



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para  
caracteres de crescimento e forma, em teste de progênes de  
polinização aberta de *Eucalyptus cloeziana*, aos 24 anos de idade  
em Luiz Antônio-SP**

**Christian Luis Ferreira Berti**

Ilha Solteira-SP  
Março/2010



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de  
crescimento e forma, em teste de progênes de polinização aberta de  
*Eucalyptus cloeziana*, aos 24 anos de idade em Luiz Antônio-SP**

**Christian Luis Ferreira Berti**

**ORIENTADOR: PROF. DR. MIGUEL LUIZ MENEZES FREITAS**

**CO-ORIENTADOR: PROF. DR. MÁRIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Engenharia do Campus de Ilha Solteira -SP  
UNESP, para obtenção do título de Mestre  
em Agronomia: Especialidade: Sistemas de  
Produção

Ilha Solteira-SP  
Março/2010

## FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

- B543v Berti, Christian Luis Ferreira.  
Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento e forma, em teste de progênies de polinização aberta de Eucalyptus cloeziana, aos 24 anos de idade em Luiz Antônio-SP / Christian Luis Ferreira Berti. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2010.  
69 f. : il.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2010
- Orientador: Miguel Luiz Menezes Freitas  
Co-orientador: Mário Luiz Teixeira de Moraes  
Bibliografia: p. 53-69
1. Melhoramento florestal. 2. Variabilidade genética. 3. Parâmetros genéticos.  
4. Coancestria. 5. Tamanho efetivo.



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento e forma em teste de progênies de polinização aberta de *Eucalyptus cloeziana* aos 24 anos de idade em Luiz Antônio-SP

**AUTOR:** CHRISTIAN LUIS FERREIRA BERTI  
**ORIENTADOR:** Prof. Dr. MIGUEL LUIZ MENEZES FREITAS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA ,  
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. MIGUEL LUIZ MENEZES FREITAS  
Estação Ecológica de Ribeirão Preto / Instituto Florestal de São Paulo

  
Prof. Dr. WALTER VERIANO VALERIO FILHO  
Departamento de Matemática / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

  
Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA  
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 26 de março de 2010.

*DEDICO...*

A Deus, nosso pai, minha força, eterna gratidão.

*OFEREÇO...*

Aqueles que amo,

A quem tem minha admiração,

Meu céu,

O meu chão,

Sorriso dos meus lábios,

Felicidade do meu coração,

Papai e Mamãe (Luiz e Aparecida) e

Vida (Mariana).

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Sistema de Produção da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, pela oportunidade da realização do curso de Mestrado,

A todos os docentes desta unidade que contribuíram decisivamente para minha formação profissional,

Ao Prof. Dr Miguel Luiz Menezes Freitas, pela orientação, confiança, amizade e dedicação,

Aos Professores Mário Luiz Teixeira de Moraes e Alexandre Magno Sebbenn pela oportunidade de trabalharmos juntos. Agradeço pelos ensinamentos, amizade e pela sua dedicação e preocupação,

Aos funcionários da Estação Experimental de Luiz Antônio, do Instituto Florestal de São Paulo,

Ao amor da minha vida, Mariana, por transformar a minha vida e estar presente em todos os momentos me apoiando, ensinando e facilitando o meu caminho e pela paciência,

Aos meus queridos pais Luiz Berti e Aparecida Ferreira da Silva Berti por todo o amor e carinho dedicado a mim, para que eu pudesse alcançar todos os meus objetivos pessoais e profissionais,

A Prof<sup>a</sup>. Dra Kuniko Iwamoto Haga pela paciência, conselhos e seus ensinamentos,

Aos meus tios Romeu Ferreira da Silva (*in memoriam*) e Angelita Ferreira da Silva Garcia (*in memoriam*) pelo carinho e incentivos nos estudos.

A todos os meus professores, desde o maternal até a universidade, pela paciência, carinho e direção em minha vida.

Aos meus tios Marlene e Rosival, Luzinete, tio Beto, tia Mara, Mirela, Nelson, Francine.

Enfim, a todos que, diretamente ou indiretamente, participaram dessa etapa da minha vida, meus sinceros agradecimentos.

*“Existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”.*

*Autor desconhecido.*

*“A ambição é o puro senso de dever, pois a si só não produz frutos realmente importantes para a pessoa humana, pelo contrário os frutos verdadeiros derivam do amor e da dedicação para com as pessoas e as coisas.”*

*Albert Einstein*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
1.1 OBJETIVOS .....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
2.1 <i>Eucalyptus</i> : importância e utilidade na silvicultura brasileira .....	15
2.2 <i>Eucalyptus cloeziana</i> F. Muell.....	16
2.3 Componentes de variância .....	19
2.4 Estimativas de parâmetros genéticos .....	20
2.5 Coeficientes de variação genética.....	22
2.6 Coeficientes de herdabilidade.....	22
2.7 Ganhos genéticos na seleção.....	23
2.8 Coeficientes de variação genética, herdabilidades, ganhos na seleção para caracteres de crescimento e forma em espécies de <i>Eucalyptus</i> . .....	24
2.9 Métodos de melhoramento e conservação genética.....	30
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	34
3.1 Local de ensaio, amostragem e delineamento experimental.....	34
3.2 Análise estatística .....	34
3.3 Estimativa de componentes da variância e parâmetro genéticos .....	35
3.4 Correlações genéticas e fenotípicas .....	38
3.5 Coancestria e tamanho efetivo.....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	39
4.1 Variação ambiental e genética .....	39
4.2 Crescimento dos caracteres.....	40
4.3 Correlações fenotípicas e genotípicas.....	44
4.4 Variação genética e coeficientes de herdabilidade .....	45
4.5 Coancestria de grupo e tamanho efetivo.....	46
4.6 Resposta a Seleção .....	49
5. CONCLUSÕES .....	52
REFERÊNCIAS.....	53

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estimativa do coeficiente de coancestria médio após a seleção em teste de progênies de <i>Eucalyptus cloeziana</i> , aos 24 anos de idade, em Luiz Antônio - SP .....	48
<b>Figura 2.</b> Estimativa do tamanho efetivo após a seleção em teste de progênies de <i>Eucalyptus cloeziana</i> , aos 24 anos de idade, em Luiz Antônio - SP.....	49

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Estimativas dos coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ), herdabilidade em nível de plantas individuais ( $h_i^2$ ), média de progênies ( $h_m^2$ ) e dentro de progênies ( $h_d^2$ ) para DAP em testes de procedências e progênies de <i>Eucalyptus</i> .....	27
<b>Tabela 2.</b> Estimativas dos coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ), herdabilidade em nível de plantas individuais ( $h_i^2$ ), média de progênies ( $h_m^2$ ) e dentro de progênies ( $h_d^2$ ) para altura em testes de procedências e progênies de <i>Eucalyptus</i> .....	28
<b>Tabela 3.</b> Estimativas dos coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ), herdabilidade em nível de plantas individuais ( $h_i^2$ ), média de progênies ( $h_m^2$ ) e dentro de progênies ( $h_d^2$ ) para volume e forma em testes de procedências e progênies de <i>Eucalyptus</i> .....	29
<b>Tabela 4.</b> Quadro da análise de variância para cada caráter em nível de plantas individuais .....	35
<b>Tabela 5.</b> Quadrados médios, coeficiente de variação e médias para os caracteres DAP, altura, volume e forma de tronco em progênies de polinização aberta de <i>Eucalyptus cloeziana</i> , crescendo em Luiz Antônio – SP aos 24 anos de idade.....	39
<b>Tabela 6.</b> Médias para os caracteres DAP, altura, volume e forma em progênies de polinização aberta de <i>Eucalyptus cloeziana</i> , em Luiz Antônio - SP.....	40

<b>Tabela 7.</b> Desempenho de crescimento em altura e DAP de <i>Eucalyptus</i> .....	42
<b>Tabela 8.</b> Correlações genotípicas ( $r_g$ ) e fenotípicas ( $r_F$ ) entre os caracteres DAP, altura e volume em progênies de <i>Eucalyptus cloeziana</i> , aos 24 anos de idade, em Luiz Antônio - SP.....	44
<b>Tabela 9.</b> Estimativa de parâmetros genéticos para os caracteres DAP, altura, volume e forma, assumindo progênies de <i>Eucalyptus cloeziana</i> como meios-irmãos (MI) e de sistema misto de cruzamentos (SM).....	46
<b>Tabela 10</b> Resposta a seleção em porcentagem [ $G_{ed}$ (%)] para DAP, altura, volume e forma em 35 progênies de polinização aberta de <i>Eucalyptus cloeziana</i> , aos 24 anos de idade, em Luiz Antônio - SP.....	50
<b>Tabela 11</b> Média das 10 e 17 progênies selecionadas pelo índice multi-caracteres, média geral e superioridade relativa das progênies selecionadas em relação à média geral das 35 progênies de <i>Eucalyptus cloeziana</i> aos 24 anos de idade, em Luiz-Antonio - SP.....	51

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi estimar parâmetros genéticos para caracteres de crescimento e forma em um teste de progênies de *Eucalyptus cloeziana*, com 24 anos de idade, estabelecido em Luiz Antônio, SP. O teste foi instalado com sementes de polinização aberta provenientes de 35 árvores matrizes oriundas de Helenvale e Cardwell St. Forest, Austrália. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcela composta por apenas uma planta, com 100 repetições. O ensaio foi mensurado aos 24 anos de idade para diâmetro a altura do peito (DAP), altura total, volume e forma. Foram detectadas diferenças significativas entre progênies para todos os caracteres avaliados. Foram detectados altos coeficientes de variação genética e herdabilidade para todos os caracteres estudados, o que demonstra um forte controle genético na herança destes e a possibilidade de se obter altos ganhos com a seleção massal e individual entre e dentro de progênies. Os ganhos esperados para plantios com 24 anos de idade, realizados em locais com as mesmas características ambientais de Luiz Antônio e com sementes coletadas após a seleção no teste de progênies, foram estimados em 42,91% para DAP e 16,82% para altura.

**Palavras-chave:** Melhoramento florestal. Variabilidade genética. Parâmetros genéticos. Coancestria. Tamanho efetivo.

**Genetic variation, heritability and genetic gains for growth and stem shape traits in open-pollinated progeny test of *Eucalyptus cloeziana*, at 24 years old in Luiz Antônio-SP**

**ABSTRACT**

The aim of this study was to estimate genetic parameter for growth and stem shape traits in a progeny test of *Eucalyptus cloeziana*, at 24 years old, established in Luiz Antônio, SP. The trial was established with open-pollinated seeds from 35 mother trees from provenances Helenvale and Cardwell St. Forest, Australia. The trial was established in a random block design, with single tree plots and 100 replications. The trial was measured at 24 years old of age for diameter at breast height (DBH), total height, volume and stem shape. All studied traits presented significant differences among progenies. All studied traits presented also high coefficient of variation and heritability, showing a strong genetic control in this traits and the possibility to obtain genetic gains by massal and among and within progenies selection. The expected genetic gains for stands with 24 years old, growing in sites with the same environmental characteristics of Luiz Antônio and with seeds collected after selection in the progeny test were estimated in 42.91% for DAP and 16.82% for height.

**Keywords:** Tree breeding. Genetic variability. Genetic parameters. Coancestry. Effective population size.

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado madeireiro vem expandindo-se mundialmente, em função da crescente demanda em todos os setores que usam a madeira como matéria prima. No Brasil, as florestas sustentadas são basicamente formadas por algumas áreas com florestas nativas na região norte e por plantações com espécies do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*. Dentre essas arbóreas exóticas, as plantações da primeira concentram-se nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e da segunda, predominante na região Sul. Este aumento na demanda por madeira tem despertado o interesse de países com condições apropriadas a silvicultura por espécies de rápido crescimento (ASSIS, 1999).

O setor florestal brasileiro destaca-se no cenário mundial devido à diversidade das florestas nativas e a capacidade produtiva das florestas plantadas. A principal vantagem da capacidade produtiva brasileira é a sua tecnologia florestal, baseada em programas de melhoramento genético e de multiplicação clonal do *Eucalyptus*, principalmente, desenvolvido nos últimos 30 anos (GONZALEZ et al., 2002).

No cenário mundial, o Brasil é responsável por cerca de 22% da área plantada com *Eucalyptus*. As tecnologias de plantio, colheita e melhoramento florestal que vêm sendo aplicadas, colocam o país em posição de destaque no que se refere à produtividade dos plantios. Os programas nacionais de melhoramento com as espécies deste gênero se iniciaram na década de 1960, e no início da década de 1980 já se produzia sementes melhoradas puras ou de hibridação interespecífica (REZENDE, 2001).

O *Eucalyptus* é um gênero que vem aumentando seu valor no setor de madeira serrada, pois apresenta ótima qualidade, aproximando-se das espécies arbóreas nativas, só que com algumas vantagens, que são a de possuir uma grande gama de variedades, podendo ser utilizada de várias formas e através de melhoramento genético para posteriores usos, pois o mesmo possui mais de 600 espécies.

O Brasil é um dos maiores produtores e conhecedores de alta tecnologia na área de silvicultura do gênero, onde pode-se absorver árvores plantadas para outros objetivos dentro do setor de madeira serrada (SOUZA, 2006).

O gênero *Eucalyptus* é amplamente cultivado no território brasileiro. Este fato se deve a sua importância como espécie botânica de grande diversidade, boa adaptabilidade a vários tipos de ambiente e alta produtividade de madeira para diversos fins, como já comentado. Dessa forma, são crescentes os esforços empreendidos no sentido de estabelecer florestas de usos múltiplos, voltados principalmente para atender a demanda de madeira no mercado nacional e internacional, utilizada para energia, celulose, serraria e outros fins, em substituição às madeiras nativas (MARTINS *et al.*, 2005).

As florestas plantadas com espécies desse gênero merecem destaque no setor florestal brasileiro, visto que nos últimos anos, a sua silvicultura alcançou alto nível de desenvolvimento tecnológico, e neste avanço destaca-se o melhoramento genético, que propiciou ganhos de grande magnitude, principalmente na produtividade volumétrica (CAIXETA *et al.*, 2003). Apesar de todo este avanço, alguns autores consideram que o *Eucalyptus* encontra-se ainda em estágios iniciais de melhoramento, de tal forma que as principais modificações genéticas que se seguem ao período de domesticação ainda não foram realizadas (GRATTAPAGLIA, 2004). Alguns questionamentos têm surgido a respeito das populações introduzidas no Brasil, quanto à sua origem e ao conhecimento em termos de sua diversidade genética, pois estes materiais foram introduzidos a partir de populações de plantios naturais da Austrália e da África do Sul, e aqui pode ou não ter ocorrido um processo de redução desta diversidade em razão de cruzamento entre indivíduos aparentados ou do pequeno número efetivo de indivíduos utilizados nos locais de coleta de sementes (CAIXETA *et al.*, 2003).

Em programas de melhoramento genético florestal, a seleção de árvores normalmente se fundamenta na análise de caracteres quantitativos como: crescimento, forma e qualidade da madeira (MORAES *et al.*, 1997).

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi estimar parâmetros genéticos para caracteres de crescimento e forma, em um teste de progênies de *E. cloeziana* aos 24 anos de idade, estabelecido em Luiz Antônio, SP.

