

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE PROGÊNIES DE
POLINIZAÇÃO ABERTA DE *Eucalyptus tereticornis*
Smith PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO E
TECNOLÓGICOS DA MADEIRA**

Bruna Zanatto

Engenheira Agrônoma

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE PROGÊNIES DE
POLINIZAÇÃO ABERTA DE *Eucalyptus tereticornis*
Smith PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO E
TECNOLÓGICOS DA MADEIRA**

Bruna Zanatto

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula
Coorientadora: Profa. Dra. Nádia Figueiredo de Paula

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal/SP, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas).

2019

Zanatto, Bruna

Z27d Divergência genética entre progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* Smith para caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira / Bruna Zanatto. -- Jaboticabal, 2019
52 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Rinaldo Cesar de Paula
Coorientadora: Nádia Figueiredo de Paula

1. Análise Multivariada. 2. Melhoramento Florestal. 3. Qualidade da Madeira. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

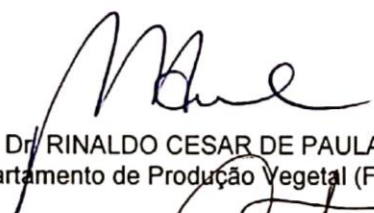
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE PROGENIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE *Eucalyptus tereticornis* Smith PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO E TECNOLÓGICOS DA MADEIRA

AUTORA: BRUNA ZANATTO

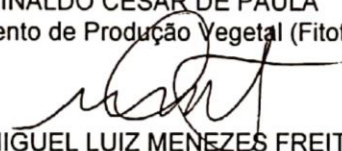
ORIENTADOR: RINALDO CESAR DE PAULA

COORIENTADORA: NADIA FIGUEIREDO DE PAULA

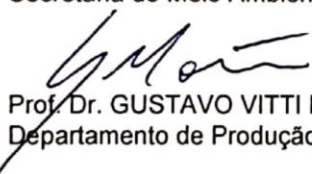
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA
Departamento de Produção Vegetal (Fitotecnia) / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. MIGUEL LUIZ MENEZES FREITAS
Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo / Instituto Florestal de São Paulo / São Paulo/SP



Prof. Dr. GUSTAVO VITTI MÔRO
Departamento de Produção Vegetal (Fitotecnia) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 22 de fevereiro de 2019

DADOS CURRÍCULARES DA AUTORA

BRUNA ZANATTO - Nascida em 9 de dezembro de 1993, na cidade de Ribeirão Preto - SP, filha de Antonio Carlos Scatena Zanatto e Fatima Aparecida Bortolotti Zanatto. Em 2011, ingressou no curso de Engenharia Agrônômica no Centro Universitário Moura Lacerda, em Ribeirão Preto - SP. Durante toda a graduação participou do Grupo de Pesquisa em Controle Biológico (GBio) com o desenvolvimento de diversas pesquisas na área de entomologia e controle biológico e participação em eventos e congressos. Em 2014, foi integrada ao Projeto de Iniciação Científica do Instituto Florestal de São Paulo, sendo bolsista do CNPq, sob a orientação do Pesquisador Eduardo Luiz Longui, com o projeto “Variação da condutividade hidráulica e densidade aparente da madeira entre raiz, caule e ramos em quatro espécies nativas brasileiras”. Em março de 2017 ingressou no curso de Pós-Graduação, nível de Mestrado, do Programa de Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias FCAV, Câmpus de Jaboticabal-SP, sendo bolsista CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Com orientação do Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula e coorientação da Profa. Dra. Nádia Figueiredo de Paula, adotou como linha de pesquisa, divergência genética de *Eucalyptus tereticornis* para caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira.

EPÍGRAFE

“Olhar para trás após uma longa caminhada pode fazer perder a noção da distância que percorremos, mas se nos detivermos em nossa imagem, quando a iniciamos e ao término, certamente nos lembraremos o quanto nos custou chegar até o ponto final, e hoje temos a impressão de que tudo começou ontem. Não somos os mesmos...”

Guimarães Rosa

“A tua palavra é lâmpada
que ilumina os meus passos
e luz que clareia o meu caminho.”

Salmos 119:105

OFEREÇO

Aos meus pais Antonio Carlos Scatena Zanatto e
Fátima Aparecida Bortolotti Zanatto

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por tudo que conquistei e a todas as pessoas que fizeram parte da minha experiência e aprimoramento.

Aos meus queridos pais, Antonio Carlos Scatena Zanatto e Fátima Bortolotti Zanatto, pelo amor, apoio, incentivo, compreensão e por estarem presentes em todas as fases da minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula e minha coorientadora Profa. Dra. Nádia Figueiredo de Paula, pela ótima orientação e ensinamentos, pela paciência e por sempre estarem dispostos a ensinar.

Ao Instituto Florestal, PqC Miguel Luiz Menezes Freitas e a Estação Experimental de Luiz Antonio, PqC Antonio Carlos Scatena Zanatto e a equipe de pesquisa que auxiliou na coleta de dados e do material objeto do estudo, Paulo Teodoro Ferreira, Jair Rodrigues, João Maria Camargo, Paulo Sergio Ferreira, Marcos Donizete Franco, Jair Rodrigues do Valle, Antonio Teodoro dos Santos, Aparecido José dos Santos e Elias Romão.

A todos os integrantes do Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal pelo convívio do dia-a-dia, pela ajuda, amizade, companheirismo e pelos momentos de descontração, Patrícia Candido, Tamara Valdovinos, Marcos Claudio Virtuoso, Marcio José Araújo, William Medeiros, João Pedro Peixoto, João Vitor e Robson Medeiros.

A todas as pessoas especiais que fizeram parte dessa experiência, que estiveram presentes na minha jornada acadêmica e pessoal, agradeço pelo incentivo e pelos momentos vividos.

Aos membros da banca de qualificação, Prof. Dr. Gustavo Vitti Moro e Profa. Dra. Viviane Formice Vianna, por todas as contribuições e sugestões para o aperfeiçoamento do trabalho.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, câmpus de Jaboticabal, pela oportunidade de realizar o mestrado e pela infraestrutura oferecida, e aos professores, por contribuírem com excelência para minha formação acadêmica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento da bolsa de estudos durante todo o mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Só tenho a agradecer a concretização deste trabalho, por todos que estiveram envolvidos e deixaram suas colaborações e experiências. Meus sinceros agradecimentos!

Muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
LISTA DE ABREVIATURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 O gênero <i>Eucalyptus</i> e o <i>Eucalyptus tereticornis</i>	3
2.2 Densidade Básica da Madeira	5
2.3 Propriedades Químicas da Madeira	6
2.4 Melhoramento Florestal	8
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Descrição do Experimento	11
3.2 Avaliações em Campo	11
3.3 Determinação do Volume Com e Sem Casca	12
3.4 Avaliações em Laboratório	13
3.4.1 Densidade da Madeira e Biomassa do Lenho e da Casca	14
3.4.2 Determinações químicas da madeira	14
3.5 Análise dos dados	17
3.5.1. Análises univariadas	17
3.5.2. Análises Multivariadas	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Análises Univariadas	23
4.1.1 Caracteres de crescimento, sobrevivência, forma e produtividade	23

4.1.2 Caracteres tecnológicos da madeira	25
4.1.3 Expectativas de ganhos com a seleção.....	28
4.2 Análise Multivariada	33
5 CONCLUSÕES.....	44
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO
ABERTA DE *Eucalyptus tereticornis* Smith PARA CARACTERES DE
CRESCIMENTO E TECNOLÓGICOS DA MADEIRA**

RESUMO - O *Eucalyptus tereticornis* Smith tem boa adaptabilidade a diferentes regiões e resistência à seca, apresentando crescimento rápido e grande potencial de aplicação da madeira para diferentes usos. Neste sentido, o presente trabalho visou avaliar a divergência genética entre progênies de polinização aberta de *E. tereticornis* com base em caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira. O experimento foi implantado no município de Luiz Antonio (SP), com 30 progênies de *E. tereticornis*, pertencentes a duas procedências, no delineamento experimental em blocos casualizados, parcelas de uma planta e 100 repetições, no espaçamento de 4 x 4 m. Com 31 anos de idade foram avaliados, em todo o ensaio, o diâmetro à altura do peito (DAP, cm), a altura total (m), sobrevivência (%) e forma do fuste. Foram abatidas três árvores representativas de cada progênie para determinações do volume e retirados discos em diferentes posições do fuste para a determinação da densidade básica (DBM), biomassa, teores de celulose (CEL), lignina (LIG), extrativos (EXT) e holocelulose (HOLO) na madeira. Os dados foram analisados pelo método REML/BLUP, obtendo-se estimativas de componente de variância e de parâmetros genéticos. Visando transformar o teste em um Pomar de Sementes por Mudanças, foi simulada a seleção de 150 plantas (5%) para todos os caracteres, obtendo-se estimativas de ganhos genéticos e de tamanho efetivo (N_e). Adicionalmente, para o DAP outras duas estratégias de seleção foram simuladas: a seleção combinada entre e dentro de progênies e a seleção com restrição no número de indivíduos por família ($n \leq 20$). Nove caracteres, avaliados nas 90 árvores abatidas, foram submetidos a análise multivariada, pelo método hierárquico de agrupamento de Ward e não hierárquico de K-means e a análise de componentes principais. Os caracteres de crescimento apresentaram altos valores de herdabilidade ao nível de média de progênies, variando de 0,75 a 0,86. O coeficiente de variação relativa, que indica a razão entre o coeficiente de variação genotípico do indivíduo e o coeficiente de variação experimental variou de 0,37 a 0,79. As estimativas de herdabilidade ao nível de médias de progênies foram altas para CEL (0,65), EXT (0,53) e HOLO (0,43), reforçando que estes caracteres sofrem baixa influência ambiental. Estimativas medianas de herdabilidade foram obtidas para DBM (0,34) e LIG (0,29). Apesar da variabilidade genética entre as famílias de *Eucalyptus tereticornis* ser significativa, as expectativas de ganhos genéticos são pequenas, independentemente do caráter. A seleção de 5% dos melhores indivíduos, com base no valor genético individual, proporcionará baixo tamanho efetivo (N_e) entre os indivíduos selecionados. A seleção com restrição no número de indivíduos por família e a seleção entre e dentro de famílias, apesar de reduzirem ligeiramente as expectativas de ganho genético, aumentam o tamanho efetivo. Pelo método de Ward as progênies foram divididas em três grupos, sendo que os grupos 1 e 2, de maiores produtividades, diferenciaram pelos caracteres tecnológicos da madeira e o grupo 3, reuniu progênies de menor produtividade. No método de K-means, os três grupos formados

diferenciaram pouco daqueles obtidos no método de Ward, porém os três grupos formados distinguiram melhor as progênies quanto à produtividade. Na análise por componentes principais, os três primeiros componentes explicaram 78,49% da variância contida nas variáveis originais. Conclui-se, portanto, que as 30 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis*, diferem quanto ao potencial produtivo e caracteres da madeira; é possível a seleção de progênies com bom potencial produtivo e com características divergentes quanto aos caracteres da madeira, que poderão ser usadas em programas de melhoramento com finalidades distintas.

Palavras-chave: Análise multivariada, melhoramento florestal, qualidade da madeira.

GENETIC DIVERGENCE AMONG *Eucalyptus tereticornis* Smith OPEN POLLINATED PROGENIES FOR GROWTH AND WOOD TECHNOLOGY CHARACTERS

ABSTRACT – *Eucalyptus tereticornis* Smith has good adaptability to different regions and drought tolerance, showing fast growth and great potential of application of the wood for multiple purposes. In this sense, the present work aimed to evaluate the genetic divergence among progenies of open pollination of *E. tereticornis* based on growth and wood technological characters. The experiment was carried out in Luiz Antonio (SP), with 30 progenies of *E. tereticornis*, belonging to two provenances, in the randomized blocks design, single tree plot and 100 replicates, at 4 x 4 m spacing. At 31 years old, the diameter at breast height (DAP, cm), total height (m), survival (%) and stem shape. Three representative trees of each progeny were harvested for determination of volume and discs were sampled at different positions of the stem for determination of wood basic density (DBM), biomass and wood contents of cellulose (CEL), lignin (LIG), extractive (EXT) and holocellulose (HOLO). The data were analyzed by the REML/BLUP method, obtaining estimates of variance component and genetic parameters. Aiming to transform the test into a Seed Orchard by Seedling, the selection of 150 plants (5%) for all traits was simulated, obtaining estimates of genetic gains and effective size (N_e). Additionally, for the DAP, two other selection strategies were simulated: the combined selection among and within progenies and the restricted selection in the number of individuals per family ($n \leq 20$). Nine characters, evaluated in the 90 harvested trees, were submitted to multivariate analysis, using the hierarchical method of Ward grouping and non-hierarchical K-means analysis and principal component analysis. The growth characteristics showed high heritability values at the level of progenies, ranging from 0.75 to 0.86. The relative coefficient of variation, which indicates the ratio between the genotypic coefficient of variation of the individual and the coefficient of variation ranged from 0.37 to 0.79. Heritability estimates at the level of progeny averages were high for CEL (0.65), EXT (0.53) and HOLO (0.43), reinforcing that these characters are under low environmental influence. Median heritability estimates were obtained for DBM (0.34) and LIG (0.29). Although genetic variability among *Eucalyptus tereticornis* families is significant, expectations for genetic gains are small, regardless of character. The selection of 5% of the best individuals, based on the individual genetic value, will provide a low N_e among the selected individuals. Selections with restriction on the number of individuals per family or selection among and within families, although slightly reducing genetic gain expectations, increase the N_e . By the Ward method the progenies were divided into three groups, and groups 1 and 2, with higher yields, differentiated by the wood technological characteristics and group 3, brought together progenies of lower productivity. In the K-means method, the three groups formed differed little from those obtained in the Ward method, but presented better defined characteristics with the formation of three groups, as

well as productivity. In the principal component analysis the first three components explained 78.49% of the variance contained in the original variables. It is concluded that the 30 progenies of open pollination of *Eucalyptus tereticornis*, differ in the productive potential and wood traits; it's possible to select progenies with good productive potential and with divergent technological wood characters, which can be used in breeding programs with different purposes.

Key-words: Multivariate analysis, forest improvement, wood quality.

