**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Parâmetros genéticos obtidos por modelos mistos em progênies e
procedências da *Mimosa scabrella* Benth (bracatinga)**

Aline Galdino do Nascimento

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Genética e Melhoramento de Plantas**

**PIRACICABA
2010**

Aline Galdino do Nascimento
Engenheira Florestal e Licenciada em Ciências Agrárias

**Parâmetros genéticos obtidos por modelos mistos em progênies e procedências
da *Mimosa scabrella* Bentham (bracatinga)**

Orientador:
Prof. Dr. PAULO YOSHIO KAGEYAMA

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Genética e Melhoramento de Plantas**

Piracicaba
2010

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Nascimento, Aline Galdino do
Parâmetros genéticos obtidos por modelos mistos em progênies e procedências da
Mimosa scabrella Benth (bracatinga) / Aline Galdino do Nascimento. - - Piracicaba, 2010.
108 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.
Bibliografia.

1. Crescimento vegetal 2. Floração 3. Madeira - Qualidade 4. Melhoramento genético
vegetal 5. Plantas nativas I. Título

CDD 634.973321
N244p

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

*Dedico a Deus por sempre permitir que tantas pessoas boas cruzem
meu caminho e por dar-me inteligência para distingui-las.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos amigos, familiares, profissionais, professores e instituições que contribuíram para que este trabalho fosse realizado com êxito. Dentre estes, gratidão especial é dedicada:

Ao Prof. Paulo Yoshio Kageyama pela amizade, pelos conselhos, ensinamentos, pela orientação e pelas críticas e sugestões e apoio durante a realização deste trabalho.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, particularmente ao programa de Pós Graduação em Genética e Melhoramento e ao Departamento de Ciências Florestais.

À Estação Experimental de Ciências Florestais, juntamente com seus estagiários do programa PREFERI e funcionários (Eng. Rildo, Auxiliares Toninho e Daniel, Eng. João Carlos, Técnico Tiago, Cozinheiras Lena e Marina, Secretária Elaine e Técnico Lourival,) pela amizade, atenção, auxílio técnico, infra-estrutura, e manejo da área experimental.

Ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da bolsa de estudo durante o curso.

Ao pesquisador Antônio Aparecido Carpanezzi, pela instrução e acompanhamento na visita técnica a EMBRAPA/CNPQ e a produtores rurais de bracatinga na região de Curitiba.

Aos entusiastas, incentivadores e exímios educadores: professores José Luiz Stape, Antonio Natal Gonçalves, José Leonardo de Moraes Gonçalves, Fernando Seixas, José Nivaldo Garcia e Fabio Poggiani.

Ao Dr. Marcos Deon Vilela de Resende e a amiga Daniela Figueiredo, da Universidade Federal de Viçosa, pelo auxílio na solução de dúvidas e utilização do Software Selegen.

Ao Professor Marcelo Corrêa Alves, da seção técnica de informática da ESALQ, e ao Pós-doutorando Mateus Figueiredo do LGN, pelo longo tempo de conversa para me auxiliar na interpretação de análises estatísticas do software SAS.

À Ms. Graciela Sobierajski pela implantação e inicialização de estudos do teste de progênies e procedências da bracatinga em Itatinga-SP.

À equipe do Laboratório de Biologia Reprodutiva e Genética de Espécies Arbóreas (LARGEA/ESALQ) pela amizade e auxílio nas análises de sementes.

Ao Instituto de Pesquisas Florestais (IPEF) e à sua equipe do setor de sementes pela coleta de material vegetal e sementes da bracatinga em Itatinga-SP.

Ao Prof. Carlos Clemente Cerri e ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental pelo auxílio nas análises de teor de Carbono.

Ao Prof. Francides Gomes Vieira e ao Laboratório de Química, Celulose e Energia (LQCE/ESALQ) pela disponibilização de equipamentos para o preparo de amostras.

Ao técnico Luiz Eduardo Facco e ao Laboratório de Propriedades Físicas e Processamento da Madeira pelas orientações de uso e disponibilização de equipamentos para mensuração e pesagem de amostras.

Ao Donizete Aparecido Sabino, José Amarildo da Fonseca e Francisco do Viveiro de mudas florestais pelo companheirismo, materiais e infraestrutura.

Aos meus amigos do Grupo Florestal Monte Olimpo pela aprendizagem que o trabalho nesta equipe me proporcionou, o qual foi de grande utilidade para a realização deste trabalho e certamente o serão úteis para a vida inteira.

Às amigas, Berenice Kasumoto Alcantara, Natalia Mazzotti Belomi, Maria Belomi, Marileide Gomes Vieira e Claudia Nogueira, pela amizade e companheirismo.

Aos meus pais José e Leonice, irmãs Patrícia e Fabiana, e avó Maria José, por nunca duvidarem de meus sonhos e minha capacidade em realizá-los, sendo esta confiança essencial para meu sucesso na vida.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 A importância da <i>Mimosa scabrella</i> Bentham	17
3.2 Descrição Botânica	22
3.3 Características gerais da Bracatinga.....	23
3.4 Biologia floral e sistema reprodutivo da <i>Mimosa scabrella</i>	23
3.5 Testes de procedências e progênes e estimação de parâmetros genéticos	24
3.6 Tamanho efetivo populacional.....	29
3.7 Seleção	29
3.8 Seleção pelo “Melhor Preditor Linear Não-viesado”	34
3.9 Teste de comparação de médias	36
4 METODOLOGIA.....	37
4.1 Características do local de experimentação.....	37
4.2 Avaliações quantitativas e qualitativas dos materiais genéticos.....	39
4.2.1 Características de crescimento	39
4.2.2 Características de qualidade da madeira	40
4.2.3 Característica de adaptabilidade e reprodução	42
4.3 Forma de análise dos resultados	44
4.4 Métodos de Seleção.....	48
5 RESULTADOS	55
4.5 Correlação fenotípica entre as variáveis estudadas.....	58
4.6 Análises referentes às características de crescimento.....	61
4.7 Análises referentes à qualidade da madeira	69
4.8 Aspectos referentes à adaptação e reprodução.....	79
4.9 Predição de ganhos por seleção	87

6 CONCLUSÕES.....	93
REFERÊNCIAS	95
ANEXOS.....	103

RESUMO

Parâmetros genéticos obtidos por modelos mistos em progênies e procedências da *Mimosa scabrella* Bentham (bracatinga)

A bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) é uma leguminosa arbórea de ocorrência natural, no Brasil, entre as latitudes 21°30'S (MG) e 29°40'S (RS) sob baixas temperaturas. Sendo uma espécie perene, pioneira de rápido crescimento e melífera, é comercialmente utilizada para múltiplas finalidades (serraria, lenha, carvão, construção) em plantios puros e em sistemas agroflorestais. Sua cultura dispensa técnicas agressivas de preparo do solo e colheita mecanizada, resultando na manutenção da estrutura e condicionamento do solo, como também promove a recuperação de solos degradados pela fixação de nitrogênio pelo *rhizobium sp* associado às suas raízes. Em razão do potencial produtivo e econômico da bracatinga implantou-se um teste de progênies e procedências de bracatinga na Estação Experimental de Ciências Florestais (EECF/USP), em Itatinga/SP. Neste teste, estudaram-se os parâmetros genéticos e a potencialidade para melhoramento genético desta espécie para as características associadas à produtividade, qualidade da madeira e adaptação a um ambiente com temperaturas ligeiramente superiores as de sua região de origem. O teste foi delineado em Blocos de Famílias Compactas, com 9 procedências, 10 a 20 progênies por procedência. A taxa de sobrevivência das plantas (84%), a alta germinação das sementes (95%), assim como o florescimento e frutificação em todas as progênies do ensaio são indicativos da adaptabilidade destes materiais às condições edafoclimáticas locais. Dentre os caracteres avaliados, a forma do fuste, a circunferência a altura do peito e o potencial de florescimento mostraram-se como mais promissores à prática da seleção. Estes resultados evidenciam a possibilidade de melhoramento genético da bracatinga para viabilizar seu cultivo por pequenos produtores rurais, podendo incrementar sua renda e incentivando a recuperação de áreas marginais.

Palavras-chave: Adaptabilidade, BLUP, Crescimento; Florescimento, Qualidade da Madeira; REML; Teor de C

ABSTRACT

Genetic parameters obtained by mixed models in progenies and provenances of *Mimosa scabrella* Bentham (bracatinga)

The bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) is a leguminous tree naturally occurring in Brazil, between latitudes 21°30'S (state of Minas Gerais) and 29°40'S (state of Rio Grande do Sul) at low temperatures. Being a perennial tree species, pioneer of rapid growth and meliferous, is commercially used for multiple purposes (sawmill, firewood, coal, construction) in monoculture and in agroforestry systems. Their culture release aggressive techniques of soil tillage and mechanized harvesting, resulting in the maintenance of the structure and conditioning of the soil, but also promotes the recovery of degraded soils by nitrogen fixation by *Rhizobium* sp associated with their roots. Due to the economic and productive potential of bracatinga, it was implemented a progenies and provenances test of bracatinga in the Itatinga Experimental Station (EECFA/USP) in Itatinga/SP. In this experiment, they were studied the genetic parameters and the potentiality for genetic improvement of this species for the characteristics associated with productivity, wood quality and adaptation to an environment with temperatures slightly above its region of origin. The trial was designed in a compact family block, with nine provenances, 10-20 progenies per provenance. The survival rate of plants (84%) and the high seed germination (95%), besides the flowering and fruiting in all progenies of the test, are indicative of the adaptability of these materials to the local soil and climatic conditions. Among the traits, the straightness of the stem, the circumference at breast height and flowering potential were shown to be most promising in the selection practice. These results demonstrate the possibility of genetic improvement of bracatinga to enable their cultivation by small farmers, increasing their income and encouraging the recovery of marginal areas.

Keywords: Adaptability; BLUP; Carbon content; Flowering; Growth; REML; Wood quality

1 INTRODUÇÃO

Uma questão importante para o melhoramento de espécies nativas relaciona-se às vantagens adaptativas destas ao seu meio natural e, por conseguinte, sua maior segurança com relação aos problemas como caráter invasivo e susceptibilidade a pragas e doenças, mais comuns às espécies exóticas. Grandes empresas conseguem controlar bem estes problemas por meio de altos investimentos em tecnologia, no entanto, o pequeno produtor geralmente não dispõe destas vantagens e, portanto, interessa-lhe alternativa mais versátil de espécies madeireiras.

A bracatinga vem a ser um exemplo de espécie nativa com potencial para tornar-se mais comercialmente viável. Devido à natureza perene desta espécie, tal intuito será possível com o desenvolvimento de estudos genéticos de populações e de trabalhos de melhoramento genético em longo prazo. Neste sentido, a realização de trabalhos de melhoramento genético de espécies nativas, no meio acadêmico, é possibilitada pela continuidade dos estudos realizados numa mesma população, em períodos diferentes e conseqüentemente por pesquisadores distintos. Desta forma, por meio das sucessivas gerações melhoradas pode-se obter genótipos mais produtivos a serem disponibilizado aos produtores.

A ESALQ possui uma Estação Experimental na cidade de Itatinga com diversos plantios de espécies arbóreas na forma de testes de progênies, passíveis de serem estudados em projetos de melhoramento genético de espécies florestais. Dentre estes, destaca-se o teste de progênies e procedências de *Mimosa scabrella* Bentham, a bracatinga, que já fora objeto de estudo na dissertação de Sobierajski (2004) quando estas árvores estavam com 7 meses de idade (SOBIERAJSKI, 2004).

Como estes estudos foram realizados com as árvores ainda juvenis e atentando para a possibilidade da ocorrência de mudanças no comportamento relativo ao crescimento das diversas progênies e procedências ao longo dos anos, faz-se necessário continuar estas avaliações de modo que se possa inferir com maior precisão sobre seus parâmetros genéticos em idades comerciais.

Além da reavaliação de parâmetros genéticos para o caráter altura, também serão avaliados e estudados os caracteres quantitativos (CAP, volume, densidade

básica da madeira, densidade básica da casca e teor de Carbono) e qualitativos (forma do fuste, quantidade de fustes por árvore, mortalidade e potencial de florescimento), por serem de suma importância para a seleção artificial para o melhoramento genético para diversas finalidades.

O interesse pelas características de intensidade de florescimento baseia-se na possibilidade da antecipação da renda do produtor com a produção de mel, até que as árvores atinjam idade de corte para a venda da madeira. Isso se deve ao fato de a espécie ser utilizada para produção de mel pelos criadores de abelhas.

2 OBJETIVOS

- (i) Estudar os parâmetros genéticos para as características de crescimento, qualidade da madeira e adaptação e reprodução da *Mimosa scabrella* (Bracatinga) em teste de progênies e procedências, bem como determinar quais características são mais promissoras ao melhoramento genético da espécie;
- (ii) Verificar se as características estudadas estão correlacionadas entre si;
- (iii) Avaliar a capacidade de adaptação da *M. scabrella* sob as condições edafoclimáticas do local de ensaio, onde tal espécie não ocorre naturalmente;
- (iv) Quantificar os ganhos diretos e indiretos, sob alta intensidade de seleção, proporcionados pelos métodos de seleção BLUP e Tradicional (seleção entre e dentro de progênies).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A importância da *Mimosa scabrella* Bentham

Antes mesmo da introdução do *Eucalyptus* ao Brasil, já havia o interesse na espécie *Mimosa scabrella* para uso energético, porém o desenvolvimento de trabalhos comparando a produtividade da nativa bracatinga com a de espécies de *Eucalyptus* suscitaram críticas a respeito de seu uso em reflorestamentos. Tal fato resultou em crescente desinteresse no desenvolvimento da bracatinga, priorizando a continuidade do melhoramento de exóticas (DIAS, 1988).

Esta espécie ocorre naturalmente nas partes altas no sul do estado de MG, nos estados de SP, PR, SC e no planalto do RS, estando, geralmente, associada à área de distribuição geográfica da *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze. (MATTOS; MATTOS, 2008). Nos planaltos do Paraná e Santa Catarina a bracatinga é considerada com bom potencial para reflorestamento e é amplamente utilizada, principalmente em pequenas propriedades, como matéria prima para carvão e lenha (DIAS, 1988). Além disto, a espécie é importante por tratar-se de uma leguminosa (família Mimosaceae), capaz de remover Nitrogênio da atmosfera e fixar no solo.

Iniciativas como o Plano Energético do Paraná, em 1980, prevendo um desabastecimento energético tanto para o país como para o Estado, estabeleceu um programa de implantação de florestas energéticas através do reflorestamento de áreas com espécies exóticas do gênero *Eucalyptus* e, em maior extensão, com a nativa *Mimosa scabrella*. Isto impulsionou o desenvolvimento de pesquisas envolvendo a silvicultura destas espécies na região (STURION, 1984).

O crescimento da importância da bracatinga se deu pelo seu uso como energia renovável, em ocasião da crise do petróleo na década de setenta, quando o Conselho Nacional do Petróleo estabeleceu a proibição do uso de óleo combustível pelas indústrias, obrigando-as a utilizar novamente a lenha para suas necessidades energéticas. Nesta época, a bracatinga teria sido a garantia de fonte de renda para aproximadamente 3000 pequenos produtores rurais da região de Curitiba, sendo que, parte destes pratica a consorciação entre a atividade florestal e a agricultura. Como tal

sistema não requer nível elevado de insumos, torna-se acessível a produtores em situação econômica precária (LAURENT et al, 1990).

A Região Metropolitana de Curitiba-Paraná é considerada como pólo principal para o consumo da bracatinga, sendo seu cultivo realizado em pequenas e médias propriedades nos arredores dos centros consumidores de lenha. Nestas propriedades os talhões variam de dois a quatro hectares, formando na paisagem um mosaico de diferentes idades. (CARPANEZZI, 1994). De acordo com folder de um projeto piloto para desenvolvimento de pólo madeireiro de Bracatinga, realizado pela Agência de Desenvolvimento da Mesorregião do Vale do Ribeira/Guaraqueçaba e pela EMATER, a Bracatinga está presente em 15 mil propriedades rurais, totalizando o plantio de 120 mil hectares entre o Vale do Ribeira e União da Vitória, na região sul do estado do Paraná. Os rendimentos destes bracatingais são variáveis de acordo com o solo, a topografia, idade de corte e variedade, mas em geral, aos 7 anos de idade, produz de 150 a 200 estéreos por hectare.

Na década de 1990, verificou-se na região um crescimento de bracatingais em torno de 5%, devido à importância social da produção da bracatinga ao constituir-se um elemento fixador do homem no campo (LAURENT, 1990). Tradicionalmente cultiva-se a bracatinga por meio de sistema agroflorestal, atingindo uma produtividade média moderada (12,5 a 15 m³/ha/ano), porém rentável, devido aos baixos custos de implantação e manutenção (CARPANEZZI; CARPANEZZI, 1992).

Segundo Carpanezi¹ (Carpanezi, 2009 - Informação verbal), a agrossilvicultura é praticada por muitos produtores sob o “Sistema Tonga”, como alternativa para baratear o custo do manejo da densidade de plântulas. Neste sistema realiza-se o corte do bracatingal seguido da queima para promover a germinação do banco de plântulas, que ocorre cerca de uma semana após a queima. Nesta ocasião, faz-se o empréstimo da área por um período de um ano para o cultivo de culturas anuais (principalmente milho e feijão) enquanto ainda não ocorre competição com as plântulas regeneradas de bracatinga. O produtor que toma a área emprestada realiza uma capina de raleamento das plântulas de bracatinga, deixando apenas linhas de plântulas para o plantio da cultura agrícola nas entrelinhas, além de manter o controle de plantas invasoras na

¹ CARPANEZZI, A. A. Embrapa Florestas – Curitiba.

área. Outra vantagem deste sistema é o fortalecimento nutricional do solo devido à adição de fertilizantes, como também devido aos resíduos culturais do pós-colheita deixados no solo. Muitas vezes o proprietário da terra não cobra pelo seu empréstimo dadas as vantagens que obtém com este sistema, que também é conhecido por “Manejo de roça” (Carpanezzi, 2009 - Informação verbal).

As espécies lenhosas desempenham papel de destaque nos sistemas agroflorestais para produção e/ou proteção, uma vez que provê alimento, forragem, lenha, cobertura morta, adubo verde, madeira e vários outros produtos úteis (MACEDO, 1992). A conservação e o aumento da produtividade do solo são tidos como as mais importantes funções protetoras.

Verifica-se que o uso da bracatinga mostra-se eficiente na manutenção da fertilidade do solo em sistemas agroflorestais, uma vez que, em resultados de pesquisa a adubação não proporcionou produtividade agrícola e florestal superiores àquela ocasionada pelo consórcio com bracatinga (CARPANEZZI, O. T. B., 1994).

Além do uso da madeira da bracatinga para fins energéticos, existe a possibilidade de usos mais nobres para esta espécie, como: madeira roliça usada como escoras na construção civil; madeira serrada para vigamento, ripas de telhado e na indústria moveleira em partes internas de móveis, etc. (CARPANEZZI, A. A., 1988).

