.53	.41
59	.5064	12	.03759	.57	.45
63	.4903	12	.02948	.54	.45
66	.5183	12	.04395	.60	.44
73	.4629	12	.02988	.51	.42
76	.5129	12	.02834	.55	.46
81	.4749	12	.03718	.53	.41
Média	.4953	310	.03709	.60	.41

ANEXO 10. Continuação.



Densidade básica média ponderada (g cm^{-3}) do lenho de árvores de *Eucalyptus urophylla,* por progênie, do teste de progênies 2003.