LISTA DE ABREVIATURAS

DAP: Diâmetro à altura do peito

ALTT: Altura total

FORM: Forma

SOBREV: Sobrevivência

VCC: Volume com casca

VSC: Volume sem casca

BIOMC: Biomassa da casca

BIOMT: Biomassa total

DBM: Densidade básica da madeira

DBC: Densidade básica da casca

LIG: Lignina

CEL: Celulose

EXT: Extrativos

HOLO: Holocelulose

CP: Componentes principais

CV: Coeficiente de variação

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento de progênies de polinização aberta de <i>Eucalyptus tereticornis</i>	23
Tabela 2. Estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres tecnológicos da madeira em progênies de polinização aberta de <i>Eucalyptus tereticornis</i>	26
Tabela 3. Números de indivíduos selecionados por família em uma seleção de 5% (150 plantas) e ganho genético das populações (%), tamanho efetivo populacional (N_e) e as novas médias para caracteres de crescimento em 30 progênies de polinização aberta de <i>Eucalyptus tereticornis</i>	29
Tabela 4. Seleção das dez melhores famílias para os caracteres tecnológicos da madeira em 30 progênies de polinização aberta de <i>Eucalyptus tereticornis</i>	30
Tabela 5. Comparação de três estratégias de seleção, considerando-se o mesmo percentual de plantas selecionadas, a partir do valor genético individual (BLUP) para o diâmetro a altura do peito (DAP, cm), seleção entre e dentro de famílias (SEDF), e seleção com restrição no número de indivíduos por família (RESTRIÇÃO).....	32
Tabela 6. Valores médios dos caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira em 30 progênies de polinização aberta de <i>Eucalyptus tereticornis</i> , pertencentes a duas procedências.....	33

Tabela 7. Correlações dos caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira em 30 progênies de polinização aberta de <i>Eucalyptus tereticornis</i>	35
--	----

Tabela 8. Valores médios dos caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira, dos grupos formados pelo método de Ward, em 30 progênies de polinização aberta de <i>Eucalyptus tereticornis</i> , pertencentes a duas procedências.....	37
---	----

Tabela 9. Correlações fator-variáveis dos nove caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira nos três primeiros componentes principais para 30 progênies de polinização aberta de <i>Eucalyptus tereticornis</i> , pertencentes a duas procedências.....	40
---	----

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Teste de Procedências e Progênes de <i>Eucalyptus tereticornis</i> aos 31 anos, instalado na Estação Experimental de Luiz Antonio-SP.....	11
Figura 2. Discos correspondentes aos pontos de amostragem, 0%, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial.....	12
Figura 3. Avaliação no campo para determinação do diâmetro com e sem casca.....	13
Figura 4. Determinação da densidade básica da madeira pelo método de imersão em água.....	14
Figura 5. Procedimento de eliminação dos extrativos, com a troca de água até permanecer com aparência incolor.....	15
Figura 6. Determinação do teor de lignina pelo método de Klason.....	15
Figura 7. Determinação do teor de celulose pelo método do ácido nítrico.....	16
Figura 8. Digestor e cartuchos de papel utilizados na determinação do teor de extrativos.....	16
Figura 9. Dendrograma baseado na Distância Euclidiana entre 30 progênes de polinização aberta de <i>Eucalyptus tereticornis</i> pertencentes a duas procedências, obtido pelo método Ward a partir de nove caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira.....	36

- Figura 10.** Caracterização dos grupos pelo método não-hierárquico K-means, formados a partir da avaliação de nove caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira em 30 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* pertencentes a duas procedências.....39
- Figura 11.** Gráfico biplot com a dispersão de 30 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* pertencentes a duas procedências para os nove caracteres avaliadas nos componentes principais 1 e (CP1/CP2).....42
- Figura 12.** Gráfico *biplot* com a dispersão de 30 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* pertencentes as duas procedências para os nove caracteres avaliados nos componentes principais 1 e 3 (CP1/CP3).....42

1 INTRODUÇÃO

O setor brasileiro de florestas plantadas tornou-se, nos últimos anos, um dos mais relevantes na economia do país. Com uma área de 7,84 milhões de hectares de árvores plantadas, é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no País e um dos que apresenta maior potencial de contribuição para a construção de uma economia verde. Produtos de origem florestal estão presentes no nosso dia a dia e vão desde os mais evidentes, como papel e móveis, até produtos de beleza, medicamentos, alimentos e roupas. Entre os segmentos que usam a madeira como principal matéria-prima, pode-se citar o de celulose e papel, o de painéis de madeira, o de pisos laminados, o de serrados e compensados, o de siderurgia a carvão vegetal e o de energia. Já no setor de bens de consumo, destacam-se as indústrias gráficas, de embalagem, moveleira, química, têxtil e farmacêutica e a construção civil (Ibá, 2017).

Nos últimos anos a silvicultura brasileira tem se expandido para áreas com sérias limitações hídricas e nutricionais, como para a região conhecida como MATOPIBA (ou MAPITOBA), que envolve áreas dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia e, mesmo em estados onde a silvicultura já está bem estabelecida. Não obstante a isto, novas demandas para a produção de energia de biomassa fazem crescer a procura por espécies de eucalipto para esta finalidade. Neste sentido, *Eucalyptus tereticornis* é uma espécie que atende, simultaneamente a estas duas situações atuais, pois é considerada uma espécie tolerante à seca (Flores et al., 2016) e com madeira com qualidade voltada para a produção de energia, produtos sólidos, dentre outros (Ipef, 2017).

Essa expansão da área plantada com *Eucalyptus* é resultado de um conjunto de fatores que vêm favorecendo o plantio em larga escala de espécies deste gênero. Entre os aspectos mais relevantes estão o crescimento rápido em ciclo de curta rotação, a alta produtividade florestal e a expansão e direcionamento de novos investimentos por parte de empresas de segmentos que utilizam sua madeira como matéria prima em processos industriais (Abraf, 2010). Também, o sucesso do eucalipto no Brasil pode ser explicado, dentre outras, pelas seguintes

características: adaptação às diversas condições edafoclimáticas; adequação da madeira produzida a uma multiplicidade de usos (celulose, papel, chapas de fibra, aglomerados, painéis, móveis, estruturas para construção civil, postes, dormentes, entre outros); obtenção de produtos florestais não madeireiros e facilidade para a propagação vegetativa (Santos et al., 2003). Isto tudo se deve aos avanços proporcionados pelos programas de melhoramento florestal e de técnicas silviculturais, o que resultou nas maiores produtividades no menor espaço de tempo deste gênero no mundo (Ibá, 2017).

O Instituto Florestal de São Paulo implantou, na década de 1980, testes de procedências e progênies de *Eucalyptus tereticornis*, os quais poderão fornecer genótipos superiores para essas novas demandas do setor florestal brasileiro. Pouco, ainda se conhece sobre a base genética desta espécie aqui no Brasil, de forma que a avaliação desses testes já implantados assume grande importância podendo fornecer material genético adaptado à algumas condições brasileiras e com bom potencial de crescimento.

Neste sentido, o presente trabalho objetivou avaliar a divergência genética entre progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* a partir de caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira e estimar ganhos com diferentes estratégias de seleção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O gênero *Eucalyptus* e o *Eucalyptus tereticornis*

O gênero *Eucalyptus* possui mais de 900 espécies e subespécies, algumas das quais pouco conhecidas (Brooker e Kleinig, 2006). É originário da Austrália, onde se concentra o maior número de espécies, porém ocorre também em Timor e algumas ilhas adjacentes como Flores, Alor, Solor e Wetar (Pigato e Lopes, 2001; Nieto e Rodriguez, 2003). Apenas duas espécies não ocorrem na Austrália: o *E. urophylla* e o *E. deglupta* que ocorrem em ilhas na Oceania fora da Austrália; outras espécies ocorrem tanto fora quanto na Austrália sendo o *E. tereticornis*, *E. pellita* e *E. brassiana* as mais importantes para o Brasil (Fonseca et al., 2010).

O *Eucalyptus*, pelas suas características de adaptação às mais diferentes condições de clima e solo e diversificação do uso de sua madeira, tem sido uma das árvores mais plantadas no mundo. No Brasil, as florestas cultivadas de *Eucalyptus* estão amplamente espalhadas pelo território nacional, principalmente nas regiões Sul e Sudeste e a madeira deste gênero vem se constituindo numa das principais fontes de matéria-prima fibrosa para a indústria de celulose e papel, além de servir como fonte de matéria-prima para outros produtos (Massaro, 2008; Ibá, 2017). No ano de 2016, os plantios de *Eucalyptus* ocupavam 5,7 milhões de hectares no Brasil, estando localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%). Nos últimos cinco anos, o crescimento da área de eucalipto foi de 2,4% ao ano, com destaque para o estado de Mato Grosso do Sul com o plantio de 400 mil hectares neste período. (Ibá, 2017).

Dentre as várias espécies do gênero *Eucalyptus* tem-se o *Eucalyptus tereticornis* Smith, que inclui duas subespécies: *tereticornis* e *mediana* (Brooker e Kleinig, 2006; Fonseca et al., 2010), cuja área de ocorrência natural compreende os Estados de Queensland, New South Wales, Victoria atingindo até Papua – Nova Guiné, em faixa de latitude de 6 a 38°S, altitudes que podem variar desde o nível do mar até 2.500 m, com precipitação anual de 600 a 3.000 mm, temperaturas médias

entre 8 e 27°C (Flores et al., 2016), e temperatura média das máximas entre 22 e 32°C (Balbinot et al., 2010). Possui tronco retilíneo com ramificações cônicas até a metade da altura total da árvore na maioria das vezes. Apresenta casca lisa e branca, com manchas acinzentadas por todo o tronco. Desenvolve-se melhor em solos profundos, bem drenados, neutros ou ligeiramente ácidos, vegetando muito bem no período seco e pode suportar pequenos alagamentos (Silva et al., 2007).

E. tereticornis foi uma das espécies de eucalipto relacionadas por Edmundo Navarro de Andrade, entre 1910 e 1920, com potencial para plantio no Brasil (Flores et al., 2016). Esses mesmos autores mencionam que o *E. tereticornis* tem ampla adaptação ambiental quanto ao estresse hídrico, distribuindo-se desde as regiões semiáridas até as muito úmidas.

A madeira do *E. tereticornis* é excelente para lenha e carvão, tendo poder calorífico próximo de 5.280 kcal kg⁻¹, com densidade básica variando de 0,57 a 1,10 g cm⁻³. É utilizada para diversos fins, como serraria, estruturas, construções, postes, mourões, lenha, carvão e papel (Pereira et al., 2000; Alvarado et al., 2003). Trugilho et al. (2015) observaram que o *E. tereticornis* apresentou um dos maiores rendimentos gravimétricos em carvão, alto teor de carbono fixo, maior densidade relativa aparente e maior teor de cinzas, quando comparado a outros materiais genéticos numa mesma idade, confirmando ser uma madeira de ótima qualidade para a produção de energia.

Segundo Ipef (2017), a madeira de *E. tereticornis* é intensamente utilizada para serraria, estruturas, construções, postes, mourões e carvão; outra importante contribuição desta espécie refere-se ao fato dela juntamente com o *E. camaldulensis* serem as espécies mais importantes para o reflorestamento em zonas tipicamente tropicais da África, e começam a despontar como potenciais para o Brasil. Em todos os estudos efetuados, a espécie vem revelando boa resistência à pragas, doenças e à deficiência hídrica, boa capacidade de regeneração por brotação das cepas e tolerância ao fogo rasteiro.

2.2 Densidade Básica da Madeira

A madeira é originada de um sistema biológico complexo, tornando-se um material de extrema variabilidade, com uma ultraestrutura e composição química, bem como suas propriedades físicas e químicas, variando significativamente entre espécies, entre árvores de uma mesma espécie e, mesmo, entre diferentes partes de uma mesma árvore (Oliveira e Silva, 2003)

A qualidade da madeira é fundamental para definir a sua melhor aplicação, visando fornecer produtos adequados às exigências do mercado consumidor. Assim, a qualidade do produto final (papel, energia, produtos sólidos, dentre outros) é altamente dependente das características anatômicas, físicas e químicas de madeira (Hills, 1972; Barrichelo et al., 1983; Trugilho et al., 2004).

Segundo Batista et al. (2010), entre as propriedades da madeira a densidade básica é a mais utilizada, por causa da fácil determinação e pela correlação com as propriedades físicas e mecânicas da madeira e composição celular, sendo uma característica muito utilizada em programas de melhoramento florestal e na seleção de árvores, também, por causa da alta herdabilidade (Fernandes et al., 2011). A densidade básica fornece várias informações sobre as características da madeira, porque afeta as demais propriedades, sendo, por isso, um parâmetro muito utilizado para qualificar a madeira nos diversos segmentos da atividade industrial (Vital et al., 2013). No entanto é uma característica complexa, pois pode variar no sentido radial e longitudinal, bem como pode variar entre árvores, entre as espécies, idade, espaçamento, e até mesmo com o local de crescimento (Pereira et al., 2016).

Segundo Pereira et al. (2016), a densidade básica é uma característica de suma importância para a produção do carvão vegetal. Quanto maior a densidade da madeira, maior será a densidade e a resistência mecânica do carvão vegetal.

Muitas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de identificar as variações da densidade durante o crescimento das árvores, sendo que diversas respostas, por vezes contraditórias, têm sido encontradas. Em estudo com *E. grandis*, avaliado aos 24, 36 e 72 meses de idade, observou-se que a densidade básica, as dimensões das fibras e o diâmetro tangencial dos vasos do lenho das

árvores, aumentaram com o avanço da idade e que o comportamento e as variações observadas nestas características, até 72 meses de idade, indicam que o meristema cambial está formando o lenho juvenil (Sette Junior et al., 2012).

Torres et al. (2016) encontraram valores médios de densidade básica da madeira para híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* de 0,430 g.cm⁻³, aos 32 meses. Trugilho et al. (2015) avaliando a densidade básica para híbridos e espécies de *Eucalyptus*, obtiveram resultados variando entre 0,446 a 0,590 g.cm⁻³, aos 4 anos.

Em *E. saligna*, observou-se uma tendência de redução da taxa de incremento da densidade básica com o avanço da idade (Trugilho et al., 1996).

As variações na densidade estão relacionadas primeiramente às diferenças na estrutura da madeira e em segundo plano, à presença de outros constituintes. Tendências hereditárias, influências fisiológicas e mecânicas, assim como fatores ambientais (solo, calor, precipitação, ventos, etc.) afetam a estrutura da madeira. Além disso, em madeiras de maior densidade ocorre, com frequência, a impregnação de substâncias como alcalóides e taninos, aumentando a durabilidade natural da madeira (Kollman e Côté, 1968).

Foelkel et al. (1992), em seus estudos com *Eucalyptus*, observaram que as densidades mais elevadas estavam localizadas próximo à casca, atribuindo este resultado ao fato do câmbio se especializar com a idade na formação de madeiras mais densas. Esses autores, também, alertam sobre a utilização isolada da densidade básica para definir a qualidade da madeira e afirmam que a densidade é um fator resultante, ou seja, é a consequência e não a causa da distribuição, tipos e composição dos elementos anatômicos que compõem a madeira. Isto significa também dizer que para um mesmo valor de densidade têm-se diversas combinações de elementos anatômicos e consequentemente diferentes qualidades.

2.3 Propriedades Químicas da Madeira

Quimicamente, a madeira é melhor definida como um biopolímero tridimensional, formado por celulose, hemicelulose e lignina, e uma menor

quantidade de extrativos e materiais inorgânicos. A substância química mais abundante numa árvore viva é a água, mas na madeira em base seca, toda a parede celular é formada por polímeros de açúcares (carboidratos, 65 a 75%), que são combinados com a lignina (18 a 35%) (Rowell et al., 2005).

A celulose é um polissacarídeo de cadeia linear consistindo única e exclusivamente de unidades de D-glicopiranoses unidas por ligações β do tipo (1-4) e possui estrutura organizada e parcialmente cristalina (Gomide e Colodette, 2007). É o principal componente da parede celular dos vegetais, e o mais abundante composto orgânico da natureza. Nos vegetais superiores aparece, principalmente, sob a forma de fibras, ao lado de outros componentes fundamentais (Trugilho et al., 1996).

A lignina é uma macromolécula de estrutura complexa constituída de um polímero formado por ligações cruzadas. É responsável, em parte, pela resistência mecânica da madeira e funciona também como suporte para dispersão dos metabólitos excretados pelas células (Morais et al., 2005).