Mais especificamente: *i*) coeficientes de variação genética e de herdabilidade para caracteres de crescimento e forma; *ii*) coeficientes de correlações fenotípicas e genéticas entre caracteres de crescimento; *iii*) os progressos esperados com a seleção sequencial entre e dentro de progênies; *iv*) o tamanho efetivo da população de recombinação após a seleção entre e dentro de progênies.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 *Eucalyptus*: importância e utilidade na silvicultura brasileira**

O gênero *Eucalyptus* encontra-se amplamente disseminado em quase todas as regiões tropicais e subtropicais. No Brasil é plantado, principalmente, nas regiões sudeste e sul (TEIXEIRA e SOARES, 1992). Em geral, há grandes diferenças entre e dentro de espécies de *Eucalyptus* quanto a vários atributos de crescimento e qualidade da madeira, o que torna possível encontrar materiais genéticos que maximizem as características desejadas para fins específicos.

Nos últimos anos têm aumentado o interesse pela utilização de *Eucalyptus* como fonte de matéria-prima para a geração de produtos sólidos de madeira. As restrições impostas ao uso de madeiras provenientes de florestas tropicais, juntamente com a necessidade crescente de diversificação de atividades nas empresas florestais, são os fatores que mais têm contribuído para o aumento desse interesse (CARRIJO, *et al.*, 2008).

Devido à crescente demanda de produtos florestais, aliada aos custos de produção, os *Eucalyptus* passaram a ser muito plantados em reflorestamentos para produção de madeira para diversos fins, em função do seu rápido crescimento, adaptabilidade e qualidade da madeira (ANDRADE, 1991). De acordo com a Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS, 2009) a área de floresta plantada em 2008 para fins de produção no Brasil ficou em torno de 3,5 milhões de hectares e a previsão para 2015 é que a área plantada com esse gênero cresça para 4,3 milhões de hectares. O *Eucalyptus* também vem sendo utilizado como madeira serrada em diversos países. No Brasil, esse uso, apesar de ter aumentado nos últimos anos, ainda é bastante incipiente. O mercado ainda não recebe grande quantidade de madeira serrada que tenha sido plantada e manejada para essa finalidade (GONÇALEZ *et al.*, 2007). Embora o *Eucalyptus* se apresente como uma alternativa para o abastecimento da indústria madeireira, essa matéria-prima possui limitações próprias e inerentes às madeiras oriundas de florestas de rápido crescimento. A

esse fato, soma-se ainda a falta de conhecimentos tecnológicos, sendo apontados como principais entraves à utilização econômica da espécie (GONÇALEZ *et al.*, 2007).

As espécies do gênero *Eucalyptus* se destacam como as de maior plasticidade em relação a adaptação às condições brasileiras. As causas de tal preferência são várias, destacando-se entre elas: adaptação às condições ecológicas muito variadas, no que diz respeito à pluviosidade, solos e outros fatores; grande número de procedências existentes, o que possibilita encontrar facilmente a mais conveniente ao solo que se pretende florestar; e rapidez de crescimento, que, juntamente com a vigorosa brotação de cepa, proporcionam benefícios em curto prazo (MORAES *et al.*, 1997).

Décadas de pesquisa e desenvolvimento de técnicas silviculturais e de manejo florestal, principalmente na área de biotecnologia, elevaram a produtividade das espécies utilizadas (BRACELPA, 2007). Os programas iniciais de reflorestamento com as espécies de *Eucalyptus*, nas décadas de 60 e 70, alcançavam produtividades ao redor de  $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Nos dias atuais atinge produtividades ao redor de  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (SBS, 2009).

O gênero *Eucalyptus*, formado por aproximadamente 600 espécies, a maioria originada da Austrália, apresenta grande importância no setor florestal em todo o mundo devido à sua alta variabilidade genética e adaptabilidade a diferentes regiões (ELDRIDGE *et al.*, 1993). São espécies de grande plasticidade genotípica e dispersão mundial, crescendo satisfatoriamente em grande amplitude edafoclimática, extrapolando as regiões de origem (ELDRIDGE, 1975). No entanto, as espécies apresentam diferenças fundamentais entre si, quanto às respostas aos estímulos ambientais de cada nicho ecológico. Portanto, para a escolha de espécies componentes de florestas de produção, é imprescindível a realização de ensaios de espécies para avaliação da sua capacidade de adaptação em cada local.

Com base na experiência florestal mundial, as espécies do gênero *Eucalyptus* estão entre as de maior capacidade de produção em volume de madeira por unidade de área, dentro de um ciclo relativamente curto. Por esse motivo, grandes empreendimentos consumidores de madeira, para energia e celulose, têm optado por plantar essas espécies.

## **2.2 *Eucalyptus cloeziana* F. Muell**

Embora existam aproximadamente 600 espécies (ELDRIDGE *et al.*, 1993) de *Eucalyptus* já conhecidas, botanicamente, os plantios, em larga escala, no mundo, estão

concentrados em poucas espécies. Em termos de incremento anual e das propriedades desejáveis da madeira, apenas 12 tem sido utilizadas, com mais intensidade, para atender o setor industrial: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus viminalis*, *Eucalyptus deglupta*, *Corymbia citriodora* (ex *Eucalyptus citriodora*), *Eucalyptus exserta*, *Eucalyptus paniculata* e *Eucalyptus robusta*. No Brasil, tem sido consideradas muito promissoras as espécies *Eucalyptus cloeziana*, na região central, e o *Eucalyptus dunnii*, na região sul (REVISTA DA MADEIRA, 2003).

*Eucalyptus cloeziana* F. Muell. ocorre naturalmente em áreas disjuntas na parte leste do estado de Queensland, Austrália, principalmente próximo à costa, em altitudes variando de 70 a 380 m no sul e próximo a 900 m nas chapadas de Atherton, no norte. No local de ocorrência natural a precipitação pluviométrica média anual varia de 1.000 a 1.600 mm, com chuvas concentradas no verão. O período seco não ultrapassa quatro meses. A temperatura média máxima fica em torno de 29 °C e a temperatura média mínima varia entre 9 e 12 °C. As geadas são raras e pouco severas. A principal área de ocorrência é no distrito de Gympie, no sudeste do estado, em torno de 26° S de latitude, onde a espécie apresenta seu melhor desenvolvimento, com indivíduos atingindo até 55 m de altura e diâmetro à altura do peito (DAP) de até 2 m, além de uma excelente forma. Entretanto, o mesmo não acontece em outros locais de sua distribuição natural, onde ocorrem desde pequenas árvores tortuosas com menos de 10 m de altura até árvores com 20 a 35 m, de forma variável (HALL *et al.*, 1975). A madeira é levemente pesada, de elevada estabilidade dimensional e de média permeabilidade, caracterizada de alta durabilidade natural. É utilizada em serraria, caixotaria, dormentes, postes, mourões, lenha e carvão. A espécie não é recomendada para regiões onde ocorrem geadas e déficit hídrico. Apresenta boa capacidade de regeneração por brotação das cepas.

Segundo o LPF/IBAMA (1998), *Eucalyptus cloeziana* tem o cerne distinto do alburno. A coloração do cerne é marrom-rosado (5 YR 6/3) e o alburno é marrom-pálido (10 YR 6/3). As camadas de crescimento são distintas, a grã é reversa e a textura média. A figura tangencial de sua madeira é em linhas vasculares pouco destacadas, o brilho é ausente e o odor é imperceptível, sua madeira é dura e extremamente durável, qualidades que a colocam como espécie potencial em programas de florestamento e reflorestamento.

No sul da África, é considerada uma das mais importantes espécies para reflorestamento, principalmente nas regiões de chuva de verão, onde é utilizada para postes telefônicos e de transmissão de energia, devido principalmente à retidão de seu fuste. É plantada com sucesso no Congo, Kenya, Malawi, Nigéria, África do Sul, Zimbábwe, Uganda e Zâmbia, principalmente em áreas com precipitação anual de 1000 a 1500 mm e uma estação seca de 4 a 5 meses (FAO, 1974). Em Zimbábwe, esta espécie é considerada como a de fuste mais reto, com bom crescimento, produzindo mais de 30 m<sup>3</sup>/ha/ano e usada principalmente para postes telefônicos e em linhas de transmissão de energia elétrica (BLEAKLEY e CANT, 1985).

Na Zâmbia, a espécie produz madeira de boa qualidade para postes de eletricidade devido a sua boa forma. Sua madeira é dura e tem densidade mais alta do que *Eucalyptus grandis* (MURITA e MWANZA, 1985). Na Uganda, *Eucalyptus cloeziana* está listada entre as dez melhores espécies para reflorestamento nas áreas de savana e em área de florestas de baixa e alta altitude, sendo utilizada para energia, postes e madeira serrada (MUSOKE, 1985). Em Suazilândia, *E. cloeziana* é utilizado para postes, escoramento de minas e energia (DLAMINI, 1985).

Segundo Golfari et al., 1978, o *Eucalyptus cloeziana* foi introduzido no Brasil há mais de 20 anos. Atualmente vem sendo cultivado a 52 anos e nos locais onde a espécie foi testada, tem apresentado bom crescimento, colocando-se entre as dez melhores espécies (KISE, 1977; GOMES et al., 1977; MOURA et al., 1980; MOURA e COSTA, 1985). Embora 24 diferentes procedências desta espécie tenham sido testadas em diferentes regiões do país (GOLFARI et al., 1978), a maioria dos testes foi de espécies/procedências (KISE, 1977; GOMES et al., 1977; MOURA et al., 1980; MOURA e COSTA, 1985), onde apenas algumas poucas procedências foram testadas por local, dificultando a análise da variabilidade da mesma entre e dentre locais.

Dentre as espécies plantadas para fins energéticos, o *Eucalyptus cloeziana* vem se destacando como uma das mais importantes, principalmente por sua boa densidade e seus altos teores de carbono fixo, requisito imprescindível para este fim (VITAL e DELLA LUCIA, 1986). Esta espécie é uma das mais adequadas para regiões de cerrado, com grande potencial para reflorestamento, mas é também mais suscetível aos ataques de lagartas desfolhadoras (OLIVEIRA et al., 1984).

### 2.3 Componentes de variância

É importante entender que a expressão genética é resultado da soma dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e epistáticos, dos quais, segundo Vencovsky (1987), o parâmetro mais importante a analisar é o que corresponde à variância genética aditiva ( $\sigma_A^2$ ), pois ela contribui plenamente para a resposta à seleção. Por sua vez, a manifestação do genótipo de um indivíduo é resultado da contribuição trazida pelos gametas e de um efeito da combinação de dois gametas específicos que o originaram. O genótipo pode ser avaliado a partir de mensurações realizadas nos seus fenótipos, onde o seu desempenho representa o valor genotípico no ambiente que ocupa. Desse modo, o valor de um genótipo pode ser definido como o seu valor fenotípico médio quando os genótipos se desenvolvem em diversos ambientes (COSTA, 1999).

Segundo Vencovsky e Barriga (1992), a variância fenotípica pode ser decomposta em três componentes principais, sendo eles a variação produzida pelo ambiente, variação devido às diferenças na hereditariedade e variação devido aos efeitos conjugados do meio e da hereditariedade. Dentre os parâmetros genéticos, a variância genética aditiva é o componente mais importante, pois é a principal causa da semelhança entre parentes, logo, ela é o principal indicador das propriedades genéticas observadas em uma população e sua resposta à seleção. O estudo da variação total e a estimativa dos seus componentes possibilitam ao melhorista o conhecimento da estrutura genética do material em teste, a contribuição genética total para cada caráter, bem como o progresso potencial quando da seleção por determinado método de melhoramento (FALCONER, 1981).

O sucesso de um programa de melhoramento depende, basicamente, da quantidade de variação genética e, sobretudo, do valor relativo desta em relação ao valor fenotípico total. Nos ensaios genéticos, Vencovsky (1987) salienta que podem ser calculados diferentes componentes na variação de um caráter: variação entre plantas dentro de parcelas ( $\sigma_d^2$ ); variação devido às diferenças ambientais entre parcelas ( $\sigma_e^2$ ) e a variação devido às diferenças genéticas entre tratamentos/progênieis ( $\sigma_g^2$ ). Dentre estes componentes só  $\sigma_d^2$  e  $\sigma_g^2$  são favoráveis ao melhorista.

As estimativas dos componentes de variância e de parâmetros genéticos são necessárias para a predição de valores genéticos. Segundo Resende (1999) as estimativas dos componentes de variância podem ser realizadas pelo método de quadrados mínimos, para situações de dados balanceados, ou pelo método da máxima verossimilhança restrita, para a situação de dados desbalanceados, dentre outros. Dentre os parâmetros genéticos quantitativos que mais interessam ao melhorista e que são objetos de estudos em testes de progênes, se destacam as variâncias genéticas, a herdabilidade no sentido amplo e restrito, a repetibilidade, o ganho genético e as associações entre os caracteres estudados das plantas no estádio juvenil e adulto (COSTA, 1999).

Para a estimação dos componentes de variância numa determinada condição, segundo Vencovsky (1969), é essencial que tanto os indivíduos aparentados que constituem o material experimental, como os da população base, devam ser não endocruzados. Nesse sentido, Namkoong (1966) levanta restrições sobre a estimativa de variâncias genéticas aditivas da população através da utilização de sementes de polinização livre, devido à possibilidade de ocorrência de endogamia.

Conforme Falconer (1964), qualquer componente de variância entre grupos de indivíduos aparentados é igual à covariância dos membros deste grupo. A variância entre médias de famílias de meios irmãos estimam, portanto, a covariância genotípica de meio-irmãos, a qual equivale aproximadamente a um quarto da variância aditiva.

## **2.4 Estimativas de parâmetros genéticos**

Estimativas de parâmetros genéticos e predição de ganhos a partir dos testes de progênes têm sido utilizadas como subsídio na definição de estratégias de melhoramento mais adequadas por gerarem informações sobre o potencial genético de indivíduos, famílias e clones, entre outros, a serem selecionados e/ou, recombinados para um novo ciclo de seleção (RESENDE, 1991; FERNANDES *et al.*, 2004). Segundo Vencovsky (1969), as estimativas de parâmetros genéticos se prestam para:

- a) obter informações sobre o tipo de ação dos genes em caracteres quantitativos;
- b) orientação sobre o esquema mais adequado de seleção a ser adotado;
- c) estimação dos progressos esperados na seleção.

O melhoramento pode se basear em estimativas de parâmetros genéticos populacionais que permitem inferir sobre o controle genético dos caracteres, a comparação entre métodos de seleção e a estimação do progresso genético esperado com a seleção. No caso de plantas perenes, a obtenção destas estimativas é ainda mais importante do que em plantas anuais, porque, devido ao longo ciclo dessas espécies, a decisão dos melhoristas deve ser a mais acertada possível. Por isso, é necessário que os experimentos de campo sejam bem delineados e bem conduzidos, a fim de se obter estimativas confiáveis (BISON, 2004).