A importância da apicultura se dá por constituir-se uma fonte de renda extra que aumenta significativamente os ganhos advindos da exploração da bracatinga. Tanto a produção de mel quanto a de madeira contribuem para a estabilidade social, uma vez que sua exploração se faz em milhares de pequenas propriedades, gerando renda praticamente livre de riscos para o proprietário (GRAÇA; RIBAS; BAGGIO, 1986).

As características da bracatinga a torna uma espécie adequada à recuperação de áreas degradadas por “apresentar crescimento satisfatório e reprodução precoce e prolífica”, que resulta em elevada deposição de serrapilheira rica em nutrientes, principalmente nitrogênio e potássio, antes do início de seu decaimento (CARPANEZZI O. T. B., 1994). Portanto, o manejo tradicional da bracatinga através de regeneração natural é perfeitamente adequado às características desta espécie pioneira (LAURENT et al, 1990).

Segundo Carpanezzi (1994), citado por Klein (1981), a *M. scabrella* é uma espécie essencialmente heliófila, muito exigente quanto à intensidade de luz em todas as fases do seu desenvolvimento. Ela comporta-se como espécie pioneira na vegetação secundária do planalto do sul do Brasil, podendo manter-se até a formação de capoeirões. Na vegetação secundária de clareiras naturais ou antrópicas das matas primárias, apresenta destacada agressividade, substituindo gradativamente as espécies herbáceas e arbustivas dos estágios iniciais da sucessão.

Este comportamento heliófilo da Bracatinga permite que ela seja utilizada em sistemas agroflorestais como espécie sombreadora e, com isto, possibilita o melhor aproveitamento do solo nos estágio inicial de seu crescimento, além do incremento de renda que pode ser proporcionado por este sistema. Baggio Graça e Ceccon (1986) comenta que o sistema agroflorestal tradicional com bracatinga pode ser considerado, como o mais antigo sistema de produção racional de lenha no sul do Brasil, sendo anterior à eucaliptocultura. Ele foi desenvolvido totalmente com base na vivência prática dos agricultores e recentemente, começou a ser foco de interesse de instituições de ensino e pesquisa.

O banco de sementes acumulado permanece no solo até que condições favoráveis permitam sua germinação e estabelecimento das plântulas, conferindo à bracatinga seu caráter pioneiro (DIAS, 1988). No caso de áreas sob constante risco de incêndios, a espécie apresenta a vantagem de regenerar-se, uma vez que suas sementes têm dormência quebrada pela temperatura e, portanto, exerce grande importância na colonização de terrenos queimados e beira de estradas (CARPANEZZI A. A., 1988). Outra vantagem desta espécie é o fato de não apresentar regeneração por rebrota de tocos quando cortada (CARVALHO, 1994), o que facilita seu manejo por desbaste, bem como evita problemas de caráter invasivo, como ocorre com a *Leucena* (leguminosa com características semelhantes à *M. scabrella*).

Em relação à recuperação da biodiversidade do solo, resultados obtidos para a bracatinga se mostraram superiores aos relativos à eficiência de reflorestamentos utilizando *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda* (MASCHIO et al, 1992).

Segundo Dias (1988), citado por FAO (1987), a variação genética existente nas espécies vegetais pouco domesticadas, além de constituir uma proteção contra as

mudanças ambientais que ocorrem naturalmente, é base da seleção e cruzamento realizados pelo homem para adaptação a diferentes usos e ambientes.

A bracatinga, por ocorrer naturalmente em populações dispersas, sofreu evolução em condições ambientais específicas, podendo até ter desenvolvido características peculiares. Assim, a escolha de material genético, através da exploração das variações entre e dentro de populações, é fundamental para se conseguir a maior produtividade e tornar os empreendimentos mais rentáveis (SHIMIZU, 1987).

A variação genética na bracatinga ainda não explorada é tamanha que permitiu a Shimizu (1987) obter ganhos de, pelo menos, 100% na produção de madeira, relativamente à produtividade de materiais genéticos de locais diferentes.

A utilização de espécies arbóreas em reflorestamentos será mais bem sucedida se houver conhecimento de sua variabilidade, culminando na maior eficácia nos programas de melhoramento genético prevendo a utilização das populações mais adequadas para o fim desejado (DIAS, 1988).

Baggio, Graça e Ceccon (1986) discutiram sobre a situação dos bracatingais, enfatizando que estes já estavam em segunda ou terceira rotação e que necessitavam de maior desenvolvimento nas técnicas silviculturais, como forma de aumentar a renda dos produtores. Na época, constatou-se que 75% das propriedades, geralmente pequenas, utilizavam a prática de associar culturas agrícolas no primeiro ano da floresta de Bracatinga e que cerca de 90% das propriedades não praticavam desbaste após o primeiro ano, deixando a floresta em competição natural.

Tendo passado mais de duas décadas, nossa escassa literatura sobre a bracatinga ainda denuncia que poucos trabalhos de pesquisa e incentivos foram destinados a esta importante cultura, pois até hoje todas as implantações utilizam sementes não melhoradas, colhidas de árvores abatidas. A produção de sementes melhoradas de bracatinga requer, inicialmente, o conhecimento da variabilidade genética existente na área de ocorrência natural ou de cultivo, e a indicação de genótipos superiores (CARPANEZZI; CARPANEZZI, 1992).

Segundo Carpanezi (1994), no âmbito do sistema tradicional, os cultivos agrícolas carecem de informações técnica seguras sobre todos os aspectos, como

variedades mais adaptadas às condições do sistema, distribuição espacial das plantas e adubação.

3.2 Descrição Botânica

Segundo a descrição botânica feita por (MATTOS; MATTOS, 2008) a *M. scabrella* Benthham apresenta-se como:

Árvore com mais de 15 m de altura. Caule mais ou menos reto, principalmente em maciços fechados, pouco ramificado, com 20-40 cm de diâmetro. Copa ampla, apenas nos exemplares isolados. Casca áspera, com 0.6 – 1.0 cm de espessura. Raminhos terminais delgados, primeiramente tomentosos, ásperos e mais tarde glabros, acastanhados e ligeiramente sulcados. Estípulas caducas, com menos de 7 mm de comprimento, lanceado-lineares, tomentosas; estípelas persistentes, com 1.5 – 2.0 mm de comprimento, lineares. Folhas multifolioladas, tomentosas; pinas com até 10 cm de comprimento, geralmente 5-7 jugadas; folíolos 25-35, oblongo lanceolados, ligeiramente binervados, ápice obtuso, inflorescência pequena; pedúnculos solitários ou em fascículos 2-3, subterminais, primeiramente e depois axilares, mais ou menos eretos, densamente hirsuto-tomentosos, com cerca de 1 cm de comprimento, delgados. Capítulos globosos, amarelo-esverdeados, com cerca de 1.2 cm de diâmetro; brácteas pequeninas estreitamente ovadas, glabras internamente e pubérulo-estreladas externamente. Flores tetrâmeras, sendo hermafroditas e masculinas no mesmo capítulo. Cálice com 1 – 1.2 mm de comprimento, glabérmo, com margens ciliadas e retuso-dentadas. Corola 4 partida na metade superior, quase glabra internamente e estrelado-tomentosa por fora. Estames 4, de 7-8 mm de comprimento, unidos na base, até a altura de 2 mm, depois livres e sinuosos, alternos com estaminódios. Ovário com pilosidade áspera na parte alargada e glabro na base e no estilete; óvulos quase sempre 4. Legumes sésseis, de 2-2.5 cm de comprimento, lineares, superfície verrucosa e curtamente tomentosa, acastanhada, ligeiramente sulcadas entre os artículos; quando maduros desprendem artículos quadrados; sementes achatadas, de 3-4 mm de comprimento e 2-3 mm de largura; cotilédones esverdeados.

3.3 Características gerais da Bracatinga

Segundo (CARVALHO, 1994), a *M. scabrella* Bentham é caracterizada como:

Família: Mimosaceae.

Sinonímia botânica: *Mimosa bracatinga* Hoehne.

Características da planta: árvore perenifólia; Altura média = 10-18m (podendo atingir 29 m); DAP médio = 20-30cm (podendo atingir 50 cm).

Ocorrência natural: 21°30'S (MG) a 29°40'S (RS).

Habitat: espécie característica das associações secundária da Floresta com Araucária.

Ecologia: 400-1.800 m de altitude no Brasil, sendo introduzida em altitudes de até 2.500 m na América Central; 1.300-2.300 mm de precipitação média anual; sem estação seca.

Silvicultura: imersão das sementes em água quente fora do aquecimento e repouso por 12 horas; semeadura direta no campo; associa-se com *Rhizobium sp* e apresenta micorriza; tolerante ao frio; não rebrota; crescimento rápido (até 36 m³/ha/ano em regiões de origem);

Principais usos: madeira média e pesada (mea = 0,67 a 0,81 g/cm³) usada só eventualmente para desdobro; lenha e carvão (PC = 4.569 a 4.830 Kcal/kg); planta forrageira; medicinal; revegetação, ornamental; celulose.

3.4 Biologia floral e sistema reprodutivo da *Mimosa scabrella*

Mattos e Mattos (2008) obtiveram como resultado de seu trabalho que o florescimento nas regiões de ocorrência natural da *M. scabrella* começa, geralmente, de 1° de julho a 1° de setembro, havendo variações de acordo com a região considerada e altitude. Em São Paulo a florada dá-se com alguns dias de antecipação com relação ao planalto do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. A maturação de seus frutos verifica-se a partir de 1° de dezembro. Em Lages e São Joaquim, em SC, a maturação começa no final de janeiro.

De acordo com Carpanezi (Carpanezi, 2009 - Informação verbal), a floração da Bracatinga inicia-se aos 3 anos de idade e ocorre anualmente entre os meses julho a setembro, sendo que a deiscência das flores ocorre após 10 dias e a frutificação de setembro a janeiro. Seu ciclo de vida pode chegar a 50 anos em regiões de ocorrência natural. A quantidade de sementes produzida é muito pequena frente à florada (cerca de 10% das flores dão frutos, tendo 3 a 4 sementes cada fruto). Ao atingir o ponto de maturação, as vagens de bracatinga rapidamente se abrem e derrubam suas sementes, que são pretas quando maduras.

3.5 Testes de procedências e progênes e estimação de parâmetros genéticos

Os testes de progênes, instalados tanto a partir de sementes de polinizações livres como de cruzamentos controlados, representam uma das mais úteis ferramentas para o melhorista florestal. Estes testes têm sido importantes para a determinação do valor reprodutivo dos indivíduos selecionados, por meio da estimativa de parâmetros genéticos, que serão úteis para a seleção de novos indivíduos superiores, como também para a formação de um pomar de sementes por mudas (KAGEYAMA e VENCOVSKY, 1983).

Quando se trata de obter informações experimentais com relação às variâncias genéticas, tanto os genótipos como os ambientes são considerados na população. A variância entre médias de famílias de meios-irmãos estima a covariância genotípica de meios-irmãos, a qual equivale aproximadamente a um quarto da variância aditiva da população base. A resposta diferencial dos efeitos genotípicos e ambientais no desenvolvimento dos organismos dá origem ao parâmetro denominado interação de genótipo e ambiente, que é determinado por meio de testes dos genótipos em uma série de ambientes, de maneira que se possam separar as variâncias genéticas da variância devida às interações de genótipos e ambientes (KAGEYAMA e VENCOVSKY, 1983). Assim, quanto o experimento é instalado inicialmente em um só ambiente pode haver alteração na estimativa de variância genética e, portanto, tal avaliação tem caráter preliminar e serve de base para a tomada de decisão sobre a continuidade de programa de melhoramento abrangendo mais locais.

Os parâmetros genéticos usualmente estudados referem-se às variâncias genéticas em suas componentes aditivas e não-aditivas, ao coeficiente de herdabilidade no sentido amplo e no restrito, às interações dos efeitos genéticos e ambientais e às correlações genéticas entre características. Por sua vez estas estimativas se prestam para informar sobre o tipo de ação dos genes em caracteres quantitativos, orientar sobre o esquema de seleção a ser adotado e estimar o progresso esperado na seleção (VENCOVSKY,1969; ROBINSON E COCKERHAM ,1965 apud KAGEYAMA,1980.

Estratégias conservacionistas pautam-se no conhecimento da estrutura genética das populações retidas nos bancos, possibilitada pela estimação de parâmetros genéticos para caracteres silviculturais através da genética quantitativa (GUERRA, 2009).

A experimentação com progênie de diferentes populações (testes de progênie/procedência) é prática comum no melhoramento de espécies florestais e outras espécies perenes. Tradicionalmente, estimação e interpretação das covariâncias entre parentes era feita igualando-se quadrados médios dos fatores de variação com as esperanças matemáticas, obtidas por meio da Análise da Variância (Anava) proposta por Fisher em 1925, gerando os componentes de variância. Nessas análises de dados, os modelos que representam a variação nos caracteres, próprios para a estimação, podem indicar efeitos de natureza fixa (modelo I) ou aleatória (modelo II) (RESENDE M. D., 2002). Atualmente, os componentes de variância são estimados diretamente com as variâncias dos efeitos aleatórios do modelo linear misto.

Os modelos matemáticos tradicionais ajustados para a Análise de Variância, embora adequados a experimentos balanceados de espécies anuais e perenes, não se presta à análise de experimentos com dados desbalanceados sob qualquer delineamento com blocos, visto que as estimativas das diferenças entre tratamentos são inexatas e tendenciosas. O método dos modelos mistos, desenvolvido por Henderson em 1973, define-se por congrega efeitos de natureza fixa e aleatória, onde os fixos podem ter médias estimadas pelo Método dos Mínimos Quadrados Generalizados (método utilizado pela Anava) e os aleatórios podem ser preditos pelo método de Estimação pela Máxima Verossimilhança Restrita - REML ("Restricted

Maximum Likelihood). Além disto, no modelo misto, os efeitos fixos (blocos, ambientes e tempo) devem ser ajustados ao modelo porque interferem na predição dos efeitos aleatórios, que são genéticos (SEARLE; CASELLA; MCCULLOCH, 1992).

Pinto Junior (2004), citando os trabalhos de Dieters et al. (1995), Dieters (1996), Resende et al. (1996b), Bueno Filho (1997), Resende (1999b), Paludzyszn Filho (2000), Resende (2001), Mora (2002) e Duda (2003), argumentou que as vantagens do método de modelos mistos têm resultado no crescimento expressivo de seu emprego no melhoramento florestal no exterior e no Brasil

A análise de variância (Anava) e a análise de regressão foram, durante muito tempo, o principal esteio da análise e modelagem estatística, a despeito de sua suposição básica de independência dos erros. O modelo REML tem modelagem mais flexível por não exigir esta suposição de independência. Tal procedimento foi criado pelos pesquisadores ingleses Desmond Patterson e Robin Thompson em 1971 e hoje se constitui no procedimento padrão para análise estatística em uma grande gama de aplicações (RESENDE, 2004 apud PINTO JUNIOR, 2004).

Em experimentos agrônômicos e florestais, o Estimador restrito de máxima verossimilhança (Restricted maximum likelihood estimation – REML) tem substituído com vantagens o método Anava; na verdade, o REML é uma generalização da Anava para situações mais complexas. A predição dos valores genéticos dos vários candidatos à seleção necessita de componentes de variância conhecidos ou estimados com precisão e, neste caso, o procedimento ótimo de predição de valores genéticos e de componentes de variância são, respectivamente, o Melhor Preditor Linear Não-viesado (Best Linear Unbiased Predictor) BLUP e o REML. Estes procedimentos são associados a um modelo linear misto, isto é, modelo que contém efeitos fixos além da média geral e efeitos aleatórios além do erro, os quais podem ser (i) modelos com efeitos aleatórios de tratamento e efeitos fixos de ambiente ou, (ii) modelos com efeitos fixos de tratamentos e efeitos aleatórios de ambiente (RESENDE, 2004 apud PINTO JUNIOR, 2004).

A metodologia do REML para modelos mistos gera estimativas não tendenciosas dos parâmetros e pode ser aplicada a experimentos não balanceados por considerar a covariância genética entre as observações e ponderar os genótipos com desigual

número de informações, na mesma ou em diferentes gerações (RESENDE, 2002). Segundo (SEARLE; CASELLA; MCCULLOCH, 1992), este método possui propriedades estatísticas superiores comparativamente ao método dos mínimos quadrados para a estimação dos parâmetros genéticos com dados não balanceados.

Resende, 2004 apud Pinto Junior, 2004 enumera os seguintes aspectos como vantagens do modelo misto (REML) em relação aos modelos completamente fixos (Anava), apesar do maior número de suposições distribucionais que são feitas pelo REML:

- a) produzem estimativas ou predições mais acuradas de efeitos de tratamentos quando existem dados perdidos nos experimentos;
- b) as predições dos efeitos aleatórios são forçadas (shrinkage) em direção à média geral, penalizando estimativas baseadas em pequenas amostras;
- c) permitem o ajuste de diferentes variâncias para cada grupo de tratamentos, ou seja, permite considerar variâncias heterogêneas;
- d) resolve o problema de estimação quando se tem dados perdidos;
- e) modelagem da estrutura de correlação em experimentos com dependência espacial, medidas repetidas e em múltiplos experimentos conduz a estimativa mais precisas (o modelo de efeito fixo assume que todas as observações são não correlacionadas);
- f) os resultados são mais apropriados para a inferência requerida quando a estrutura dos dados é hierárquica ou multi-níveis.

Como única desvantagem relata-se que é feito um maior número de suposições distribucionais.

Como o modelo permite lidar com estruturas complexas de dados (medidas repetidas, diferentes anos, locais e delineamentos), permite a comparação de indivíduos ou variedades através do tempo (gerações, anos) e espaço (locais, blocos), bem como permite a simultânea correção para os efeitos ambientais, estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos (RESENDE, 2004 apud SILVA, 2008).

O desenvolvimento de rotinas computacionais diretamente relevantes para a genética florestal como SAS VARCOMP, GENSTAT REML e, mais recentemente, SAS

MIXED, vem facilitar análises de maior qualidade estatística utilizando-se de métodos de estimação por verossimilhança, porém introduzem dificuldades adicionais de interpretação. Assim, embora poderosas, muitas das ferramentas da genética quantitativa recente ainda apresentam consideráveis entraves à sua utilização, em especial nos casos em que as soluções ótimas não são triviais (BUENO FILHO, 1997).

Para auxiliar na definição de qual o método mais adequado para cada situação experimental, Marcelino e Lemma (2000) apresentam uma série de autores que, sob uma perspectiva de comparação, abordaram os diferentes métodos de estimação de componentes de variância, bem como os vários procedimentos estatísticos que os utilizam.

Na análise de modelos mistos com dados desbalanceados os efeitos aleatórios do modelo não são testados via testes F, tal como se faz no método da análise de variância. Nesse caso, o teste cientificamente recomendado é o teste da razão de verossimilhança (LRT), onde se faz a diferença entre as “deviances” para modelos sem e com o efeito de interesse, obtendo a razão de verossimilhança (LR), a qual terá sua significância testada pelo teste qui-quadrado com 1 grau de liberdade (RESENDE M. D., 2006).