A lignina apresenta um conteúdo de carbono cerca de 50% maior que o encontrado nos polissacarídeos, apresentando alto potencial para produção de energia (Vital et al., 2013).

Estudos com árvores de *Eucalyptus* spp. de até 7 anos mostram que o teor da lignina é propenso a diminuir com a idade, pois espécies mais jovens geralmente apresentam maior proporção de madeira juvenil, mais rica em lignina que a madeira madura. A mesma tendência ocorre com o teor de extrativos, que diminuem até certa idade, estabilizam e, depois, aumentam com o avanço do tempo (Estopa et al., 2017).

Os extrativos são compostos químicos da parede celular, geralmente formados a partir de graxas, ácidos graxos, fenóis, terpenos, esteróides, resinas ácidas, resinas, ceras, e alguns outros tipos de compostos orgânicos. Estes compostos existem na forma de monômeros, dímeros e polímeros. Em geral, as coníferas têm mais extrativos que as folhosas. A maioria dos extrativos, tanto nas coníferas como nas folhosas, está localizada no cerne (sem considerar a casca), e alguns são responsáveis pela cor, odor e durabilidade da madeira. A diferença qualitativa dos extrativos entre as espécies é baseada na quimiotaxonomia, que é a

taxonomia baseada nos constituintes químicos (Rowell et al., 2005). Os extrativos têm reconhecida importância em várias situações, atuam como componentes complementares e apresentam grande variabilidade em sua quantidade e constituição (Frederico, 2009).

Trugilho et al. (1996), trabalhando com *Eucalyptus saligna* em quatro idades diferentes, encontraram correlações negativas significativas entre o teor de extrativos totais e a densidade básica da madeira. No entanto, Vital et al. (1994) não encontraram correlação entre o teor de extrativos e as propriedades do carvão produzido a partir da madeira de *Eucalyptus camaldulensis*, aos 33 meses de idade.

Para Bowyer et al. (2003), a quantidade de extrativos em madeiras varia de 3% a mais de 30% da sua massa seca. Dada à natureza fenólica de diversos extrativos, esses são ricos em carbono, podendo contribuir com o aumento do poder calorífico da madeira (Rowell et al., 2005) e se não forem degradados durante a carbonização, podem também contribuir com o aumento do poder calorífico do carvão e do rendimento gravimétrico (Frederico, 2009).

As propriedades das madeiras podem variar em função da região de plantio (qualidade de sítio), da idade, taxa de crescimento e presença de madeira juvenil. As variações da qualidade da madeira de eucalipto ocorrem em consequência da sua estrutura anatômica, composição química e propriedades físicas, podendo ser detectadas diferenças significativas em níveis inter e intraespecíficos (Tomazello Filho, 1994; Latorraca e Albuquerque, 2000; Pereira e Tomazelli, 2004; Viadurre et al., 2013).

2.4 Melhoramento Florestal

Desde o início, os programas de melhoramento florestal buscam a melhoria na qualidade da madeira aliada a um aumento de produtividade (Oda et al., 1989). Estima-se que no período de 1970 a 2008, o melhoramento genético do *Eucalyptus* proporcionou um ganho de produtividade de 5,7% ao ano. Porém, nos últimos anos, esses ganhos têm sido cada vez menores, atingindo 0,3% ao ano, no período de 2008 a 2014 (Ibá, 2016).

Os ganhos esperados com o melhoramento de *Eucalyptus* não têm sido observados nas florestas comerciais, fato que pode ser atribuído, dentre outros aspectos, à interação genótipo por ambiente (Oda et al., 1989), que se refere à mudança observada no fenótipo em decorrência da interação dos diferentes ambientes com os genótipos (Ramalho et al., 2012) e ao déficit hídrico, que vem ocorrendo em várias regiões onde o cultivo de eucalipto já é realizado há muitos anos e em regiões em que as empresas vêm buscando áreas para realizar novos plantios como o norte de Minas Gerais e nos estados do Piauí, e Maranhão (Molion, 2008; Nascimento, 2016).

Uma estratégia de eficiência comprovada para seleção desses genótipos é a combinação dos testes de procedências e progênies, que permitem a determinação do valor reprodutivo dos indivíduos selecionados. Esses estudos de variabilidade genética são o caminho para aumentar esses ganhos em produtividade, avaliando caracteres silviculturais de importância econômica para as espécies florestais (Resende, 1994) e os de qualidade da madeira para fins específicos como, por exemplo, para a produção de energia.

A possibilidade de prever ganhos é considerada uma das maiores contribuições da genética quantitativa para o melhoramento. Quando diferentes critérios de seleção são considerados, a predição de ganhos referentes a cada critério tem grande importância, pois orienta os melhoristas sobre como utilizar material genético disponível da melhor maneira possível, visando à obtenção de ganhos máximos para as características de interesse (Paula et al., 2002).

O melhorista vive o dilema de obter ganhos em curto prazo, reduzindo a base genética, e, ao mesmo tempo, deve manter a variabilidade para promover ganhos continuamente em gerações avançadas. Um bom programa deve permitir a manutenção da variabilidade em longo prazo, tão grande quanto possível, sacrificando o mínimo de resultados de curto prazo (Paula, 2005).

No que se refere aos programas de melhoramento, de acordo com Borém e Miranda (2005), não existem métodos únicos para atingir os objetivos do melhoramento. Isto envolve um conjunto de procedimentos com fundamentação científica, cujo objetivo é promover uma alteração que possibilite aumento na produtividade e da qualidade do produto final. Assim, o melhorista deve avaliar cada

situação de forma crítica e objetiva, procurando otimizar a relação custo/benefício, buscando, de maneira clara, alcançar os objetivos almejados.

Nos programas de melhoramento, são testados vários genótipos (famílias de polinização aberta ou controlada, híbridos e clones, dentre outros), com várias plantas por parcela, ou em várias repetições de uma única planta. No melhoramento de espécies perenes, uma das limitações relaciona-se aos longos ciclos das espécies. Assim, o tempo gasto para avaliar os genótipos em testes genéticos, recombinar os genótipos superiores e avançar as gerações é extenso e o processo torna-se oneroso. Desta forma, a avaliação deve ser realizada criteriosamente para a obtenção de dados confiáveis e os métodos de análise dos dados devem proporcionar elevada acurácia (Ramalho et al., 2005).

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 e Dias, 2000).

As técnicas multivariadas são, por outro lado, usadas amplamente com sucesso para medir a diversidade genética entre diferentes genótipos (Alves et al., 2003), como a análise de agrupamento que tem por finalidade reunir por um critério qualquer de classificação, os genitores em vários grupos, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos (Cruz e Carneiro, 2003). Essa informação pode ser aproveitada para aumentar a eficiência nos programas de melhoramento, em que se torna importante selecionar indivíduos que sejam geneticamente divergentes entre si e de bom desempenho, pois, desse modo, contribuem com um arranjo genético diferente e mais proveitoso (Cruz e Carneiro, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição do Experimento

O teste de procedências e progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* (Figura 1) foi implantado em 11 de novembro de 1985 na Estação Experimental de Luiz Antonio, do Instituto Florestal de São Paulo, no município de Luiz Antonio-SP. Foram usadas 30 progênies de polinização aberta, pertencentes a duas procedências: Ravenshoe (Progênies 153 a 170) e Mt. Garnet (Progênies 171 a 182), ambas da Austrália. O ensaio foi instalado no delineamento experimental de blocos casualizados, com 100 repetições com parcelas de uma planta, no espaçamento 4 x 4 m, sem adubação e sem bordadura. O solo do local do experimento é classificado como Latossolo Vermelho (Santos et al., 2013).

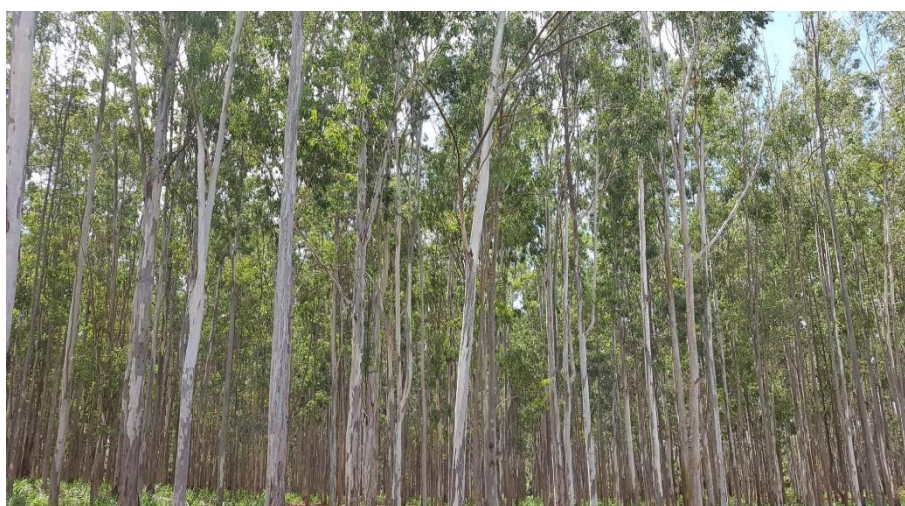


Figura 1. Teste de Procedências e Progênies de *Eucalyptus tereticornis* aos 31 anos, instalado na Estação Experimental de Luiz Antonio-SP.

3.2 Avaliações em Campo

Em 2017, portanto com cerca de 31 anos de idade, foram avaliados os seguintes caracteres em todo o ensaio: sobrevivência (SOBREV, %) – obtida a partir

do levantamento das árvores vivas de cada progênie; altura total (ALTT, m) – obtida com o uso de um Relascópio de Bitterlich; diâmetro à altura do peito (DAP, cm – tomado a 1,30 m do solo) – avaliado com suta graduada em mm; e forma do fuste (FORM)- usando um sistema de notas, com valores variando de 1 (pior forma) a 5 (melhor forma), conforme proposto por Guerra (2008).

3.3 Determinação do Volume Com e Sem Casca

De posse das avaliações realizadas em todas as árvores do ensaio, foram amostradas e abatidas três árvores de cada progênie, totalizando 90 árvores. Destas árvores foram retirados seis discos de aproximadamente 5 cm de espessura (Figura 2) correspondentes a 0%, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% do comprimento do fuste (altura comercial, até o diâmetro mínimo de 4 cm).



Figura 2. Discos correspondentes aos pontos de amostragem, 0%, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial.

Nestes discos foram determinados os diâmetros com e sem casca (Figura 3), em duas avaliações perpendiculares. Os diâmetros com casca e sem casca, em cada posição de amostragem dos discos, foram representados pelas médias das duas avaliações. De posse da altura comercial e dos diâmetros avaliados nas posições de amostragens dos discos, foram calculados os volumes com (VCC) e sem casca (VSC), com o uso da fórmula de Smalian, dada pela seguinte expressão (Soares et al., 2006), com adaptações para os tamanhos dos toretes de cada árvore abatida:

$$V_{fuste} = \frac{\pi}{8} 1,3(d_{0\%}^2 + DAP^2) + \frac{\pi}{8} l_1(DAP^2 + d_{25\%}^2) + \frac{\pi}{8} l_2[d_{25\%}^2 + d_{100\%}^2 + 2(d_{50\%}^2 + d_{75\%}^2)]$$

Em que:

$d_{0\%}$, $d_{25\%}$, $d_{50\%}$, $d_{75\%}$ e $d_{100\%}$ = diâmetros avaliados a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial (do comprimento do fuste)

DAP = diâmetro à altura do peito (avaliado a 1,30 m do solo)

l_1 = Comprimento entre o DAP e 25% do fuste (variável de árvore para árvore)

l_2 = Corresponde a 25% do comprimento do fuste de cada árvore abatida.

O volume de casca foi determinado pela diferença entre o volume com e sem casca.



Figura 3. Avaliação no campo para determinação do diâmetro com e sem casca

3.4 Avaliações em Laboratório

Após as avaliações dos diâmetros com e sem casca, os discos foram levados para o laboratório onde se fez a retirada das amostras para as demais análises. De cada disco foram retiradas duas amostras, em forma de cunha, sendo uma

destinada para determinação da densidade da madeira e outra para análises químicas. As cunhas de madeira destinadas à análise química foram picadas e posteriormente moídas em moinho tipo Willey.

3.4.1 Densidade da Madeira e Biomassa do Lenho e da Casca

As densidades da madeira e da casca foram determinadas pelo método da imersão em água (Figura 4), de acordo com Vital (1984), ao longo do fuste, correspondentes aos pontos de amostragem dos discos, ou seja, a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial e no DAP.

De posse dos valores de densidade e dos volumes do fuste sem casca e de casca, foram obtidas as biomassas do lenho e de casca.



Figura 4. Determinação da densidade básica da madeira pelo método de imersão em água.

3.4.2 Determinações Químicas da Madeira

As determinações químicas foram realizadas a partir de uma amostra composta de madeira moída, retirada dos diferentes discos. Foram determinados os teores de extrativos, de lignina, de celulose e holocelulose.

Eliminação dos Extrativos - foram usados 5 g de amostra seca de madeira de cada progênie e colocadas dentro de um Erlenmeyer, onde foi adicionada água quente. A água foi eliminada e substituída por outra, repetindo-se o procedimento até a água ficar incolor (Figura 5). Após essa extração em água, as amostras foram levadas à extração em solução com tolueno e álcool etílico (1:2 v/v). As amostras foram colocadas em filtro de papel e levadas a bomba a vácuo para uma última lavagem e pré-secagem. As amostras nos filtros de papel foram levadas para a estufa a 65°C por 12 horas. Após esse procedimento a amostra estava pronta para a quantificação dos teores de lignina e celulose.



Figura 5. Procedimento de eliminação dos extrativos, com a troca de água até permanecer com aparência incolor.

Teor de Lignina (LIG, %) - após eliminação dos extrativos, o teor de lignina foi determinado pelo método Klason, modificado de acordo com o procedimento proposto por Gomide e Demuner (1986) usando-se amostras de 0,3 g de madeira moída (Figura 6).



Figura 6. Determinação do teor de lignina pelo método de Klason

Teor de Celulose Total (CEL, %) - foi determinado pelo método do ácido nítrico (Figura 7), conforme procedimento descrito em Santos e Sansígolo (2000).



Figura 7. Determinação do teor de celulose pelo método do ácido nítrico.

Teor de Holocelulose (HOLO, %) - obtido indiretamente, por diferença em relação ao total (100%), conforme a expressão: $HOLO = 100 - LIG - EXT - CEL$.

Teor de Extrativos (EXT, %) - obtido com uma amostra de madeira moída, a qual foi colocada em cartuchos de papel, pesadas e levadas a um digestor com Diclorometano (solvente) (Figura 8), pingando sobre os cartuchos de papel por 8 horas assim eliminando os extrativos da madeira moída. Posteriormente foram levados a estufa a 105°C por 12h, os cartuchos foram retirados da estufa, esfriados em dessecador e pesados. O teor de extrativo foi obtido pela diferença de massa entre cartucho de papel com a amostra de madeira seca antes e após a extração.



Figura 8. Digestor e cartuchos de papel utilizados na determinação do teor de extrativos

3.5 Análise dos Dados

3.5.1. Análises Univariadas

Os dados foram analisados segundo o delineamento em blocos casualizados com número variável de repetições, conforme descrito anteriormente, sendo três repetições para a determinação dos volumes, da densidade básica e dos caracteres químicos da madeira e até 30 repetições para altura total, DAP, forma e sobrevivência.