Estimativas de parâmetros genéticos para outros caracteres ou para os mesmos caracteres em diferentes idades de avaliação são essenciais para o direcionamento dos programas de melhoramento da espécie (FARIA NETO e RESENDE, 2001). No melhoramento de espécies arbóreas, o uso de técnicas de avaliação genética, com base em modelos mistos do tipo REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), é fundamental para a predição de valores genéticos aditivos e genotípicos de indivíduos com potencial para seleção, tanto em nível intrapopulacional como interpopulacional (RESENDE, 2000). O procedimento REML/BLUP vem sendo aplicado com sucesso no melhoramento de frutíferas no Brasil, em espécies como a *Bactris gasipaes* (FARIA NETO e RESENDE, 2001), a *Malpighia emarginata* (PAIVA *et al.*, 2002), a *Teubroma cacao* (RESENDE e DIAS, 2000), a *Hevea brasiliensis* (COSTA *et al.*, 2000) e outras espécies florestais (RESENDE *et al.*, 1996).

Dentre os principais procedimentos para a estimação dos parâmetros genéticos em testes de progênies, destacam-se a análise de variância (ANOVA) e o REML/BLUP. Na ANOVA, os componentes de variância são obtidos quadrados médios com base nas suas esperanças matemáticas (CRUZ e CARNEIRO, 2003). Segundo Resende (2002a), o procedimento adequado para a predição dos valores genéticos utilizados na avaliação genética de plantas perenes tem sido o BLUP individual, consistindo basicamente na predição de valores genéticos dos efeitos aleatórios do modelo estatístico associado às observações fenotípicas, ajustando-se os dados aos efeitos fixos e ao número desigual de informações nas parcelas por meio de metodologia de modelos mistos (HENDERSON e QUAAS, 1976). A predição de valores genéticos usando o BLUP assume que os componentes de variância são conhecidos na população base não selecionada. Entretanto,

na prática não se conhecem os verdadeiros valores dos componentes de variância, que são estimados com o procedimento da máxima verossimilhança restrita, em um processo de interação nas equações de modelos mistos do procedimento BLUP, desenvolvido por Patterson e Thompson (1971).

## **2.5 Coeficientes de variação genética**

A presença de variabilidade genética pode ser confirmada e quantificada pelo coeficiente de variação genética, que expressa a magnitude da variação genética em relação à média do caráter (RESENDE, 1991). Os coeficientes de variação genética acima de 7% são considerados altos por Sebbenn *et al.* (1998).

Os estudos da variação genética entre populações naturais são fundamentais para o conhecimento da estrutura das populações, e podem ser realizados eficientemente a partir do uso de testes de procedências e progênies. Os parâmetros coeficiente de variação genética entre progênies e dentro de progênies, obtidos a partir desses testes, permitem avaliar a variabilidade genética e inferir sobre o sistema de cruzamento das espécies, sendo muito utilizados para estudos genéticos iniciais com espécies nativas (KAGEYAMA, 1990, RESENDE, 1999).

## **2.6 Coeficientes de herdabilidade**

A herdabilidade corresponde à proporção da variação fenotípica total, que é de natureza genética, o quociente entre as variâncias genotípicas e fenotípicas, e que por meio dela pode-se medir a eficiência esperada da seleção, no aproveitamento da variabilidade genética. O coeficiente de herdabilidade pode ser expresso no sentido restrito e amplo, sendo que no sentido amplo expressa a proporção de variância genética em relação à variância fenotípica total observada, utilizado no melhoramento florestal quando se está testando material propagado vegetativamente. (ESTACAS). A herdabilidade no sentido restrito tem a finalidade de orientar o geneticista sobre a quantidade relativa da variância genética que é utilizada no melhoramento. As estimativas de herdabilidade referente aos efeitos de parcela em relação às herdabilidades entre e dentro de famílias adquirem

importância maior quando se aumenta o número de indivíduos por parcelas nos testes de progênies (VENCOVSKY, 1969; ALARD, 1971; FONSECA, 1979; RESENDE e FERNANDES 1999; RESENDE e HIGA, 1994).

A herdabilidade é uma propriedade não somente de um caráter, mas também da população e das circunstâncias de ambientes às quais os indivíduos estão sujeitos (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992). O valor da herdabilidade poderá ser afetado se houver alteração em qualquer um dos componentes da variância fenotípica (FALCONER, 1987). Existem diversos métodos para estimar parâmetros genéticos, como o método dos mínimos quadrados e máxima verossimilhança. Em espécies florestais, nas quais muitas vezes se trabalha com ensaios desbalanceados devido, por exemplo, à mortalidade nos experimentos, a estimativa de parâmetros genéticos pela metodologia REML/BLUP tem sido destacada pela precisão que confere às estimativas obtidas (RESENDE e FERNANDES, 1999; RESENDE e DIAS, 2000; RESENDE, 2002a; COSTA *et al.*, 2002; COSTA *et al.*, 2005; MISSIO *et al.*, 2005).

Segundo Zobel e Talbert (1984), um ponto básico sobre herdabilidade é que ela, sendo uma razão entre variâncias, não é um valor fixo, variando de acordo com o caráter, espécie, idade e condições ambientais. Paula (1995) observa que as estimativas de herdabilidade não são obtidas sem erros, por isso, estas somente fornecem uma indicação relativa do controle genético do caráter, não devendo ser interpretada como valor absoluto ou invariante.

## **2.7 Ganhos genéticos na seleção**

O ganho genético no longo prazo depende, fundamentalmente, da variabilidade genética potencial, que é mantida por meio dos ciclos seletivos e é liberada através da recombinação, ao final de cada ciclo. Assim, o estabelecimento das populações de melhoramento, deve ser analisado com base na variabilidade genética (ROBERTSON, 1960). A população de melhoramento, ou populações selecionadas, constitui o conjunto de plantas selecionadas, incluindo progênies e clones, que o melhorista manipula para promover o melhoramento genético (ASSIS, 1996; RESENDE e BARBOSA, 2005).

Ganhos genéticos de grande magnitude no curto prazo e manutenção de ampla variabilidade genética nos programas de melhoramento podem ser conseguidos separando as áreas produtoras de sementes, como os pomares clonais, formados por poucas dezenas de clones, das populações selecionadas ou populações de melhoramento, formadas por centenas de árvores, que visam o melhoramento contínuo no longo prazo (SILVA, 2008).

Tradicionalmente, o melhoramento de uma população para uma dada característica é resultado do ganho de seleção, que depende do diferencial de seleção, que por sua vez é a diferença entre a média do grupo selecionado e a média da população original. Portanto, em processo de seleção, quanto maior for a pressão de seleção, maior será esse diferencial e, conseqüentemente, o progresso genético (PATERNIANI e MIRANDA FILHO, 1987). MARTINS (1999) argumenta que a possibilidade de predição de ganhos a serem obtidos por certa estratégia de melhoramento constitui uma das mais importantes contribuições da genética quantitativa ao cultivo de plantas.

## **2.8 Coeficientes de variação genética, herdabilidades, ganhos na seleção para caracteres de crescimento e forma em espécies de *Eucalyptus*.**

Em programas de melhoramento florestal é fundamental conhecer a magnitude da variação genética e os coeficientes de herdabilidade, visto que a variação genética é a matéria-prima do melhoramento e sem variação genética nada pode ser feito em termos de seleção. Segundo Lush (1964), a existência de variação genética, entre diferentes acessos, indica a possibilidade de melhoramento desses caracteres e a obtenção de ganhos consideráveis com a seleção.

Variações genéticas significativas foram observadas para DAP, altura, volume comercial e densidade básica da madeira, entre famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, aos 67 meses de idade (PAULA *et al.*, 1996a; 1996b). Xavier *et al.* (1997), também encontraram variações genéticas significativas entre famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus grandis*, aos 84 meses de idade, para densidade básica e outras características de qualidade da madeira.

Estudos da variação genética de caracteres de crescimento, forma e produção em testes de procedências e progênies de *Eucalyptus spp.* têm revelado valores substanciais

para os coeficientes de variação genética e herdabilidades. Por exemplo, Tolfo *et al.* (2005) reportaram altas estimativas de herdabilidade no sentido amplo ( $H^2 > 0,67$ ) para o caráter DAP e volume cilíndrico, sugerindo que estes caracteres sofrem pequena influência ambiental e para altura comercial apresentou sob moderado controle genético ( $H^2 = 0,48$ ), em teste clonal de *Eucalyptus* spp. da Votorantim Celulose e Papel (VCP), localizado no município de Guatapar, SP.

Moraes *et al.* (2007) em experimento de teste de progênies com *Eucalyptus camaldulensis*, na Estcao Experimental de Luiz Antônio-SP, observaram coeficiente de variação genética menor para altura (3,36%), seguido do DAP (5,39%) e pela forma do fuste (8,80%), indicando que o caráter forma foi o que expressou a maior variação genética entre as progênies, portanto maior potencial para a seleção. O coeficiente de herdabilidade para a média entre progênies foi alto para todos os caracteres analisados (DAP, altura total e forma do tronco, variando de 73 a 80%, o que indica um alto controle genético nos caracteres para a seleção, em destaque novamente a forma do fuste. Em geral, os resultados indicam que o caráter forma do fuste foi o mais indicado para a seleção, devido aos maiores valores de variação genética e herdabilidade.

Marques Junior *et al.*, (1996) estudando 317 famílias de polinizao aberta de árvores de *Eucalyptus cloeziana*, provenientes de oito diferentes procedências da Austrália no município de Bocaiúva, Minas Gerais, observaram diferença significativa entre as famílias de todas as procedências, evidenciando a existência de variabilidade. Essa observao  corroborada pela estimativa da herdabilidade no sentido restrito em nível de média das famílias que foi de 87%, quando se considerou todas as famílias e variou de 32% dentro da procedência de Blackdown a 86% na procedência de Monto. Essas estimativas, de um modo geral, são superiores as que foram relatadas por Souza *et al.* (1992) que observaram na avaliao de 110 famílias de *Eucalyptus cloeziana*, herdabilidade variando de 36 a 80%, dependendo do local. Já Castro (1992) em um levantamento de 43 trabalhos onde foram apresentadas estimativas de herdabilidade, constatou que as mesmas variaram de 4 a 86%.

Martins *et al.* (2001) em experimento implantado pela Celulose Nipo Brasileira S.A. (CENIBRA), em Governador Valadares-MG, envolvendo 248 famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus grandis*, verificaram que as estimativas de herdabilidades para os caracteres

Circunferência á Altura do Peito (CAP) e Altura das Plantas (ALT) ficou dentro dos padrões normais (69% e 68% respectivamente), quando comparados com os resultados encontrados por outros autores que trabalharam com espécies do gênero *Eucalyptus* (KAGEYAMA, 1980 e 1983; SCÁRDUA, 1991; XAVIER, 1993; PIRES, 1996; PAULA, 1997), o que evidencia também a possibilidade de ganhos genéticos nos caracteres com a adoção de critérios de seleção mais simples, como a seleção fenotípica direta. As estimativas de herdabilidade com base nas médias de famílias foram superiores às estimativas de herdabilidade dentro de famílias para o caráter CAP (69% e 28% respectivamente), indicando que a seleção com base nas médias das famílias deverá ser mais eficiente que a seleção dentro de famílias. Tais resultados estão em conformidade com aqueles encontrados por outros autores que trabalham com espécies do gênero *Eucalyptus* (PAULA, 1997; PIRES, 1996).

Martins *et al.* (2001) verificaram que o processo de seleção combinada apresentou resultados de ganho na seleção sempre superiores (109,2%) aos dos processos de seleção entre (44,08%) e dentro (40,95%), isto se encontra em conformidade com o que normalmente é comentado nas literaturas (LUSH, 1964; SILVA, 1982; FALCONER, 1987; PIRES, 1996; PAULA, 1997). Pires (1996), trabalhando com progênies de *Eucalyptus camaldulensis*, também encontrou resultados semelhantes, tendo concluído ainda que o processo de seleção combinada é especialmente recomendado nos casos em que se tem baixa variabilidade dentro de famílias.

Nas tabelas 1,2 e 3 são apresentadas as estimativas dos coeficientes de variação genética, herdabilidade em nível de plantas individuais, média de progênies e dentro de progênies para DAP, altura, volume e forma em testes de procedência e progênies de *Eucalyptus*.

TABELA 1– Estimativas dos coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ), herdabilidade em nível de plantas individuais ( $\hat{h}_i^2$ ), média de progênies ( $\hat{h}_m^2$ ) e dentro de progênies ( $\hat{h}_d^2$ ) para DAP em testes de procedências e progênies de *Eucalyptus*.

Caráter/Espécie	Idade (anos)	Local	$CV_g$ (%)	$\hat{h}_i^2$	$\hat{h}_m^2$	$\hat{h}_d^2$	Autor
<b>DAP</b>							
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5,6	Paraopeba-MG	5,75	--	0,62	0,23	Paula <i>et al.</i> , 2002
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	6,7	Presidente Olegário/Brasilândia-MG	9,2	--	0,86	--	Pereira <i>et al.</i> , 1997
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	19	Luiz Antônio-SP	5,39	--	0,72	--	Moraes <i>et al.</i> 2007
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	23	Selviria-MS	3,49	0,06	0,89	--	Silva <i>et al.</i> , 2009
<i>Eucalyptus grandis</i>	2	São Simão-SP	--	0,18	0,40	--	Oda <i>et al.</i> , 1989
<i>Eucalyptus grandis</i>	3,8	Governador Valadares-MG	36,23	0,35	0,69	0,29	Martins <i>et al.</i> 2001
<i>Eucalyptus grandis</i>	3,7	Biritiba Mirim (SP)	3,9	0,11	--	--	Menck <i>et al.</i> , 1986
<i>Eucalyptus grandis</i>	4,8	Guanhães-MG	12,65	0,22	--	--	Rocha <i>et al.</i> , 2006
<i>Eucalyptus grandis</i>	4,8	Guanhães-MG	12,54	0,22	--	--	Rocha <i>et al.</i> , 2007
<i>Eucalyptus resinifera</i>	21	Luiz Antônio-SP	2,60	0,06	0,55	0,03	Sato <i>et al.</i> 2007
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	General Camara-RS	6,40	0,22	--	--	Mori <i>et al.</i> , 1986
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	Brotas-SP	4,10	0,17	--	--	Mori <i>et al.</i> , 1986
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	Bom Despacho-MG	8,77	0,26	--	--	Mori <i>et al.</i> , 1986
<i>Eucalyptus spp.</i>	6,8	Guatapara-MG	6,4	--	0,69	--	Tolfo <i>et al.</i> , 2005
<i>Eucalyptus urophylla</i>	4,8	Guanhães-MG	12,66	0,27	0,91	--	Rocha <i>et al.</i> , 2007
<i>Eucalyptus urophylla</i>	7	Aracruz (ES), Bom Despacho, Grão Mogol e Belo Oriente (MG)	7,34	0,24	0,52	0,20	Mori <i>et al.</i> , 1988
<b>Média</b>			<b>9,16</b>	<b>0,20</b>	<b>0,68</b>	<b>0,19</b>	

TABELA 2 – Estimativas dos coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ), herdabilidade em nível de plantas individuais ( $\hat{h}_i^2$ ), média de progênies ( $\hat{h}_m^2$ ) e dentro de progênies ( $\hat{h}_d^2$ ) para altura em testes de procedências e progênies de *Eucalyptus*.