Os principais testes de procedências que foram e vêm sendo conduzidos no mundo, indicam que determinadas características, em função de sua importância econômica e da sua variabilidade e controle genético, vêm recebendo maior atenção pelos melhoristas florestais (KAGEYAMA, 1977). De acordo com Shelbourne (1969, apud KAGEYAMA, 1977) a forma do fuste das árvores é uma das características morfológicas que afeta a qualidade do tronco e é um importante determinante da qualidade da madeira, além de ter revelado herdabilidades superiores àquelas encontradas para altura de plantas, DAP, número de ramos e bifurcações em coníferas.

Características morfológicas relativas ao tronco são geralmente avaliadas subjetivamente e, provavelmente pela sua maior imprecisão na coleta de dados, apresenta erro adicional. Porém, as características de forma das árvores têm respondido bem à seleção fenotípica por serem de alta herdabilidade (KAGEYAMA, 1977).

3.6 Tamanho efetivo populacional

O tamanho efetivo populacional refere-se ao tamanho genético de uma população reprodutiva porque considera apenas o número de indivíduos participantes efetivamente do inter cruzamento com vistas à regeneração da nova população, que é diferente do número de indivíduos que a compõe, e que pode favorecer a deriva genética e endogamia na nova população (RESENDE, 2002). A partir do conhecimento do tamanho efetivo de uma população é possível se estabelecer um limite aceitável de N_e como forma de evitar os riscos de perdas de alelos favoráveis decorrentes da prática da seleção. Então, a seleção para a obtenção de uma população melhorada com base genética adequada deve levar em consideração as oscilações no tamanho efetivo populacional, além da variância genética, herdabilidade e progresso (PIRES; KAGEYAMA, 1985).

Com base no conceito de tamanho efetivo (N_e) em populações de espécies monóicas com sistema reprodutivo misto, como é o caso da *M. scabrella*, Resende (2002) fornece as expressões adequadas à determinação do N_e para situações com diferente número de indivíduos em cada família (representação desbalanceada de progênies), sendo esta uma situação comum no melhoramento e na conservação genética de plantas perenes (PINTO JUNIOR, 2004).

3.7 Seleção

O objetivo da seleção ou do melhoramento pode ser definido como o caráter econômico final, sobre o qual se deseja o ganho genético, podendo, então, ser um caráter único ou uma combinação de caracteres em um agregado. A definição do critério de seleção deve ser baseada em informações sobre os parâmetros genéticos e fenotípicos associadas aos caracteres e, também, em informações econômicas, notadamente das importâncias econômicas relativas entre os caracteres (RESENDE, 2002).

As estratégias de melhoramento estabelecem ciclos repetidos de seleção e recombinação para produzir material genético melhorado a serem utilizados nos

plantios comerciais. Uma estratégia de melhoramento é composta basicamente por: população base, métodos de seleção de árvores geneticamente superiores, população selecionada, métodos de cruzamentos ou recombinação destas árvores para regenerar populações base de gerações avançadas, e métodos de produção de sementes melhoradas ou clonagem em larga escala para uso em plantios comerciais. A população base deve ser constituída de muitos indivíduos de uma ou várias procedências selecionadas e ter uma base genética ampla para propiciar a obtenção de ganhos de forma contínua (SILVA, 2008).

Kageyama (1977) comenta sobre o fato de que, em relação à seleção somente do lado feminino (progênes de polinização livre), os ganhos obtidos pela seleção também pelo lado masculino (instalação de “Pomares de Sementes Clonais”), resultaria no dobro de ganho genético.

Para determinar o método de seleção mais adequado deve-se compará-los dentro do contexto específico em que o experimento se encontra, o qual será dependente da herdabilidade do caráter objetivo da seleção, do número de famílias e indivíduos avaliados por experimento, da heterogeneidade ambiental na área do experimento, dentre outros. Para a comparação entre métodos utiliza-se o estimador específico para a acurácia obtido para cada método, o qual se refere à correlação entre o valor genético verdadeiro do indivíduo e o índice fenotípico utilizado para estimá-lo (RESENDE et al, 1995). A acurácia depende da herdabilidade, da repetibilidade do caráter, da quantidade e qualidade das informações e procedimentos utilizados na predição dos valores genéticos e, como está associada à precisão na seleção, a acurácia é o principal elemento do progresso genético em que o melhorista pode alterar visando maximizar o ganho genético (RESENDE, 2002).

A seleção é uma ferramenta de considerável importância por permitir, junto à recombinação de famílias e indivíduos, a obtenção de fenótipos superiores. Neste contexto, a seleção praticada em uma ou poucas características, apesar de sua praticidade, tem se mostrado inadequada às exigências de produto final com superioridade de vários caracteres (CRUZ; REGAZZI, 2001). Para selecionar com base em um grupo de características, pode-se adotar a teoria de índices de seleção, os quais

combinam múltiplas informações contidas nas unidades experimentais (MARTINS, C.; PINHO, 2006).

Tradicionalmente o melhoramento genético florestal baseia-se na seleção massal, com baixas intensidades (de 10% a 20%) para transformação em Áreas de Coleta ou Áreas de Produção de Sementes, e na seleção individual, com altas intensidades (acima 1:5000) em populações base para instalação de Pomar de sementes (KAGEYAMA, 1980).

A seleção individual com altas intensidades é reconhecidamente uma estratégia arriscada num programa de melhoramento genético, pois ao reduzir o tamanho efetivo da população, leva à endogamia e perda de vigor. Por outro lado, a seleção não intencional de matrizes heterozigóticas, em meio a outras com dominância gênica para dois alelos, resultaria em descendência heterogênea de baixa produtividade (ODA; MENCK; VENCOVSKY, 1989).

A seleção entre e dentro pode não resultar em ganhos genéticos máximos para uma característica, visto que podem existir indivíduos excepcionais em famílias que não foram selecionadas (famílias intermediárias e inferiores), como também pode ocorrer que o melhor indivíduo de uma família selecionada seja inferior ao segundo, terceiro ou quarto melhores indivíduos de outras famílias. Este fato sugere que uma seleção mais efetiva poderia ser realizada ponderando os valores individuais e os valores das suas respectivas famílias, assim como a seleção combinada o faz com relativa simplicidade (RESENDE; HIGA, 1994a).

No melhoramento de uma característica única, por meio da seleção direta, pode resultar em modificações em outras características de acordo com a associação entre essas características, enquanto que o melhoramento para múltiplas características pode ser obtido com o emprego de critérios de seleção, os quais visam ganhos nas várias características de interesse no sentido e magnitude desejada. O índice de seleção é estabelecido pela combinação ótima de vários caracteres, de maneira que se considerem simultaneamente várias características de interesse para conseguir as respostas desejadas. Apesar de seu uso ainda incipiente no setor florestal, tal índice tem se mostrado superior em relação a outros critérios seletivos para múltiplas características (MARTINS; MARTINS; PINHO, 2006).

Os vários métodos de seleção existentes são adequados para situações diversas e a superioridade de um em relação ao outro será dependente das características dos dados e do objetivo da seleção e do melhoramento. Em síntese, a seleção individual pode ser baseada numa única avaliação ou na média de medições no indivíduo; a seleção de famílias, de meios-irmãos ou irmãos-germanos, é baseada no comportamento médio dos seus n indivíduos; a seleção dentro de famílias os indivíduos são selecionados com base no desvio de seu valor fenotípico em relação à média de sua família, sendo que estas não são eliminadas; a seleção entre e dentro de famílias é realizada em dois estágios, onde ocorre a seleção das melhores famílias seguida da seleção dos indivíduos das famílias selecionadas no primeiro estágio; a seleção combinada atribui pesos ótimos às informações de indivíduo e de família, que combinados servem de base para a seleção dos indivíduos; a seleção pelo procedimento BLUP (melhor predição linear não viciada) sob modelo individual usa todas as informações disponíveis dos indivíduos e de seus ancestrais e progênies, gerando valores genéticos preditos de todos os indivíduos envolvidos na análise (RESENDE M. D, 2002).

Freitas et al (2009) obteve estimativas semelhantes dos ganhos genéticos para a seleção massal, massal estratificada, seleção entre e dentro de famílias e a seleção combinada, justificando tais resultados pelos altos valores para as estimativas de variabilidade genética e herdabilidades. No entanto, considerando questões práticas, concluiu que, para as condições de seu experimento, o método de seleção massal propiciou maior custo/benefício, devido à sua simplicidade e eficiência semelhante a outros métodos seletivos.

A despeito do fato de a seleção combinada permitir maiores ganhos em relação à seleção entre e dentro, em alguns casos ela pode indesejavelmente levar à seleção de poucas famílias reduzindo a base genética da população. Com isto, para que a seleção combinada seja realmente melhor que a seleção entre e dentro deve proporcionar ganhos genéticos esperados superiores, elevando ou mesmo mantendo o número de famílias a serem recombinadas (MARTINS; MARTINS; CORREIA, 2001).

A superioridade da seleção combinada será maior para valores baixos de herdabilidade e para intensidades de seleção mais baixas, e isto pode significar

também menor tamanho da população experimental e menor número de famílias avaliadas (RESENDE, 2002). No caso, a seleção combinada pode ser explicada com base nos pesos calculados para indivíduos e famílias, incluídos no índice, os quais são funções de suas respectivas herdabilidades (MARTINS et al, 2005).

Ao comparar o progresso genético advindo do índice de seleção combinada com outros advindos de índices de seleção simultânea de características e da seleção entre e dentro, Maêda et al (2001) obteve superioridade de resultados para a seleção combinada.

Os métodos de seleção entre e dentro de progênies e seleção combinada utilizam-se do desvio do valor individual em relação à média da família no bloco e do desvio da média de famílias em relação à média geral do teste. Entretanto, o uso apenas destes desvios, em esquemas de melhoramento sem o emprego de sementes remanescentes e com baixo número de plantas por parcela nos experimentos, resulta desconsideração de frações da variância genética aditiva que estariam retidas nos efeitos de parcela e de blocos, efeitos esses que também propiciam correção para efeitos ambientais. Teoricamente, a utilização de todos os efeitos do modelo conduz à maximização da precisão na seleção, muito embora, em muitos casos, a inclusão dos efeitos de parcela e blocos pouco podem alterar a seleção. (RESENDE; HIGA, 1994b)

Uma das vantagens da seleção pelo método Multi-efeitos é a redução do peso dado à média geral das progênies, permitindo assim uma melhor distribuição dos indivíduos selecionados nas várias progênies (SANTOS, 2008).

O método do índice Multi-efeitos pode ser utilizado eficientemente na seleção envolvendo experimentos com alta taxa de sobrevivência e balanceados. Nos demais casos, o procedimento BLUP individual tende a ser mais acurado (RESENDE, 2000).

A vantagem dos métodos de seleção praticados sobre os valores genéticos reside no fato de permitirem a comparação direta e eficiente de todos os indivíduos de uma família em todo o experimento, uma vez que tais métodos utilizam desvios ponderados. Outra vantagem da seleção baseada em valores genéticos é que a mesma possibilita a seleção de indivíduos e progênies em diferentes experimentos da mesma idade, ou em experimentos com progênies pertencentes a várias procedências, de

maneira que seus indivíduos selecionados possam ser posteriormente cruzados independentemente da população a que pertençam (RESENDE & HIGA, 1994a).

A seleção entre e dentro de progênies, com posterior desbaste dos indivíduos inferiores, caracteriza um método de melhoramento denominado "Pomar de Sementes por Mudas" utilizando-se o próprio material de ensaio (KAGEYAMA; VENCOVSKY, 1983).

3.8 Seleção pelo “Melhor Preditor Linear Não-viesado”

Existe uma série de métodos desenvolvidos para a estimação de componentes de variância em modelos mistos, balanceados ou desbalanceados, dentre os quais se destacam o da Anava, os métodos de Henderson (II, II e III), ML, REML, MINQUE e MIVQUE. A teoria destes métodos, bem como os procedimentos matemáticos envolvidos, é detalhada no trabalho de (SEARLE; CASELLA; MCCULLOCH, 1992). No presente trabalho optou-se pela utilização do método de Estimação pela Máxima Verossimilhança Restrita - REML (*Restricted Estimator Maximun Likelihood*) - por ser o mais adequado para dados desbalanceados, uma vez que pondera as unidades de análise e limita a influência das observações discrepantes sobre os componentes de variância.

Os modelos mistos, ou seja, modelos que congregam efeitos aleatórios e fixos além do efeito fixo da média e do efeito aleatório do erro, fornecem estimativas e testes de hipóteses sobre os efeitos fixos e a predição e estimativas dos componentes de variância dos efeitos aleatórios (RESENDE, 2002).

A predição de valores genéticos pode ser efetuada por três procedimentos adequados a situações distintas: (i) Melhor Predição – BP (“Best Predictor”) - iguais quantidades e precisões de informações associadas a todos os candidatos à seleção, onde as médias (primeiros momento) e variâncias (segundo momento) são conhecidas ou estimadas com exatidão; (ii) Melhor Predição Linear - BLP (“Best Linear Predictor”) - diferentes quantidades e precisões de informações associadas a todos os candidatos à seleção, com médias e variâncias conhecidas ou estimadas com precisão; e (iii) Melhor Predição Linear Não-Viciada - BLUP (“Best Linear Unbiased Predictor”) –

obrigatoriamente exigido para diferentes quantidades e precisões das informações associadas aos candidatos à seleção, sendo a variância conhecida ou estimada com precisão e a média não conhecida. , no caso dos procedimentos (ii) e (iii) são ponderadas as informações fenotípicas individualmente em cada observação (SEARLE; CASELLA; MCCULLOCH, 1992).

Dentre esses procedimentos, o BLUP é o mais completo e conduz à maximização do ganho genético por ciclo de seleção para ambas as situações pressupostas para o uso do procedimento BP ou BLP (RESENDE, 1997). Obtém-se a melhor precisão nas estimativas de efeitos fixos em modelo linear misto pelo método BLUE (Best Linear Unbiased Estimator) porque este procedimento utiliza o método dos mínimos quadrados generalizados em detrimento do método dos mínimos quadrados ordinários utilizados pelos procedimentos BL e BLP (RESENDE et al., 1996).

No contexto dos modelos mistos, procura-se “estimar” os efeitos fixos, ou seja, estabelecer as esperanças das constantes como as relações entre fatores fixos e as variâncias das variáveis aleatórias, bem como “predizer”, ou seja, achar a esperança condicional das variáveis aleatórias, dadas suas realizações (observações medidas nos ensaios) e os efeitos fixos já estimados (BUENO FILHO, 1997).

Em modelos mistos, pressupõe-se que as estimativas das variâncias das variáveis aleatórias influem nas estimativas dos efeitos fixos e ambas as estimativas influem na predição dos efeitos aleatórios, portanto, havendo o risco de a decisão sobre a natureza dos efeitos levar a diferenças de seleção (BUENO FILHO, 1997). Uma vez que os efeitos aleatórios são resultantes da combinação de ambos efeitos (envolve efeitos fixos e aleatórios), discute-se se estes devem ser “estimados” ou “preditos”. Neste contexto, a predição torna-se a opção adequada devido às suas propriedades: (i) “Melhor” no sentido em que minimiza a variância do erro entre todos os preditores, (ii) “Linear” porque tem função linear para os parâmetros e, portanto, exige conhecimento da distribuição dos valores a serem preditos e (iii) “Não-viesado” porque o valor esperado do preditor iguala-se à variável aleatória para a qual esta é preditora, ou seja, $E(\tilde{w}) = E(w)$ (SEARLE; CASELLA; MCCULLOCH, 1992).

3.9 Teste de comparação de médias

Conforme sugerido por (KAGEYAMA, 1977) para os dados de diferentes procedências deve-se aplicar o “coeficiente de correlação de Spearman”, uma vez que este coeficiente é adequado para dados que não seguem distribuição normal, como provavelmente é o caso destes dados.

As fórmulas para o cálculo do coeficiente de Spearman e seu teste de significância são dadas a seguir:

$$\hat{\rho}_s = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (1)$$

$$t = \hat{\rho}_s \sqrt{\frac{n-2}{1-\hat{\rho}_s^2}} \quad (2)$$

em que:

$\hat{\rho}_s$ é o coeficiente de correlação de Spearman;

d_i é a diferença entre as ordenações;

n é o número de pares de ordenação.

4 METODOLOGIA

4.1 Características do local de experimentação

O teste de procedências e progênes de *M. scabrella* foi instalado em Maio de 2003 na Estação Experimental de Itatinga – EECF/ESALQ/USP, município de Itatinga – SP (latitudes entre 23° 02' 01" S e 23° 02' 30" S; longitudes entre 48° 38' 34" W e 48° 37' 30" W; altitude média de 830 m; temperatura média anual de 19,4°C e mínima de 12,8°C; precipitação média anual de 1635 mm e nos meses mais secos (julho) de 30 a 60 mm.

As progênes de polinização livre (sementes), para instalação dos ensaios, foram identificadas e coletadas por técnicos da EMBRAPA/CNPQ entre os anos de 1997 e 1999 em populações de cidades do estado de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, com as características geográficas e climáticas descritas na Tabela 1 (SOBIERAJSKI, 2004).

Tabela 1 - Coordenadas geográficas (latitude – Lat ; e longitude – Lon), altitude média (Alt) e temperatura média anual (T) dos municípios onde foram coletados os materiais genéticos de *M. scabrella* Bentham

Município/ Estado	Nº de progênes por procedência	Lat (Sul)	Lon (Oeste)	Alt (m)	T (°C)
Itararé – SP	15	24° 10'	49° 16'	1000	19,0
Piraí do Sul – PR	9	24° 50'	49° 56'	1250	18,0
Mandirituba – PR	20	25° 48'	49° 18'	840	20
Lapa – PR	20	25° 48'	49° 41'	908	20,0
Honório Serpa – PR	18	26° 11'	52° 26'	860	19
Turvo – PR	17	25° 03'	51° 33'	1200	17,0
Caçador – SC	14	27° 45'	51° 00'	1000	16,2
Ituporanga – SC	10 ⁽ⁿ⁾ e 16 ^(c)	27° 24'	49° 36'	360	17,3
Total de progênes	139	-	-	-	-

⁽ⁿ⁾ procedência nativa

^(c) procedência comercial

Figura 1 - Mapa com distribuição geográfica da espécie *M. scabrella*, baseada em Rotta & Oliveira (1981), com localização das procedências e da área de estudo. Sendo a área de estudo a Estação Experimental de Ciencias Florestais de Itatinga - EECFI/ESALQ/USP. FONTE: (SOBIERAJSKI, 2004)

O ensaio experimental deste teste foi delineado em Blocos de Famílias Compactas, com 8 procedências nativas e uma comercial representando o efeito de parcela, 11 a 20 progênies por procedência representando o efeito de subparcela, 6 plantas por subparcela, e 4 ou 5 repetições. O experimento possui espaçamento de 3 x 1.5m e bordadura externa tripla.