Os dados de forma do fuste (FORM) foram transformados em $\sqrt{x}$ e os dados de volume comercial com casca (VCC), volume comercial sem casca (VSC), biomassa do lenho (BIOML) e biomassa do tronco (BIOMT) em $\sqrt{x + 0,5}$, por não apresentarem normalidade.

Os dados foram avaliados pela metodologia de modelos mistos, com o uso do Software Selegen-REML/BLUP (Resende, 2007).

Para os caracteres de crescimento foi utilizado o modelo abaixo:

$$y = Xr + Za + Wb + e$$

Em que:

y = vetor de dados

r = vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral

a = vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios)

b = vetor dos efeitos de procedências (assumidos como aleatórios),

e = vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

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

Foram obtidas as seguintes estimativas:

h^2_a = herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos

$$\hat{h}_a^2 = \frac{V_a}{V_f}$$

h_m^2 : herdabilidade da média de progênie, assumindo sobrevivência completa.

$$h_m^2 = \frac{0,25 * V_a}{0,25 + \frac{0,75}{r}}$$

h_{mp}^2 : herdabilidade a nível de procedência

$$h_{mp}^2 = \frac{V_{proc}}{V_f}$$

V_f : variância fenotípica individual

$$V_f = V_a + V_e$$

V_{fm} : Variância fenotípica média

$$V_{fm} = (0,25 * V_a + \frac{0,75 * V_a + V_e}{r})$$

AC_{prog} : acurácia da seleção de progênie, assumindo sobrevivência completa.

$$AC_{prog} = \sqrt{h_m^2}$$

$CV_{gi}\%$: coeficiente de variação genética aditiva individual.

$$CV_{gi} (\%) = \frac{\sqrt{V_a}}{m} \cdot 100$$

$CV_{gp}\%$: coeficiente de variação genética entre progênies.

$$CV_{gp} (\%) = \frac{\sqrt{0,25 * V_a}}{m} \cdot 100$$

$CV_e\%$: coeficiente de variação experimental

$$CV_e (\%) = \frac{\sqrt{V_e}}{m} \cdot 100$$

Em que:

V_a : variância genética aditiva

V_e : variância residual (ambiental + não aditiva)

V_{proc} : variância ambiental entre procedências

r : número de repetições

m : média

Para os caracteres tecnológicos da madeira, devido ao baixo número de repetições ($r=3$), optou-se por estimar a variância genotípica, para dar uma ideia da variabilidade entre as progênies. Matricialmente, o modelo estatístico encontra-se abaixo:

$$y = Xr + Zg + Wb + e$$

Em que:

y = vetor de dados

r = vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral

g = vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios)

b = vetor dos efeitos de procedências (assumidos como aleatórios)

e = vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

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

Foram obtidas as seguintes estimativas:

h^2_g = herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais

$$h^2_g = \frac{V_g}{V_f}$$

h^2_{mc} : herdabilidade ajustada da média de progênies, assumindo sobrevivência completa

$$h^2_{mc} = \frac{V_g}{V_g + \frac{V_e}{r}}$$

h^2_{mp} : herdabilidade a nível de procedência

$$h^2_{mp} = \frac{V_{proc}}{V_f}$$

AC_{prog} : acurácia da seleção de progênie e genitores

$$AC_{prog} = \sqrt{h^2_m}$$

$CV_{gi}\%$: coeficiente de variação genotípica

$$CV_{gi} (\%) = \frac{\sqrt{V_g}}{m} \cdot 100$$

$CV_e\%$: coeficiente de variação experimental

$$CV_e (\%) = \frac{\sqrt{V_e}}{m} \cdot 100$$

CV_r = coeficiente de variação relativa.

$$CV_r = \frac{CV_{gi\%}}{CV_e}$$

Por fim, estimou-se a expectativa de ganhos com a seleção, simulando-se a seleção de 150 plantas, com base nos caracteres de crescimento, transformando-se o teste de procedências e progênie em um Pomar de Sementes por Mudas (PSM). Também, para os caracteres tecnológicos da madeira, foi simulada a seleção das 10 melhores progênie com base no valor genotípico. As estimativas de ganhos foram obtidas conforme Resende (2002). Em ambas as situações, obteve-se as estimativas do tamanho efetivo populacional, de acordo com Resende e Bertolucci (1995), como segue:

$$Ne = \frac{4N_f \bar{k}_f}{\bar{k}_f + 3 + (\hat{\sigma}_{k_f}^2 / \bar{k}_f)}$$

em que:

$\bar{k}_f$ = número médio de indivíduos selecionados por progênie ($\bar{k}_f = N/N_f$);

$\hat{\sigma}_{k_f}^2$ = variância do número de indivíduos selecionados por progênie;

N = número de indivíduos selecionados;

N_f = número de progênies selecionadas

Adicionalmente, para o DAP, além da seleção com base no BLUP foram simuladas outras duas estratégias de seleção, sendo a seleção combinada (entre e dentro) das 15 melhores plantas das 10 melhores famílias e a seleção com restrição no número de indivíduos por família, fixando no máximo 20 plantas por família. Em todas essas estratégias foram simuladas a seleção de 150 plantas.

3.5.2. Análises Multivariadas

Procedeu-se ao estudo da divergência genética entre as progênies, usando os dados médios por progênie obtidos das avaliações de DAP, ALTT, VCC, BIOMT, DBM, LIG, CEL, HOLO e EXT, a partir das 90 árvores abatidas. Esses dados, foram submetidos às análises de agrupamento, pelo método hierárquico de Ward e não hierárquico de *K-means* (K-médias), como medida de dissimilaridade usou-se a distância Euclidiana. Também, procedeu-se à análise de componentes principais (ACP), a partir da matriz de correlação, utilizando o Software STATISTICA 7.0.

Na análise pelo método hierárquico de Ward, a definição dos grupos foi obtida pelo método de Mojena. O método de Mojena (1977) é um procedimento baseado no tamanho relativo dos níveis de fusões (distâncias) no dendrograma. Este método consiste em selecionar o número de grupos no estágio j que, primeiramente, satisfizer à seguinte inequação: $\alpha_j > \theta_k$ em que α_j é o valor de distâncias dos níveis de fusão correspondentes ao estágio j ($j = 1, 2, \dots, n$) e θ_k é o valor referencial de corte, expresso por: $\theta_k = \bar{\alpha} + k\hat{\sigma}_\alpha$, em que $\bar{\alpha}$ e $\hat{\sigma}_\alpha$ são, respectivamente, as

estimativas não viesadas da média e do desvio padrão dos valores de α ; k é uma constante. Adotou-se $k = 1,25$ como regra de parada na definição do número de grupos, como sugerem Milligan & Cooper (1985).

O número de grupos no método de *K-means* foi pré-definido a partir do número de grupos identificados no agrupamento de Ward. Na ACP o número de componentes principais foi definido de forma a explicar pelo menos 70% da variabilidade contida nos dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises Univariadas

4.1.1 Caracteres de Crescimento, Sobrevivência, Forma e Produtividade

As estimativas dos coeficientes de variação experimental ($CV_e\%$) obtidos para os caracteres avaliados (Tabela 1), variaram de 19,32% para forma das árvores (FORM) a 56,10% para sobrevivência (SOBREV). A considerar o que preconiza Pimentel Gomes (1990), os valores de $CV_e\%$ são de magnitude média (10-20%) a muito alta (>30%), dependendo do caráter. A magnitude do coeficiente de variação experimental está associada a precisão experimental, mas pode revelar, também, dificuldade na avaliação ou determinação de alguns caracteres, denotando a precisão na mensuração dos mesmos.

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento de progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* aos 31 anos de idade.

	DAP	ALTT	FORM	SOBREV	VCC	VSC	BIOML	BIOMT
V_a	10,829	3,1616	0,0151	0,0150	0,0118	0,0100	0,0073	0,0079
V_{proc}	1,1718	0,2611	0,0000	0,0001	0,0008	0,0008	0,0007	0,0008
V_e	42,779	26,246	0,0947	0,1598	0,0607	0,0520	0,0373	0,0404
V_f	54,781	29,669	0,1099	0,1749	0,0733	0,0629	0,0455	0,0492
h^2_a	0,197 ± 0,053	0,106 ± 0,039	0,137 ± 0,044	0,085 ± 0,030	0,161 ± 0,048	0,159 ± 0,048	0,160 ± 0,048	0,161 ± 0,048
h^2_{proc}	0,0213	0,008	0,0005	0,0006	0,0116	0,0139	0,0175	0,0167
h^2_{mp}	0,8635	0,750	0,7994	0,7012	0,8298	0,8280	0,8304	0,8311
Ac_{prog}	0,929	0,866	0,894	0,837	0,910	0,909	0,911	0,911
$CV_{gi}\%$	13,48	6,81	7,29	16,61	15,17	15,11	15,25	15,27
$CV_{gp}\%$	6,74	3,40	3,64	8,30	7,58	7,55	7,62	7,63
$CV_e\%$	29,23	20,49	19,32	56,10	36,80	36,83	36,90	36,89
m	24,405	26,103	1,686	0,737	0,716	0,662	0,561	0,584

V_a : variância genética aditiva; V_{proc} : variância ambiental entre procedências; V_e : variância residual (ambiental + não aditiva); V_f : variância fenotípica individual; h^2_a : herdabilidade individual no sentido restrito no bloco, ou seja, dos efeitos aditivos; c^2_{proc} : coeficiente de determinação dos efeitos de procedências; h^2_{mp} : herdabilidade da média de progênie; Ac_{prog} : acurácia da seleção de progênies e genitores; $CV_{gi}\%$: coeficiente de variação genética aditiva individual; $CV_{gp}\%$: coeficiente de variação genética entre progênies; $CV_e\%$: coeficiente variação experimental, m: média geral; DAP – Diâmetro a 1,3 m do solo (cm), ALTT – altura total (m); FORM – Forma do Fuste; SOBREV: Sobrevivência; VCC – volume comercial com casca (m^3 árvore⁻¹); VSC – Volume comercial sem casca; BIOML – biomassa do lenho; BIOMT – biomassa do tronco (kg árvore⁻¹).

Por outro lado, de acordo com Garcia (1989), os coeficientes de variação experimental para espécies florestais, em condições de campo, mesmo em valores superiores aos reportados para outras culturas, revelam boa precisão experimental, devendo ser analisados, separadamente, para cada caráter, idade, tipo e quantidade de tratamentos.

As estimativas da variância entre procedências (V_{proc}) assumiram valores muito baixos, variando de 0,00 a 1,17, elucidando o pequeno efeito de procedências para os caracteres avaliados. Disto resulta, que para todos os caracteres analisados as estimativas de herdabilidade entre procedências (h^2_{proc}), apresentaram valores baixos, denotando o pequeno efeito genético devido a procedência para os caracteres avaliados.

A acurácia (Ac_{prog}), que representa a relação entre o valor genético verdadeiro e o predito, foi adequada para todos os caracteres de crescimento avaliados, variando de 83 a 92% (Tabela 1). Isso indica boa precisão no acesso à variação genética verdadeira a partir da variação fenotípica observada para o caráter (Moraes et al., 2007).

O valor da acurácia superior a 50% (Ac_{prog}) está ideal, conforme Resende (2007), mostrando uma boa precisão na seleção dos genótipos. Zanata et al. (2010), observaram altos valores de acurácia seletiva para *E. pellita* aos 32 anos de idade, para DAP (94,94%), altura (92,16%), volume (94,85%) e forma (94,84%), sendo valores semelhantes aos encontrados neste estudo.

Os coeficientes de variação genética aditiva individual ($CV_{gi}\%$) mostraram a existência de variabilidade genética. Quanto maior esse valor, maior a facilidade de encontrar indivíduos superiores que irão proporcionar ganhos com a seleção. Os valores variaram de 6,81% a 16,61%. Para Sebbenn et al. (1998), um coeficiente de variação genética acima de 7% é considerado alto.

O coeficiente de variação genética entre progênies ($CV_{gp}\%$), que expressa, em porcentagem da média geral, a quantidade de variação genética entre progênies, foi mais baixo para todos os caracteres em relação ao coeficiente de variação aditiva individual (CV_{gi}). Os caracteres avaliados indicam boa variação genética entre as progênies, portanto mostrando potencial para a seleção (Tabela 1).

Considerando-se a classificação das estimativas de herdabilidade de acordo com Resende (1995), que considera herdabilidades de 0,01 a 0,15 como baixas; de 0,15 a 0,50 como medianas; e acima de 0,50 como altas, observa-se que os caracteres de crescimento apresentaram altos valores de herdabilidade ao nível de média de progênes: DAP (0,86) e VCC e VSC (0,82) BIOML e BIOMT (0,83), FORM (0,79), ALTT (0,75) e SOBREV (0,70) e isso possibilita a seleção de famílias superiores para esses caracteres.

Martins et al. (2001), em seus estudos envolvendo progênes de meios irmãos de *E. grandis*, encontraram valores de herdabilidade média de progênes para ALT e DAP de 0,68 e 0,69 respectivamente, sendo valores menores aos encontrados neste estudo. Zanata et al. (2010) encontraram valores de herdabilidade média de progênes para *E. pellita*, aos 32 anos de idade, de 0,80 para ALTT e 0,90 para DAP, valores esses superiores aos obtidos neste estudo.

Vários são os fatores que afetam a herdabilidade, entre esses fatores podemos citar o caráter estudado, o método de estimação, a diversidade na população, o nível de endogamia, o tamanho da amostra e a precisão na condução do experimento (Pires et al., 2011).

A herdabilidade individual no sentido restrito, que quantifica a importância relativa da proporção aditiva da variância genética que pode ser transmitida para a próxima geração (Borém e Miranda, 2009), apresentou estimativas que variaram de baixas e medianas, $0,19 \pm 0,05$ (DAP), $0,10 \pm 0,03$ (ALTT), $0,13 \pm 0,04$ (FORM), $0,08 \pm 0,03$ (SOBREV), $0,16 \pm 0,04$ (VCC), $0,15 \pm 0,04$ (VSC), $0,16 \pm 0,04$ (BIOML) e (BIOMT) (Tabela 1). Contudo, até os valores mais baixos foram significativos para os efeitos genotípicos, pois o intervalo de variação difere de zero, reforçando as diferenças genéticas existentes entre os indivíduos.

4.1.2 Caracteres Tecnológicos da Madeira

As estimativas dos coeficientes de variação experimental (CV%) são consideradas baixas, com base em Pimentel Gomes (1990), para todos os caracteres, exceto para o teor de extrativos que é mediana (Tabela 2). Tolfo et al.

(2005) encontraram valores de (CV%) menores para LIG (2,25%), HOLO (1,51%) e DBM (7,96%) e maior para EXT (24,56%). Diante disto, pode-se considerar que as determinações dos caracteres tecnológicos apresentaram boa precisão experimental.

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres tecnológicos da madeira em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* aos 31 anos de idade.