Caráter/Espécie	Idade (anos)	Local	$CV_g$ (%)	$\hat{h}_i^2$	$\hat{h}_m^2$	$\hat{h}_d^2$	Autor
<b>Altura</b>							
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5,6	Paraopeba-MG	5,85	--	0,60	0,25	Paula <i>et al.</i> , 2002
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	19	Luiz Antônio-SP	3,36	--	0,73	--	Moraes <i>et al.</i> 2007
<i>Eucalyptus grandis</i>	2	São Simão-SP	--	0,32	0,45	--	Oda <i>et al.</i> , 1989
<i>Eucalyptus grandis</i>	3,8	Governador Valadares-MG	36,17	0,37	0,69	0,31	Martins <i>et al.</i> , 2001
<i>Eucalyptus grandis</i>	3,7	Biritiba Mirim (SP)	3,86	0,21	--	--	Menck <i>et al.</i> , 1986
<i>Eucalyptus grandis</i>	4,8	Guanhães-MG	8,67	0,27	--	--	Rocha <i>et al.</i> , 2006
<i>Eucalyptus grandis</i>	4,8	Guanhães-MG	8,89	0,27	--	--	Rocha <i>et al.</i> , 2007
<i>Eucalyptus resinifera</i>	21	Luiz Antônio-SP	3,00	--	0,37	--	Sato <i>et al.</i> 2007
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	General Camara-RS	3,76	0,14	--	--	Mori <i>et al.</i> , 1986
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	Brotas-SP	2,60	0,18	--	--	Mori <i>et al.</i> , 1986
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	Bom Despacho-MG	8,43	0,37	--	--	Mori <i>et al.</i> , 1986
<i>Eucalyptus</i> spp.	6,8	Guatapara-SP	3,92	--	0,48	--	Tolfo <i>et al.</i> , 2005
<i>Eucalyptus urophylla</i>	4,8	Guanhães-MG	9,57	0,36	0,92	--	Rocha <i>et al.</i> , 2007
<i>Eucalyptus urophylla</i>	7	Aracruz (ES), Bom Despacho, Grão Mogol e Belo Oriente (MG)	6,85	0,39	0,60	0,37	Mori <i>et al.</i> , 1988
<i>Eucalyptus urophylla</i>	19	Anhembi-SP	2,39	0,13	0,10	0,10	Scanavaca Junior <i>et al.</i> , 2003
<b>Média das espécies de <i>Eucalyptus</i></b>			<b>7,67</b>	<b>0,27</b>	<b>0,55</b>	<b>0,26</b>	

TABELA 3 – Estimativas dos coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ), herdabilidade em nível de plantas individuais ( $\hat{h}_i^2$ ), média de progênies ( $\hat{h}_m^2$ ) e dentro de progênies ( $\hat{h}_d^2$ ) para volume e forma em testes de procedências e progênies de *Eucalyptus*.

Caráter/Espécie	Idade (anos)	Local	$CV_g$ (%)	$\hat{h}_i^2$	$\hat{h}_m^2$	$\hat{h}_d^2$	Autor
<b>Volume</b>							
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5,6	Paraopeba-MG	14,40	--	0,66	0,28	Paula <i>et al.</i> , 2002
<i>Eucalyptus grandis</i>	4,8	Guanhaes-MG	26,89	0,21	--	--	Rocha <i>et al.</i> , 2006
<i>Eucalyptus grandis</i>	4,8	Guanhães-MG	24,30	0,21	--	--	Rocha <i>et al.</i> , 2007
<i>Eucalyptus resinifera</i>	21	Luiz Antônio-SP	12,1	--	0,59	--	Sato <i>et al.</i> 2007
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	General Camara-RS	12,32	0,20	--	--	Mori <i>et al.</i> , 1986
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	Brotas-SP	8,18	0,05	--	--	Mori <i>et al.</i> , 1986
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	Bom Despacho-MG	17,66	0,27	--	--	Mori <i>et al.</i> , 1986
<i>Eucalyptus urophylla</i>	4,8	Guanhães-MG	32,97	0,31	0,92	--	Rocha <i>et al.</i> , 2007
<i>Eucalyptus urophylla</i>	7	Aracruz (ES), Bom Despacho, Grão Mogol e Belo Oriente (MG)	17,93	0,25	0,48	0,22	Mori <i>et al.</i> , 1988
<b>Média</b>			<b>16,74</b>	<b>3,18</b>	<b>0,57</b>	<b>0,25</b>	
<b>Forma</b>							
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	19	Luiz Antônio-SP	8,80	--	0,80	--	Moraes <i>et al.</i> 2007

## 2.9 Métodos de melhoramento e conservação genética

O melhoramento florestal é uma ferramenta de uso muito comum em grande parte das espécies arbóreas cultivadas. Em diversas espécies florestais ela tomou tamanha proporção que atualmente florestas clonais, a partir deste melhoramento, constituem a grande maioria dos povoamentos comerciais (REVISTA DA MADEIRA, 2004). A principal causa disso é que o aumento na demanda por produtos florestais como madeira para produção de polpa celulósica, carvão e serraria, tornou necessária a melhoria de povoamentos florestais com espécies do gênero *Eucalyptus*, no curto prazo. Deste modo, o longo tempo entre as gerações das espécies florestais dificultava a implantação de programas tradicionais de melhoramento, que gerariam no longo prazo famílias superiores (REVISTA DA MADEIRA, 2004).

O melhoramento florestal centra-se na identificação e na quantificação da variabilidade apresentada por caracteres de interesse, e sua utilização na manutenção da produtividade. Dessa forma, os programas de melhoramento florestal consistem em: a) Determinar as espécies ou fontes geográficas dentro de uma espécie, que possam ser usadas em uma dada área; b) Determinar as causas, a quantidade e a natureza da variação dentro de espécies; c) Produzir árvores que reúnam as combinações de caracteres desejados; d) Produzir materiais melhorados para fins de reflorestamento; e) Desenvolver e manter uma população base, suficientemente adequada, para garantir progressos em gerações avançadas (ZOBEL e TALBERT, 1984).

O melhoramento de plantas consiste basicamente em modificar seu patrimônio genético, com a finalidade de obter variedades, ou híbridos, capazes de apresentar maior rendimento possível, com produtos de alta qualidade e capazes de se adaptar às condições de um determinado ambiente, além de exibirem resistência às principais pragas e doenças. Desse modo, a variabilidade genética existente na população de melhoramento é a matéria prima sobre a qual são realizados processos de seleção e recombinação (REVISTA DA MADEIRA, 2004).

O melhoramento genético de espécies florestais tem como principais objetivos o aumento da produtividade, obtenção de matéria-prima de maior qualidade, a melhoria das condições adaptativas das espécies, a tolerância a pragas e doenças e ainda a manutenção

da variabilidade genética, sem com isso comprometer a base genética da população, requisito fundamental para a obtenção de ganhos genéticos no longo prazo (MORI, 1993).

Uma das mais significativas contribuições da genética quantitativa para o melhoramento genético de plantas é a possibilidade de estimar os componentes de variação genética, fornecendo subsídios para a tomada de decisões durante o planejamento e condução de programas de melhoramento. Os componentes da variação genética auxiliam na escolha da população base e do método de seleção, permitindo inclusive avaliações para definir a viabilidade da continuação de um programa de melhoramento em andamento (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1988).

Nesses programas de melhoramento genético florestal, a seleção de árvores normalmente se fundamenta na análise de caracteres quantitativos como: crescimento, forma e qualidade da madeira (MORAES *et al.*, 1997). No entanto, para a obtenção de ganhos genéticos ressalta-se a importância do monitoramento da base genética, a fim de evitar perdas excessivas de variabilidade, o que compromete os objetivos do programa de melhoramento (MORI, 1993).

Programas de melhoramento florestal, em geral, seguem os seguintes passos: teste de espécie, teste de procedência das espécies de maior potencial, teste de progênies das melhores procedências e hibridação ou seleção em teste de progênies de irmãos-completos. Uma das etapas fundamentais em programas de melhoramento genético florestal é a análise dos testes de progênies que permitem quantificar a herança de caracteres quantitativos de valor econômico, bem como estimar ganhos genéticos esperados pela seleção. Dentre os diversos parâmetros genéticos estimados em testes de progênies, um dos mais importantes é o coeficiente de herdabilidade, que mede o controle genético existente em um caráter, portanto, o potencial que o melhorista tem para a seleção é o melhoramento genético (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992)

De acordo com Resende (2002b), o sucesso de um programa prático de melhoramento genético de espécies perenes depende quase exclusivamente de conhecimentos do produto final de interesse, do germoplasma disponível para obtenção de tais produtos, conhecimento dos fatores ambientais que interferem na expressão fenotípica e de metodologias de seleção e melhoramento, destacando-se o emprego eficiente das técnicas de genética quantitativa.

Para Higa *et al.*, (1997), a restrição da base genética é um fator limitante para os programas de melhoramento, e por isso, a escolha adequada do número e caracteres dos genitores deve ser um fator importante a considerar, evitando o comprometimento futuro do programa.

A etapa de identificação de germoplasma base, comumente para o gênero *Eucalyptus*, baseia-se na instalação de testes de procedências, para inferir sobre a média populacional, ou testes de procedências e progênies, para se inferir sobre a média populacional e variabilidade genética (KAGEYAMA e DIAS, 1985). No melhoramento florestal, outra etapa importante no ciclo de melhoramento é a seleção e métodos de seleção, que é definida como a reprodução diferencial dos diferentes genótipos na natureza (seleção natural) ou aquela promovida pelo homem (seleção artificial).

Na seleção artificial, o melhorista florestal atua em duas etapas básicas: (i) a predição do valor genético dos indivíduos e (ii) a decisão sobre como utilizar os indivíduos que apresentam os maiores valores genéticos preditos (RESENDE, 2002b). De acordo com esse autor os critérios de seleção representam o caráter ou um conjunto de caracteres em que a seleção se baseia, com a finalidade de avaliar e ordenar os candidatos à seleção, para os objetivos do melhoramento. Para a avaliação do caráter, este depende dos parâmetros genéticos e fenotípicos (herdabilidade, repetibilidade e correlações genéticas e fenotípicas associadas aos caracteres).

A dificuldade de seleção é devida à complexidade da base genética do material experimental e a influência acarretada pelo efeito ambiental. Desta forma os programas de melhoramento apresentam três etapas: (i) escolha dos genitores para comporem a população base; (ii) seleção de indivíduos superiores nesta população e (iii) avaliação destes em um grande numero de ambientes, objetivando a seleção de genótipos com alta produtividade que serão recomendados comercialmente (CROSSA, 1990).

No Brasil, pode-se citar em ordem cronológica os seguintes métodos de seleção: (i) seleção massal e a seleção entre e dentro de progênies (KAGEYAMA e VENCOVSKY, 1983); (ii) índice de seleção multivariado (RESENDE e VENCOVSKY, 1990); (iii) índice de seleção univariado utilizando informações de parentes (BUENO FILHO, 1992; RESENDE e HIGA, 1994; PIRES *et al.*, 1996); (iv) índice de seleção mutivariado

multiefeitos (RESENDE, 1994); (v) seleção entre e dentro de progênies com equivalência entre unidades de seleção e de recombinação (RESENDE, 1999a).

Para caracteres de baixa herdabilidade, o método mais eficiente é o índice multiefeitos univariado ou multivariado, em termos de ganho genético, tamanho efetivo da população, acuidade e diferencial de seleção realizado (RESENDE *et al.*, 1995). Os procedimentos Melhor Predição Linear – BLP (“Best Linear Prediction”) e Melhor Predição Linear Não-Viciada – BLUP (“Best Linear Unbiased Prediction”) também tem sido empregados (RESENDE *et al.*, 1996), este último são considerados pelos autores como sendo o mais preciso, principalmente quando se trata de dados desbalanceados. No melhoramento genético de *Eucalyptus*, avanços foram conseguidos em termos de definição de espécies, procedências adaptadas aos ambientes de cultivo, adequação ao produto final, métodos de propagação, hibridação e silvicultura clonal, em que é possível programar os cruzamentos pela indução floral em genitores enxertados e conduzidos em casa de vegetação (ROCHA *et al.*, 2007). Em melhoramento, depois de selecionado o germoplasma, surge a necessidade de dimensionamento da população-base inicial a ser trabalhada. Resende (1999) especifica que, para o melhoramento, a população deve conter variabilidade genética suficiente no curto e longo prazo, sendo que a técnica de recombinação de diferentes populações permite a inclusão dos melhores indivíduos em uma pequena população de melhoramento. Mas quando se quer fazer a conservação dos recursos genéticos, manter as populações isoladas é mais adequado, pois preserva todo o conjunto gênico particular de cada população. Em outro âmbito, a reunião de diferentes populações mantidas isoladamente contribuirá futuramente, segundo Resende e Vencovsky (1990), para o aumento da variabilidade genética e do tamanho efetivo populacional.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local de ensaio, amostragem e delineamento experimental

As 35 progênies testadas (Tabela 6) na Estação Experimental de Luiz Antônio, do Instituto Florestal de São Paulo, são originadas de polinização aberta de árvores da região de Queensland, Austrália. O teste de progênies foi instalado em 11 de novembro de 1985, a 21°40' S, 47°49' W e altitude de 550 m. O clima da Estação Experimental de Luiz Antônio é classificado como tropical do Brasil Central, sub-quento e úmido, tendo duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca (junho a agosto). A precipitação anual média é de 1433 mm e a temperatura média anual de 21,7° C, sendo que os meses mais quentes são janeiro, fevereiro e março, e os mais frios maio, junho e julho.

O delineamento experimental utilizado para o ensaio foi blocos ao acaso, com parcelas de uma planta, em espaçamento 4 x 4 m, 100 repetições, com bordadura dupla para todo o ensaio. Em outubro de 2009 procedeu-se à coleta dos dados para os caracteres de altura (m), DAP (diâmetro a altura do peito – 1,30 m a partir do solo) (cm) e forma do fuste [utilizando um sistema de notas, com valores variando de um (pior forma) a cinco (melhor forma)]. O volume foi calculado pela expressão:  $V_r = [\pi(DAP)^2 h F_F] / 4$ , sendo  $h$  a altura e  $F_F$  o fator de forma (0,67), (OLIVEIRA *et al.*, 2000).

#### 3.2 Análise estatística

Para estimar se existiam diferenças entre progênies para os caracteres mensurados utilizou-se análise de variância, usando-se o programa SAS (SAS, 1999) e o procedimento GLM e foram conduzidas em nível de plantas individuais para cada caráter. Ainda, para cada caráter foi realizado utilizando-se o modelo de blocos ao acaso, assumindo o seguinte modelo misto:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij} ,$$

em que,  $Y_{ij}$  é o valor fenotípico do  $i$ -ésimo indivíduo da  $j$ -ésima repetição;  $\mu$  é o termo fixo da média total;  $b_j$  é o efeito fixo da  $j$ -ésima repetição (bloco);  $t_i$  é o efeito aleatório da  $i$ -ésima progênie;  $e_{ij}$  é o efeito da interação aleatória entre a  $i$ -ésima progênie e  $j$ -ésima repetição (erro entre parcelas). Sendo,  $i = 1 \dots I$  ( $I$  é o número de repetições);  $j = 1 \dots J$  ( $J$  é o número de repetições (blocos));

Suposições:  $t_i \sim N(0; \sigma_p^2)$  e independentes.

$e_{ij} \sim N(0; \sigma_e^2)$  e independentes.

TABELA 4 - Quadro da análise de variância para cada caráter em nível de plantas individuais.