4.2 Avaliações quantitativas e qualitativas dos materiais genéticos

Os caracteres analisados no experimento foram agrupados em:

- (i) Características de crescimento - Altura total das árvores (ALT), Circunferência a altura do peito (CAP) e Volume total das árvores (VOL);
- (ii) Características de qualidade da madeira - Densidade Básica da Madeira (DbMad) , Densidade básica da casca (DbCas), Forma do fuste (FF), Número de fustes (NºFus) e Teor de Carbono em g de C por cm³ de madeira verde (TeorC); e
- (iii) Características de adaptabilidade e reprodução - Sobrevivência media nas parcelas, acompanhamento do ciclo fenológico reprodutivo e avaliação qualitativa da Intensidade de Botões e Flores para criação da variável Potencial de Florescimento (PotFlor).

4.2.1 Características de crescimento

Altura total, CAP e Volume total

Aos 5 anos de idade do experimento foram mensurados, em nível de plantas individuais, a altura com o uso do Blumen Leiss e o CAP com fita métrica. Nos casos em que a árvore possuía mais de um fuste, realizou-se a mensuração do CAP e altura apenas do fuste principal, ou seja, aquele de melhor desempenho em relação aos demais, de forma que possibilitasse a comparação entre as árvores candidatas à seleção. Isto porque o desejável seria obter, por meio de melhoramento genético, árvores de fuste único, boa forma e maior crescimento para usos múltiplos da madeira.

No caso, a estimativa de volume de madeira, tanto individual quanto total, produzida pela população em estudo foi subestimada, servindo prioritariamente à comparação entre a qualidade do principal fuste das árvores. Então este volume estimado corresponderia à produção de madeira imediatamente logo após a realização de uma desejável poda para conduzir apenas árvores com fuste único.

Estimativa de volume de madeira por meio de cubagem rigorosa

Foram cubadas 28 árvores representativas da população para estimar uma equação de predição de volume para a bracatinga para a região de Itatinga-SP. Para a cubagem das árvores, mensurou-se com paquímetro digital os diâmetros na altura do DAP e a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura do tronco até 4 cm de diâmetro e utilizou-se a fórmula de Smalian para determinação do volume total.

Por meio de regressão dos dados de Altura e CAP com o VOL das árvores cubadas estimaram-se os coeficientes para a equação de predição de volume com casca para a *M. scabrella* baseada no modelo² de (PELLICO NETTO, 1982).

4.2.2 Características de qualidade da madeira

Forma do fuste e N° de fustes

A exemplo do trabalho de (SILVA, 2008) optou-se por realizar as avaliações de bifurcações e forma do tronco separadamente, pois ainda que possa existir uma relação entre essas características, a forma do fuste estaria mais relacionada à dominância apical quando comparada à bifurcação. Como no experimento ocorreram, além de árvores bifurcadas, árvores trifurcadas e polifurcadas, foi conveniente avaliar estes materiais genéticos quanto ao seu número de fustes.

Para a avaliação do caráter “número de fustes por árvore” atribuiu-se notas de 1 a 4, sendo (1) para fuste único, (2) bifurcada, (3) trifurcada e (4) polifurcada. Para avaliação do caráter qualitativo “forma do fuste” atribuiu-se um critério subjetivo, a partir de notas visuais de 1 a 5, segundo o esquema apresentado por (KAGEYAMA, 1980):

Nota 1: tronco muito tortuoso.

Nota 2: tronco com tortuosidade acima da média.

Nota 3: tronco com tortuosidade média.

Nota 4: tronco com tortuosidade abaixo da média.

Nota 5: tronco tendendo à retidão ou reto.

² $V/h = \alpha + \beta D + \gamma D^2$

Densidade básica da madeira e Densidade básica da casca

As densidades básica da madeira e da casca foram determinadas para 4 árvores que foram desbastadas de cada parcela, as quais puderam ser analisadas em nível de plantas por parcela, partindo-se do princípio de que as árvores desbastadas e remanescentes são independentes quanto à densidade da madeira e da casca em relação às características de crescimento.

Para isto coletou-se discos a altura do peito (1.3m) e utilizou-se o método da balança hidrostática (Norma ABTCP M14/70) para sua determinação. Neste método, a amostra é submersa em água até sua saturação para depois ser pesada de forma úmida e imersa. Após as pesagens os discos são secos em estufa 105°C até peso constante. A densidade básica é então determinada pela Eq.(1):

$$Db = \frac{P_s}{P_u - P_i} \quad (3)$$

em que: Db = densidade básica; P_s = peso seco; P_u = peso úmido; e P_i = peso imerso

Teor de Carbono em %

Parte das amostras de discos de madeira, retirados à altura do CAP, utilizadas para a determinação da densidade básica foi analisada quanto ao seu Teor de Carbono em %. Para isto as amostras secas em estufa foram moídas em um moinho de facas no Laboratório de Química e Celulose da Madeira (ESALQ) e submetidas às análises de carbono por queima total no equipamento Leco CR412 no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA). Essa análise consiste em introduzir uma pequena amostra no reator do aparelho, onde todo o carbono é convertido em dióxido de carbono, medido diretamente no detector que indica a quantidade de carbono em porcentagem existente na amostra (URBANO et al, 2008).

Devido ao alto custo da análise de Teor de Carbono, optou-se pela utilização de apenas 3 amostras de cada procedência, as quais foram compostas respectivamente pelas 3 melhores, 3 medianas e 3 piores progênies por procedência em relação ao seu

volume. Para a estimativa de parâmetros genéticos em nível de plantas por parcela, determinou-se o Teor de C (%) para todos os indivíduos das progênies procedentes de Honório Serpa (procedência de melhor crescimento em relação às demais). Os valores em % de C foram transformados em g de C por cm³ de madeira (g/cm³), por meio de sua multiplicação pela densidade básica da madeira, visando homogeneizar a distribuição dos dados nos procedimentos estatísticos.

A partir dos dados de densidade básica e teor de C das amostras de discos retirados ao longo do tronco das árvores cubadas, foi possível estimar a quantidade média de Carbono em gramas por cm³ de madeira e de casca para árvores inteiras.

4.2.3 Característica de adaptabilidade e reprodução

Acompanhamento do ciclo fenológico reprodutivo

A partir de maio/2009 iniciou-se o acompanhamento semanal do ciclo fenológico reprodutivo de 20 árvores representativas da população de bracatinga. Com este acompanhamento foi possível prever quando seria a época de maior intensidade de flores e botões. Verificando-se a ocorrência de alta Intensidade de Florescimento entre os meses de julho e agosto (1º quinzena), fez-se a avaliação qualitativa da fenologia reprodutiva de todas as árvores do experimento. Esta avaliação serviu de base para a determinação do potencial de florescimento (PotFlor) a ser analisado estatisticamente para a determinação dos seus parâmetros genéticos.

Na ocasião da avaliação do PotFlor o experimento estava com 6 anos de idade e havia recebido um segundo desbaste de 50% (1 árvore por parcela, restando a outra para a formação de um Pomar de Sementes por Mudas - PSM). Este desbaste permitiu e facilitou a avaliação quase simultânea, tanto das árvores remanescentes como das abatidas, permitindo a comparação da intensidade de florescimento entre os materiais genéticos naquele determinado momento. A exemplo das análises de densidade básica, também partiu-se do princípio de que as árvores desbastadas e remanescentes são indentes quanto ao potencial de florescimento.

Potencial de florescimento

Os critérios utilizados para avaliação da fenologia floral da bracatinga, listados a seguir, também foram subjetivos e se prestaram para a atribuição visual de notas de 0 a 3 em relação à abundância de flores e botões na copa, de maneira que cada árvore recebeu duas notas que ao serem somadas representam a variável PotFlor:³

Nota 0: ausência

Nota 1: intensidade baixa

Nota 2: intensidade média

Nota 3: intensidade alta

Conforme discutido por (KAGEYAMA, 1980), apesar de ser discutível este esquema subjetivo de avaliação, ele não deixa de ser uma possibilidade viável para a realização de coleta de dados quantitativos para variáveis qualitativas.

Como forma de aferir os valores aproximados de botões e sementes nas copas de acordo com a nota recebida, coletou-se para contagem todos os botões ou flores da copa de indivíduos representativos da população. Para isto tomou-se aleatoriamente 4 árvores que haviam recebido as notas 1-0, 3-0, 0-1 e 0-3 respectivamente para flores e botões.

Dada a dificuldade inerente à coleta, transporte e quantificação dos botões e flores não foi possível realizar número adequado de repetições nestas aferições e, por isso, estes dados não foram utilizadas nas análises estatísticas da variável PotFlor. Neste caso, as informações de contagem de botões e flores se prestaram para dar uma idéia geral do potencial de florescimento da bracatinga em termos qualitativos.

Dentre as árvores sob acompanhamento semanal de seu ciclo fenológico reprodutivo, oito tiveram seus frutos coletados, contados e pesados para determinação do número médio de sementes por Kg para a *M. scabrella*, sob as condições edafoclimáticas do experimento.

As sementes coletadas foram submetidas a teste de germinação no Laboratório de Biologia de Sementes (LARGEA/ESALQ/USP), seguindo-se as Regras para Análise

³ PotFlor = Nota(botão) + Nota(flor)

de Sementes (RAS). Para isto utilizou-se 100 sementes, de cada árvore, distribuídas em 4 repetições de 25 sementes. O tratamento de quebra de dormência consistiu em imersão das sementes em água a 70° C por 5 minutos. O germinador foi regulado a 25° C com fotoperíodo de 8 h com luz e 16 h sem luz.

Sobrevivência

A sobrevivência foi determinada segundo a contagem das árvores vivas dentro da parcela e avaliada em nível de médias por parcela, implicando na impossibilidade de se estimar o componente de variância genética ao nível de plantas dentro de parcelas para esta característica.

4.3 Forma de análise dos resultados

Estimou-se os parâmetros genéticos - coeficientes de variação e herdabilidades - para as características de ALT, CAP, VOL, FF, N°Fus, TeorC, DbCas, DbMad, Sobr e PotFlor a partir dos dados de plantas individuais e médias de progênies. A análise da variância individual para os dados de cada característica foi realizada segundo o esquema em blocos de famílias compactas em modelo misto. Esta análise baseou-se no método REML para estimar os componentes da variância, visto que houve desbalanceamento experimental em termos do número de árvores sobreviventes entre as parcelas e do número de blocos por tratamento.

A despeito do fato de softwares como o SAS e o ASREML permitirem o ajuste de um número infinito de modelos e, inclusive, modelos mais complexos, o SAS apresenta limitação para lidar com matriz de parentesco e predizer valores genéticos em nível de indivíduos (RESENDE, 2006). Diante desta limitação, optou-se pela utilização do software Selegen-REML/BLUP para a simulação da seleção e estimação de ganhos genéticos, visto que, segundo Resende (2006), é de fácil uso e interpretação e também permite lidar de forma eficiente com a maioria das situações corriqueiras no melhoramento vegetal.

Para a avaliação dos dados de progênies de várias populações com várias plantas por parcela, utilizou-se o Modelo 112 do Software Selegen, que adota o seguinte modelo estatístico:

$$y = Xr + Za + Wp + Ts + e \quad (4)$$

Para a avaliação dos dados de progênies para cada procedência, com várias plantas por parcela, utilizou-se o Modelo 110 do Software Selegen, que adota o seguinte modelo estatístico:

$$y = Xr + Za + Wp + e \quad (5)$$

Para a avaliação dos dados referentes às análises de teor de Carbono para as progênies da procedência de Honório Serpa, com informação dentro de parcela e duas leituras por amostra, utilizou-se o modelo 8, que adota o seguinte modelo estatístico:

$$y = Xm + Za + W_p + T_s + e \quad (6)$$

Em que:

y é o vetor de dados;

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

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

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

s é o vetor dos efeitos permanentes ou de população (aleatórios);

u é o escalar referente à média geral (efeito fixo);

g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios);

m é o vetor dos efeitos das combinações medição-repetição (assumidos como fixos) somados à média geral;

e = vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

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

O Selegen fornece as seguintes estimativas de componentes de variação e coeficientes de herdabilidade:

σ_g^2 - variância genética entre progênes, cujos componentes da variância genética aditiva e variância genética de dominância dependem da taxa de autofecundação;

σ_A^2 - variância genética aditiva;

σ_p^2 - variância genética entre populações;

σ_e^2 - variância ambiental entre parcelas;

σ_d^2 - variância residual ou variância dentro de parcelas;

σ_f^2 - variância fenotípica individual;

h_i^2 - herdabilidade individual total no sentido restrito;

h_d^2 - herdabilidade aditiva dentro de parcela;

h_m^2 - herdabilidade da média de progênes, assumindo sobrevivência completa;

C_e^2 - coeficiente de determinação dos efeitos de parcela;

C_p^2 - coeficiente determinação dos efeitos de populações;

r_p^{xy} - acurácia da seleção de progênes, assumindo sobrevivência completa.

A variância genética aditiva é calculada com base nas taxas de autofecundação (S) praticadas pelas diferentes procedências, as quais foram determinadas por (SOBIERAJSKI, 2004) em estudo desta mesma população aos 6 meses de idade (Tabela 1). O uso das taxas de autofecundação para estimativa da variância aditiva possibilita maior precisão nas estimativas de herdabilidades em sentido restrito.

Tabela 2 - Taxas de autofecundação praticadas por nove procedências de *M. scabrella*, de acordo com trabalho de (SOBIERAJSKI, 2004)

Procedência	Taxa de autofecundação
Itararé	0,051
Piraí do Sul	0,000
Mandirituba	0,000
Lapa	0,000
Honório Serpa	0,021
Turvo	0,141
Caçador	0,055
Ituporanga (nativa)	0,000
Ituporanga (comercial)	0,042

As definições e expressões dos coeficientes para herdabilidade e de variação genética e experimental tem por base os trabalhos de (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992), (RESENDE, 2002) e (PAIVA; RESENDE; CORDEIRO, 2002) e são descritos a seguir:

$\hat{h}_m^2$ - herdabilidade ao nível média de parcelas, o qual se refere à seleção entre médias de progênies

$$\hat{h}_m^2 = \frac{1+(nb-1)r}{\frac{nb}{\sigma_p^2 + \sigma_e^2/b + \sigma_d^2/nb}} \sigma_A^2 \quad (7)$$

$\hat{h}_i^2$ - herdabilidade em nível de plantas individuais, o qual se refere à seleção massal estratificada por blocos

$$\hat{h}_i^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_p^2 + \sigma_e^2 + \sigma_d^2} \quad (8)$$

$\hat{h}_d^2$ - herdabilidade e em nível de plantas dentro de parcela, o qual se refere à seleção entre indivíduos de famílias selecionadas

$$\hat{h}_d^2 = \frac{(1-r)\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2} \quad (9)$$

CV_{exp} - coeficiente de variação residual ou experimental

$$CV_{exp} = \frac{\sqrt{\sigma_e^2 + \sigma_d^2}}{\bar{m}} \cdot 100 \quad (10)$$

Em que m é a média geral do caráter, b é o número de repetições, n é média harmônica do número de plantas dentro de progênies e r é o coeficiente de covariância genética aditiva entre indivíduos de uma mesma procedência.

Uma vez que os efeitos gênicos de materiais genéticos propagados sexualmente são transmitidos aos descendentes por seleção e cruzamento, convém que a herdabilidade seja estimada com base na variância genética aditiva, diferentemente de materiais propagados assexuadamente onde a herdabilidade deve ser calculada com base na variância genética total (DUDLEY; MOLL apud PINTO JUNIOR, 2004).

Para a interpretação das herdabilidades, em sentido restrito, obtidas nas análises de progênies utilizou-se os critérios propostos por RESENDE (2002), em que esta pode ser considerada como de magnitude baixa quando $h^2 < 0.15$, média quando $0.15 < h^2 < 0.50$ e alta quando $h^2 > 0.50$.

4.4 Métodos de Seleção

Simulou-se a seleção de materiais genéticos, bem como se estimou os ganhos diretos e indiretos proporcionado pelo método de seleção univariada massal pelo BLUP individual e pelo método tradicional de seleção entre e dentro de progênies.

Em função do esquema inicial de instalação dos ensaios, com espaçamentos iniciais de 3 x 1.5 metros, e considerando que a densidade mínima recomendada para

produção de sementes florestais está em torno de 80 árvores por hectare (KAGEYAMA; VENCovsky, 1983), adotou-se uma intensidade de seleção de 4.25% sob a população (25% entre e 17% dentro de progênes, no caso do método tradicional) para garantir a formação do pomar com N_e adequado, mesmo que ocorra mortalidade em razão da adaptabilidade do material às novas condições de espaçamento.

Após a identificação dos melhores indivíduos, com base nos valores genéticos individuais para as características de maior importância econômica ou correlacionadas com outras de interesse, os testes foram transformados em pomares de sementes por mudas para o fornecimento de sementes para a geração de uma nova população de bracatinga avançada geneticamente.

O método do índice multi-efeitos (IME) pode ser definido como uma seleção combinada aperfeiçoada, visto que além do efeito de indivíduo e família, inclui no índice o efeito de parcela e de bloco. Para o caso de dados balanceados este índice equivale ao BLUP (Best Linear Unbiased Predictor) (RESENDE; HIGA, 1994b).

O BLUP é obtido computacionalmente através do método dos quadrados mínimos generalizados e equivale ao IME por maximizar a correlação entre os valores genéticos verdadeiros e os preditores destes valores. Em comparação com a seleção combinada o IME, ou BLUP, é mais precioso porque considera os efeitos de parcela e bloco (RESENDE; HIGA, 1994b), como pode ser observado na sua expressão:

$$I_{ijk} = b_1 d_{ijk} + b_2 p_i + b_3 e_{ij} + b_4 r_j$$

$$I_{ijk} = b_1 (Y_{ijk} - \bar{Y}_{ij.}) + b_2 (\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...}) + b_3 (\bar{Y}_{ij.} - \bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{.j.} + \bar{Y}_{...}) + b_4 (\bar{Y}_{.j.} - \bar{Y}_{...}) \quad (61)$$

em que:

d_{ijk} = o efeito do indivíduo k dentro da parcela ij, aleatório

p_i = o efeito da progênie, aleatório

e_{ij} = o efeito de parcela ij, aleatório

r_j = o efeito de bloco, fixo

$\bar{Y}_{ij.}$ = média da parcela do indivíduo ijk;

b_1, b_2, b_3, b_4 = coeficientes de ponderação atribuídos à seleção de indivíduos;

Onde os coeficientes b_i são determinados a partir do sistema matricial:

$$\begin{bmatrix} \frac{(n-1)}{n} \sigma_d^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{(p-1)}{p} (\sigma_p^2 + \frac{\sigma_e^2}{b} + \frac{\sigma_d^2}{nb}) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{(p-1)(b-1)}{p} (\sigma_e^2 + \frac{\sigma_d^2}{n}) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{(b-1)}{b} (\sigma_b^2 + \frac{\sigma_e^2}{p} + \frac{\sigma_d^2}{np}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{(n-1)(1-r)}{b} \sigma_A^2 \\ \frac{(p-1)}{p} \frac{1+(nb-1)(r)}{nb} \sigma_A^2 \\ \frac{(1-r)(b-1)(p-1)}{n} \frac{\sigma_A^2}{p} \\ \frac{(b-1)}{b} \frac{(1-r)}{np} \sigma_A^2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Resolvendo-se este sistema obtêm-se os coeficientes b_1 , b_2 , b_3 e b_4 de ponderação do Índice Multi-efeitos, os quais representam a fração do diferencial de seleção retido na descendência, aqui denominados “herdabilidade” (PAIVA; RESENDE; CORDEIRO, 2002), pois os coeficientes do índice correspondem às herdabilidades associadas aos efeitos de indivíduo dentro de parcelas (σ_d^2), de família (σ_m^2), de parcela (σ_p^2) e de blocos (σ_b^2) (RESENDE; HIGA, 1994b), de forma que,

“Herdabilidade” do efeito de indivíduo na parcela (σ_d^2):

$$b_1 = \frac{(1-r)\sigma_A^2}{\sigma_d^2} \quad (8)$$

“Herdabilidade” do efeito de progênie (σ_m^2):

$$b_2 = \frac{\frac{1+(nb-1)r}{nb} \sigma_A^2}{\sigma_p^2 + \sigma_e^2/b + \sigma_d^2/nb} \quad (9)$$

“Herdabilidade” do efeito de parcela (σ_p^2):

$$b_3 = \frac{[(1-r)/n]\sigma_A^2}{\sigma_e^2 + \sigma_d^2/n} \quad (10)$$

“Herdabilidade” do efeito de bloco (σ_b^2):

$$b_4 = \frac{[(1-r)/np]\sigma_A^2}{\sigma_b^2 + \sigma_e^2/p + \sigma_d^2/np} \quad (11)$$

Em que r é o coeficiente de correlação genética entre indivíduos de uma mesma progênie; n , p e b são o número de plantas por parcela, número de progênies e número de blocos, respectivamente.