	DBM	LIG	CEL	EXT	HOLO
V_g	0,0003	0,9301	2,0197	0,3834	1,8420
V_{proc}	0,0000	0,0059	0,8406	0,0623	0,0080
V_e	0,0016	6,7609	3,2288	1,0246	7,3952
V_f	0,0019	7,6970	6,0893	1,4703	9,2453
h^2_g	$0,147 \pm 0,114$	$0,120 \pm 0,103$	$0,331 \pm 0,171$	$0,260 \pm 0,152$	$0,199 \pm 0,133$
c^2_{proc}	0,0052	0,0007	0,1380	0,0423	0,0008
h^2_{mp}	0,3429	0,2921	0,6523	0,5288	0,4276
Ac_{prog}	0,5856	0,5405	0,8076	0,7272	0,6539
$CV_{gi}\%$	2,38	3,09	3,10	7,18	2,26
$CV_e\%$	5,70	8,32	3,92	11,73	4,52
CV_r	0,4171	0,3709	0,7909	0,6117	0,4991
m	0,7186	31,235	45,800	8,6296	60,1092

V_g : variância genotípica; V_{proc} : variância ambiental entre procedências; V_e : variância residual; V_f : variância fenotípica individual; $h^2_g = h^2$: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais; $c^2_{proc} = c^2$: coeficiente de determinação dos efeitos de procedência; h^2_{mc} : herdabilidade ajustada da média de genótipo, assumindo sobrevivência completa; Ac_{prog} : acurácia da seleção de progênies e genitores; $CV_{gi}\%$: coeficiente de variação genotípica; $CV_e\%$: coeficiente de variação residual; $CV_r = CV_g/CV_e$ = coeficiente de variação relativa, m = média geral; DBM: Densidade básica da madeira; LIG, CEL, EXT e HOLO – respectivamente, teores (%) de lignina, celulose, extrativos e holocelulose,

Assim como observado para os caracteres de crescimento (Tabela 1), nos caracteres tecnológicos da madeira, o efeito de procedência (V_{proc}) também foi baixo, resultando em baixa herdabilidade (h^2_{proc}) a nível de procedência (Tabela 2).

A acurácia (Ac_{prog}), que representa a relação entre o valor genético verdadeiro e o predito, foi classificada como mediana a alta para os caracteres tecnológicos avaliados, variando de 54% para o teor de lignina – LIG a 80% para o teor de celulose - CEL (Tabela 2).

Baixas estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram obtidas para DBM ($0,14 \pm 0,11$) e LIG ($0,12 \pm 0,10$), sugerindo que estes caracteres sofrem grande influência ambiental e encontram-se sob baixo controle genético. Os demais

caracteres apresentaram estimativas medianas de herdabilidade, sendo de $0,19 \pm 0,13$, para HOLO, $0,26 \pm 0,15$ para EXT e $0,33 \pm 0,17$ para CEL.

As estimativas de herdabilidade ao nível de médias de progênes foram altas para CEL (0,65), EXT (0,53) e HOLO (0,43), reforçando que estes caracteres sofrem baixa influência ambiental. Estimativas medianas de herdabilidade foram obtidas para DBM (0,34) e LIG (0,29).

O coeficiente de variação relativa (CV_r), que indica a razão entre o coeficiente genotípico do indivíduo ($CV_{gi}\%$) e o coeficiente experimental ($CV_e\%$) variou de 0,37 a 0,79, apresentando valores inferiores a um em todos os caracteres avaliados. Caracteres que possuem valores próximos ou superiores à unidade são indicados para seleção (Vencovsky e Barriga, 1992). Dessa forma, a CEL seria a mais indicada para seleção. Contudo, segundo Paula et al. (1997), por CV_r ser um índice, obtido pela razão entre dois coeficientes de variação, deve-se considerar, também, a magnitude das estimativas dos coeficientes envolvidos. Por exemplo, a CEL que proporcionou maior estimativa de CV_r apresenta estimativa de CV_{gi} pouco acima de 3%, ao passo que o teor de extrativos (EXT), apresenta CV_{gi} acima de 7%. Porém, para CEL as estimativas de CV_e , foram baixas, resultando em melhor relação CV_{gi}/CV_e , mas por ter sido obtida a partir de baixos valores de coeficientes de variação, essa relação pode estar comprometida pela baixa variabilidade genética disponível entre as progênes.

De acordo com Kageyama (1980) e Vencovsky (1987), a relação CV_g/CV_e , juntamente com a herdabilidade, são indicativos das possibilidades de ganhos genéticos com a seleção, pois desempenham importante função no entendimento da variação existente entre os acessos. Assim, quando a razão CV_g/CV_e é maior que 1,0, indica condição favorável à seleção, pois a variação genética supera a ambiental. Entretanto, conforme citado anteriormente, não basta somente que esta relação seja superior a unidade, importando, também, a análise da magnitude dos valores envolvidos.

Tolfo et al. (2005), trabalhando com clones de eucalipto, encontraram valores de CV_r maiores que um para LIG (1,33%), HOLO (1,37%) e EXT (1,28%), resultados que diferem dos obtidos no presente trabalho.

4.1.3 Expectativas de Ganhos Com a Seleção

As estimativas de ganhos com a seleção, considerando-se a seleção de 5% (150 melhores árvores) no teste de progênie, para os caracteres de crescimento, indicam condições mais favoráveis para o caráter DAP, tanto em termos de ganhos com a seleção quanto em termos de tamanho efetivo populacional. Nesse sentido, os ganhos variaram de 0,09% para SOBREV a 3,85% para DAP, indicando pequena variabilidade entre as progênies (Tabela 3).

Os caracteres DAP e ALTT foram os que apresentaram maiores expectativas de ganhos a seleção, respectivamente, 3,85% e 1,76%. Para os demais caracteres as expectativas de ganhos são inferiores a 0,25%. Provavelmente isto se deve ao pequeno número de progênies ($p=30$), que apesar de elevado número de plantas/progênies ($n=100$), faz com que as melhores progênies participem com grande número de indivíduos selecionados. Neste aspecto, as progênies 161 e 173 para DAP, as progênies 154 e 161 para ALTT, e as progênies 154 e 173 para VCC, VSC, BIOML e BIOMT, são responsáveis por mais de 50% (>75 indivíduos) dos 150 indivíduos selecionados (Tabela 3). Isto repercutiu nas estimativas de tamanho efetivo populacional (N_e) que, em geral, foram baixas pois poucas famílias contribuíram com muitos indivíduos no processo de seleção, o que fará aumentar a endogamia na geração seguinte, com a recombinação dos indivíduos superiores.

Para os caracteres tecnológicos da madeira (Tabela 4), as expectativas de ganhos, com a seleção das 10 melhores progênies, foram baixas, variando de 0,011% para a densidade básica da madeira (DBM) a 1,31% para o teor de celulose (CEL). Isto reforça a baixa variabilidade genética entre as progênies para esses caracteres, conforme já reportado para as estimativas de parâmetros genéticos.

Outro aspecto interessante é o pequeno número de famílias, dentre as 10 superiores, que são coincidentes para os diferentes caracteres, não existindo uma única família comum a todos os caracteres tecnológicos estudados (Tabela 4). A seleção praticada para o teor de celulose (CEL) foi a que proporcionou maior número de famílias em comum com os demais caracteres, uma vez que todas as 10 famílias superiores para CEL, também foram superiores para pelo menos mais um caráter da madeira. Assim, 6 das 10 famílias superiores para CEL também estão entre as 10 superiores para DBM, 4 para HOLO, 3 para LIG e 2 para EXT.

Tabela 3. Número de indivíduos selecionados/família, estimativas de ganho genético (%), tamanho efetivo populacional (N_e) e novas médias para caracteres de crescimento em 30 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* aos 31 anos de idade. (Seleção de 5%= 150 plantas).

	DAP	ALTT	FORM	SOBREV	VCC	VSC	BIOML	BIOMT
153	1	-	-	4	26	28	26	25
154	16	34	6	4	51	54	51	51
155	-	-	-	-	-	-	-	-
156	-	-	-	-	3	-	-	-
157	-	-	-	-	-	-	-	-
158	1	3	17	-	1	1	1	1
159	-	-	-	3	-	-	-	-
160	-	-	12	-	1	-	-	-
161	45	52	41	50	1	-	-	-
162	3	-	3	-	-	-	-	-
163	15	16	1	-	17	18	13	12
164	2	-	-	-	-	-	-	-
165	-	-	3	-	-	-	-	-
166	1	-	-	-	1	1	1	1
167	1	-	8	2	-	-	-	-
168	1	-	-	-	-	-	-	-
169	18	19	21	-	7	6	6	7
170	-	-	-	-	-	-	-	-
171	-	-	-	-	-	-	-	-
172	1	-	17	85	-	-	-	-
173	34	26	-	-	37	34	37	37
174	2	-	2	-	1	1	1	1
175	-	-	-	-	-	-	2	2
176	-	-	1	-	-	-	-	-
177	9	-	-	-	4	-	9	9
178	-	-	1	-	1	1	1	1
179	-	-	15	-	-	-	-	-
180	-	-	2	2	3	2	2	3
181	-	-	-	-	-	-	-	-
182	-	-	-	-	-	-	-	-
Ganho	3,85	1,76	0,10	0,09	0,12	0,11	0,09	0,09
Nova Média	28,25	27,86	1,79	0,82	0,84	0,77	0,65	0,68
N_e	19,04	15,26	23,88	7,95	15,65	14,97	15,86	16,04

DAP – Diâmetro a 1,3 m do solo (cm), ALTT – altura total (m); FORM – Forma do Fuste; SOBREV: Sobrevivência; VCC – volume comercial com casca ($m^3 \text{ árvore}^{-1}$); VSC – Volume comercial sem casca; BIOML – biomassa do lenho; BIOMT – biomassa do tronco ($kg \text{ árvore}^{-1}$).

Tabela 4. Seleção das dez melhores famílias para os caracteres tecnológicos da madeira em 30 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* aos 31 anos de idade.

DBM					CEL			
Ordem	Genitor	a	Ganho	Nova Média	Genitor	a	Ganho	Nova Média
1	171	0,0168	0,0168	0,735	157	2,1967	2,1967	47,997
2	175	0,0163	0,0165	0,735	161	2,0967	2,1467	47,947
3	159	0,0141	0,0157	0,734	160	1,7183	2,0039	47,804
4	157	0,0110	0,0145	0,733	156	1,5943	1,9015	47,702
5	166	0,0105	0,0137	0,732	172	1,5598	1,8332	47,634
6	156	0,0097	0,0130	0,731	158	1,4813	1,7745	47,575
7	177	0,0087	0,0124	0,731	159	0,9093	1,6509	47,451
8	160	0,0085	0,0119	0,730	173	0,7661	1,5403	47,341
9	158	0,0081	0,0115	0,731	168	0,4766	1,4221	47,223
10	155	0,0044	0,0108	0,729	177	0,3290	1,3128	47,113
LIG					EXT			
1	168	1,0517	1,0517	32,287	163	0,8193	0,8193	9,448
2	176	0,6930	0,8723	32,108	173	0,4751	0,6472	9,276
3	177	0,6930	0,8126	32,048	170	0,4491	0,5811	9,210
4	164	0,6622	0,7750	32,010	154	0,4420	0,5464	9,176
5	155	0,6008	0,7401	31,976	162	0,4367	0,5244	9,154
6	169	0,5005	0,7002	31,936	153	0,4209	0,5072	9,136
7	175	0,4826	0,6691	31,905	175	0,3358	0,4827	9,112
8	180	0,4174	0,6376	31,873	158	0,3345	0,4642	9,093
9	163	0,3213	0,6025	31,838	155	0,3204	0,4482	9,077
10	172	0,2060	0,5628	31,798	176	0,2600	0,4294	9,059
HOLO								
Ordem	Genitor	a	Ganho	Nova Média				
1	171	1,8434	1,8434	61,952				
2	178	1,4171	1,6302	61,739				
3	181	1,3758	1,5454	61,654				
4	161	1,1012	1,4343	61,543				
5	157	0,9529	1,3381	61,447				
6	167	0,9173	1,2679	61,377				
7	159	0,7605	1,1954	61,304				
8	153	0,6535	1,1277	61,236				
9	182	0,4505	1,0525	61,161				
10	156	0,4169	0,9889	61,0981				

a = valor genotípico; Ganho genético em termos percentuais. DBM: Densidade básica da madeira; CEL, LIG, EXT e HOLO – respectivamente, teores (%) de celulose, lignina, extrativos e holocelulose,

Na sequência, a seleção para DBM foi a segunda mais coincidente com os demais caracteres, em que 9 das 10 famílias selecionadas estão entre as 10 superiores para os demais caracteres. A seleção para LIG e EXT identificou 7 famílias comuns aos demais caracteres e, por último, a seleção sobre HOLO identificou 6 famílias superiores para pelo menos um dos demais caracteres avaliados. Independentemente do caráter considerado, nenhuma família dentre as 10 superiores encontra-se entre as 10 melhores para mais de três caracteres. Por exemplo, a família 157, a melhor para CEL, figura entre as 10 superiores para DBM e para HOLO; a família 171 que foi a superior para DBM, também é a melhor para HOLO; algumas famílias, contudo, foram superiores apenas para um caráter em questão, a exemplo da família 166 para DBM.

Esses resultados indicam que uma estratégia interessante para o avanço das gerações de melhoramento é, de fato, a recombinação entre os indivíduos superiores para que possa gerar oportunidades de se obter segregantes que reúnam os caracteres de interesse em poucos indivíduos.

A seleção pelo BLUP proporcionou um baixo valor de tamanho efetivo populacional em função de um elevado número de indivíduos selecionados dentro de poucas famílias (Tabela 5). Por isso, optou-se em testar duas estratégias de seleção, considerando-se apenas o caráter DAP, por ser um dos caracteres mais importantes para a seleção, embora sejam estratégias mais conservadoras no ponto de vista de ganhos genéticos podem, a médio e longo prazo, proporcionar situações mais interessantes em termos de recombinação e segregação, devido ao tamanho efetivo populacional ampliado.

O tamanho efetivo populacional (N_e) foi menor com a seleção baseada no valor genético individual (BLUP), atingindo o valor de 19,04. Porém, esse valor aumentou nas outras duas estratégias atingindo o valor de 46,14 na estratégia 2 (seleção entre e dentro de famílias - SEDF) e 30,08 na estratégia 3 (seleção com restrição no número de indivíduos por família - RESTRIÇÃO), mostrando que essas alternativas podem ser vantajosas no programa de melhoramento, notadamente para situações como a do presente experimento, em que tanto a variabilidade genética quanto as expectativas de ganhos com seleção são baixas (Tabela 5).

Tabela 5. Comparação de três estratégias de seleção, considerando-se o mesmo percentual de plantas selecionadas, a partir do valor genético individual (BLUP) para o diâmetro a altura do peito (DAP, cm), seleção entre e dentro de famílias (SEDF), e seleção com restrição no número de indivíduos por família (RESTRIÇÃO).

Famílias ¹	BLUP	SEDF	RESTRIÇÃO
153	1	15	6
154	16	15	20
155	-	-	1
158	1	15	2
161	45	15	20
162	3	-	5
163	15	15	20
164	2	15	10
166	1	-	2
167	1	-	1
168	1	-	2
169	18	15	20
172	1	-	1
173	34	15	20
174	2	15	2
175	-	-	1
177	9	15	17
Var	185	0	71,65
N _f	15	15	17
K _f	10	10	8,8
Ne	19,04	46,15	30,08
Ganho	3,85	3,27	3,61
Nova Média	28,25	27,67	28,02

¹ - Famílias com pelo menos um indivíduo selecionado, em pelo menos um dos três métodos de seleção simulados. Var = variância do número de indivíduos selecionados por progênie; N_f = número de progênies selecionadas; K_f = número médio de indivíduos selecionados por progênie ($K_f = N/N_f$); Ne = tamanho efetivo populacional.