FV	GL	QM	E(QM)
Blocos	$J-1$	$QM_{\text{blocos}}$	$\frac{\sigma_e^2 + \sum bj^2}{J-1}$
Progênies	$I-1$	$QM_{\text{progênies}}$	$\sigma_e^2 + J\sigma_p^2$
Blocos x progênies (erro)	$(J-1)(I-1)$	$QM_{\text{entre}}$	$\sigma_e^2$
Total	$N-1$	-	-

Em que:  $J$  = número de blocos

$I$  = número de progênies

### 3.3 Estimativas de componentes da variância e parâmetro genéticos

Os componentes de variância foram estimados utilizando-se o método REML (*Restricted Maximum Likelihood*), através do procedimento VARCOMP do programa estatístico SAS. Os componentes estimados foram:  $\hat{\sigma}_p^2$  = variância genética entre progênies e  $\hat{\sigma}_e^2$  = variância ambiental. Desses componentes de variância foram estimadas a variância fenotípica total ( $\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_p^2$ ) e variância genética aditiva,  $\hat{\sigma}_A^2 = \hat{\sigma}_p^2 / \hat{r}_{xy}$ , sendo  $\hat{r}_{xy}$  o coeficiente médio de parentesco entre plantas dentro de progênies, o qual foi estimado utilizando a expressão:

$$\hat{r}_{xy} = 0,25(1 + \hat{F}_p) [4\hat{s} + (\hat{t}^2 + \hat{t}\hat{s}\hat{r}_s)(1 + \hat{r}_p)] \quad (\text{RITLAND, 1989}),$$

em que:  $\hat{F}_p$  é o coeficiente de endogamia ou índice de fixação na geração parental,  $\hat{s}$  é a taxa de autofecundação,  $\hat{t}$  é a taxa de cruzamento,  $\hat{r}_s$  é a correção de autofecundação (mede a variação individual na taxa de cruzamentos), e  $\hat{r}_p$  é a correlação de paternidade (mede a proporção de irmãos-completos dentro das progênies). Para calcular  $\hat{r}_{xy}$  foi utilizada a taxa de cruzamento ( $\hat{t}_m = 0,754 \pm 0,089$ ) calculada para média de 18 espécies de *Eucalyptus* (Sebbenn, 2001). A correlação de paternidade ( $\hat{r}_p$ ) e a correlação de autofecundação ( $\hat{r}_s$ ) foram calculadas para a média de apenas cinco espécies, visto que são as únicas estimativas existentes na literatura corrente ( $\hat{r}_p = 0,390 \pm 0,184$ ;  $\hat{r}_s = 0,290 \pm 0,108$ ). Assumiu-se ausência de endogamia na geração parental ( $\hat{F}_p = 0$ ). Isso resultou no coeficiente de parentesco dentro de progênies de 0,462 e a variância genética aditiva foi calculada finalmente por:  $\hat{\sigma}_A^2 = \hat{\sigma}_p^2 / 0,462$ .

Os coeficientes de herdabilidade, o coeficiente de variação genética e medidas de correlações entre caracteres foram estimados com base em Namkoong (1979). Foram estimados os coeficientes de herdabilidade em nível de média de progênies ( $\hat{h}_m^2$ ), herdabilidade dentro de progênies ( $h_d^2$ ), herdabilidade em nível de plantas individuais ( $h_i^2$ ) e acurácia (Ac) usando-se a expressão:

$$\hat{h}_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{J}},$$

em que:  $J$  é o número de repetições.

$$\hat{h}_d^2 = \frac{(1 - \hat{r}_{xy})\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2},$$

$$\hat{h}_i^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2} \text{ e}$$

$$Ac = \sqrt{\hat{h}_m^2}$$

Os ganhos genéticos esperados com a seleção entre progênes ( $G_e$ ) foram calculada por,

$$\hat{G}_e = i_e \hat{\sigma}_F \hat{h}_m^2,$$

em que,  $i_e$  é intensidade de seleção em unidade de desvio padrão, aplicada entre progênes e  $\hat{\sigma}_F$  é o desvio padrão fenotípico total. Foram propostos dois métodos de seleção: um objetivando a transformação do teste de progênes em um pomar de sementes por mudas e outro objetivando a seleção de clones para a formação de um reflorestamento comercial. No primeiro caso, adotou-se menor intensidade de seleção. Para a formação de um pomar de sementes por mudas foram selecionadas 17 progênes (17:34, 50% -  $i_e=0,9074$ ); (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1988). No segundo caso, adotou-se maior intensidade de seleção, ou seja, a seleção de 10 progênes (10:34, 29% -  $i_e=1,133$ ); (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1988). Os ganhos esperados na seleção em porcentagem [ $G_{ed}(\%)$ ] foram estimados por:

$$\hat{G}_{ed}(\%) = \frac{100\hat{G}_e}{\bar{y}},$$

em que:  $\bar{y}$  é a média do caráter sob consideração.

As melhores progênes foram selecionadas utilizando um índice combinado para múltiplos caracteres:

$I_S = \bar{y}_{DAP} I_{DAP} + \bar{y}_{altura} I_{altura} + \bar{y}_{volume} I_{volume} + \bar{y}_{forma} I_{forma}$ , em que,  $I_{DAP}$ ,  $I_{altura}$ ,  $I_{volume}$  e  $I_{forma}$  são os pesos dados para os caracteres DAP, altura, volume e forma, respectivamente;  $\bar{y}_{DAP}$ ,  $\bar{y}_{altura}$ ,  $\bar{y}_{volume}$  e  $\bar{y}_{forma}$  são as médias das progênes para os caracteres DAP, altura, volume e forma, respectivamente. Para DAP e forma foram atribuídos o peso 0,30, para altura e volume o peso 0,20. Baseados nestes índices fenotípicos foram determinadas as melhores progênes para o pomar de sementes por mudas e para o reflorestamento comercial.

### 3.4 Correlações genéticas e fenotípicas

As correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres DAP, altura e volume foram estimadas dos valores individuais de acordo com as equações,

$$\hat{r}_{F_{XY}} = \frac{\hat{\sigma}_{F_X F_Y}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{F_X}^2 \cdot \hat{\sigma}_{F_Y}^2}} \text{ e}$$

$$\hat{r}_{g_{XY}} = \frac{\hat{\sigma}_{p_X p_Y}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{p_X}^2 \cdot \hat{\sigma}_{p_Y}^2}},$$

em que:  $\hat{r}_{F_{XY}}$  e  $\hat{r}_{g_{XY}}$  são os coeficientes de variação fenotípica e genética,  $\hat{\sigma}_{F_X F_Y}$  e  $\hat{\sigma}_{p_X p_Y}$  são os produtos cruzados fenotípicos e genéticos dos caracteres  $x$  e  $y$ , estimados das análises de covariância,  $\hat{\sigma}_{F_X}^2$ ,  $\hat{\sigma}_{p_X}^2$  e  $\hat{\sigma}_{F_Y}^2$ ,  $\hat{\sigma}_{p_Y}^2$  são as variâncias fenotípicas e genéticas dos caracteres  $x$  e  $y$ , respectivamente.

### 3.5 Coancestria e tamanho efetivo

A população após a seleção foi caracterizada em termos do coeficiente de coancestria de grupo ( $\hat{\Theta}_{xy}$ ), que se refere à endogamia que poderia ser gerada por cruzamentos aleatórios nas sementes coletadas no teste após a seleção. O coeficiente de coancestria foi estimado baseado na representação das progênes (KANG *et al.*, 2001):

$$\hat{\Theta}_{xy} = \frac{0,5(1 + \hat{F}_p)nm + \hat{\theta}_{xy}mn(n-1)}{(nm)^2},$$

sendo  $m$  o número de progênes selecionadas,  $n$  o número de plantas selecionadas dentro de progênes,  $\hat{F}_p$  é o coeficiente de endogamia na população, assumido como zero ( $\hat{F}_p = 0$ ) e  $\hat{\Theta}_{xy}$  é o coeficiente de coancestria dentro de progênes, assumido como 0,231 ( $\hat{\Theta}_{xy} = \hat{r}_{xy} / 2 = 0,462 / 2$ ; assumindo ausência de endogamia na geração parental,  $\hat{F}_p = 0$ ).

O tamanho efetivo ( $N_e$ ) foi estimado como a metade do coeficiente inverso de coancestria de grupo (LINDGREN *et al.*, 1996):  $\hat{N}_e = \frac{0,5}{\hat{\Theta}_{xy}}$ .

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Variação ambiental e genética

A análise de variância detectou diferenças entre blocos para todos os caracteres (Tabela 5) e também revelou diferenças significativas (1% de probabilidade) entre média de progênes para todos os caracteres avaliados, sugerindo a presença de variação genética entre progênes e a possibilidade de melhoramento a partir da seleção das progênes mais produtivas.

TABELA 5 – Quadrados médios, coeficiente de variação e médias para os caracteres DAP, altura, volume e forma de tronco em progênes de polinização aberta de *Eucalyptus cloeziana*, crescendo em Luiz Antônio – SP, aos 24 anos de idade.

Fonte de Variação	GL	DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m <sup>3</sup> /árvore)	Forma
Blocos	99	61,0131 **	14,7512 **	0,3769**	0,3568 **
Progênes	34	597,3988 **	54,4570 **	4,1864 **	1,1305 **
Erro entre	2670	47,1106	11,2151	0,3121	0,1208
Média		28,63	26,18	1,2064	2,72
CV		23,9	12,8	46,3	21,6

\*\*·  $P \leq 0,01$

## 4.2 Crescimento dos caracteres

Observa-se na tabela 6 que a média da população para o DAP foi de 28,63 cm, para a altura de 26,18 m, volume de 1,1858 m<sup>3</sup>/arvore e para forma do fuste foi estimada em 2,72.

TABELA 6. Médias para os caracteres DAP, altura, volume e forma em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus cloeziana* em Luiz Antônio - SP.

	DAP		ALT		VOL			Progênies	Índice
Prog.	(cm)	Prog.	(m)	Prog.	(m <sup>3</sup> )	Prog.	FOR	Selecionadas	
329	33,8	335	27,1	329	1,675	318	3,34	324	15,3
324	33,5	91	27,1	324	1,619	324	3,32	329	15,2
327	33,1	313	27,0	327	1,595	101	3,23	327	15,2
335	32,7	327	26,9	335	1,579	316	3,19	335	15,0
314	32,0	92	26,9	314	1,506	104	3,17	314	14,6
317	31,4	322	26,8	317	1,415	334	3,07	317	14,5
330	31,1	332	26,8	332	1,383	327	3,04	332	14,4
332	30,7	323	26,7	334	1,361	323	2,94	330	14,3
318	30,6	336	26,7	330	1,357	90	2,92	318	14,3
334	30,3	316	26,6	328	1,317	313	2,88	334	14,3
104	30,2	334	26,6	318	1,314	322	2,87	104	14,1
328	29,5	325	26,6	104	1,300	106	2,86	328	13,8
101	29,3	324	26,5	336	1,256	320	2,86	101	13,7
102	29,2	106	26,5	313	1,218	330	2,85	313	13,7
336	28,9	312	26,5	101	1,203	315	2,83	336	13,7
313	28,5	105	26,4	102	1,159	331	2,82	102	13,5
331	28,3	320	26,4	312	1,144	317	2,81	331	13,5
319	28,0	315	26,4	320	1,139	91	2,77	320	13,4
320	27,8	314	26,3	331	1,134	332	2,77	322	13,4
312	27,7	328	26,2	319	1,123	335	2,71	312	13,3
322	27,4	329	26,2	325	1,113	92	2,70	319	13,2
333	27,2	333	26,2	322	1,103	102	2,67	92	13,1
325	27,1	317	26,1	92	1,078	329	2,66	333	13,1
321	26,9	319	26,0	333	1,060	312	2,61	106	13,1
92	26,8	321	25,9	321	1,050	328	2,60	325	13,1
106	26,7	331	25,8	106	1,033	333	2,59	321	13,0
103	26,3	330	25,8	105	1,025	99	2,57	315	12,9
105	26,2	318	25,7	315	1,021	321	2,57	91	12,8
315	26,1	104	25,6	91	1,013	336	2,44	105	12,7
91	25,7	103	25,6	103	0,999	314	2,41	323	12,6
99	25,6	326	25,5	323	0,959	325	2,34	103	12,5
323	25,1	101	25,0	316	0,914	319	2,19	316	12,4
316	24,2	102	24,7	99	0,893	105	2,01	99	12,3
90	23,8	99	24,3	326	0,779	103	1,99	326	11,4

Examinando-se os dados de incremento médio anual (IMA) entre as espécies (TABELA 7), fica evidente que *Eucalyptus cloeziana* apresenta um crescimento em altura inferior a maioria das espécies do gênero *Eucalyptus*, com exceção de *Eucalyptus resinífera* em Luiz Antonio-SP e *Eucalyptus brassiana* em Planaltina-MG que aproximou do crescimento da espécie em estudo. O mesmo aconteceu para DAP que obteve valores inferiores a maioria das espécies do gênero, com exceção de *Eucalyptus camaldulensis* em Lagoa Grande-PR e *Eucalyptus brassiana* em Planaltina-MG. Embora o estágio avançado da avaliação do experimento (24 anos) influencie e diminua a média de crescimento, no atual trabalho. Os incrementos geralmente tendem a ser altos nos primeiros anos de plantio, e diminuem com o passar dos anos e desenvolvimento das árvores.

TABELA 7 – Desempenho de crescimento em altura e DAP de *Eucalyptus*.