A partir do desenvolvimento deste índice é possível obter outro que permite ponderar diretamente os valores fenotípicos sem a necessidade de calcular os desvios, sendo, então, de aplicação prática mais fácil (RESENDE; HIGA, 1994b).

$$I = h_d^2(Y_{ijk}) + (h_p^2 - h_d^2)\bar{Y}_{ij.} + (h_b^2 - h_p^2)\bar{Y}_{.j.} + (h_m^2 - h_p^2)\bar{Y}_{i..} + (h_p^2 - h_b^2 - h_m^2)\bar{Y}_{...} \quad (12)$$

Ganho por seleção

A resposta à seleção, também fornecida pelo Selegen, presta-se para a comparação dos ganhos diretos e indiretos praticados pelos métodos seletivos aplicados aos dados do experimento. Tendo-se por base o trabalho de Silva (2008) e de Cruz e Regazzi (2001), as expressões utilizadas para o cálculo do ganho genético, para resposta direta e indireta à seleção, em unidades do caráter e em porcentagem são:

$$GS = \hat{h}_m^2 \times DS \quad (13)$$

em que:

GS - ganho genético por seleção;

$\hat{h}_m^2$ - herdabilidade da média de progênies e DS é o diferencial de seleção.

$$DS = \bar{X}_s - \bar{X}_o \quad (14)$$

em que: $\bar{X}_s$ é a média das famílias selecionadas e $\bar{X}_o$ é a média da população original.

$$GS_{y(x)} = i_x \times h_x \times \hat{\sigma}_{gy} \times r_{gxy} \quad (15)$$

em que:

$GS_{y(x)}$ - ganho de seleção indireto no caráter y, pela seleção praticada no caráter x;

i_x - intensidade de seleção para porcentagem de selecionados igual a 4,25%;

h_x - raiz quadrada da herdabilidade para o caráter x;

$\hat{\sigma}_{gy}$ - variância genética do caráter principal, sobre o qual se pratica a seleção; e

r_{gxy} - coeficiente de correlação genotípica entre os caracteres x e y.

$$GS(\%) = \frac{GS \times 100}{\hat{m}} \quad (16)$$

em que:

$GS(\%)$ - percentual de ganho genético;

$\hat{m}$ - média do caráter.

Tamanho efetivo populacional

O tamanho efetivo populacional (N_e) foi estimado pelo software Selegen, o que realiza o cálculo com base na expressão descrita a seguir, sendo sua derivação completa consta em (RESENDE, 2002).

$$N_e = \frac{2(2-S)f\bar{n}}{(1+S)^2\frac{\sigma_n^2}{\bar{n}} + (1+S)^2\bar{n} + (3-2S-S^2)} \quad (17)$$

em que:

N_e - Tamanho efetivo em populações com sistema reprodutivo misto

S - taxa de autofecundação

f - número de famílias selecionadas

$\bar{n}$ - número médio de indivíduos selecionados por progênie

σ_n^2 - variância do número de indivíduos selecionados por progênie.

Esta expressão é adequada para o cômputo do tamanho efetivo em populações com sistema reprodutivo misto ou plantas alógamas, sob seleção individual, pelo índice multi-efeitos e pelo procedimento BLUP, a partir da avaliação de progênies de polinização aberta (RESENDE, 2002).

A diversidade genética (D), após os diferentes métodos de seleção, foi quantificada com base nas seguintes equações, também apresentadas por (RESENDE, 2002):

$$D = N_{ef}/N_{fo}, \quad (0 < D \leq 1) \quad (18)$$

$$N_{ef} = \frac{(\sum k_{fi})^2}{\sum k_{fi}^2} \quad (19)$$

em que:

N_{fo} - número original de famílias;

n_{ef} - número efetivo de famílias; e

K_{fi} - número de indivíduos selecionados na família i .

5 RESULTADOS

Para melhor organização dos resultados dividiu-se as características estudadas neste trabalho em 3 grupos distintos, denominados como:

- a) Características de crescimento: volume em m^3 (VOL), altura em m (ALT) e circunferência a altura do peito em cm (CAP);
- b) Características da qualidade da madeira: densidade básica da casca em g/cm^3 (DbCas), densidade básica da madeira em g/cm^3 (DbMad), forma do fuste (FF), número de fustes (N°Fus) e teor de carbono em g/cm^3 (TeorC); e
- c) Características de adaptação e reprodução: sobrevivência, fenologia reprodutiva e PotFlor.

Os resultados do teste de razão de verossimilhança (LRT) para os efeitos de procedências, genótipos e parcelas constam na Tabela 3. Este teste indicou que para qualquer uma das características avaliadas, exceto para TeorC, ocorre pelo menos um material genético diferindo dos demais em nível de procedência. Já em nível de progênies, apenas os caracteres N°Fus, ALT, TeorC e Sobr não apresentaram diferenças entre si com 99% de significância. Diferença entre parcelas só não foi verificada para DbCas, TeorC e Sobr. Isto justifica o uso de tal delineamento para maior controle ambiental e conseqüentemente promover homogeneização de variâncias.

Em geral as análises para estimativa dos componentes de variância genéticos exprimiram baixos coeficientes de determinação dos efeitos de parcela para as características estudadas, indicando que o presente teste de progênies e procedências foi bem instalado e permitindo boa precisão experimental para a obtenção das estimativas. Apenas os caracteres N°Fus e PotFlor apresentaram altos CV_{exp} , indicando que as mesmas apresentam altas variações naturais e a conveniência de se instalar experimentos com mais repetições para se atingir maior acurácia nos resultados de sua avaliação.

A variabilidade encontrada para o material genético da *M. scabrella* neste experimento vem a concordar com a evidência, comentada por Paula et al (2002), de que os materiais genéticos utilizados no setor florestal apresentam, de modo geral, grande variabilidade genética, e que as possibilidades de melhoramento desses materiais são promissoras.

As herdabilidades obtidas para efeito de blocos não foram mencionadas neste trabalho porque assumiram valores bastante baixos, assim como Sturion et al (1994) anteviram ao comentar que com o número de plantas por parcela igual ou superior a seis e número de progênies maior que 10 resulta em valores negligenciáveis de herdabilidade. Deve-se ressaltar que estimativas de herdabilidades individuais obtidas de um único local são superestimadas, já que não é possível separar a variância da interação de progênies por locais da variância devida a progênies. Por isso, tais estimativas são válidas somente para o local do experimento onde foram determinadas (STURION et al, 1994) ou para locais com características semelhantes.

Tabela 3 – “Deviances” e significância do teste LRT aplicados aos efeitos de procedência, progênie e parcela, para os caracteres de crescimento, qualidade da madeira e de adaptação e reprodução da *M. scabrella*

Deviance	CAP	ALT	VOL	FF	N°FUS	DbCas	DbMad	PotFlor	TeorC	Sobr
Procedência+	14759 (29,02**)	5569 (87,12**)	-26502 (56,08**)	3067 (28,13**)	2994 (37,39**)	-7954 (28,91**)	-7171 (45,36**)	2322 (48,73**)	- -	-1541 (16,26**)
Progênie+	14753 (22,63**)	5483 (1,07)	-26548 (10,17**)	3046 (6,96**)	2957 (0,71)	-7962 (21,11**)	-7203 (12,80**)	2281 (7,5**)	-1190 (0,00)	-1555 (2,17)
Parcela+	14862 (132,23**)	6455 (972,88**)	-26317 (241,24**)	3265 (225,69**)	3194 (237,51**)	-7977 (5,89)	-7161 (55,33**)	2281 (7,46**)	-1190 (0,0)	-1557 (0,0)
Modelo completo	14730	5482	-26558	3039	2957	-7983	-7216	2274	-1190	-1557

Qui-quadrado (X^2) tabelado: 3.84 e 6.63 para os níveis de significância de 5% e 1%, respectivamente;

() Teste da Razão de Verossimilhança - LRT, havendo distribuição com 1 grau de liberdade para o X^2 ;

"+" Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos

4.5 Correlação fenotípica entre as variáveis estudadas

A Tabela 4 apresenta os coeficientes de correlação de Spearman para as características correlacionadas entre si, com 99% de significância ($P > 0.01$). Nota-se alta correlação positiva entre as características associadas ao crescimento das árvores (ALT, CAP e VOL), concordando com o que ocorre com outros gêneros de espécies florestais amplamente estudados, como o *Eucalyptus* (PAIVA; RESENDE; CORDEIRO, 2002), (KAGEYAMA, 1980) e *Pinus* (MISSIO; CAMBUIM; PAULA, 2004), (KAGEYAMA, 1977) dentre outros. As altas correlações entre estas variáveis estão associadas ao crescimento equitativo das árvores, tanto em altura quanto em circunferência, garantindo o equilíbrio dimensional que resulta em seu volume, apontando que ocorre compartilhamento de parte dos genes.

O N°Fus exibiu, significativamente a 99% de probabilidade, fraca correlação com a FF ($r=0.35$), o que prevê uma leve, porém existente, tendência das árvores menos bifurcadas terem melhor forma de fuste, indicando que a seleção sobre o número de fustes poderia promover pequena variação positiva na forma do fuste e vice-versa. Entretanto, empiricamente o número de fustes não tem grande relação com sua Forma porque a expressão desta característica é bastante dependente das condições edafoclimáticas locais. Nas regiões de ocorrência natural da bracatinga, a presença de polifurcações não é tão comum quanto nas regiões de introdução desta espécie.

Tabela 4 - Coeficientes de correlação de Postos de Spearman, com significância maior que 0,99, para valores fenotípicos ao nível de médias de progênies obtidas para as características CAP, volume (VOL), forma do fuste (FF), densidade básica da madeira (DbMad), % de sobrevivência dentro de parcelas (Sobr), intensidade de florescimento e botões (Flor e Botão, respectivamente) observadas em *M. scabrella* em Itatinga-SP

R ⁽¹⁾	CAP	VOL	FF	DbMad	Sobr	Flor	Botão
ALT	0,76	0,88	0,32	-	-	-	-
VOL	0,95	1	0,30	-	-	-	-
FF	0,26	0,30	1	0,25	0,22	-	-
NºFus	-	0,22	0,35	0,30	0,32	-	-
Botão	-	-	-	-	-	0,60	1
PotFlor	-	-	-	-	-	0,86	0,91
Flor	-	-	-	-	-	1	0,60

A correlação obtida entre a Forma do fuste e a sobrevivência em *E. benthamii* obtida por (SILVA, 2008) foi igual a obtida neste trabalho para a *M. scabrella* (0,22), o que fornece apenas indícios de que as árvores mais retilíneas estariam mais aptas à sobrevivência sob as condições do experimento. Porém, devido ao baixo coeficiente de correlação verificado, tal indício não tem grande utilidade para o melhoramento desta espécie.

As características da qualidade da madeira não se apresentam fortemente correlacionadas, provavelmente por não haver dependência de umas em relação às outras para que se expressem. Isto ficou bastante nítido no caso das DbMad e DbCas, que apesar de que tratem-se de uma mesma característica, não exibem mesmo comportamento quando mensurado em diferentes tecidos da árvore (casca e madeira). Isto indica que a alocação de recursos para a formação destes tecidos ocorre de maneira independente e, não obstante, resulta em materiais de textura tão diversa.

Apesar de a forma do fuste apresentar correlação significativa com as características de crescimento, verificaram-se baixos coeficientes de correlação entre

estas e, conseqüentemente, menor importância do ponto de vista do melhoramento genético. A falta de correlação entre a forma do fuste e as características de crescimento também foi verificada no estudo de procedências de *Pinus oocarpa* feito por (KAGEYAMA, 1977).

O aumento de brotações e conseqüentemente fustes, é uma estratégia de sobrevivência que algumas espécies apresentam quando introduzidas em ambientes incomuns a elas, assim como correu neste experimento. Contudo, observou-se fraca correlação entre o N°Fus e o VOL ($r=0.22$), o que condiz com a interferência exercida pelo número de fustes no crescimento das plantas, quando estas tem que desviar recursos e energia para emitir mais brotações. Considerando que houve diferença no N°Fus dos materiais genéticos estudados, pressupõe-se que há possibilidade de seleção para esta característica e, por conseguinte, o favorecimento do aumento de crescimento das árvores melhoradas como reflexo de seu menor número de fustes.

Caso houvesse maior Potencial de florescimento em parcelas que exibiram menor sobrevivência, seria indício de pior adaptabilidade do material genético desta parcela em relação ao ambiente em que está inserido, pois, como já fora amplamente estudado (FONSECA, 2005), diante da possibilidade de morte ocorre aumento no florescimento das árvores como uma estratégia de perpetuação da espécie. Entretanto, as características de adaptação e reprodução não se mostraram correlacionadas, ou seja, não se verificou aumento na intensidade de flores ou botões como estratégia de sobrevivência das árvores que compõem as parcelas.

Conforme o previsível, as características relacionadas ao florescimento exibiram alta correlação entre si, visto que a intensidade de botões influencia na intensidade de flores e ambos resultam no potencial de florescimento. Contudo, os coeficientes de correlação encontrados para PorFlor, Botão e Flores se prestam para aferir se a avaliação qualitativa das árvores foi coerente e, conseqüentemente, precisa.

4.6 Análises referentes às características de crescimento

A aplicação do teste de Tukey em nível de 99% de significância permitiu o agrupamento das 9 procedências segundo a semelhança entre suas médias para os caracteres de crescimento avaliados (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios para os caracteres de crescimento de 9 procedências de *M. scabrella*. As médias acompanhadas de mesma letra na coluna não diferem entre si em nível de 99% de significância no teste de Tukey para comparação de médias de procedências.

Procedências	CAP (cm)	Altura (m)	Volume Total c/casca (m ³ /ha)
Itararé	22,7 cd	9,6 c	0,0251 c
Piraí do Sul	22,4 bcd	8,9 ab	0,0236 bc
Mandirituba	20,8 ab	8,8 a	0,0203 ab
Lapa	20,8 ab	9,2 b	0,0216 b
Honório Serpa	23,9 cd	10,1 d	0,0295 e
Turvo	19,7 a	8,0	0,0176 a
Caçador	22,0 ab	9,0 ab	0,0228 bc
Ituporanga (nativa)	22,7 cd	9,8 cd	0,0259 cd
Ituporanga (comercial)	23,0 cd	10,2 d	0,0283 de

Como pode ser observado na Figura 2, os agrupamentos formados pela semelhança dos materiais genéticos em relação às médias do CAP, ALT e VOL não foram coincidentes para as diversas procedências. Isto ocorre porque a despeito do fato de elas serem intrinsecamente associadas, não exibem dentre as 9 procedências estudadas o mesmo comportamento relativo entre si e, portanto, denuncia a possibilidade de seleção destas características individualmente, de modo a obter

variedades que contemplem melhorias direcionadas para qualquer um destes três aspectos relacionados ao crescimento.

Figura 2 - Diagrama dos agrupamentos das procedências de acordo com similaridade para os caracteres CAP, Altura total e Volume total com casca

O incremento volumétrico médio anual – IMA da procedência de Caçador foi de 0.00441 m³/árvore/ano, o qual foi semelhante aquele obtido por Shimizu (1987) para esta mesma procedência aos 3 anos de idade, testada em Colombo-PR onde sua ocorrência é comum (0.00410 m³/árvore/ano). Tal fato denuncia a boa adaptação deste material e desenvolvimento aceitável na região de Itatinga, onde tal espécie é exótica.

De uma maneira geral obtiveram-se, para as características de crescimento, baixos coeficientes de variação experimental (13.3, 13.7, e 30.6 respectivamente para ALT, CAP e VOL) comparados com aqueles obtidos por (STURION et al, 1994) para *M. scabrella* var. *aspericarpa*, onde média das duas populações estudadas foi igual a 16.8, 17.3 e 38.5.

Altura total das árvores

A média do experimento para a altura total das árvores aos 5 anos de idade foi de 9.47m, com valor mínimo de 6.7m e máximo de 10.8m, sendo a procedência comercial de Ituporanga a de melhor desempenho em relação a esta característica.

Por pertencer ao grupo ecológico das Pioneiras, a bracatinga tem seu crescimento em altura mais semelhante ao das espécies exóticas, como o *Eucalyptus* e

o pinus, do que ao crescimento apresentado por outras espécies nativas. As médias obtidas para altura de plantas revelam razoável crescimento da bracatinga sob as condições do local do experimento.

O rápido crescimento apresentado pela espécie, junto ao fato de naturalmente ocupar clareiras e desenvolver-se em espaçamento denso, é forte indicativo de seu potencial para cultivo comercial em larga escala. A ocorrência de uma espécie em alta densidade de povoamento é viabilizada pelos seus mecanismos de controle de ataque agentes frente a patogênicos, que garantem a sobrevivência da espécie mesmo em plantios homogêneos, pois de outra forma estes seriam alvos fáceis.

Na estimativa de parâmetros genéticos separadamente para cada procedência, o caráter altura exibiu herdabilidade no sentido restrito em nível de plantas individuais (h^2_i) variando de 0.01 (Ituporanga comercial) a 0,68 (Piraí do Sul). Isso se deve ao fato de que a ocorrência de valores próximos a 0.00 foi decorrente de alta variância entre blocos e de resíduo no experimento. Além destes motivos, existem diversos outros fatores que podem afetar a estimativa da herdabilidade, onde:

- As estimativas do coeficiente de herdabilidade são feitas em amostras da população, portanto seu tamanho e representatividade afetam os valores obtidos;
- O número de ambientes afeta a estimação de herdabilidade em razão da interação genótipo x ambiente;
- Coeficientes de herdabilidade podem ser estimados com base em dados de uma única planta, de uma parcela, ou com base na média da parcela;

Para reduzir o erro experimental e, por conseguinte a herdabilidade, deve-se atentar para a condução criteriosa da avaliação da população (CUSTÓDIO, 2004).