Ambas as alternativas são válidas e pertinentes pois a alteração no ganho percentual foi pequena, notadamente a seleção com restrição no número de indivíduos por família, embora não tenha sido a que maximizou o tamanho efetivo. Outras situações também poderiam ter sido simuladas, visando maior equilíbrio entre ganho com seleção e manutenção de tamanho efetivo, cabendo ao melhorista trabalhar adequadamente essas situações.

4.2 Análise Multivariada

Os valores médios para cada caráter entre as progênes evidenciam o comportamento distinto entre as mesmas (Tabela 6). De uma forma geral, as progênes de desempenhos opostos em um dado caráter não são os mesmos quando se analisa outro caráter, exceto a progênie P182 que apresentou desempenho inferior em quatro dos oito caracteres avaliados.

Tabela 6. Valores médios dos caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira em 30 progênes de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis*, pertencentes a duas procedências, aos 31 anos de idade.

Procedência	Progênie	DAP	ALTT	VCC	DBM	BIOMT	LIG	CEL	EXT	HOLO
Ravenshoe	153	20,67	25,57	0,3881	0,719	0,2594	28,81	46,84	9,56	61,63
	154	22,33	28,77	0,5229	0,715	0,3562	30,62	46,55	9,60	59,78
	155	24,17	27,83	0,4967	0,732	0,3353	33,29	45,44	9,37	57,34
	156	22,17	27,16	0,4386	0,748	0,3060	31,50	48,82	7,42	61,08
	157	23,17	28,27	0,4793	0,752	0,3342	30,32	<u>49,75</u>	7,35	62,33
	158	20,00	25,57	<u>0,3320</u>	0,743	0,2236	29,91	48,65	9,39	60,70
	159	23,83	<u>32,23</u>	0,6044	0,761	<u>0,4351</u>	30,92	47,77	7,19	61,89
	160	24,67	31,33	<u>0,6047</u>	0,744	0,4184	31,60	49,01	8,74	59,66
	161	<u>26,33</u>	28,93	0,5018	0,697	0,3273	28,61	49,59	8,71	62,68
	162	22,67	27,30	0,4313	0,686	0,2818	30,73	45,73	9,59	59,68
	163	24,00	28,43	0,5100	0,698	0,3322	32,33	45,85	<u>10,31</u>	57,36
	164	24,83	26,60	0,4788	0,706	0,3180	33,50	44,86	9,18	57,32
	165	22,00	27,20	0,4297	0,729	0,2896	30,79	44,35	8,80	60,41
	166	21,33	25,97	0,3730	0,750	0,2586	31,47	44,30	8,58	59,96
	167	23,00	25,97	0,4331	0,721	0,2899	29,39	44,11	8,36	62,25
	168	23,33	26,63	0,4606	0,719	0,3121	<u>34,83</u>	47,11	8,49	<u>56,67</u>
	169	23,17	27,50	0,4397	0,719	0,2951	32,94	44,17	8,98	58,07
	170	25,00	27,37	0,5495	0,684	0,3525	29,42	44,04	9,61	60,97
Mt. Garnet	171	20,33	25,50	0,3624	<u>0,767</u>	0,2554	<u>26,86</u>	44,59	8,72	<u>64,42</u>
	172	20,67	26,33	0,3765	0,726	0,2498	31,94	47,61	8,72	59,34
	173	22,50	27,93	0,4787	0,714	0,3224	30,94	46,40	9,40	59,66
	174	23,83	27,50	0,4756	0,693	0,3071	31,74	44,91	8,90	59,36
	175	21,50	24,77	0,3683	0,765	0,2586	32,89	45,24	9,13	57,98
	176	<u>19,67</u>	26,20	0,3467	0,683	0,2173	33,61	44,42	8,99	57,40
	177	24,00	30,17	0,5581	0,743	0,3849	33,61	45,73	8,91	57,48
	178	21,50	28,13	0,4393	0,722	0,2944	29,12	45,36	7,45	63,43
	179	22,33	26,53	0,3942	0,669	0,2414	31,22	45,58	8,44	60,33
	180	21,17	28,27	0,4848	0,711	0,3187	32,67	43,89	7,74	59,59
	181	23,50	30,60	0,5548	0,703	0,3652	29,86	43,55	<u>6,81</u>	63,33
	182	20,83	<u>24,67</u>	0,3600	<u>0,645</u>	<u>0,2134</u>	31,59	<u>43,25</u>	7,25	61,16
Médias		22,62	27,51	0,4558	0,719	0,3051	31,24	45,92	8,66	60,11
Desvio Padrão		1,64	1,84	0,08	0,03	0,06	1,78	1,87	0,87	2,07

DAP – Diâmetro a 1,3 m do solo (cm), ALTT – altura total (m); VCC – volume comercial com casca (m³ árvore⁻¹); DBM – densidade básica da madeira (g cm⁻³), BIOMT – biomassa do tronco (kg árvore⁻¹), LIG, CEL, EXT e HOLO – respectivamente, teores (%) de lignina, celulose, extrativos e holocelulose, Valores sublinhados referem-se aos valores extremos (menor e maior) de cada característica.

Os resultados obtidos para os caracteres tecnológicos da madeira, ou seja, para DBM e teores de LIG, CEL, HOLO e de EXT, são distintos daqueles comumente encontrados na literatura, em geral, obtidos de árvores com idades mais jovens. Assim, os valores médios aqui observados de EXT (8,66%), LIG (31,24%), CEL (45,92%) e HOLO (60,11%) podem, em parte, ser em função da idade mais avançada do teste de progênies em estudo, o que corrobora com os resultados obtidos por Silva et al. (2005). Esses autores, estudando a composição química de *Eucalyptus grandis* com idades entre 10 e 25 anos, observaram tendência de aumento, com a idade, nos teores de EXT, variando de 2,76% (10 anos) a 6,34% (20 anos) e de LIG, passando de 23,78%, aos 10 anos, para 30,70% aos 20 anos. Silva et al., (2005) e Soares (2015) confirmaram, em seus trabalhos, um aumento sistemático do teor de LIG da madeira com a idade, porém com tendência de estabilização após certa idade da árvore. O teor de HOLO, por outro lado, apresentou tendência de redução com a idade, variando de 73,11% (14 anos) a 63,21% (20 anos). Ressalta-se que o teste aqui avaliado apresenta idade superior ao estudado por Silva et al. (2005) e, portanto, os maiores teores observados de EXT e LIG e menores de HOLO, podem ser explicados pela maior idade do teste e por tratar-se de uma outra espécie.

Brito e Barrichelo (1997) encontraram valores de 0,68 g cm⁻³ para DBM e 27,3% para LIG, em *Eucalyptus tereticornis* aos 8 anos de idade, valores esses, inferiores aos obtidos no presente trabalho que foram de 0,719 g cm⁻³ para densidade da madeira e 31,24% para LIG.

Foram encontradas correlações de baixa a moderada magnitude (Tabela 7) entre os caracteres estudados. Em geral, correlações significativas foram obtidas entre os caracteres de crescimento e produção e apenas entre EXT x HOLO, dentre os caracteres tecnológicos da madeira. Esses resultados diferem, em geral, daqueles reportados na literatura, em que correlações significativas foram obtidas entre os principais caracteres tecnológicos da madeira, conforme reportado a seguir.

Os teores de lignina e de extrativos são importantes caracteres de qualidade da madeira e afetam significativamente o rendimento do processo de polpação para a produção de celulose (Fantuzzi Neto, 2012). Esse autor, estudando os caracteres da madeira para polpação observou que a densidade básica da madeira apresentou

correlação significativa com o consumo da madeira para produção de celulose. Assim, em um programa de melhoramento florestal, seria indicado determinar inicialmente estes caracteres de qualidade da madeira (densidade básica, teor de lignina e teor de extrativos) para seleção, antes da determinação dos caracteres de polpação.

Tabela 7. Correlações entre os caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira em 30 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis*.

	ALT	VCC	DBM	BIOMT	LIG	CEL	EXT	HOLO
DAP	0,59**	0,79**	-0,09 ^{ns}	0,73**	0,10 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,13 ^{ns}
ALTT		0,90**	0,17 ^{ns}	0,90**	0,02 ^{ns}	0,30 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	0,08 ^{ns}
VCC			0,07 ^{ns}	0,98**	0,08 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,03 ^{ns}
DBM				0,27 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,39*	-0,09 ^{ns}	0,11 ^{ns}
BIOMT					0,07 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,01 ^{ns}
LIG						-0,12 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,91**
CEL							-0,02 ^{ns}	0,11 ^{ns}
EXT								-0,52**

** - significativo a 5%; * - significativo a 1%; ns - não significativo, pelo teste "t". DAP – Diâmetro a 1,3 m do solo (cm), ALT – altura total (m); VCC – volume comercial com casca (m³ árvore⁻¹); DBM – densidade básica da madeira (g cm⁻³), BIOMT – biomassa do tronco (kg árvore⁻¹), LIG, CEL, EXT e HOLO – respectivamente, teores (%) de lignina, celulose, extrativos e holocelulose.

Vários autores encontraram correlação positiva entre a densidade básica da madeira, teor de extrativos totais e a idade da árvore e atribuíram esse comportamento ao processo de cernificação, no qual os extrativos são incorporados ao cerne com o envelhecimento da madeira (Raymond, 2000; Silva, 2011; Silva et al., 2005).

As relações entre as propriedades da madeira não são fixas, variando caso a caso, conforme pode ser observado na literatura. Por exemplo, Barrichelo et al. (1977) estudando madeiras de *Eucalyptus grandis* com seis anos de idade, encontraram correlação positiva entre o teor de lignina e a densidade básica e correlação negativa da densidade com o teor de holocelulose. Resultados semelhantes foram encontrados por Wehr e Barrichelo (1993) e por Dias e Cláudio da Silva (1985), porém esses últimos autores não verificaram correlação significativa entre densidade e teor de extrativos. Por outro lado, Valente et al. (1992) citaram

que a massa volumétrica tem tendência a se correlacionar negativamente com a percentagem de lignina.

As 30 progênes de *Eucalyptus tereticornis*, pertencentes às duas procedências, foram separadas em três grupos pelo método de agrupamento de Ward (Figura 9). Os grupos 1 e 2 englobam progênes de maiores DAP, ALTT, VCC e BIOMT, portanto mais produtivas e com pequenas diferenças entre ambos, e o grupo 3 as de menor produtividade (Tabela 8). Quanto aos caracteres tecnológicos da madeira, o grupo 2 apresenta maiores teores de LIG e de EXT e menores teores HOLO; o grupo 1 tem maiores teores de CEL e de HOLO e os menores teores de LIG e EXT e o grupo 3 os menores teores de CEL (Tabela 8). Portanto, os grupos 1 e 2 diferenciam-se, principalmente, quanto aos caracteres da madeira, os grupos 1 e 3, diferenciam-se pela produtividade, e os grupos 2 e 3 diferenciam-se tanto pela produtividade quanto pelos caracteres da madeira.

Não houve relação entre os grupos formados com as procedências, sendo os mesmos constituídos por progênes de ambas as procedências (Figura 9 e Tabela 6).

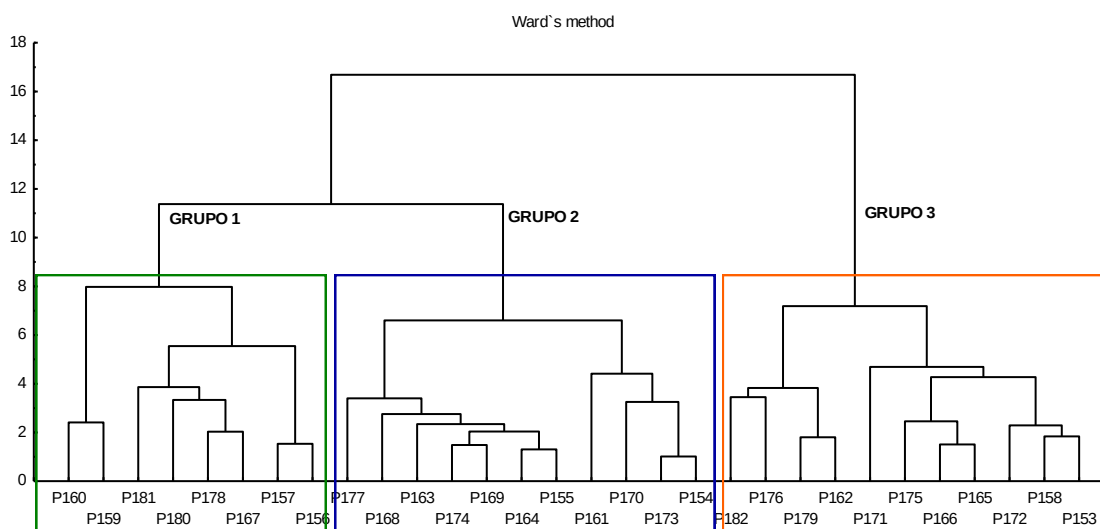


Figura 9. Dendrograma baseado na Distância Euclidiana entre 30 progênes de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* pertencentes a duas procedências, obtido pelo método Ward a partir de nove caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira.

Tabela 8. Valores médios dos caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira, dos grupos formados pelo método de Ward, em 30 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis*, pertencentes a duas procedências.

Caracteres	Médias		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
DAP	22,88	23,95	21,09
ALTT	28,99	27,97	25,96
VCC	0,5049	0,4975	0,3784
DBM	0,7327	0,7110	0,7165
BIOMT	0,3452	0,3312	0,2499
LIG	30,67	31,98	30,89
CEL	46,53	45,87	45,51
EXT	7,63	9,22	8,83
HOLO	61,69	58,79	60,27

DAP – Diâmetro a 1,3 m do solo (cm), ALTT – altura total (m); VCC – volume comercial com casca (m³ árvore⁻¹); DBM – densidade básica da madeira (g cm⁻³), BIOMT – biomassa do tronco (kg árvore⁻¹), LIG, CEL, EXT e HOLO – respectivamente, teores (%) de lignina, celulose, extrativos e holocelulose,

O grupo 1, de maior produtividade, maior DBM, altos teores de CEL e HOLO e baixos teores de EXT e LIG, reuniu oito progênies, das quais cinco são da procedência Ravenshoe (P156, P157, P159, P160 e P 167) e três da procedência Mt. Garnet (P178, P180 e P181); os grupos 2 e 3 reuniram onze progênies cada, sendo que o grupo 2, com produtividade semelhante ao grupo 1, porém de menor DBM e altos teores de LIG e EXT e baixos teores de HOLO, foi formado por oito progênies da procedência Ravenshoe (P154, P155, P161, P163, P164, P168, P169 e P170) e três da procedência Mt. Garnet (P173, P174 e P177) e o grupo 3, caracterizado como de baixa produtividade e valores intermediários de DBM, LIG, HOLO e EXT, reuniu sete progênies da procedência Ravenshoe (P153, P158, P162, P165, P166, P171 e P172) e quatro da procedência Mt. Garnet (PP175, P176, P179 e P182).

Variações genéticas entre procedências de uma mesma espécie surgem em decorrência de adaptações aos diferentes habitats (Kageyama, 1977). Neste sentido, as duas procedências estudadas, Ravenshoe e Mt. Garnet, diferem principalmente quanto à precipitação, em que a média histórica na primeira é de 1486 mm anuais e na segunda de 886 mm; em termos de temperaturas, Ravenshoe tem média anual de 19,9°C, com variação entre 15,2 a 23,1°C, com mínimas entre 9,4 e 18,4°C e máximas entre 21,1 e 28,6°C, ao passo que Mt.