Espécie	Idade (anos)	Local	Altura (m)	IMA altura (m)	DAP (cm)	IMA DAP (cm)	Fonte
<i>Eucalyptus brassiana</i>	13	Planaltina-MG	13,6	1,04	12,5	0,96	Moura <i>et al.</i> , 1995
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	4,3	Lagoa Grande-PR	--	--	4,82	1,12	Drumond <i>et al.</i> , 2003
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5,6	Paraopeba - MG	15,91	2,84	10,16	1,81	Scarpim <i>et al.</i> , 1999
<i>Eucalyptus camadulensis</i>	5,6	Paraopeba-MG	11,99	2,14	10,28	1,84	Martins <i>et al.</i> , 2002
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	6,7	Presidente Olegário/Brasilândia-MG	--	--	10,82	1,61	Pereira <i>et al.</i> , 1997
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	7	Campo Mourão-PR	16,56	2,36	15,29	2,18	Del Quiqui <i>et al.</i> , 2001
<i>Eucalyptus citriodora</i>	5,0	Selvíria-MS	11,83	2,36	12,52	2,5	Oliveira <i>et al.</i> , 1999
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	6,7	Bocaiuva-MG	--	--	11,18	1,67	Marques Junior <i>et al.</i> , 1996
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	24	Luiz Antonio-SP	26,08	1,09	28,42	1,18	Presente estudo
<i>Eucalyptus grandis</i>	1	Mogi-Guaçu-SP	--	--	4,8	4,8	Bellote <i>et al.</i> , 1980
<i>Eucalyptus grandis</i>	2	Mogi-Guaçu-SP	--	--	8,8	4,4	Bellote <i>et al.</i> , 1980
<i>Eucalyptus grandis</i>	2,5	Cascavel-PR	--	--	10,09	4,03	Carrijo <i>et al.</i> , 2008
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	Mogi-Guaçu-SP	--	--	12,0	4,0	Bellote <i>et al.</i> , 1980
<i>Eucalyptus grandis</i>	3,4	Cascavel-PR	--	--	11,11	3,27	Carrijo <i>et al.</i> , 2008
<i>Eucalyptus grandis</i>	3,7	Biritiba Mirim (SP)	17,88	4,83	12,72	3,44	Menck <i>et al.</i> , 1986
<i>Eucalyptus grandis</i>	3,8	Gov. Valadares-MG	--	--	17,49	4,60	Martins <i>et al.</i> , 2001

---

<i>Eucalyptus grandis</i>	3,8	Cascavel-PR	--	--	12,36	3,25	Carrizo <i>et al.</i> , 2008
<i>Eucalyptus grandis</i>	4	Mogi-Guaçu-SP	--	--	12,7	3,2	Bellote <i>et al.</i> ,1980
<i>Eucalyptus grandis</i>	5	Mogi-Guaçu-SP	--	--	13,7	2,7	Bellote <i>et al.</i> ,1980
<i>Eucalyptus maidenii</i>	11		22,33	2,03	18,34	1,67	Ettori e Sato, 1996
<i>Eucalyptus paniculata</i>	7	Campo Mourão-PR	15,86	2,26	19,29	2,04	Del Quiqui <i>et al.</i> , 2001
<i>Eucalyptus pseudoglobulus</i>	11		21,93	1,99	18,14	1,65	Ettori e Sato, 1996
<i>Eucalyptus resinifera</i>	21	Luiz Antônio-SP	22,48	1,07	38,57	1,84	Sato <i>et al.</i> , 2007
<i>Eucalyptus sp.</i>	20	Assis-SP	28,39	1,42	21,02	1,05	Sebbenn <i>et al.</i> , 2008a
<i>Eucalyptus spp.</i>	6,8	Guatapar-SP	22,17	3,26	19,83	2,92	Tolfo <i>et al.</i> , 2005
<i>Eucalyptus tereticornes</i>	4,3	Lagoa Grande-PR	--	--	5,10	1,19	Drumond <i>et al.</i> , 2003
		Aracruz(ES), Bom		2,21		1,73	
<i>Eucalyptus urophylla</i>	7	Despacho, Grão Mogol e Belo Oriente (MG)	15,45		12,10		Mori <i>et al.</i> , 1988

---

### 4.3 Correlações fenotípicas e genéticas

As estimativas das correlações fenotípicas e genotípicas evidenciaram associações positivas, significativas entre DAP e volume (Tabela 8). A correlação genotípica entre altura e volume foi também positiva e significativa. Ainda, todas as correlações genéticas foram maiores do que as fenotípicas. Este resultado é altamente favorável à prática de seleção indireta. As associações positivas entre os caracteres indicam que a seleção em um caráter pode trazer ganhos indiretos em outro, em especial entre DAP e volume. Por outro lado a correlação genética entre DAP e altura, embora positiva, não foi significativa. Este resultado foi inesperado, visto que um grande número de estudos desta associação genética em espécies arbóreas tem mostrado forte correlação genética entre estes dois caracteres (SEBBENN *et al.*, 2004; 2007; 2008a; 2009; FREITAS *et al.*, 2008). Uma possível explicação para este resultado é o fato de que a variação para altura foi relativamente baixa, devido à idade das árvores e a uma possível redução no incremento médio anual das alturas das plantas.

TABELA 8 - Correlações genotípicas ( $r_g$ ) e fenotípicas ( $r_F$ ) entre os caracteres DAP, altura e volume em progênies de *Eucalyptus cloeziana*, aos 24 anos de idade, em Luiz Antônio - SP.

	$\hat{r}_g$	$\hat{r}_F$
DAP vs Altura	0,34	0,05
DAP vs Volume	1,0 **	0,92 **
Altura vs Volume	0,55 *	0,23

\*:  $P \leq 0,05$ ;

\*\* :  $P \leq 0,01$ .

Por outro lado, a alta associação genotípica entre DAP e volume e entre altura e volume era esperada, considerando que o volume é calculado diretamente destas duas variáveis e, portanto, é diretamente dependente destas. Tendo em vista que o caráter DAP é de fácil mensuração e sujeito a menores erros do que a altura total de plantas, em especial

em idades avançadas da população, este é o caráter mais indicado para a seleção direta e o volume pode ser melhorado pela seleção indireta, ou seja, pela seleção do DAP.

#### 4.4 Variação genética e coeficientes de herdabilidade

Sabe-se que os ganhos na seleção são função da variação genética herdável existente nas populações (variação genética aditiva), do controle genético (herdabilidade) dos caracteres que se pretende melhorar, da acurácia seletiva e da intensidade de seleção aplicada. Por isso, para prever os ganhos genéticos com a seleção, é fundamental estimar parâmetros genéticos.

No presente estudo, o coeficiente de variação genética ( $CV_g$ ) para o caráter DAP (Tabela 9) foi alto (9,35%), para altura e forma foram medianos (3,24 e 4,24%, respectivamente) e para o volume foi baixo (0,02%). O coeficiente de variação genética aditiva ( $CV_A$ ) apresentou o mesmo padrão, mas foi superior ao coeficiente de variação genotípica. Isto indica a existência de variação genética herdável na população, em especial para DAP, indicando possibilidade de maiores ganhos genéticos para eles.

O coeficiente de herdabilidade em nível de média de progênies ( $\hat{h}_m^2$ ) foi alto para todos os caracteres, variando entre 0,8648 e 0,9427, o que sugere um forte controle genético em termos de média de progênies. Os coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais ( $\hat{h}_i^2$ ) e dentro de progênies ( $\hat{h}_d^2$ ) foram relativamente altos, quando comparados com os dados obtidos por Sato *et al.* (2007) que observaram valores de ( $\hat{h}_i^2$ )= 0,06 e ( $\hat{h}_d^2$ )= 0,03 no mesmo local do ensaio estudado para DAP, quando estimados, assumindo que as progênies eram de meios-irmãos. Contudo, quando essas herdabilidades foram estimadas assumindo que a espécie apresenta um sistema misto de reprodução, os valores foram substancialmente reduzidos e indicaram super-estimativas variando de 40,38% a 64,31%.

Entretanto, mesmo com a correção para o sistema de reprodução, os valores de herdabilidade estimados foram promissores, atingindo 0,3732 para DAP. Isso indica, relativamente, forte controle genético dos caracteres, em especial para os caracteres DAP,

volume e forma e que a seleção massal no experimento ou dentro de progênies permite a capitalização de ganhos genéticos.

A acurácia seletiva foi também alta, variando de 0,9299 a 0,9709, o que sugere alta precisão na seleção de árvores no experimento.

TABELA 9 - Estimativa de parâmetros genéticos para os caracteres DAP, altura, volume e forma, assumindo progênies de *Eucalyptus cloeziana* como meios-irmãos (MI) e de sistema misto de cruzamento (SM).

Parâmetros	DAP	Altura	Volume	Forma
Coefficiente de variação genética- $CV_g$ (%)	9,35	3,24	0,02	4,24
Coefficiente de variação genética aditiva- $CV_A$ (%)	13,75	4,76	0,03	6,24
Herdabilidade entre progênies - $\hat{h}_m^2$	0,9382	0,8648	0,9427	0,9171
Herdabilidade individual (MI) - $\hat{h}_i^2$	0,5239	0,2417	0,3812	0,3991
Herdabilidade individual (SM) - $\hat{h}_i^2$	0,3732	0,1471	0,2500	0,2644
Superestimativa relativa (%)	40,38	64,31	52,48	50,95
Herdabilidade dentro de progênies (MI) - $\hat{h}_d^2$	0,4521	0,1930	0,4839	0,3325
Herdabilidade dentro de progênies (SM) - $\hat{h}_d^2$	0,3243	0,1384	0,3471	0,2385
Superestimativa relativa (%)	39,41	39,45	39,41	39,41
Acurácia seletiva - $Ac$	0,9686	0,9299	0,9709	0,9577

#### 4.5 Coancestria de grupo e tamanho efetivo

Assumindo um coeficiente médio de coancestria dentro de progênies ( $\hat{\Theta}$ ) de 0,232, ausência de endogamia na geração parental ( $\hat{F}_p = 0$ ) e total ausência de parentesco entre plantas de diferentes progênies, estimou-se um coeficiente médio de coancestria na população (teste de progênies) antes da seleção de 0,007. Este coeficiente de coancestria produz um tamanho efetivo ( $N_s$ ) antes da seleção de 72,55, ou seja, as 2807 plantas das 35 progênies correspondem a apenas 73 plantas não endogâmicas e não parentes ( $N_s/N=0,03$ ). Uma interpretação alternativa seria a de que as 2807 plantas das 35

progênes correspondem a apenas 73 plantas de uma população panmítica ideal. Este baixo tamanho efetivo se deve ao fato de que dentro das progênes, os indivíduos são parentes no mínimo como meios irmãos, mas muitos são provavelmente irmãos-completos e até irmãos de auto-fecundação, e existem aproximadamente 80 plantas dentro das progênes. Isto por que, neste caso, a sobrevivência foi de 80%. Este alto parentesco dentro das progênes reduz o tamanho efetivo devido a alta frequência de alelos descendentes na população.

A fim de entender qual o impacto da seleção dentro de progênes sobre o coeficiente de coancestria e o tamanho efetivo, foi simulado a seleção de uma a dez plantas dentro de progênes e estimado o coeficiente de coancestria e o tamanho efetivo. O coeficiente de coancestria médio da população após a seleção foi maior e o tamanho efetivo foi menor para a seleção visando à clonagem de árvores superiores do que para a implantação do pomar de sementes por mudas (Figuras 1 e 2). Isto se deve ao fato de que quando um número menor de plantas é envolvido na estimativa do coeficiente de coancestria da população, a autocoancestria [coancestria do indivíduo com ele mesmo;  $\hat{\Theta}_{ii} = 0,5(1 + \hat{F}_i)$ ] passa a ter um maior peso na estimativa, e isso se reflete diretamente no tamanho efetivo, reduzindo este. Por outro lado, em grandes populações, a coancestria entre os pares de indivíduos tem um peso maior do que a autocoancestria, devido ao grande número de pares de indivíduos que são envolvidos nos cálculos. Como a seleção para clonagem objetivava selecionar apenas dez progênes, as coancestrias foram maiores do que a observada para a seleção visando a transformação do ensaio em um pomar de sementes por mudas e, conseqüentemente, o tamanho efetivo foi menor.

O coeficiente de coancestria foi também menor para a seleção de dez plantas do que para a seleção de apenas uma planta. A explicação para isso é a mesma que justifica o porque do coeficiente de coancestria ter sido menor para a seleção visando obter um pomar de sementes por mudas do que a seleção para clonagem, ou seja, porque com pequenas amostras, a autocoancestria passa a assumir um papel maior nos valores estimados. Veja que com a seleção de uma planta por progênie, não existirá parentesco dentro das progênes, mas só autocoancestria, e esta gerou uma coancestria média para as populações maior do que quando foram selecionados mais plantas dentro das progênes. Estes resultados indicam proporcionalmente a seleção de apenas uma planta dentro de progênes

para a seleção clonal e a seleção de dez plantas dentro de progênies para a formação de um pomar de sementes por mudas como a melhor opção. Isso porque para a clonagem, a propagação será vegetativa e não haverá recombinação, mas serão estabelecidos plantios monoclonais. Já para a formação de um pomar de sementes por mudas, como é importante a recombinação do material, deseja-se maior tamanho efetivo e diversidade genética, a qual poderá ser futuramente explorada novamente por seleção em futuros ciclos. Em suma, neste caso, deseja-se manter mais variabilidade genética para futuro uso por seleção. Estas propostas levam a um coeficiente médio de coancestria de 0,029 para a seleção visando obter um pomar de sementes por mudas e de 0,05 para a clonagem. Assim, o Tamanho efetivo após a seleção será de 32,96 para o pomar de sementes por mudas e de dez para a clonagem, ou seja, as 170 plantas selecionadas para formar o pomar de sementes e as dez plantas selecionadas para a clonagem vão corresponder a 33 e a dez plantas não endogâmicas e não parentes, respectivamente.

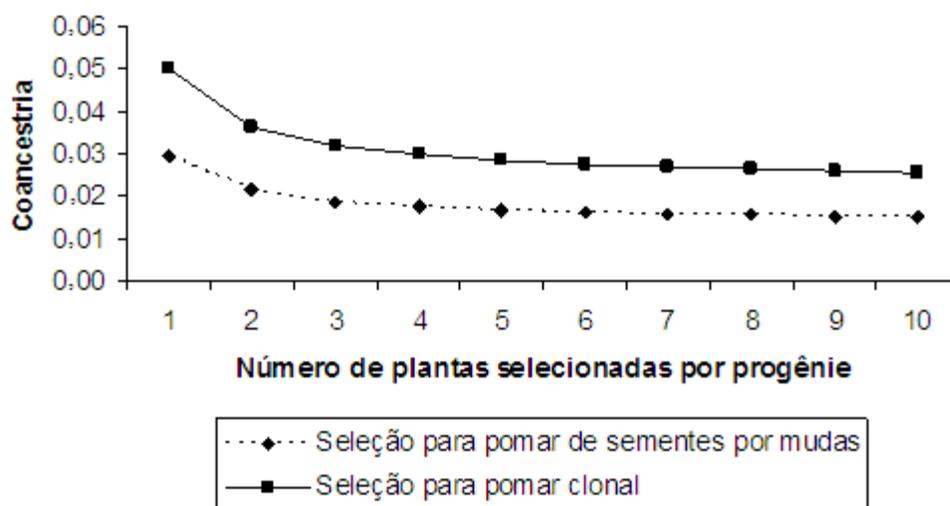


Figura 1. Estimativa do coeficiente de coancestria médio após a seleção em teste de progênies de *Eucalyptus cloeziana*, aos 24 anos de idade, em Luiz Antônio - SP.

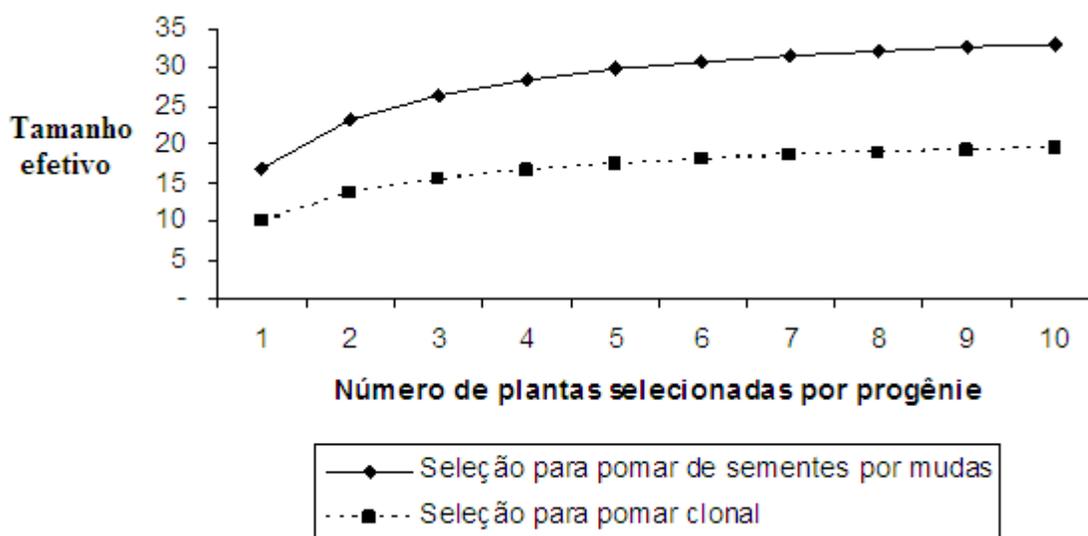


Figura 2. Estimativa do tamanho efetivo após a seleção em teste de progênes de *Eucalyptus cloeziana*, aos 24 anos de idade, em Luiz Antônio – SP.