A acurácia alcançada para cada procedência foi superior a 0.65, exceto para as procedências Lapa (0.24), Caçador (0.52) e Ituporanga comercial (0.15), indicando menor confiabilidade nos parâmetros obtidos para estas matérias genéticas e locais. A herdabilidade restrita dentro de parcelas também foi bastante variável entre as procedências, porém excluindo-se as procedências que exibiram menor acurácia obtêm-se herdabilidades menos contrastantes entre os materiais genéticos.

Os coeficientes de determinação obtidos são coerentes e dentro do esperado para experimentos de estudo desta característica (C^2_e variando de 19% a 41%), como

pode ser visto na Tabela 6 juntamente com os componentes de variância obtidos para os fatores de variação (progênes, entre e dentro de parcelas), a variância aditiva, as herdabilidades, e a acurácia do efeito de genótipos no experimento para cada procedência avaliada individualmente.

Comparando-se os parâmetros genéticos obtidos para a altura destes materiais genéticos aos 6 meses de idade, no trabalho de (SOBIERAJSKI, 2004), verifica-se grande alteração nas estimativas de herdabilidade e componentes de variância. Estas alterações, ora favoráveis, ora desfavoráveis, não obedeceram um padrão identificável de comportamento e, portanto, indica que estes materiais genéticos não são adequados à seleção precoce aos 6 meses de idade. No entanto, para uma maior compreensão do comportamento desta espécie mediante seleção precoce, são necessárias mais informações para diferentes idades.

Tabela 6 - Estimativas de parâmetros genéticos para a altura obtidos em ensaio de progênes e procedências de *M. scabrella* Bentham aos 5 anos de idade. Apresentam-se os coeficientes de variância genética dentro de parcelas (σ_d^2), entre parcelas (σ_e^2), e entre progênes (σ_g^2); coeficiente de variância fenotípica (σ_f^2); herdabilidades para médias de parcela (h_m^2), para indivíduos dentro de blocos (h_i^2) e para indivíduos dentro de parcelas (h_d^2); coeficientes de determinação para parcela (C_e^2) e acurácia do experimento (r_p^{xy}); e média geral (m)

	Itararé	Piraí do Sul	Mandirituba	Lapa	Honório Serpa	Turvo	Caçador	Ituporanga (nativa)	Ituporanga (comercial)
σ_g^2	0,08	0,44	0,23	0,01	0,22	0,34	0,08	0,34	0,01
σ_e^2	0,30	1,00	0,71	0,64	0,71	1,16	0,73	0,44	0,91
σ_d^2	1,22	1,12	1,22	1,22	1,05	1,30	1,57	1,41	1,72
σ_f^2	1,60	2,55	2,15	1,87	1,98	2,80	2,38	2,19	2,64
h_i^2	0,17	0,68	0,42	0,02	0,43	0,38	0,11	0,62	0,01
C_e^2	0,19	0,39	0,33	0,34	0,36	0,41	0,31	0,20	0,35
h_m^2	0,43	0,65	0,55	0,06	0,55	0,56	0,27	0,72	0,02
r_p^{xy}	0,65	0,80	0,74	0,24	0,74	0,75	0,52	0,85	0,15
h_d^2	0,16	1,17	0,56	0,02	0,59	0,55	0,12	0,72	0,01
m	9,62	8,84	8,85	9,23	10,08	7,95	8,93	9,84	10,21

Circunferência a altura do peito (CAP)

A média do experimento para o CAP foi de 21.9 cm, com valor mínimo de 19.8 cm e máximo de 23.9 cm. A Tabela 7 apresenta as estimativas dos parâmetros genéticos e acurácia do efeito de genótipos para as procedências avaliadas individualmente, onde nota-se que a herdabilidade no sentido restrito em nível de médias de progênie variou de 0.15 (Honório Serpa) a 0.80 (Turvo).

A baixa acurácia observada somente para as procedências de Honório Serpa (0.39) não permite grande confiabilidade nos resultados especificamente para este material genético. Assim, tais informações podem ser interpretadas apenas como indicativo de que, a despeito do melhor desempenho da procedência de Honório Serpa em relação a ALT, sua baixa h^2_m dentre os materiais testados indica que seus descendentes herdariam apenas uma pequena parte deste desempenho e, por conseguinte, seu potencial para melhoramento genético é mais limitado.

Os baixos coeficientes de determinação denunciam pouca influência do efeito de parcela sobre o valor fenotípico dos materiais testados (abaixo de 0.17), ou seja, menos de 17% da variância observada nas plantas é causada pelo efeito de parcelas (ambiental).

Tabela 7 - Estimativas de parâmetros genéticos para a CAP obtidos em ensaio de progênies e procedências de *M. scabrella* Benthams aos 5 anos de idade. Apresentam-se os coeficientes de variância genética dentro de parcelas (σ_d^2), entre parcelas (σ_e^2), e entre progênies (σ_g^2); coeficiente de variância fenotípica (σ_f^2); herdabilidades para médias de parcela (h_m^2), para indivíduos dentro de blocos (h_i^2) e para indivíduos dentro de parcelas (h_d^2); coeficientes de determinação para parcela (C_e^2) e acurácia do experimento (r_p^{xy}); e média geral (m)

	Itararé	Piraí do Sul	Mandirituba	Lapa	Honório Serpa	Turvo	Caçador	Ituporanga (nativa)	Ituporanga (comercial)
σ_g^2	1,42	2,53	3,98	0,81	0,35	5,60	2,46	1,35	2,87
σ_e^2	0,74	5,93	2,64	2,41	5,01	3,57	1,07	0,09	2,10
σ_d^2	22,45	26,21	20,15	18,02	28,24	20,07	29,64	26,84	28,92
σ_f^2	24,61	34,66	26,77	21,24	33,60	29,23	33,17	28,28	33,89
h_i^2	0,21	0,29	0,59	0,15	0,04	0,59	0,27	0,19	0,31
C_e^2	0,03	0,17	0,10	0,11	0,15	0,12	0,03	0,00	0,06
h_m^2	0,61	0,55	0,77	0,43	0,15	0,80	0,67	0,60	0,67
r_p^{xy}	0,78	0,74	0,88	0,66	0,39	0,90	0,82	0,77	0,82
h_d^2	0,17	0,29	0,59	0,14	0,04	0,58	0,22	0,15	0,27
m	22,70	22,38	20,83	20,80	23,88	19,76	21,79	22,71	22,91

Volume total das árvores

A regressão dos dados de CAP e ALT coletados do fuste principal de 28 árvores cubadas, ajustadas sob o modelo de Péllico, com um R^2 de 0.981, originou a seguinte equação de predição de volume total com casca para a bracatinga:

$$V = H(-1.469326 \times 10^7 + 9.823276D + 3.330465D^2) \quad (20)$$

em que:

H é a altura total da árvore;

D o diâmetro a altura do peito (1,3m); e

V é a predição do volume total da árvore com casca.

A média do experimento para o VOL do fuste principal foi de 0.0238 m³/árvore, com valor mínimo de 0.01758 m³ e máximo de 0.02941 m³ e, assim como ocorreu com o CAP, a procedência de Honório Serpa teve melhor desempenho, mas exibiu a menor h^2 dentre os materiais testados (Tabela 8).

Em relação às estimativas dos parâmetros genéticos, o volume para sete das procedências testadas exibiu alta h^2_m (acima de 0.55) e apenas duas exibiram h^2_m em torno de 0.20 (Lapa e Honório Serpa). As h^2_d e h^2_i também foram baixas para estas procedências (em torno de 0.05) e alta para a procedência de Mandirituba (0.64 e 0.73, respectivamente para h^2_i e h^2_d).

Comparativamente a experimentos desta natureza para espécies de *Eucalyptus*, onde diversos autores (SANTOS, 2008), (FREITAS et al, 2009), (ROCHA et al, 2009) relataram CV_{exp} médio (entre 24 e 30%), obteve-se valor semelhante (30.6%) para o caráter volume.

A acurácia verificada para 6 das 9 procedências estudadas foi superior a 0.75. As procedências de Piraí do Sul, Mandirituba, Lapa e Turvo apresentaram grande proporção de sua variância fenotípica devido ao ambiente comum da parcela (de 0.16 a 0.21).

Estima-se que o volume total de madeira com casca, subestimado porque considera apenas um fuste por árvore, produzido na área experimental (1.69 ha) esteja em torno de 9,5 m³/ha/ano, que é comparável à capacidade produtiva eucalipto quando no início de seu melhoramento genético e introdução da espécie no país (MARTINI, 2010; FERREIRA, 1997; FERRARI, 2004).

Tabela 8 - Estimativas de parâmetros genéticos para a volume total da árvore com casca, obtidos em ensaio de progênies e procedências de *M. scabrella* Benthham aos 5 anos de idade. Apresentam-se os coeficientes de variância genética dentro de parcelas (σ_d^2), entre parcelas (σ_e^2), e entre progênies (σ_f^2); coeficiente de variância fenotípica (σ_f^2); herdabilidades para médias de parcela (h_m^2), para indivíduos dentro de blocos (h_i^2) e para indivíduos dentro de parcelas (h_d^2); coeficientes de determinação para parcela (C_e^2) e acurácia do experimento (r_p^{xy}); e média geral (m)

	Itararé	Piraí do Sul	Mandirituba	Lapa	Honório Serpa	Turvo	Caçador	Ituporanga (nativa)	Ituporanga (comercial)
σ_G^2	0,00001	0,00001	0,00002	0,00000	0,00000	0,00002	0,00001	0,00001	0,00002
σ_e^2	0,00001	0,00002	0,00002	0,00002	0,00003	0,00002	0,00001	0,00000	0,00001
σ_d^2	0,00011	0,00010	0,00008	0,00008	0,00017	0,00007	0,00012	0,00013	0,00016
σ_f^2	0,00013	0,00013	0,00011	0,00009	0,00020	0,00011	0,00014	0,00014	0,00019
h_i^2	0,20	0,29	0,64	0,06	0,07	0,50	0,19	0,32	0,30
C_e^2	0,08	0,16	0,18	0,16	0,15	0,21	0,07	0,01	0,07
h_m^2	0,56	0,56	0,74	0,20	0,23	0,72	0,55	0,71	0,66
r_p^{xy}	0,75	0,75	0,86	0,45	0,48	0,85	0,74	0,84	0,81
h_d^2	0,17	0,28	0,73	0,05	0,06	0,54	0,15	0,26	0,26
m	0,025	0,023	0,020	0,022	0,029	0,018	0,023	0,026	0,028

Em síntese, as procedências de Honório Serpa e Ituporanga (comercial) foram as de maior crescimento, enquanto que as procedências de Turvo, Lapa e Mandirituba foram as de menor crescimento em relação às demais. As herdabilidades obtidas para essas procedências, com exceção da h_m^2 para ALT e VOL das procedências de Honório Serpa e Lapa, foram altas. Isto indica que as superioridades destes materiais podem ser facilmente transmitidas às novas gerações que deles descenderão.

O CAP exibiu menor variação devida ao ambiente (coeficiente de determinação) e alta herdabilidade, indicando que a seleção baseada neste caráter possibilitaria maior previsibilidade de respostas e, como o CAP apresenta-se fortemente correlacionado com o VOL e ALT, promove-se ganhos indiretos nestas últimas.

4.7 Análises referentes à qualidade da madeira

Forma do fuste

Em relação à forma do fuste houve procedências com h^2_m baixa (Mandirituba e Lapa), mediana (Turvo, Itararé e Honório Serpa) e alta (Piraí do Sul, Caçador e Ituporanga), como pode-se observar na Tabela 9. As procedências de Lapa e Mandirituba apresentaram h^2 quase nula em razão de a sua variância do efeito de resíduo ter sido maior que a variância do efeito de progênie na análise estatística dos dados. Em média os materiais genéticos testados possuem tronco moderadamente torto (nota 3).

Herdabilidades ao nível de indivíduos, obtidas para o caráter forma do fuste, foram semelhantes aquelas relatadas por Silva (2008) para *E. benthamii* e por Guerra (2009) para *Myracrodruon urundeuva*, sendo que numa comparação de herdabilidade para a média de famílias, a *M. scabrella* apresentou maior magnitude de valores. Comparando-se com as herdabilidades obtidas para progênies de meios-irmãos de *E. grandis* no trabalho de Kageyama e Vencovsky (1983), observa-se coeficientes com menor magnitude para a bracatinga.

A forma do fuste, mesmo que avaliada subjetivamente, revelou baixo coeficiente de variação experimental (21.1%) na estimação dos efeitos genéticos das procedências e boa acuidade na estimação dos efeitos das progênies. Portanto, a forma do tronco, do modo como foi avaliada, apresentou boa eficiência experimental e, conseqüentemente, alta confiabilidade dos parâmetros genéticos estimados a partir dos dados deste ensaio. Essa característica é de alta importância para a utilização da espécie para fornecimento de madeira para serrarias.

Tabela 9 - Estimativas de parâmetros genéticos para forma do fuste de árvores de *M. scabrella* Benthams aos 5 anos de idade, obtidos em ensaio de progênies e procedências. Apresentam-se os coeficientes de variância genética dentro de parcelas (σ_d^2), entre parcelas (σ_e^2), e entre progênies (σ_g^2); coeficiente de variância fenotípica (σ_f^2); herdabilidades para médias de parcela (h_m^2), para indivíduos dentro de blocos (h_i^2) e para indivíduos dentro de parcelas (h_d^2); coeficientes de determinação para parcela (C_e^2) e acurácia do experimento (r_p^{xy}); e média geral (m)

	Itararé	Piraí do Sul	Mandirituba	Lapa	Honório Serpa	Turvo	Caçador	Ituporanga (nativa)	Ituporanga (comercial)
σ_g^2	0,04	0,09	0,01	0,00	0,05	0,02	0,18	0,07	0,11
σ_e^2	0,16	0,16	0,21	0,17	0,17	0,23	0,11	0,17	0,09
σ_d^2	0,61	0,82	0,73	0,77	0,82	0,72	0,81	0,67	0,83
σ_f^2	0,82	1,08	0,95	0,94	1,05	0,98	1,10	0,90	1,04
h_i^2	0,17	0,34	0,05	0,01	0,19	0,07	0,58	0,31	0,38
C_e^2	0,20	0,15	0,22	0,18	0,17	0,24	0,10	0,18	0,09
h_m^2	0,42	0,61	0,14	0,04	0,45	0,24	0,78	0,56	0,70
r_p^{xy}	0,65	0,78	0,38	0,21	0,67	0,49	0,88	0,75	0,84
h_d^2	0,16	0,34	0,05	0,01	0,18	0,06	0,56	0,32	0,35
m	3,45	3,41	3,08	3,33	2,91	3,44	2,94	3,06	2,89

Número de fustes

O Teste de Razão de Verossimilhança (LRT) não detectou, ao nível de 1% de significância, diferenças entre as progênies testadas em relação ao número de fustes (Tabela 3). Ainda assim, mesmo que a bifurcação de árvores seja uma característica observável em todo o experimento, algumas procedências exibiram maior ou menor N°Fus, podendo ser alvo de seleção em ambos os sentidos, de acordo com o objetivo final da madeira.

Em média os materiais genéticos apresentaram troncos bifurcados (N°Fus = 2), estando as procedências de Piraí do Sul e Caçador com menor incidência de árvores polifurcadas (N°Fus médio de 1.75) e as procedências de Itararé e Ituporanga (nativa) com maior número médio de fustes (2.24 e 2.38, respectivamente).

As herdabilidades do caráter N°Fus, apresentadas na Tabela 10, obtidas para as procedências foram baixas em relação aos valores obtidos para a maioria das características avaliadas (variando de 0 a 0.25 para h_i^2 e h_d^2 e de 0.02 a 0.61 para h_m^2), porém, sendo este caráter ainda pouco estudado para a Bracatinga, são coerentes com aqueles obtidos para trabalhos com *Pinus* e *Eucalyptus* (KAGEYAMA, 1977; KAGEYAMA, 1980; KAGEYAMA, 1983).

Obteve-se para esta característica valores de CV_{exp} de magnitudes semelhantes às obtidas para VOL (42.2%). Estes resultados mostram que seriam necessários maiores esforços para a obtenção de materiais genéticos superiores em relação a um número de fustes mais adequado.

Tabela 10 - Estimativas de parâmetros genéticos para número de fustes em árvores de *M. scabrella* Bentham aos 5 anos de idade, obtidos em ensaio de progênies e procedências. Apresentam-se os coeficientes de variância genética dentro de parcelas (σ_d^2), entre parcelas (σ_e^2), e entre progênies (σ_G^2); coeficiente de variância fenotípica (σ_f^2); herdabilidades para médias de parcela (h_m^2), para indivíduos dentro de blocos (h_i^2) e para indivíduos dentro de parcelas (h_d^2); coeficientes de determinação para parcela (C_e^2) e acurácia do experimento (r_p^{xy}); e média geral (m)

	Itararé	Piraí do Sul	Mandirituba	Lapa	Honório Serpa	Turvo	Caçador	Ituporanga (nativa)	Ituporanga (comercial)
σ_G^2	0,00	0,00	0,06	0,01	0,06	0,06	0,01	0,05	0,03
σ_e^2	0,10	0,01	0,15	0,24	0,06	0,10	0,07	0,10	0,06
σ_d^2	0,74	0,70	0,77	0,70	0,74	0,82	0,60	0,89	0,61
σ_f^2	0,84	0,71	0,98	0,95	0,85	0,97	0,69	1,04	0,71
h_i^2	0,00	0,01	0,23	0,05	0,25	0,18	0,04	0,20	0,18
C_e^2	0,12	0,02	0,15	0,26	0,07	0,10	0,11	0,10	0,09
h_m^2	0,02	0,06	0,50	0,15	0,61	0,55	0,17	0,51	0,51
r_p^{xy}	0,15	0,24	0,71	0,38	0,78	0,74	0,41	0,72	0,72
h_d^2	0,00	0,01	0,21	0,05	0,22	0,14	0,03	0,18	0,15
m	2,24	1,72	2,13	2,11	1,81	2,16	1,78	2,38	1,80

Densidade básica da madeira e da casca

A densidade básica média determinada para os materiais genéticos deste estudo variaram de 0.43 a 0.51 g/cm³ para madeira e de 0.33 a 0.36 g/cm³ para a casca,

evidenciando que para a casca houve menor valor e menor variabilidade desta característica (Tabela 11). Curiosamente a DbCas e a DbMad não apresentaram correlação fenotípica significativa entre elas, e a média de ambas características diferiram estatisticamente para ao menos duas procedências, conforme detectou o teste LRT com 99% de significância (Tabela 3). Aplicando o teste de Tukey para comparação de médias de procedências verificou-se que os agrupamentos formados por procedências que não diferem entre si para DbMad, com 99% de significância, não são os mesmos agrupamentos formados para o caráter DbCas (Tabela 11).

Não se detectou um padrão de comportamento das procedências em relação a DbCas e a DbMad, ou seja, procedências semelhantes quanto à DbMad não foram semelhantes quanto à DbCas. Diante disto, supõe-se que não há correlação entre as características, sendo viável obter variedades de materiais genéticos melhorados, segundo a melhor combinação entre estas densidades, de acordo com o uso pretendido para a madeira.