Garnet tem média histórica de 21,5°C, variando entre 16,8 e 24,9°C, mínimas entre 10,4 e 19,7°C e máximas entre 23,3 e 30,9°C. Portanto, Ravenshoe tem temperaturas mais amenas e precipitação 67,7% (600 mm anuais) superior a Mt. Garnet (Climate-date, 2018). Conforme citado em material e métodos, as condições climáticas no município de Luiz Antônio (SP), são semelhantes as condições das duas procedências, com grande similaridade quanto a pluviosidade de Ravenshoe e as temperaturas de Mt. Garnet. Desta forma, o pequeno efeito de procedências e o pequeno número de grupos formados podem ser função da idade de avaliação do teste, em que após 31 anos, a pressão exercida pelo ambiente tenha favorecido a sobrevivência apenas dos indivíduos mais adaptados ao local de estudo, fazendo com que o comportamento desses indivíduos fosse relativamente semelhante entre as progênies e procedências.

Por outro lado, Oliveira (1994), citado por Silva et al. (2007), estudando o comportamento silvicultural de procedências e progênies de *Eucalyptus tereticornis*, na região de Anhembi-SP, verificou diferenças significativas entre as procedências para DAP, altura e volume cilíndrico, aos 11 anos de idade.

O número de grupos formados em estudos de divergência genética depende de vários fatores, desde aqueles relacionados à técnica de formação dos grupos, como a medida de distância e o método de agrupamento, até ao germoplasma considerado, em termos de número de acessos, a variabilidade genética e o número e tipo de caracteres avaliados. A princípio, porém, o pequeno número de grupos identificado indica a presença de baixa variabilidade genética nas progênies em estudo.

No agrupamento formado pelo método não-hierárquico *K-means* (Figura 10), cujo número de grupos (três) foi pré-definido a partir dos resultados obtidos no agrupamento de Ward, a composição dos grupos foi pouco alterada em relação àqueles formados no método de Ward. Observa-se que no grupo 1 do método de *K-means*, 10 (83,3%) das 12 progênies que o constitui pertencem ao grupo 2 de Ward e representa progênies com produtividade intermediária, porém com maiores teores de LIG e EXT e menores valores de DBM, CEL e HOLO. No grupo 2 no *K-means*, 10 (76,9%) das 13 progênies que o compõe pertencem ao grupo 3 de Ward, sendo representado por progênies de menor produtividade e valores intermediários para

DBM, LIG, CEL, EXT e HOLO. Por fim, o grupo 3 no método de *K-means*, formado por apenas cinco progênes, tem quatro (80%) progênes pertencentes ao grupo 1 de Ward apresentando progênes de maior crescimento e produtividade, maior DBM, CEL e HOLO e menores valores de LIG e EXT. Percebe-se, também, por esse método que os três grupos reúnem progênes das duas procedências, reforçando o pequeno efeito de procedências para a separação e composição dos grupos.

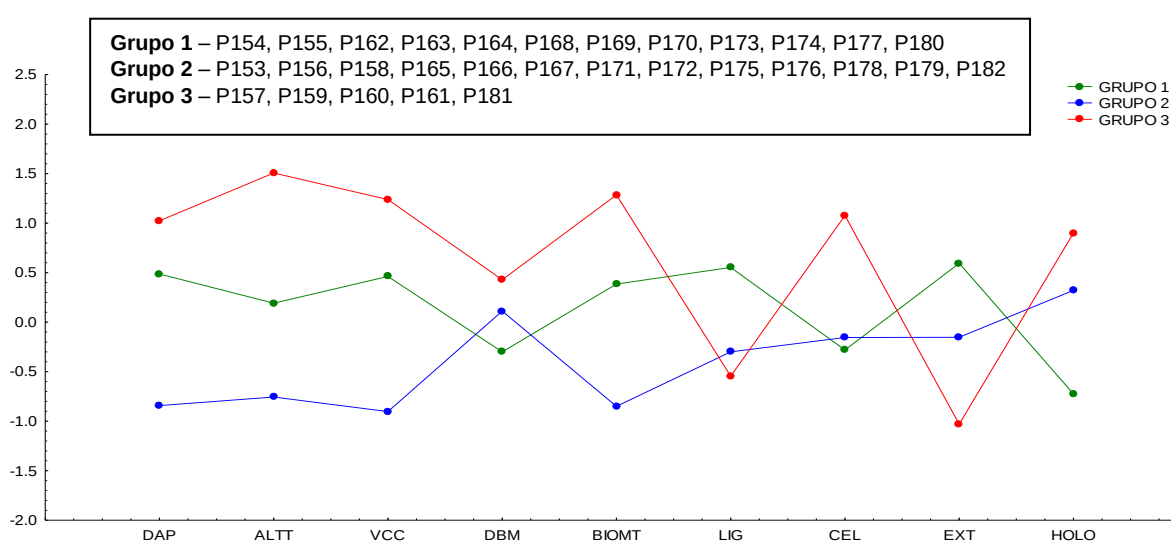


Figura 10. Caracterização dos grupos pelo método não-hierárquico K-means, formados a partir da avaliação de nove caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira em 30 progênes de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* pertencentes a duas procedências.

Observa-se, assim, que apesar da relativa semelhança entre os grupos formados nos métodos de Ward (Figura 9; Tabela 6) e de *K-means* (Figura 10), que as pequenas alterações na composição dos mesmos possibilitaram uma melhor definição dos grupos, principalmente, quanto à produtividade. Isto confere maior confiabilidade na identificação de progênes de comportamentos semelhantes e, ou contrastantes.

Quanto ao padrão de dispersão das progênes a partir da análise de componentes principais (CP), os três primeiros CP explicam 78,49% da variância contida nas variáveis originais (Tabela 9). Portanto, esses três componentes podem ser usados para representar a variabilidade contida nos caracteres avaliados nas progênes em estudo. Assumindo como relevantes os caracteres cujas cargas

apresentam valor absoluto superior a 0,5 (Tobar-Tosse et al., 2015), os caracteres que apresentam maior poder discriminatório no componente principal 1 (CP1) são BIOMT (0,97), VCC (0,96), ALTT (0,92) e o DAP (0,79), ou seja, os caracteres de crescimento e produtividade. Caracteres cujas cargas têm mesmo sinal atuam de forma direta, ou seja, quando o valor de uma aumenta, o valor da outra também aumenta, por outro lado, caracteres de carga com sinais contrários atuam de forma inversa, quando o valor de uma aumenta, o valor da outra diminui.

Tabela 9. Correlações fator-variáveis dos nove caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira nos três primeiros componentes principais para 30 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis*, pertencentes a duas procedências.

	CP1	CP2	CP3
DAP	0,7979	-0,2208	0,2095
ALTT	0,9286	0,0806	0,0632
VCC	0,9694	-0,0787	0,1710
DBM	0,2198	0,2904	-0,7866
BIOMT	0,9799	-0,0169	0,0026
LIG	0,0600	-0,8602	-0,1305
CEL	0,3749	0,2355	-0,6661
EXT	-0,1493	-0,5571	-0,2266
HOLO	0,0109	0,9730	0,2071
Autovalores	3,6143	2,1988	1,2509
Variância (%)	40,1592	24,4317	13,8999
Variância Acumulada (%)	40,1592	64,5909	78,4909

DAP – Diâmetro a 1,3 m do solo (cm), ALTT – altura total (m); VCC – volume comercial com casca (m³ árvore⁻¹); DBM – densidade básica da madeira (g cm⁻³), BIOMT – biomassa do tronco (kg árvore⁻¹), LIG, CEL, EXT e HOLO – respectivamente, teores (%) de lignina, celulose, extrativos e holocelulose.

Os caracteres com maior poder discriminatório no componente principal 2 (CP2) são os teores de HOLO (0,97), LIG (-0,86) e EXT (-0,55), sendo que o teor de HOLO atua de forma inversa aos outros dois. No componente principal 3 (CP3) foram relevantes os caracteres DBM (-0,78) e teor de CEL (-0,66), ambos atuando no mesmo sentido, ou seja, progênies com menor DBM têm menores teores de CEL e vice-versa.

Os caracteres em destaque nos três componentes principais têm grande importância para seleção das progênies mais promissoras para um programa de melhoramento.

Os caracteres mais correlacionados com o CP1 são aqueles associados ao crescimento vegetal, portanto, este é o componente relacionado com a produtividade das progênies.

As progênies de maior crescimento e produtividade localizam-se na parte direita das Figuras 11 e 12. Os caracteres mais correlacionados ao CP2 são associados aos constituintes da madeira, mas com comportamentos distintos, notadamente, quanto aos teores de LIG e HOLO. Assim, as progênies localizadas na parte inferior da Figura 11 têm maiores teores de LIG e de EXT em contraposição àquelas situadas na parte superior dessa figura, que apresentam maiores teores de HOLO. Associando as informações oriundas do CP1 e CP2, as progênies mais produtivas e com maiores teores de LIG e EXT são aquelas que se encontram mais à direita e na parte inferior da Figura 11, e fora da elipse, ou seja, são mais específicas para esses caracteres (P155, P163, P164, P168 e P177); já as progênies (P157, P159, P161 e P181), que se encontram na parte superior e fora da elipse são produtivas e apresentam maiores teores de HOLO. Ou seja, apesar de boa produção esses dois conjuntos de progênies, divergem quanto a alguns constituintes químicos, notadamente quanto aos teores de LIG e de HOLO. Assim, dependendo do objetivo do programa de melhoramento, pode-se priorizar progênies distintas pelos caracteres da madeira, embora com produtividade semelhante.

Analisando a dispersão das progênies quanto ao CP1 e CP3 (Figura 12), aquelas que se encontram à direita e na parte inferior da figura são as mais produtivas e as que têm maiores DBM e teores de CEL e bons teores de LIG, em detrimento de menores teores de HOLO, com destaque para as progênies P159, P160 e P177, que se encontram fora da elipse, indicando progênies com caracteres específicos quanto aos componentes em questão.

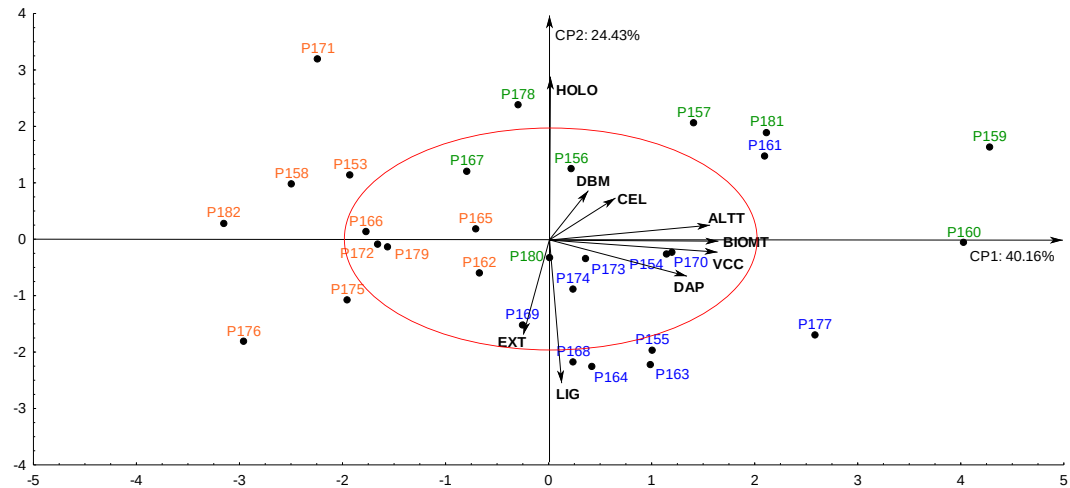


Figura 11. Gráfico *biplot* com a dispersão de 30 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* pertencentes a duas procedências para os nove caracteres avaliados nos componentes principais 1 e 2 (CP1/CP2).

HOLO: holocelulose; DBM: densidade básica da madeira; CEL: celulose; ALTT: altura total; BIOMT: biomassa total; VCC: volume com casca; DAP: diâmetro da altura do peito; LIG: lignina; EXT: extrativos.

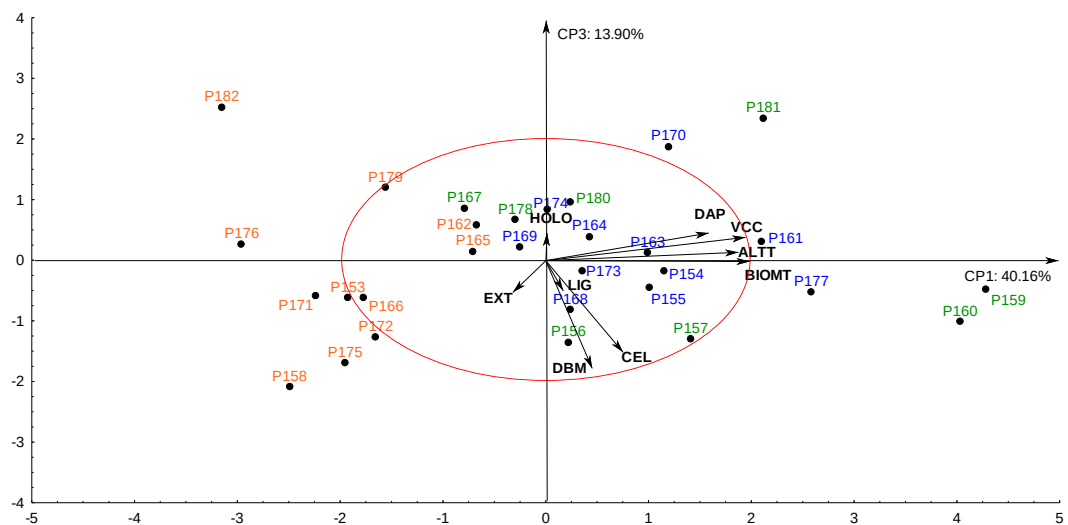


Figura 12. Gráfico *biplot* com a dispersão de 30 progênies polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis* pertencentes as duas procedências para os nove caracteres avaliados nos componentes principais 1 e 3 (CP1/CP3).

HOLO: holocelulose; DBM: densidade básica da madeira; CEL: celulose; ALTT: altura total; BIOMT: biomassa total; VCC: volume com casca; DAP: diâmetro da altura do peito; LIG: lignina; EXT: extrativos.

Nas Figuras 11 e 12, as progênies localizadas dentro da elipse apresentam comportamentos próximos, sem grandes diferenças entre si, sendo, portanto, mais

generalistas. Aquelas que se localizam fora das elipses se destacam por algum carácter específico e devem, portanto, merecer atenção especial nos programas de melhoramento.

O uso de diferentes métodos de análise multivariada objetivou a comparação dos resultados de forma a permitir uma identificação precisa das progênies de desempenho similar e divergente.

Percebe-se que, independentemente do método de agrupamento, de maneira geral, os caracteres de crescimento influenciaram mais na separação dos grupos que os caracteres da madeira (Figuras 9, 10 e 11; Tabela 6), mas estes permitiram a discriminação de progênies de produtividade semelhante, porém com propriedades tecnológicas distintas.

5 CONCLUSÕES

O efeito de procedência é pequeno para *Eucalyptus tereticornis*.

A variabilidade genética detectada entre as famílias de *Eucalyptus tereticornis* para a maioria dos caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira estudados, proporciona expectativas de ganhos genéticos pequenas, independentemente do caráter.