#### 4.6 Resposta a Seleção

A resposta esperada com a seleção entre progênes para a formação de um pomar de sementes por mudas foi de 17 progênes e dez plantas por progênes e para o reflorestamento comercial a seleção de 10 progênes e uma planta por progênes. Como previsto pelos altos coeficientes de variação genética aditiva entre progênes e pelos coeficientes de herdabilidade, os resultados dos ganhos esperados para a seleção foram altos para a seleção visando obter um pomar de sementes por mudas (Tabela 10), em especial para os caracteres DAP (42,92%), altura (16,82%) e forma (20,35%). Por exemplo, a média da população atual para DAP é de 28,63 cm e a esperada na população melhorada, depois da seleção e recombinação é de 40,92 cm. É importante ressaltar que tais ganhos são esperados para plantios com 24 anos de idade, realizados com sementes coletadas no teste de progênes após a seleção e recombinação aleatória e implantados em ambientes com características ambientais semelhantes às da Estação Experimental de Luiz Antônio. Para a seleção visando à clonagem, os ganhos foram obviamente maiores, visto que a intensidade de seleção adotada foi maior, ou seja, seleção de dez progênes e a melhor planta de cada

progênie.

TABELA 10 - Resposta a seleção em porcentagem [ $G_{ed}$  (%)] para DAP, altura, volume e forma em 35 progênie de polinização aberta de *Eucalyptus cloeziana*, aos 24 anos de idade, em Luiz Antônio - SP.

Parâmetro	DAP (cm)	Altura (m)	Vol (m <sup>3</sup> /árvore)	Forma
<i>Seleção para pomar de sementes por mudas</i>				
Ganho na seleção: $G_{ed}$	12,29	4,40	1,39	0,55
Ganhos esperados com a seleção: $G_{ed}$ (%)	42,92	16,82	0,14	20,35
Média da população: $\bar{x}_{População}$	28,63	26,18	1,016	2,73
Média da população melhorada: $\hat{x}_{Melhorada} = \bar{x}_{População} + G_{ed}$	40,92	30,59	1,017	3,28
<i>Seleção para reflorestamento comercial</i>				
Ganho na seleção: $G_e$	14,37	5,30	1,60	0,66
Ganhos esperados com a seleção: $G_e$ (%)	50,20	20,24	0,16	24,08
Média da população: $\bar{x}_{População}$	28,63	26,18	1,016	2,73
Média da população melhorada: $\hat{x}_{Melhorada} = \bar{x}_{População} + G_e$	43,00	31,48	1,017	3,38

Foram selecionadas 17 progênie para formação do pomar de sementes por mudas e 10 para a clonagem com base em um índice multi-caracteres (Tabela 11). Esta seleção, por exemplo, leva a uma superioridade de 7,6% e 11% para o DAP e 13,9% e 19,9% para volume em relação a média geral da população. Esta superioridade não é maximizada para cada caráter devido à seleção ser ponderada para diferentes caracteres. Contudo, o índice, pelos respectivos pesos dados aos diferentes caracteres, em geral apenas altera a classificação das progênie, em especial para os caracteres de crescimento como DAP, altura e volume, que são correlacionados. Algumas alterações entre a seleção pelo índice e pela média dos caracteres individuais pode ser observada para a forma das árvores.

TABELA 11. Média das 10 e 17 progênies selecionadas pelo índice multi-caracteres, média geral e superioridade relativa das progênies selecionadas em relação à média geral das 35 progênies de *Eucalyptus cloeziana*, aos 24 anos de idade, em Luiz Antônio - SP.

	DAP (cm)	Altura (m)	Vol (m <sup>3</sup> /árvore)	Forma
Média 10	31,9	26,9	1,5	3,1
Média 17	30,8	26,7	1,4	3,0
Geral	28,4	26,1	1,2	2,7
Diferença: 10 vs média	11,0	2,9	19,9	12,5
Diferença: 17 vs média	7,6	2,4	13,9	9,3

## **5 .CONCLUSÕES**

1. Existe variação genética entre as progênes e, portanto, a possibilidade de obter-se ganhos pela seleção entre e dentro de progênes;
2. A associação genética entre os caracteres de crescimento DAP e altura com o volume é forte. Dessa forma a seleção indireta pode ser realizada nestes caracteres, visando o incremento em volume;
3. O controle genético dos caracteres é forte, o que demonstra um alto potencial para o melhoramento genético da população;
4. A seleção entre e dentro de progênes sugere a possibilidade de capitalizar grandes ganhos genéticos, em especial para os caracteres de crescimento.

## REFERÊNCIAS

ALARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381p.

ANDRADE, H.B. **Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* L'Héritier (Myrtaceae) nas Regiões Norte e Noroeste do Estado de Minas Gerais**. 1991. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991

ASSIS, T.F. Aspectos do melhoramento de *Eucalyptus* para obtenção de produtos sólidos da madeira, **WORKSHOP: Técnicas de abate, processamento e utilização da madeira de eucalipto**, Viçosa, 1999,p,61-72.

ASSIS, T.F. Melhoramento genético de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.189, p. 32-51, 1996.

BELLOTE, A.F.J.; SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. Extração e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* hill ex-Maiden em função da idade: 1 Macronutrientes. **IPEF**, n.20, p.1-23, jun.1980.

BERTOLA, A. **Eucalipto - 100 Anos de Brasil “Falem mal, mas continuem falando de mim!”** Setor de Inventário Florestal – V&M Florestal Ltda (s.d).

BISON, O. **Melhoramento de *Eucalyptus* visando à obtenção de clones para a indústria de celulose**. 2004. 169f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras. Lavras - MG, 2004.

BLEAKLEY, S.; CANT, R.T. - Australian species in Zimbabwe: existing role and potential. In: **WORKSHOP ON SEED HANDLING AND EUCALYPT TAXONOMY**, Harare, 1984. **Proceedings. Harare**, 1985 p. 246-52.

BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel, Reflorestamento: Histórico. Disponível em < <http://www.bracelpa.org.br/bra/saibamais/reflorestamento/index.html>> Acesso em: 15 setembro 2009.

BUENO FILHO, J.S.S. **Seleção combinada versus seleção seqüencial no melhoramento de populações florestais**, 1992, 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba, 1992.

CAIXETA, R.P.; CARVALHO, D.; ROSADO, S.C.S.; TRUGILHO, P.F. Variações genéticas em populações de *Eucalyptus* spp. detectadas por meio de marcadores moleculares. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.3, p.357-363, 2003.

CARRIJO, P.R.M.; BOTREL, M.C.G.; FAGUNDES, R.S. Avaliação da distribuição da normalidade dos dados do diâmetro à altura do peito em florestas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na região de Cascavel - PR **Cultivando o Saber Cascavel**, v.1, n.1, p.95-106, 2008.

CASTRO, N.H.C. **Número de repetições e eficiência da seleção em progênies de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis***. 1992. 121f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992

COSTA, R.B. **Métodos de seleção, interação genótipo x ambiente e ganho genético para o melhoramento de seringueira no Estado de São Paulo**. 1999. 145f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

COSTA, R.B.; RESENDE, M.D.V.; GONÇALVES, P. de S.; SILVA, M.A. Individual multivariate EML/BLUP in the presence of genotype x environment interaction in rubber tree (*Hevea*) breeding. *Crop breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, v.2, n.1, p.131-140, 2002.

COSTA,R.B.;RESENDE,M.D.V.;CONTINI,A.Z.;REGO,F.L.H.R.;ROA,R.A.R.;MARTIN, W.J. Avaliação genética de indivíduos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) na região de Caaporó, MS, pelo procedimento REML/BLUP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 371-376, 2005.

COSTA, R.B.; RESENDE, M.D.V.; ARAÚJO, A.J.; GONÇALVES, P.S.; SILVA, M.A. Maximization of genetic gain in rubber tree (*Hevea*) breeding with effective size restriction. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.23, n.2, p.457-462, 2000.

CROSSA, J. Statistical analysis of multi-location trials, **Advance in Agronomy**, v, 44, p,55-85, 1990.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa : UFV, v.2, 585p, 2003.

DEL QUIQUI, E.M.; MARTINS, S.S.; SHIMIZU, J.Y. *Eucalyptus* para o Noroeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1173-1177, 2001.

DLAMINI, G.M. Australian tree species in Swaziland plantations. In: WORKSHOP PN SEED HANDLING AND EUCALYPT TAXONOMY, 1984, **Harare**. Proceedings...Harare: [s.n], p.218-220, 1985.

DRUMOND, M.A.; LIMA, P.C.F.; SANTOS, R.A.V. Comportamento de algumas espécies/procedências de *Eucalyptus* no município de Lagoa Grande-PE. **Brasil Florestal**. São Paulo, n. 78, p. 75-80, 2003.

ELDRIDGE, K.G. An annotated bibliography of genetic variation in *Eucalyptus Camaldulensis*. **Oxford: Commonwealth Forestry Institute**, 1975. 9p.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARDWOOD, H.; WYK, G. van. *Eucalypt* domestication and breeding. **Oxford: Clarendon**, 1993. 288 p.

ETTORI, L.C.; SATO, A.S. Testes de procedências de *Eucalyptus pseudoglobulus* e *Eucalyptus maidenii* em Itapeva - SP. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 205-211, 1996.

FALCONER, D.S. **Introdução á genética quantitativa**. Viçosa MG: UFV, 1981. 279p.

FAO - **Tree planting practices in African savannas**. Rome. 1974.

FARIAS NETO, J.T; RESENDE, M.D.V. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.320-324, 2001.

FERNANDES, J.S.C.; RESENDE, M.D.V.; STURION, J.A.; MACCARI Jr., A. Estudo comparativo de delineamentos experimentais para estimativas de parâmetros genéticos em erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. – Hil.). **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.5, p.663-671, 2004.

FONSECA, S.M. Estimação e interpretação dos componentes da variação total em experimentos de melhoramento florestal. Piracicaba: IPEF, 1979. p. H1- H20. (**Curso de extensão universitária: Práticas experimentais em silvicultura**).

FREITAS, M.L.M; SEBBENN, A.M.; ZANATTO, C.S.; MORAES, E; MORAES, M.A. Variação genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus camaldulensis* em Luiz Antônio-SP. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.20, n.2, p.165-173, 2008.

GOLFARI, L.; CASER, R.L.; MOURA, V.P.G- Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil:2. aproximação. **Série técnica. PRODEPEF**, Brasília, v 11, p. 1-110, 1978.

GOMES, J.M. et al - Competição de espécies e procedências de eucalipto na região de Viçosa, Minas Gerais. **Revista árvore**, Viçosa, v. 11, n. 2, p. 72-88, 1977.

GONÇALEZ, J.C.; BREDÁ, L.C.S.; BARROS, J.F.M.; MACEDO, D.G.; JANIN, G.; COSTA, A.F.; VALLE, A.T. Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. **Ciência Florestal**, v.16, p.329-341, 2007.

GONZALEZ, E.R., et al. Transformação genética do eucalipto, **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v.5, n.26, p.18-22, 2002.

GRATTAPAGLIA, D. Integrating genomics into Eucalyptus breeding. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.3, n.3, p.369-379. 2004

HALL, M.; JOHNSTON, R.D. & CHIPPENDALE, G.M. - Forest trees of Australia, Canberra, **Forestry and Timber Bureau**, 1975. 334p.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. 1998. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press, **Ames Iowa**, USA.468p.

HENDERSON, C.R.; QUAAS, R.L. Multiple trait evaluation using relatives records. **Journal of Animal Science**, v.43, p.1188-1197, 1976.

HIGA, A.R.; RESENDE, M.D.V.; KODAMA, A.S.; LAVORANTI, O.J. Programa de melhoramento de eucalipto na Embrapa, In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, Salvador, **Proceedings**, Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997, v.1, p.377-385.

KAGEYAMA, P.Y. **Variações genéticas em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.** 1980. 125f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, 1980.

KAGEYAMA, P.Y. **Seleção precoce a diferentes idades em progênies jovens de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.**1983. 147f. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, 1983.

KAGEYAMA, P.Y. Genetic structure of tropical tree species of Brazil. In: BAWA, K.S.; HADLEY, M. (Ed.) Reproductive ecology of tropical forest plants. Paris: **UNESCO**, 1990. p.383-392.

KAGEYAMA, P.Y.; DIAS, I.S. Aplicacion de conceptos geneticos a espécies florestais nativas en Brasil, **Información sobre Recursos Genéticos Forestales**, Roma, v. 13, p.2-10, 1985.

KAGEYAMA, P.Y.; VENCOVSKY, R. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden, **IPEF**, Piracicaba, v.24, p.9-26, 1983.

KANG, K.S.; BILA, A.D.; LINDGREN, D.; CHOI, W.Y. Predict drop in gene diversity over generations in the population where the fertility varies among individuals. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.50, p.200-205, 2001.

KISE, C.M. - Introduções de espécies/procedências de *Eucalyptus*, região de Bom Despacho. Comunicação técnica. **PRODEPEF**, Brasília, v.17, p.1-31, 1977.

LINDGREN, D.; GEA, L.; JEFFERSON, P. Loss of genetic diversity by status number. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 45, p. 52-59, 1996.

IBDF/LPF. **Madeiras da Amazônia:** características e utilização. Brasília: Estação Experimental de Curuá-Una, 1982. Vol. 2.

LUSH, J.L. **Melhoramento dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: CEDEGRA, 1964. 566p.

MARQUES JUNIOR, O.G.; ANDRADE, H.B.; RAMALHO, M.A.P. Avaliação de procedências de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. e estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos na região noroeste do Estado de Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, 1996.

MARTINS, I.S.; PIRES, I.E.; OLIVEIRA, M.C. Divergência genética em progênies de uma população de *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 81-89, 2002.

MARTINS, I.S. **Comparação entre métodos uni e multivariados aplicados na seleção em *Eucalyptus grandis***.1999. 94p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

MARTINS, I.S.; CRUZ, C.D.; ROCHA, M.G.B.; REGAZZI, AJ. e PIRES, I.E. Comparação entre os processos de seleção entre e dentro e o de seleção combinada, em progênies de *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, Lavras, v. 11, n.1, p. 16-24, 2005.

MARTINS, I.S.; MARTINS, R.C.C.; CORREIA, H.S. Comparação entre seleção combinada e seleção direta em *Eucalyptus grandis*, sob diferente intensidades de seleção. **Floresta e Ambiente**, v.8, n.1, p.36 – 43,2001.