Tabela 11 - Valores médios de densidade básica da madeira e da casca de 9 procedências de *M. scabrella* Bentham, obtidos em ensaio de progênies e procedências em Itatinga-SP. Médias acompanhadas de mesma letra são semelhantes entre si pelo teste de Tukey ao nível de 99% de probabilidade

Procedências	Densidade Básica da madeira	Densidade Básica da casca
Itararé	0,439 a	0,333 ab
Piraí do Sul	0,449 ab	0,339 abc
Mandirituba	0,462 bc	0,347 bc
Lapa	0,486 d	0,328 a
Honório Serpa	0,479 cd	0,356 c
Turvo	0,429 a	0,341 abc
Caçador	0,476 bcd	0,349 bc
Ituporanga (n)	0,491 de	0,344 abc
Ituporanga (c)	0,508 e	0,345 bc

O experimento teve boa precisão para a avaliação da densidade básica, conforme indicam os CV_{exp} obtidos para DbMad e DbCas (de 5.5% a 5.9%, respectivamente), os quais foram os menores coeficientes de variação experimental em relação a aqueles praticados pelos demais caracteres estudados. O C^2_e também foi

bastante baixo para DbCas e para DbMad, como podem ser vistos mais detalhadamente na Tabela 12 e Tabela 13, indicando que a seleção para estas características poderá proporcionar baixos progressos genéticos, mesmo com altas herdabilidades para as mesmas.

Tabela 12 - Estimativas de parâmetros genéticos para densidade básica da casca de *M. scabrella* Bentham aos 5 anos de idade, obtidos em ensaio de progênies e procedências. Apresentam-se os coeficientes de variância genética dentro de parcelas (σ_d^2), entre parcelas (σ_e^2), e entre progênies (σ_g^2); coeficiente de variância fenotípica (σ_f^2); herdabilidades para médias de parcela (h_m^2), para indivíduos dentro de blocos (h_i^2) e para indivíduos dentro de parcelas (h_d^2); coeficientes de determinação para parcela (C_e^2) e acurácia do experimento (r_p^{xy}); e média geral (m)

	Itararé	Piraí do Sul	Mandirituba	Lapa	Honório Serpa	Turvo	Caçador	Ituporanga (nativa)	Ituporanga (comercial)
σ_g^2	0,0002	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0003
σ_e^2	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0000	0,0004	0,0002
σ_d^2	0,0010	0,0009	0,0013	0,0019	0,0011	0,0010	0,0009	0,0007	0,0010
σ_f^2	0,0013	0,0011	0,0014	0,0021	0,0012	0,0013	0,0009	0,0011	0,0015
h_i^2	0,60	0,02	0,01	0,18	0,05	0,12	0,01	0,27	0,71
C_e^2	0,06	0,20	0,06	0,07	0,04	0,21	0,01	0,33	0,12
h_m^2	0,80	0,08	0,05	0,47	0,18	0,37	0,05	0,41	0,77
r_p^{xy}	0,89	0,28	0,23	0,69	0,43	0,61	0,22	0,64	0,88
h_d^2	0,55	0,02	0,01	0,15	0,04	0,11	0,00	0,33	0,75
m	0,33	0,34	0,35	0,33	0,36	0,36	0,35	0,34	0,35

A herdabilidade obtida para DbMad foram altas (Tabela 13), assim como aquelas relatadas por Kageyama (1983), Paula et al (2002), Santos (2008) e Rodrigues et al (2008) para diferentes espécies e ambientes e, portanto, condizente com a observação feita pelo último destes autores sobre o fato de que a densidade básica da madeira é o caráter que sofre menor influência do ambiente em relação aos demais caracteres analisados. Em contrapartida, as procedências de Honório Serpa, Caçador e Ituporanga (nativa) apresentaram baixas herdabilidades e pouca acuracidade na detecção dos efeitos de genótipo.

Tabela 13 - Estimativas de parâmetros genéticos para densidade básica da madeira de *M. scabrella* Bentham aos 5 anos de idade, obtidos em ensaio de progênies e procedências. Apresentam-se os coeficientes de variância genética dentro de parcelas (σ_d^2), entre parcelas (σ_e^2), e entre progênies (σ_f^2); coeficiente de variância fenotípica (σ_f^2); herdabilidades para médias de parcela (h_m^2), para indivíduos dentro de blocos (h_i^2) e para indivíduos dentro de parcelas (h_d^2); coeficientes de determinação para parcela (C_e^2) e acurácia do experimento (r_p^{xy}); e média geral (m)

	Itararé	Pirai do Sul	Mandirituba	Lapa	Honório Serpa	Turvo	Caçador	Ituporanga (nativa)	Ituporanga (comercial)
σ_G^2	0,0003	0,0003	0,0004	0,0004	0,0001	0,0004	0,0000	0,0000	0,0003
σ_e^2	0,0003	0,0003	0,0003	0,0001	0,0002	0,0002	0,0008	0,0002	0,0010
σ_d^2	0,0020	0,0016	0,0018	0,0015	0,0018	0,0018	0,0015	0,0022	0,0021
σ_f^2	0,0026	0,0022	0,0025	0,0020	0,0021	0,0024	0,0023	0,0024	0,0034
h_i^2	0,38	0,52	0,64	0,80	0,15	0,47	0,03	0,01	0,34
C_e^2	0,13	0,12	0,12	0,04	0,11	0,10	0,35	0,07	0,30
h_m^2	0,65	0,71	0,77	0,84	0,37	0,77	0,09	0,03	0,51
r_p^{xy}	0,81	0,84	0,88	0,92	0,61	0,88	0,30	0,19	0,71
h_d^2	0,35	0,52	0,67	0,79	0,13	0,42	0,04	0,01	0,41
m	0,44	0,45	0,46	0,49	0,48	0,46	0,47	0,49	0,51

Teor de Carbono (%)

A respiração das plantas tem como consequência a perda de biomassa, em vez de ganho, como ocorre no final do processo fotossintético. No processo de respiração há liberação de C na forma de CO₂, o qual anteriormente estava assimilado na matéria orgânica. Portanto, o resultado do balanço de C na planta é determinado em grande

parte pela intensidade da respiração, que é a maior responsável pelo balanço negativo de C, e da assimilação (fotossíntese), que é responsável pelo balanço positivo de C no ciclo da planta (PRADO, 2006).

A eficiência da carboxilação, ou seja, a velocidade com que o CO₂ fixado é processado limita-se principalmente pela quantidade e atividade enzimática e pela disponibilidade de CO₂. Os carboidratos tornam-se substratos universais pra a respiração e é o ponto de partida para diferentes biossistemas. Com a progressiva evolução até a elevada diferenciação em plantas vasculares terrestres, a produção vegetal também aumentou (LARCHER, 2000). Assim, a impressão de que plantas com maior produção vegetal, por serem mais eficientes fotossinteticamente, teriam maior teor de Carbono acumulado em seus tecidos não é real, uma vez que este acúmulo será dependente da combinação de maior fotossíntese e menor eficiência na respiração. Isto pode ser confirmado pela baixas correlações genéticas entre o TeorC e as características de crescimento e observadas pra a *M. scabrella* ($r = -0.07688$, -0.12975 e -0.09556 , respectivamente, para CAP, ALT e VOL).

Devido à pequena variação observada nas amostras, o teste LRT não detectou diferença no Teor de C (g/cm³) entre as procedências e entre as progênies, ao nível de 99% de significância (Tabela 3).

Baseando-se nas árvores representativas da população, nas quais a cubagem determinou o volume médio por hectare de casca no fuste principal (4.95 m³/ha), volume médio de madeira por hectare no fuste principal (47.38 m³/ha), teor médio de Carbono na casca (186 kg/m³) e teor de médio de Carbono na madeira (0.236 kg/m³), bem como 84% de taxa média de sobrevivência do ensaio (espaçamento 3m x 1.5m), estima-se que neste talhão de bracatinga aos 5 anos de idade foram seqüestrados 11.587,4 kg de C /ha. Estes valores foram determinados apenas para o fuste principal da árvore, quando esta era polifurcada, conforme foram coletados os dados de inventário e, portanto, trata-se de estimativas conservadoras por serem subestimadas.

Segundo a ABRAF um hectare de pinus ou *Eucalyptus* pode fixar cerca de 30 toneladas de CO₂ por ano, podendo gerar uma receita adicional aproximada de US\$ 200,00 por hectare a cada ano (2008). No caso da Bracatinga o teor estimado de C, expressos em quantidade de CO₂ por hectare, considerando apenas o fuste principal, é

bem inferior ($2,3 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) ao teor médio relatados pela ABRAF para as exóticas *pinus* e *Eucalyptus*. Esta discrepância é compreensível pelas altíssimas produtividades destas espécies exóticas de alto grau de melhoramento genético comparativamente às espécies nativas em domesticação, porém, tais dados são indicativos do atual potencial da *M. scabrella* em relação à produtividade e fixação de Carbono em comparação com o que ela poderá alcançar após sucessivas gerações de melhoramento.

A quantidade média de Carbono na madeira, expressa em porcentagem de C na matéria seca, foi de 49.6% (mínimo de 46.7% e máximo de 53.2%), a qual se mostrou superior ao teor médio de 43.7% (mínimo de 41.5% e máximo de 45.2%) obtido por Urbano et al (2008) em estudo desta mesma espécie. Para a concentração média de C na casca também se verificou valor mais alto em relação ao obtido por este autor (média de 50.4% contra 44.7%).

Rochadelli, 2001 apud Urbano et al (2008) ao estudar a estrutura de fixação de carbono em reflorestamento de bracatinga, verificou que diferentes classes sociológicas apresentam diferentes quantidades dos constituintes da biomassa, tanto na madeira quanto na casca e obteve concentrações variando de 40 a 45% da biomassa total.

Essas diferenças nos teores de Carbono presentes na biomassa de árvores de Bracatinga podem ter sido resultado de uma eventual diferença de sítios onde as populações em questão estavam inseridas e, portanto, sofrendo diferente interferência do fator ambiente na fisiologia destas árvores e, por conseguinte, na sua alocação de C. Porém, para o presente estudo, a baixa contribuição de efeitos ambientais de parcelas na variância fenotípica ($C_e^2 = 0.22$ para as progênies procedentes de Honório Serpa) permitem uma boa precisão experimental ($r_p^{xy} = 0.787$) e, por conseguinte, melhor confiabilidade das estimativas de parâmetros genéticos (Tabela 14).

A quantidade média de Carbono por volume para as 9 procedências de bracatinga variaram de 0.22 a 0.24 g/cm³ na madeira e de 0.15 a 0.19 g/cm³ na casca.

A aplicação do Teste Tukey para comparação de médias de TeorC de 27 progênies agrupadas pelo seu menor (i), mediano (ii) e maior (iii) crescimento volumétrico em relação às demais, resultou em progênies diferindo entre si quanto ao teor de C dentro de um mesmo grupo (com crescimento semelhante). Tal comportamento ocorreu para todos os grupos e, portanto, evidencia que a porcentagem

de C presente na madeira não esteve relacionada com o tamanho da árvore de bracatinga. Então, o melhoramento direcionado para o ganho em volume poderá não resultar, necessariamente, em materiais com maior capacidade de fixação de CO₂.

A procedência de Honório Serpa - PR, pelo seu melhor desempenho em crescimento em relação às demais, foi analisada detalhadamente quanto ao Teor de C (Tabela 14), e verificaram-se baixas estimativas de variância tanto para progênes quanto para parcelas (entre e dentro). Por outro lado, obtiveram-se altos coeficientes de herdabilidade individual (0.83) e ao nível de médias de parcela (0.62) para a avaliação feita na procedência de Honório Serpa.

Entretanto, apesar da alta herdabilidade verificada para o caráter, por ter sido detectada baixa variabilidade de Teores de C entre os indivíduos, não se tem grande perspectiva de ganhos por seleção para esta característica em programas de melhoramento genético. Fato semelhante foi verificado por Paula et al (2002) em relação à característica densidade básica da madeira (DENS), onde relatou-se que “... a DENS é a característica de maior herdabilidade, por outro lado, ela apresenta a menor expectativa de ganho com a seleção. Este fato é decorrente da baixa variabilidade genética apresentada por esse caráter, conforme pode ser evidenciado pelo baixo CV_{ge} ”

Os atuais custos de análise de Teor de C em laboratório, bem como a baixa perspectiva de ganhos genéticos, inviabilizam a prática de seleção para esta característica. Uma alternativa para diminuir custos com fenotipagem seria a utilização de métodos indiretos de mensuração do teor de carbono nas árvores juntamente com ampla amostragem de indivíduos a fim de se detectar algum raro teor discrepante de C. Urbano et al (2008) propõem equações de predição de peso total de carbono na árvore⁴ e no fuste⁵ a partir de dados de medições de DAP. Estas equações podem servir de ferramenta para facilitar a seleção para o teor de carbono por meio de sua simples predição, uma vez que sua determinação em laboratório ainda tem alto custo.

⁴ $PC = -4,08046 + 0,20748(D)^2$, sendo PC o peso de C em Kg e D o diâmetro a 1.3m do solo.

⁵ $\ln PC = -3,62906 + 1,94733 \cdot \ln(D) + 0,74518 \cdot \ln(Hf)$, sendo Hf a altura do fuste.

Tabela 14 - Estimativas de parâmetros genéticos, obtidos ao nível de plantas individuais por parcela em ensaio de progênies e procedências, para teor de Carbono em g de C por cm³ de madeira de *M. scabrella* Bentham aos 5 anos de idade procedente de Honório Serpa - PR. Apresentam-se os coeficientes de variância genética dentro de parcelas (σ_d^2), entre parcelas (σ_e^2), e entre progênies (σ_f^2); coeficiente de variância fenotípica (σ_f^2); herdabilidades para médias de parcela (h_m^2), e para indivíduos dentro de blocos (h_l^2); coeficientes de determinação para parcela (C_e^2) e acurácia do experimento (r_p^{xy}); e média geral (m)

Componentes	Honório Serpa
σ_G^2	0,000052
σ_e^2	0,000132
σ_d^2	0,000052
σ_f^2	0,000236
h_l^2	0,832229
C_e^2	0,220300
h_m^2	0,619013
r_p^{xy}	0,786774
m	0,235509

Em síntese, as procedências de Lapa e Ituporanga apresentaram madeira mais densa em relação às demais, enquanto que a procedência de Itararé apresentou a menor densidade básica da casca e da madeira. Entretanto as procedências de Itararé foram as de melhor forma e menor número de fustes. As herdabilidades obtidas para os caracteres de qualidade da madeira para estas procedências variaram de mediana a alta, exceto para a procedência de Lapa que apresentou baixa h_m^2 . Isto indica que as superioridades dos materiais procedentes de Ituporanga e Itararé poderão ser facilmente transmitidas às novas gerações que deles descenderão.

4.8 Aspectos referentes à adaptação e reprodução

A sobrevivência das árvores em local sem interferência humana está estritamente relacionada com sua adaptação a um ambiente diverso, visto que sua morte se daria em razão da pressão seletiva exercida pelo ambiente. Por outro lado, espécies introduzidas em ambientes com condições edafoclimáticas muito diferentes das de sua origem, eventualmente não serão aptas a se reproduzirem por não estarem adaptadas a este novo ambiente. Neste contexto, avaliou-se o potencial de florescimento e a sobrevivência da *M. scabrella* sob as condições do local de experimentação, onde tal espécie não ocorre naturalmente, como forma de inferir sobre sua adaptação local.

Quanto à produção e viabilidade das sementes de *M. scabrella* coletadas das árvores do experimento, obteve-se a média de 59.420 sementes/kg, sendo registrado o valor mínimo 21.902 sem/Kg e máximo de 85.435 sem/Kg para árvores distintas, e a taxa de germinação média destas sementes foi de 95%, variando entre 90% e 99% entre progênies. O N° de sementes por Kg e a taxa de germinação observados foram condizentes com valores relatados para esta espécie em sua região de origem (BIANCHETTI A., 1981), significando que, a julgar por esses parâmetros, a bracatinga mostrou boa adaptação às condições ambientais da região de Itatinga-SP, onde fora introduzida.

A grande variação observada no número de sementes por árvore, sob acompanhamento semanal, está associada a sua intensidade média de florescimento (Figura 4) e, por conseguinte, se presta para confirmar a variação existente no Potencial de Florescimento das demais plantas do ensaio, as quais foram avaliadas qualitativamente numa única ocasião.

Ciclo fenológico reprodutivo

O acompanhamento semanal da fenologia reprodutiva de 20 árvores representativas da população de *M. scabrella*, sob as condições ambientais de Itatinga-SP, perdurou por quase cinco meses (de 20/maio a 13/outubro) sendo interrompida quando as copas das árvores sob avaliação já não possuíam botões nem flores.

Por meio da análise da Figura 3, a qual representa a freqüência de árvores com botões, flores ou frutos observadas nas avaliações semanais, entende-se que a fase de ocorrência de botões iniciou-se na segunda quinzena de maio e perdurou até a primeira semana de setembro. Neste período houve interpolação da fase de botões com a fase de florescimento, a qual teve pico entre os meses de julho e agosto. A fase de frutificação iniciou-se em setembro, porém, como nesta época cessou-se o acompanhamento fenológico das árvores, não se tem informações de quanto tempo os frutos levariam para amadurecer e cair.

O ciclo fenológico reprodutivo da bracatinga na região de Itatinga-SP, tem ocorrido de maneira um pouco irregular em relação à sua duração, às épocas diferentes de pico de florescimento entre as árvores, à intensidade de botões, flores e sementes formadas (Figura 3 e Figura 4). Esta irregularidade também se manifestou na ausência de florescimento em 2008, a despeito da ocorrência de florescimento nos anos de 2007 e 2009. Tal dissincronia pode levar ao aumento de cruzamentos preferenciais e, conseqüentemente, à redução da variabilidade genética em direção à endogamia, bem como dificultar a coleta e comercialização das sementes desta espécie.

Em relação à intensidade média de botões das árvores avaliadas, notou-se mediana intensidade entre os meses de maio a julho, seguido de baixa intensidade até setembro. A intensidade de flores predominou baixa, tornando-se mediana apenas nos meses de junho e julho e, ao final de setembro, inexistente. Observaram-se baixa intensidade de frutos a partir de meados de agosto, passando a ter mediana intensidade no mês seguinte até outubro, quando cessou-se o acompanhamento fenológico (Figura 4).

Curiosamente, alguns indivíduos, apesar de terem florescido, não apresentaram frutos ao final do ciclo (Anexo 1). Dada a complexidade inerente aos estudos sobre a reprodução, não é possível inferir sobre as reais causas da ausência de frutos nestas árvores apenas com este estudo exploratório. No entanto, especulam-se como possíveis causas: o erro na avaliação devido à dificuldade para visualização de frutos nas copas; a falha na polinização das flores; a má formação de frutos devido ao aborto

espontâneo de embriões decorrente de depressão por endogamia; ou aborto de embrião por incompatibilidade genética entre pólen e óvulo.