A seleção de 5% dos melhores indivíduos, com base no valor genético individual, proporcionará baixo tamanho efetivo populacional (N_e) entre os indivíduos selecionados, podendo gerar endogamia na geração segregante, pela participação massiva de poucas famílias contribuindo para os 150 indivíduos selecionados.

A adoção de estratégias de seleção com restrição no número de indivíduos por família ou a seleção entre e dentro de famílias, apesar de reduzir ligeiramente as expectativas de ganho genético, aumentam as estimativas do tamanho efetivo populacional, sendo mais interessante para a população em estudo, que se caracteriza como sendo de baixa variabilidade genética.

As 30 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus tereticornis*, pertencentes a duas procedências australianas, podem ser reunidas em três grupos que diferem quanto ao potencial produtivo e, ou caracteres da madeira.

Os grupos identificados permitem a seleção de progênies com bom potencial produtivo e com caracteres divergentes quanto aos caracteres da madeira, que poderão ser usadas em programas de melhoramento com finalidades distintas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abraf – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (Brasília). **Anuário estatístico da ABRAF 2010 ano base 2009/ABRAF**. 140p. Disponível em: < <http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-ABRAF-2010-BR.pdf> >. Acesso em: 25 maio. 2018.

Alvarado CR, Alvarado CA, Mendoza OO *Eucalyptus tereticornis* SM.: Myrtaceae (Myrtle Family). In: VOZZO, J. A. **Tropical Tree**: seed manual. Washington DC: USDA Forest Service, Agriculture Handbook. Disponível em: <https://rngr.net/publications/ttsm/species/PDF.2004-03-03.1218/at_download/file>. Acesso em: 15 out. 2018.

Alves RM, Garcia AAF, Cruz ED, Figueira A (2003) Seleção de descritores botânico-agronômicos para a caracterização de germoplasma de cupuaçuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 807-818.

Balbinot E, Carneiro JGA, Baroso DG, Paes HMF (2010) Crescimento inicial de *Eucalyptus tereticornis* em plantios puro e consorciado com *Mimosa caesalpinifolia* E *Mimosa pilulifera*, em Campos dos Goytacazes – RJ, **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.1, p.1-11.

Barrichelo LEG, Brito JO (1977) Variação das características da madeira de *Eucalyptus grandis* e suas correlações com a produção de celulose. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP E I CONGRESSO BRASILEIRO DE CELULOSE E PAPEL, 10., 1977, São Paulo. **Anais...**São Paulo: Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel, p. 41-46.

Barrichelo LEG, Brito JO, Bazanelli AV (1983) Densidade básica e características das fibras de madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3, São Paulo. **Anais**. São Paulo: ABTCP, 1983. p.112-125.

Batista DC, Klitzke RJ, Santos CVT (2010) Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674.

Borém A, Miranda GV (2005) **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 525 p.

Borém A, Miranda GV (2009) **Melhoramento de plantas**. 5.ed. Viçosa: UFV. 529p

Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG (2003) Forest products and wood science. An Introduction. **Blackwell Publishing**. New York.

Brito JO, Barrichelo LEG (1977) **Correlações entre as características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I – densidade e teor de lignina da madeira de Eucalipto**. IPEF, Piracicaba, n 14, p.9-20.

Brooker MHI, Kleinig DA (2006) **Field guide to *Eucalyptus***. 3.ed. v.1 Melbourne: Boomings books. v1, 355 p.

Climate-date. <https://pt.climate-data.org/> Acesso em: 12 out. 2018

Cruz CD, Carneiro PCS (2003) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV. 579p.

Dias RLV, Claudio-da-Silva E (1985) A influência da densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* em suas características químicas e propriedades de polpação do papel. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 18, São Paulo, 1985. **Anais**. São Paulo, ABCP. p.31-55.

Estopa RA, Milagres RF, Gomes FJB, Amaral CAS (2017) Caracterização química da madeira de *Eucalyptus benthamii* por meio de espectroscopia NIR. **O PAPEL**. vol. 78, num. 2, pp. 75 – 81.

Fantuzzi Neto H (2012) **Qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft**. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, MG.

Fernandes de Gomide JL, Colodette JL, Ferreira MZ (2011) Influência da produtividade de eucalipto na densidade da madeira e na polpação Kraft. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v39, n.90, p. 143-150.

Flores TB, Alvares CA, Souza V,C, Stape J.L. ***Eucalyptus* no Brasil: Zoneamento climático e guia para identificação**. Piracicaba: IPEF, 2016. 448p.

Foelkel CEB, Mora E, Menochelli, S (1992) Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. **O Papel**, São Paulo, n. 5. Disponível em: <<http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Db%20sua%20verdadeira%20utilidade.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2018.

Fonseca SM, Resende MDV, Alfenas AC, Guimarães LMS, Assis TF, Grattapaglia D (2010) **Manual prático de Melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa: Ed. UFV, 200p.

Frederico PGU (2009) **Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal**. 85 f. (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Garcia CH (1989) Tabelas para classificação do coeficiente de variação. **Circular técnica IPEF**, n 171, 12 p.

Guerra CRSB (2008) **Conservação genética Ex Situ de populações naturais de *Myracrodruon urundeuva* Fr.All. em sistema silvipastoril**. 108 p. Tese (Doutorado em Sistema de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

Gomide JL, Demuner BJ (1986) Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O papel**, v. 47, n. 8, p. 36-38.

Gomide JL, Colodette JL (2007) Qualidade da madeira. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa-MG: Ed. UFV. p. 25-54.

Hillis WE (1972) Properties of eucalypt woods of importance to the pulp and paper industry. **Appita Journal**, Victoria, v.26, n.2, p.113-122.

IBÁ. (2017) Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Ibá 2017**, São Paulo, 33 p.

IPEF (INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS) (2017) **Chave de identificação de espécies florestais (CIEF): *Eucalyptus terenticornis* SM. Piracicaba**, Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/terenticornis.asp>. Acesso em: 18 jun. 2018.

Kageyama PY (1977) **Variação genética entre procedências de *Pinus oocarpa* Schiede na região de Agudos, SP**. 83 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Kageyama PY (1980) **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Kollmann FFP, Côté WA (1968) **Principles of wood science and technology: I. Solid Wood**. New York: Springer-Verlag, 592 p

Latorraca JV, Albuquerque CE (2000) Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica. v.7, n. 1, p.279-291.

Pereira JCD, Tomazelli I (2004) A influência do desbaste na qualidade da madeira de *Pinus elliottii* Elgelm. var. elliottii. **Boletim de Pesquisa Florestal** (EMBRAPA). 49: 61-81.

Pimentel-Gomes F (1990) **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 468p.

Martins IS, Martins RCC, Correia HS (2001) Comparação entre seleção combinada e seleção direta em *Eucalyptus grandis*, sob diferentes intensidades de seleção. **Floresta e Ambiente**, Seropedica, v. 8, n. 1, p. 36-43.

Massaro RAM (2008) **Viabilidade de aplicação da seleção precoce e tamanho de parcelas em testes clonais de *Eucalyptus spp.*** 2008. 51 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP, Campus de Jaboticabal.

Milligan GW, Cooper MC (1985) **An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set.** *Psychometrika* 50: 159-179.

Mojena R (1977) Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. *The Computer Journal* 20: 359-363

Molion LCB (2008) Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 3, p. 117-128.

Moraes MLT, Missio RF, Silva AM, Cambuim J, Santos LA, Resende MDV (2007) Efeito do desbaste seletivo nas estimativas de parâmetros genéticos em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. **Scientia Florestalis**, n. 74, p. 55-65.

Morais SAL, Nascimento EA, Melo DC (2005) Análise da madeira de *Pinus oocarpa*. Parte I Estudos dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.29, n. 3, p. 461-470.

Nascimento FRD (2016) Os semiáridos e a desertificação no Brasil. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 9, n. 2, p. 7-25.

Nieto VM, Rodriguez J (2003) *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. In: VOZZO, J. A. (Ed.). **Tropical tree seed manual**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture/Forest Service, p. 466-467.

Oda S, Menck ALM, Vencovsky R (1989) Problemas no melhoramento genético clássico do Eucalipto em função da alta intensidade de seleção. **IPEF**, Piracicaba, n. 41/42, p. 8-17.

Oliveira JTS, Silva JC (2003) Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

Paula RC (1997) **Avaliação de diferentes critérios de seleção aplicados em melhoramento florestal**. Viçosa, MG: UFV. 74 p. Tese de Doutorado.

Paula RC, Pires IE, Borges RCG, Cruz CD (2002) Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.2, p.159-165.

Paula RN (2005) **Ferramentas e estratégias melhoram eucalipto**. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_capa.php?edicao=88>. Acesso em: 23 set. 2018.

Pereira JCD, Sturion JÁ, Higa AR, Higa RCV, Shimizu JY (2000) **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 113p. (Documentos, 38).

Pereira BLC, Carvalho AMMLC, Oliveira AC, Santos LC, Carneiro ACO, Magalhães MA de (2016) Efeito da carbonização da madeira na estrutura anatômica e densidade do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.26, n. 2, p. 545-557.

Pigato SMPC, LOPES CR (2001) Caracterização silvicultural, botânica e avaliação da variabilidade genética por meio de marcador molecular RAPD em um teste de progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.60, p.135-148, 2001.

Ramalho MAP, Ferreira DF, Oliveira AC (2005) **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2. ed. Lavras: UFLA. 326 p.

Ramalho MAP, Abreu AFB, Santos JB, Nunes JAR (2012) **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamias**. Lavras: Editora UFLA. 522p.

Raymond CA (2000) Tree breeding issues for solid wood products. In: THE FUTURE OF *EUCALYPTUS* FOR WOOD PRODUCTS, 1., 2000, Launceston. **Proceedings...**Launceston: IUFRO, p. 265-270.

Pires, IE, Resende, MDV, Silva, RL, Júnior, MFRR (2011) **Genética florestal**. Viçosa: Arka. 318 p.

Resende MDV, Higa AR (1994) **Estimação de valores genéticos no melhoramento de *Eucalyptus*: seleção em um caráter com base em informações do indivíduo e seus parentes**. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n.28-29. P.11-36

Resende MDV (1995) Delineamento de experimentos de seleção para maximização da acurácia seletiva e do progresso genético. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 4, p. 479-500.

Resende MDV, Bertolucci FLG (1995) Maximization of genetic gain with restriction on effective population size and inbreeding in *Eucalyptus grandis*. In: IUFRO CONFERENCE ON EUCALYPTUS PLANTATIONS: IMPROVING FIBRE YIELD AND QUALITY, 1995, Hobart, Australia. **Proceedings papers...**Sandy Bay: CRCTHF. p.167-170

Resende MDV, Dias LAS (2000) Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos em espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 44-52.

Resende MDV (2002) **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 975 p.

Resende MDV (2007) **SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 259 p.

Rowell RM, Pettersen R, Han JS, Rowell JS, Tshabalala MA (2005) Cell wall chemistry. In: ROWELL, R. M. (Ed). **Handbook of wood chemistry and wood composites**. New York: Editora Taylor & Francis Group, Cap. 3.

Santos CR, Sansígolo CA (2000) Métodos não-normatizados para determinação de celulose como parâmetro de seleção de árvores matrizes visando a produção de polpa Kraft-AQ. **Iberoamerican Congress on Pulp and Paper**, 13p.

Santos HG dos, Jacomine PKT, Anjos LHC dos, Oliveira VA de, Lumbreras JF, Coelho MR, Almeida JA de, Cunha TJF, Oliveira JB de (2013) **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 353p.

Sebbenn AM (1998) Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva: *Myroxylon peruiferum* L. F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 53, p. 31-38.

Sette Jr CR, Oliveira IR, Tomazello Filho M, Yamaji FM, Laclau JP (2012) Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.6, p.1183-1190.

Silva JC, Matos JLM, Oliveira JTS, Evangelista WV (2005) Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore** [online]. vol.29, n.3, p.455-460.

Silva FF, Silva DD, Arnold A (2007) Avaliação do desempenho inicial de procedências de *Eucalyptus tereticornis* Smith no Vale do Rio Doce-MG. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 3, p. 270-275.

Silva MGS (2011) **Produtividade, idade e qualidade de madeira de Eucalyptus destinada à produção de polpa celulósica branqueada**. 2011. 94 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

Soares CPB, Neto FP de, Souza AL de (2006) **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa, MG: Ed. UFV. 276 p.

Soares VC, Bianchi ML, Trugilho PF, Hofler J, Pereira AJ (2015) Análise das propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto em três idades. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 191-197.

STATSOFT. **STATISTICA**: Data analysis software system. version 7. Statsoft Inc, 2004. Disponível em: <<http://www.statsoft.com>>. Acesso em: 12 out. 2018.

Tobar-tosse DE, Castoldi R, Candido WS, Ferraudo AS, Charlo HCO, Braz LT (2015) Caracterização de genótipos de soja hortaliça por análise de componentes principais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 7, p. 1214-1219.

Tolfo ALT, Paula RC, Bonine CAV, Bassa A, Valle CF (2005) Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira em clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 67, p.101-110.

Tomazello Filho M (1994) **Formação e caracterização da estrutura anatômica da madeira de Eucalyptus**. Piracicaba: IPEF,11p.

Torres PMA, Paes JB, Nascimento JWB, Brito FMS (2016) Caracterização físico-mecânica da madeira jovem de *Eucalyptus camaldulensis* para aplicação na arquitetura rural. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.1, p.109-117.

Trugilho PF, Lima JT, Mendes LM (1996) Influência da idade nas características físicoquímicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 94-116.

Trugilho PF, Bianchi ML, Gomide JL, Schuchardt U (2004) Classificação de clones de *Eucalyptus* sp visando a produção de polpa celulósica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.895-899.

Trugilho PF, Melo ICNA, Protásio TP, Araújo ACC, Hein PRG (2015) Efeito da idade e material genético no rendimento e qualidade do carvão vegetal de eucalipto. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 6, n. 3, p. 202-216.

Valente CA, Sousa APM de, Furtado FP, Carvalho AP de (1992) Improvement program for *Eucalyptus globulus* at PORTUCEL: Technogical component. **APPITA**, v. 45. n. 6, p. 403-407.

Vencovsky R (1987) Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasmas de espécies alógamas. **IPEF**, Piracicaba, n. 35, p.79-84.

Vencovsky R, Barriga P (1992) **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 416 p.

Vidaurre GB, Lombardi LR, Nutto L, Nistal FJF, Oliveira JTS, Arantes MDC (2013) Propriedades da madeira de reação. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, p. 1-37.

Vital BR (1984) **Métodos de determinação de densidade da madeira**. Viçosa: SIF, 21p. (Boletim técnico,1).

Vital BR, Carneiro ACO, Pereira BLC (2013) Qualidade da madeira para fins energéticos. In: Santos, F.; Colodette, J. L.; Queiroz, J. H. **Bioenergia e Biorrefinaria**: cana-de-açúcar e espécies florestais. Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 321-354.

Wehr TR, Barrichelo LEG (1993) Cozimentos kraft com madeira de *Eucalyptus grandis* de diferentes densidades básicas e dimensões de cavacos. **O Papel**, São Paulo, v. 54, n. 5, p. 33-41.

Zanata M, Freitas MLM, Silva MT, Morais E, Zanatto ACS, Sebbenn AM (2010) Parâmetros genéticos e ganhos na seleção em teste de progênies de Polinização aberta de *Eucalyptus pellita*, em Batatais - SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 22 n. 2 p. 233-242.