MENCK, A.L.M.; ODA, S.; KAGEYAMA, P.Y. Variação genética em progenies de árvores de pomar de sementes por mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden na região de Mirim-SP. **IPEF**, Piracicaba, n.33, p.5-15, 1986.

MISSIO, R.F. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos aditivos em progênies de *Pinus kesya* Royle ex Gordon. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.5, n.4, p.394-401, 2005.

MORAES, M.L.T.; HIGA, A.R.; CAVENAGE, A. e KANO, N.K. **Avaliação da densidade básica da madeira e de sua relação com os caracteres de crescimento, em uma população base de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.** IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalyptus, Embrapa, Salvador, Brazil, p.43-47, 1997.

MORAES, M.A.; ZANATT, A.C.S.; MORAES, E.; FREITAS, M.L.M. Variação genética para caracteres silviculturais em progênes de polinização aberta de *Eucalyptus camaldulensis* em Luiz Antonio-SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.19, n.2, p.113-118, 2007.

MORI, E.S. DE LELLO, L.R.B.; KAGEYAMA, P.Y. & MORI, E.S. Efeitos da interação genótipo x ambiente em progênie de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, v.33, p-19-25, 1986.

MORI, E.S.; KAGEYAMA, P.Y.; FERREIRA, M. Variação genética e interações progênes x locais em *Eucalyptus urophylla* **IPEF**, Piracicaba, n.39, p.53-63, 1988.

MORI, E.S. **Variabilidade genética isoenzimática em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetida a diferentes intensidades de seleção.**1993. 119f. Tese (Doutorado em Genética) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, , Piracicaba,1993.

MOURA, V.P.G.; CASE, R.L.; ALBINO, J.C.; GUIMARÃES, D.P.; MELO, J.T.; COMASTRI, S. Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* em Minas Gerais e Espírito Santo: resultados parciais. **Boletim de pesquisa. EMBRAPA/CPAC**, Brasília, v.1, p.1-104, 1980.

MOURA, V.P.G.; OLIVEIRA, J.B.; VIEIRA, V.M. Avaliação de Procedencia de *Eucalyptis brassiana* S.T. Blake em Planaltina –DF. Região de Cerrado. **IPEF**, Piracicaba, p. 87-97, v.48, 1995.

MOURA, V.P.G.; COSTA, S.M. Seleção de espécies de Eucalyptus no eixo Campo Grande-Três Lagoas, MS. **Boletim de pesquisa. EMBRAPA/CPAC**, Brasília, v.23, p.1-33, 1985.

MURITA, A.; MWANZA, T. Australian species in Zambia. In: WORKSHOP ON SEED HANDLING AND EUCALYPT TAXONOMY, Harare, 1985. **Proceedings, Harare**, 1985. p.231-45.

MUSOKE, R. Australian species in Uganda. In: WORKSHOP ON SEED HANDLING AND EUCALYPT TAXONOMY, Harare, 1985. **Proceedings. Harare**, 1985. p. 228- 30.

NAMKOONG, G. Inbreeding effects on estimation of genetic additive variance. **Forest Science**, Madison, v.22, p.2-12, 1966.

NAMKOONG, G. **Introduction to quantitative genetics in forestry**. Technical Bulletin No 1588, Forest Service, Washington, D.C. 1979. 342 p.

ODA, S.; MENCK, A. L. M.; VENCOSKY, R. Problemas no melhoramento clássico de eucalipto em função da alta intensidade de seleção. **IPEF**, Piracicaba, v. 41/42, p. 8-17, 1989.

OLIVEIRA, S.A.; MORAES, M.L.T.; BUZETTI, S. Efeito da aplicação de NPK e micronutriente no desenvolvimento de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Floresta**, v.29 p.27-36 1999.

OLIVEIRA, S.A.; MORAES, M.L.T.; KURAMOTO, C.M.; KAGEWAMA, P.Y.; SIQUEIRA, C.M.F. Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo. I – Aspectos silviculturais. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 155-166, 2000.

OLIVEIRA, A.C.; FONSECA, E.P.; ANJOS, N.; SANTOS, G.P.; ZANÚNCIO, J.C. Resistência interespecífica de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) à lagarta desfolhadora *Thyriniteina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.8, p.93-103, 1984.

PAIVA, J.R.; RESENDE, M.D.V.; CORDEIRO, E.R. Índice multiefeitos (BLUP) e estimativas de parâmetros genéticos aplicados ao melhoramento da acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.6, p.799 – 807, 2002.

PATTERSON, B. VAILLANCOURT, R.E.; PILBEAM, D.J.; POTTS, B.M. Factors affecting variation in outcrossing rate in *Eucalyptus globulus*. **Australian Journal of Botany**, v.52, p.773-780. 2004.

PATTERSON, H.D; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when blocks sizes are unequal. **Biometrika**,v.58,p.545-554,1971.

PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J.B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E. e VIEGAS, G. P. (coord.), **Melhoramento e Produção de Milho no Brasil**. 2ed. Campinas, Fundação Cargill, 1987. p.217 – 265.

PAULA, R.C.; PIRES, I.E.; BORGES, R.C.G.; CRUZ, C.C. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 159-165,2002.

PAULA, R.C. **Variabilidade genética para densidade básica da madeira e para característica de crescimento e de eficiência nutricional em famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.**1995. 126f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa,1995.

PAULA, R.C.; BORGES, R.C.G.; PIRES, I.E.; CRUZ,C.D. Estimativas de parâmetros genéticos em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn: 1-

características de crescimento e densidade básica da madeira. **Revista Àrvore**, v.20, n.3, p.301-317, 1996a.

PAULA, R.C.; BORGES, R.C.G.; BARROS, N.F.; PIRES, I.E.; CRUZ, C.D. Estimativas de parâmetros genéticos em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh: 2- eficiência de utilização de nutrientes. **Revista árvore**, v.20, n.4, p.483-493, 1996b.

PAULA, R.C. **Avaliação de diferentes critérios de seleção aplicados em melhoramento florestal**. 1997. 74p. (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

PEREIRA, A.B.; MARQUES JUNIOR, O.G.; RAMALHO, M.A.P.; ALTHOFF, P. Eficiência da seleção precoce em famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., avaliadas na região noroeste do estado de Minas Gerais. **CERNE**, v.3, n.1, 1977.

PIRES, I. E. **Eficiência da seleção combinada no melhoramento genético de *Eucalyptus* spp.** 1996. 116f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

PIRES, I.E.; CRUZ, C.D.; BORGES, R.C.G.; REGAZZI, A.J. Índice de seleção combinada aplicado ao melhoramento genético de *Eucalyptus* spp, **Revista Arvore**, v.20, n.2, p.191-97, 1996.

RESENDE, M.D.V.; ARAUJO, A.J.; SAMPAIO, P.T.B.; WIECHETECK, A.S. Acurácia seletiva, intervalos de confiança e variância de ganhos genéticos associados a 22 métodos de seleção em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 24, n. 1/2, p. 35-45, 1995.

RESENDE, M.D.V.; PRATES, D.F.; JESUS, A.; YAMADA, C.K. Estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos pelo método da máxima

verossimilhança restrita (REML) e melhor predição linear não viciada (BLUP) em *Pinus*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 32/33, p. 18-45, 1996.

RESENDE, M.D.V. Correções nas expressões do progresso genético com seleção em função da amostragem finita dentro de famílias de populações e implicações no melhoramento florestal. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n.22/23, p.61-77, 1991.

RESENDE, M.D.V. de. Seleção precoce no melhoramento genético florestal. In: WORKSHOP SIF/UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA: Métodos de Seleção, 1., 1994, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Sociedade de Investigações Florestais, 1994. p. 58-73.

RESENDE, M.D.V. **Melhoramento de essências florestais**. In: BORÉM, A. (Ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, 1999a. p. 589-648.

RESENDE, M.D.V. **Predição de valores genéticos, componentes de variância, delineamentos de cruzamento e estrutura de populações no melhoramento florestal**. 1999. 420 f. Tese (Doutorado em Genética) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

RESENDE, M.D.V. **Análise estatístico de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Floresta, 2000. 101p. (Documento, 47).

RESENDE, M.D.V. SELEGEN-REML/BLUP. **Seleção genética computadorizada: manual do usuário**. Colombo: EMBRAPA–CNPQ, 2002a. 67p.

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002b. 975 p.

RESENDE, M.D.V.; BARBOSA, M.H.P. **Melhoramento genético de plantas de propagação assexuada**. Colombo: Embrapa Floresta, 2005. 975p.

RESENDE, M.D.V.; DIAS, L.A.S. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimativa de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos em espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.1, p. 44-52, 2000.

RESENDE, M.D.V.; FERNANDES, J.S.C. Procedimento BLUP individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. **Revista de Matemática e Estatística**, Marília, v.17, p.87-109, 1999.

RESENDE, M.D.V.; HIGA, A.R. Maximização da eficiência da seleção em testes de progênies de *Eucalyptus* através da utilização de blocos de todos os efeitos do modelo matemático. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.28/29, p.37-55, 1994.

RESENDE, M.D.V.; VENCOVSKY, R. Condução e utilização de bancos de conservação genética de espécies de eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais**....São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p.434-439.

CRISTINA, K. REVISTA DA MADEIRA. Descrição de algumas espécies de eucalipto nº 75, ano 13, agosto de 2003a. disponível em: <<http://www.remade.com.br/revista/materia.php?edicao=75&id=399> >Acesso em: 14 de setembro de 2009.

CRISTINA, K. Revista da Madeira- Melhoramento de Essências Florestais- Edição nº 83.2004.Disponível:[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=598&subject=Melhoramento%20gen%C3%A9tico&title=Melhoramento%20de%20ess%C3%A2ncias%20florestais](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=598&subject=Melhoramento%20gen%C3%A9tico&title=Melhoramento%20de%20ess%C3%A2ncias%20florestais)>. Acesso em: 18 de setembro de 2009.

REZENDE, G.D.S.P. Melhoramento genético do eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2001, CD-ROM.

RITLAND, K. Correlated matings in the partial selfer *Mimulus guttatus*. **Evolution**, v. 43, n. 4, p. 848-859, 1989.

ROBERTSON, A. A Theory of limits in artificial selection. Proc. **R. Soc. London Ser. B.**, v.153, p.234-249, 1960.

ROCHA, M.G.B.; PIRES, M.G.; XAVIER, I.E.; CRUZ, A.; ROCHA, C.D.; BARROS, R. Genetic evaluation of half-sib *Eucalyptus urophylla* progenies by the reml/blup and minimum squares procedure. **Ciência Florestal**, v. 16, n.4, p. 369-379,2006.

ROCHA, M.G.B.; PIRES, I.E.; ROCHA, R.B.; XAVIER, A.; CRUZ, C.D. Seleção de genitores de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla* para produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informação de divergência genética. **Revista Árvore**, Viçosa,v.3,n.6,2007.

S.A.S. Institute Inc. **SAS Procedures Guide. Version 8 (TSMO)**. SAS Institute Inc. Cary, N.C., 27513, USA, 1999.

SATO, A.S.; MORAES, E.; ZANATTO, A.C.S.; FREITAS, M.L.M. Seleção dentro de progênes de *Eucalyptus resinifera* aos 21 anos de idade em Luiz Antonio-SP. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 93-100, 2007.

SBS- **Sociedade Brasileira de Silvicultura**. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br>>.Acesso em: 16 setembro 2009.

SCANAVA JUNIOR, L. GARCIA, J.N. Potencial de melhoramento genético em *Eucalyptus urophylla* from tlhe Island Flores.**Scientia Forestalis** n.64, p.23-32, 2003.

SCÁRDUA, F.P. **Variabilidade em progênes de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, na Fazenda Água Limpa - DF, a diferentes idades.** 1991. 72f. Dissertação (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 1991.

SCAPIM, C.A.; PIRES, I.E.; CRUZ, C.D.; AMARAL JUNIOR, A.T.; BRACCINI, A.L.; OLIVEIRA, V.R. Avaliação da diversidade genética em *Eucalyptus camaldulensis* por meio da análise multivariada **Revista Ceres**, v.46 n.266, p. 347-356, 1999.

SEBBENN, A.M.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; KAGEYAMA, P.Y.; MACHADO, J.A.R. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva – *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.53, p.31-38, 1998.

SEBBENN, A.M.; PONTINHA, A.A.S.; FREITAS, S.A.; FREITAS, J.A.. Variação genética em cinco procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no Sul do estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 91-99, 2004.

SEBBENN, A.M. **Sistema de reprodução e endogamia em espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*.** Palestra apresentada no III Workshop em melhoramento florestal. **IPEF/ESALQ/USP**, 65 p. 2007.

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

SEBBENN, A. M. ; VILAS BOAS, O. ; MAX, J.C.M. . Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênes de *Pinus caribaea*

var. bahamensis aos 20 anos de idade em Assis-SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 20, p.103-115, 2008a.

SEBBENN, A.M.; FREITAS, M.L.M.; ZANATTO, A.C.S.; MORAES, E. Seleção dentro de progênes de polinização aberta de *Cariniana legalis* Mart. O. Ktze (Lecythidaceae), visando à produção de sementes para recuperação ambiental. **Revista do Instituto Florestal**, v. 21, p. 27-37, 2009.

SEBBENN, A.M. **Estudo em populações de jequitibá [*Cariniana legalis* (MART.) KTZE] em teste de progênie por caracteres quantitativos e isoenzimas**. 2001. 191f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

SILVA, L.D. **Melhoramento genético de *Eucalyptus berthamii* MAIDEN et Cambage visando a produção de madeira serrada em áreas de ocorrência de geadas severas**. 2008. 253f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Faculdade, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SILVA, M. **Melhoramento animal (métodos de seleção)**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1982. 51p.

SOUZA, M.A.M. **Metodologias não destrutivas para avaliação das tensões de crescimento em *Eucalyptus dunnii* Maiden** 90f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SOUZA, S.M.; RESENDE, M.D.V.; SILVA, H.D.; HIGA, A.R. Variabilidade genética e interação genótipo ambiente envolvendo procedências de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell., em diferentes regiões do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.16, n.1, p.1-17, 1992.

TEIXEIRA, M.L.; SOARES, A.R. Avaliação da qualidade da celulose de diferentes procedências de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **O papel**, v.53, p.40-44, 1992.

TOLFO, A.L.T.; PAULA, R.C.; BONINE, C.A.V.B.; BASSA, A.; VALLE, C.F. Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira em clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia florestalis**, n.67, p.101-110,2005.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa, I. In: KERR, W.E. Melhoramento e genética. São Paulo: Edições Melhoramento, 1969. p.17-38.

VENCOVSKY, R Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasma de espécies alogamas. **IPEF**,v.35,p.79-84,1987.

VENCOSVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: **Sociedade Brasileira de Genética**, 1992, 496p.

VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de eucalipto. **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 141, p. 71-74, 1986.

XAVIER, A. **Variabilidade genética de óleo essencial e de crescimento em progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus citriodora* Hook.**1993,72f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Universidade Federal de Viçosa,Viçosa,1993.

XAVIER, A.; BORGES, R.C.G.; CRUZ, C.D.; CECON, P.R. Parâmetros genéticos de características de qualidade da madeira em *Eucalyptus grandis*. **Revista Àrvore**, v.21, n.1, p.71-78, 1997.

ZOBEL, B. & TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: John Wiley & Sons, 1984. 496p.