Como forma de se tentar amenizar estes problemas, sugere-se a adoção de programas de melhoramento genético com seleção branda e enriquecimento das populações com material de alta variabilidade, como também estudos mais aprofundados sobre o ciclo fenológico reprodutivo da bracatinga nas regiões onde se pretende introduzi-la, atentando-se para a utilização de materiais com comportamento reprodutivo semelhante para a formação de populações base.

Figura 3 - Acompanhamento da fenologia reprodutiva da *M. scabrella* aos 6 anos de idade, no município de Itatinga-SP. Apresentam-se as frequências de árvores, dentre 20 sob observação, com presença de botões, flores e/ou frutos na ocasião da avaliação. O eixo horizontal indica a ordem cronológica das avaliações feitas entre maio/2009 a outubro/2009 e o eixo vertical indica o número de árvores

Ciclo fenológico reprodutivo da *M. scabrella* em Itatinga-SP 'INTENSIDADE'

Figura 4 – Intensidades médias de botões, flores e frutos verificadas nas avaliações de acompanhamento da fenologia reprodutiva de 20 indivíduos de *M. scabrella* aos 6 anos de idade, no município de Itatinga-SP, de acordo com os seguintes critérios: Intervalos de um, dois ou três pontos na escala do eixo x equivalem respectivamente à intensidade baixa, média e alta de botões, flores ou frutos segundo indicação na legenda de cores

Potencial de florescimento

Na contagem de flores e botões para aferição das avaliações de PotFlor obteve-se 3750 botões na árvore classificada como 0-1 (nota 0 para flor e 1 para botão); 7550 botões na árvore classificada como 0-3; 2000 flores na árvore classificada como 1-0; e 5980 flores na árvore classificada como 3-0. Em geral, a média das notas atribuídas ao potencial de florescimento das árvores foi de 2.5, ou seja, na ocasião da avaliação havia mediana a alta intensidade de botões florais e flores individualmente nas árvores.

Para as estimativas dos componentes de variância houve baixa precisão experimental, pois o CV_{exp} foi de 54.5%. No entanto, também ocorreu considerável variação genética em nível de progênies e em nível de indivíduos dentro de parcelas e, pela boa acurácia exibida, indica que o melhoramento para o potencial de florescimento da bracatinga é promissor, desde que se tenha maior controle ambiental.

As herdabilidades das procedências de Itararé, Piraí do Sul e Caçador exibiram coeficientes de herdabilidade praticamente nulos em razão da alta variância de resíduo e dentro de parcelas. As Procedências de Lapa e Ituporanga (nativa e comercial) apresentaram altos coeficientes de h^2_m (0.70, 0.69 e 0.69, respectivamente) e as procedências de Mandirituba, Honório Serpa e Turvo apresentaram mediana h^2_m (0.33, 0.15 e 0.27, respectivamente).

A variância genética, para o caráter PotFlor, detectada para algumas procedências foi insatisfatória e possivelmente resultou de uma amostragem pequena. Resende et al (1998) recomendam que para obter maior precisão na estimação da herdabilidade no sentido restrito, se utilize tamanhos amostrais de aproximadamente 8000, 4000 e 2600 dados para herdabilidades de 0.10, 0.20 e 0.30 respectivamente.

Tabela 15 - Estimativas de parâmetros genéticos para potencial de florescimento de *M. scabrella* Bentham aos 6 anos de idade, obtidos em ensaio de progênies e procedências. Apresentam-se os coeficientes de variância genética dentro de parcelas (σ_d^2), entre parcelas (σ_e^2), e entre progênies (σ_g^2); coeficiente de variância fenotípica (σ_f^2); herdabilidades para médias de parcela (h_m^2), para indivíduos dentro de blocos (h_i^2) e para indivíduos dentro de parcelas (h_d^2); coeficientes de determinação para parcela (C_e^2) e acurácia do experimento (r_p^{xy}); e média geral (m)

	Itararé	Piraí do Sul	Mandirituba	Lapa	Honório Serpa	Turvo	Caçador	Ituporanga (nativa)	Ituporanga (comercial)
σ_g^2	0,00	0,01	0,14	0,68	0,05	0,10	0,00	0,35	0,29
σ_e^2	0,03	0,47	0,21	0,14	0,67	0,10	0,15	0,03	0,09
σ_d^2	4,39	3,09	2,37	2,70	1,21	2,54	1,52	1,49	1,14
σ_f^2	4,42	3,57	2,71	3,51	1,92	2,74	1,67	1,87	1,51
h_i^2	0,00	0,01	0,20	0,78	0,09	0,11	0,01	0,74	0,70
C_e^2	0,01	0,13	0,08	0,04	0,35	0,04	0,09	0,02	0,06
h_m^2	0,01	0,02	0,33	0,70	0,15	0,27	0,02	0,69	0,69
r_p^{xy}	0,08	0,14	0,58	0,83	0,39	0,52	0,14	0,83	0,83
h_d^2	0,00	0,01	0,17	0,76	0,11	0,08	0,01	0,70	0,68
m	3,29	2,58	2,56	2,79	1,39	2,00	1,53	2,08	1,67

Sobrevivência

A Sobrevivência média das parcelas por procedências variaram de 72% a 89% aos 6 anos de idade do plantio. A Tabela 16 apresenta estas médias de sobrevivência ao lado de outras obtidas pela avaliação deste mesmo ensaio aos 6 meses de idade.

A diferença entre a sobrevivência na fase de implantação do experimento e aquela aos 6 anos de idade representa a mortalidade ocorrida ao longo do tempo. A mortalidade, por sua vez, está relacionada à adaptabilidade do material genético às condições deste ensaio experimental. Baseando-se nesta premissa, as procedências de Ituporanga (nativa e comercial), Caçador e Honório Serpa apresentaram melhor adaptação às condições edafoclimáticas locais e, portanto, seriam materiais genéticos mais promissores ao melhoramento genético visando sua introdução na região de Itatinga - SP.

Tabela 16 - Porcentagens de sobrevivência de árvores de *M. scabrella* Benthham aos 5 anos de idade, obtidas no presente trabalho e, aos 6 meses de idade, obtidas por (SOBIERAJSKI, 2004), em ensaio de progênies e procedências em Itatinga - SP. A diferença entre as sobrevivência avaliada aos 6 e 66 meses representa a mortalidade ocorrida entre o 1° e 5° ano do plantio (*m*)

Procedência	Sobrevivência (%)		Mortalidade (%)
	6 meses ⁽¹⁾	6° ano ⁽²⁾	66 meses ⁽³⁾
Itararé	97,05	79,35	17,70
Piraí do Sul	93,52	72,22	21,30
Mandirituba	97,87	81,59	16,28
Lapa	95,92	81,09	14,83
Honório Serpa	97,32	89,46	7,86
Turvo	98,48	85,67	12,81
Caçador	96,85	88,36	8,49
Ituporanga (nativa)	98,30	89,46	8,84
Ituporanga (comercial)	97,26	89,27	7,99
Média	96,95	84,41	12,54

⁽¹⁾ amostra de tamanho total de 4170; ⁽²⁾ amostra de tamanho total de 3647;

⁽³⁾ mortalidade ocorrida ao longo de 66 meses

A herdabilidade para o caráter sobrevivência para as diferentes procedências foi de magnitude mediana para a maioria dos casos. A procedência de Ituporanga (nativa) destacou-se neste aspecto porque exibiu alta h^2_m , baixa variabilidade fenotípica e acurácia maior que a observada para as demais procedências (Tabela 17). Sendo esta procedência comercial é compreensível que seja mais homogênea em relação à sobrevivência de parcela devido à seleção pelo qual deve ter passado.

Tabela 17 - Estimativas de parâmetros genéticos para porcentagem de sobrevivência, ao nível de médias de parcelas, para *M. scabrella* Bentham aos 5 anos de idade, obtidas em ensaio de progênies e procedências. Apresentam-se os coeficientes de variância genética dentro de parcelas (σ_d^2), entre parcelas (σ_e^2), e entre progênies (σ_g^2); coeficiente de variância fenotípica (σ_f^2); herdabilidades para médias de parcela (h_m^2), para indivíduos dentro de blocos (h_i^2) e para indivíduos dentro de parcelas (h_d^2); coeficientes de determinação para parcela (C_e^2) e acurácia do experimento (r_p^{xy}); e média geral (m)

	Itararé	Piraí do Sul	Mandirituba	Lapa	Honório Serpa	Turvo	Caçador	Ituporanga (nativa)	Ituporanga (comercial)
σ_g^2	0,003	0,001	0,002	0,004	0,001	0,002	0,003	0,004	0,000
σ_e^2	0,004	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001
σ_d^2	0,030	0,042	0,028	0,024	0,014	0,018	0,015	0,010	0,012
σ_f^2	0,036	0,048	0,033	0,031	0,017	0,022	0,020	0,015	0,014
h_i^2	0,12	0,02	0,08	0,20	0,07	0,11	0,26	0,38	0,04
C_e^2	0,10	0,11	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,11
h_m^2	0,30	0,05	0,22	0,43	0,19	0,30	0,51	0,63	0,13
r_p^{xy}	0,55	0,23	0,47	0,66	0,44	0,55	0,72	0,80	0,36
h_d^2	0,05	0,01	0,03	0,09	0,03	0,04	0,11	0,19	0,02
m	0,80	0,72	0,83	0,81	0,89	0,86	0,90	0,89	0,90

4.9 Predição de ganhos por seleção

Considerando-se que as variâncias obtidas dentro de parcelas foram de magnitudes bem maiores que aquelas obtidas entre progênies, concorda-se com os estudos clássicos de procedências e progênies feitos por Kageyama (1980), Kageyama (1977), Kageyama e Vencovsky (1983), dentre outros, em que se expôs que a distribuição da variabilidade genética total das espécies é maior dentro de populações do que entre as populações e, por outro lado, que a variabilidade dentro de progênies é maior do que entre progênies. Com isto, (RESENDE et al, 1997) sugere que pode-se trabalhar com um número reduzido de populações com grande número de famílias. Assim, a seleção individual para maiores valores genéticos, utilizando informações de progênie, procedência e parcela, independentemente da procedência a que pertençam se apresenta como a estratégia mais plausível em detrimento da seleção de

procedências. Desta forma, amplia-se a base genética através do cruzamento de indivíduos selecionados de diferentes procedências.

São apresentadas as estimativas dos ganhos diretos e indiretos pela seleção individual pelo estimador BLUP e pelo método tradicional de seleção entre e dentro de progênies, considerando uma intensidade de seleção de 4,25% no sentido de acréscimo para as características CAP, ALT, VOL, FF, DbCas, DbMad, TeorC e PotFlor e no sentido de decréscimo para N°Fus.

A prática da seleção individual pelo estimador BLUP proporcionou menores ganhos, como podem ser vistos na Tabela 19, para cada uma das características estudadas em comparação com o método tradicional. O método do BLUP manteve a diversidade genética menor que os valores resultantes da aplicação do método de seleção tradicional, apesar de que a seleção sob IS de 4.25% não permitiu índices de diversidade genética adequados para nenhum dos métodos testados.

Segundo Sturion et al (1994), a seleção por meio de índice que considera todos os efeitos do modelo, como é o caso do BLUP, é vantajosa porque reduz o peso dado à média geral de famílias, permitindo uma melhor distribuição dos indivíduos selecionados nas várias famílias e, conseqüentemente, propicia um " N_e " maior. Martins et al (2005) obtiveram maior número de famílias para futuras recombinações para a seleção combinada em relação à seleção entre e dentro, uma vez que a seleção combinada mostrou-se mais eficiente como ferramenta de seleção nas progênies de *Eucalyptus grandis* quando comparada com a seleção entre e dentro sob intensidade de 6.25%.

No presente estudo verificou-se menores valores de N_e resultante da seleção praticada sobre os estimadores BLUP em relação à seleção entre e dentro. Assim, apesar de o BLUP contemplar todos os efeitos do modelo, este método de seleção é massal e, portanto, sob alta intensidade de seleção em populações pequenas, resulta em N_e menor que aquele obtido (podendo ser até pré-estipulado) pela seleção entre e dentro de progênies sob estas mesmas condições (Tabela 18).

Ganhos diretos, obtidos pela seleção das 25% melhores progênies e 17% melhores indivíduos dentro de progênies (Intensidade de seleção final de 4,25%) foram maiores para os caracteres VOL, PotFlor, CAP e FF (respectivamente 61%, 40%, 26%

e 27%). Para a seleção feita pelo BLUP também, sob mesma intensidade de seleção, também se obteve maiores ganhos para estas características, no entanto, seus valores foram inferiores (respectivamente 23%, 19%, 10% e 8%) aos obtidos pela seleção tradicional.

Tabela 18 - Características da população de *M. scabrella* Bentham formada por indivíduos selecionados pelo método BLUP e pelo método de seleção entre e dentro de progênies, sob intensidade de 4.25% na população inicial, em ensaio de progênies e procedências. Apresentam-se as médias inicial (Xi) e final (Xf) para o caráter, ganho direto por seleção em porcentagem (GS), número efetivo da nova população (Ne) e índice de diversidade genética da nova população (D)

Caractere	Xi	Estimador BLUP				"Entre e Dentro de Progênies"			
		Xf	GS	Ne	D	Xf	GS	Ne	D
CAP	21,93	25,88	10.46	10	0,14	31,73	26.10	18	0,25
ALT	9,27	10,32	4.79	8	0,10	11,92	11.64	18	0,25
VOL	0,02	0,03	23.54	10	0,13	0,05	61.72	18	0,25
FF	2,82	3,36	8.42	10	0,11	4,60	27.12	18	0,25
N°Fus	2,02	1,69	-5.56	8	0,08	1,00	-17.17	18	0,24
DbCas	0,34	0,37	2.14	16	0,19	0,39	4.94	18	0,25
DbMad	0,47	0,52	5.19	16	0,19	0,54	8.14	18	0,25
PotFlor	2,24	3,54	18.66	18	0,15	0,26	20.63	18	0,24
TeorC	0,24	0,26	6.36	2	0,14	3,68	6.89	3	0,10

As previsões de ganhos indiretos pela seleção direta não foram atrativas (Tabela 19), pois com exceção do VOL em relação ao CAP e à ALT, todas as demais características estudadas apresentaram baixa covariância genética entre si.

Concordando com o exposto por Missio, Cambuim e Paula (2004), a maneira mais fácil e rápida de se obter ganhos genéticos sobre um determinado caráter é através da seleção direta sobre este, apesar de que a seleção direta pode afetar tanto positivamente quanto negativamente os ganhos em outros caracteres. Em seus resultados Missio, Cambuim e Paula (2004) também obtiveram os maiores ganhos pela

seleção direta para os caracteres VOL, CAP, ALT e FF , bem como ganhos satisfatórios em volume ao praticar seleção indireta sobre ALT e CAP.

Sturion et al (1994) ao praticar seleção em materiais genéticos de *M. scabrella* var. *aspericarpa* de Campo Largo – PR, através do Índice Multi-efeitos sob 11 % de intensidade de seleção, obteve ganhos de 7.81%, 22.45% e 36.43%, respectivamente, para altura, DAP e volume cilíndrico. Porém, comparando-se com os materiais de Bocaiúva do Sul – PR, em que este mesmo autor relata ganhos de 1.25%, 8.94% e 54.75% respectivamente para Altura, DAP e volume, notam-se valores bem diversos que refletem o potencial variável para melhoramento genético da bracatinga em diferentes regiões.

Tabela 19 - Ganhos genéticos em porcentagem obtidos por seleção indireta, sob intensidade de 4.25%, em população de *M. scabrella* Bentham em ensaio de progênies e procedências em Itatinga/SP. Apresentam-se as respostas esperada para os caracteres do eixo Y quando a seleção é praticada sobre os caracteres do eixo X. Os caracteres sob seleção são: Circunferência a altura do peito (CAP), altura (ALT), volume total da madeira com casca (VOL), forma do fuste (FF), número de fustes (N°Fus), densidade básica da casca (DbCas), densidade básica da madeira (DbMad), teor de C na madeira (TeorC) e potencial de florescimento (PotFlor)

	CAP	ALT	VOL	FF	N°Fus	DbCas	DbMad	TeorC
ALT	3.00							
VOL	16.58	12.19						
FF	1.47	1.33	1.36					
N°Fus	2.81	1.73	2.51	1.39				
DbCas	-0.22	-0.38	-0.29	0.19	0.08			
DbMad	-0.73	-0.32	-0.67	0.50	0.19	0.62		
TeorC	-8.19	-13.90	-0.68	0.00	25.44	-10.77	-13.61	
PotFlor	-0.10	0.66	-0.10	0.00	0.12	-1.37	-0.54	-0.73

A Tabela 20 apresenta um resumo dos principais parâmetros genéticos obtidos para os caracteres do presente estudo, estes podem ser utilizados para a tomada de decisão sobre quais caracteres exigem menor esforço para promover seu de melhoramento genético. O CV_{exp} indica a variabilidade fenotípica existente na população a ser selecionada e a herdabilidade indica o quanto desta variância fenotípica será transmitida às próximas gerações sob seleção. O “potencial para melhoramento” indica que quanto maior seu número, maior será a facilidade de melhoramento da caráter, uma vez quando se dispõe de ambas as características favoráveis alcança-se maior valor para este parâmetro.

Tabela 20 – Coeficientes de variação experimental (CV_{exp}), herdabilidades ao nível de indivíduos e “esforço para melhoramento” de caracteres em ensaio de progênies e procedências de *M. scabrella* aos 5 anos de idade em Itatinga-SP. Apresentam-se dados obtidos para CAP, altura (ALT), volume total da madeira com casca (VOL), forma do fuste (FF), número de fustes (NºFus), densidade básica da casca (DbCas), densidade básica da madeira (DbMad), teor de C na madeira (TeorC) e potencial de florescimento (PotFlor)

Caráter	h^2_m	CV_{exp}	h^2_i	Potencial para melhoramento
ALT	0,42	13,3	0,06	0,8
DbCas	0,35	5,5	0,20	1,1
NºFus	0,34	42,2	0,04	1,6
DbMad	0,53	5,9	0,32	1,9
TeorC	0,62	3,1	0,83	2,5
FF	0,44	21,1	0,14	3,0
CAP	0,58	13,7	0,23	3,2
Sobr	0,31	19,4	0,17	3,3
Vtotal	0,55	30,6	0,16	4,8
PotFlor	0,32	54,5	0,20	11,0

Assim, de acordo com interesses econômicos aliado aos valores de “potencial para melhoramento” das características FF, PotFlor e CAP, sugere-se que esta fase inicial de melhoramento da *M. scabrella* seja direcionada para a obtenção de materiais genéticos superiores em relação a forma retilínea do tronco, ao bom florescimento e ao bom crescimento. Apesar de seu alto potencial para melhoramento genético, o VOL não é primordial para a seleção, pois além não ser mensurado diretamente (geralmente é predito por equação), está altamente correlacionado com o CAP, de maneira que a seleção neste proporcionaria ganho em VOL.

6 CONCLUSÕES

O presente estudo sobre variação genética em teste de Procedências e Progenies de *Mimosa scabrella* (bracatinga) permite as seguintes conclusões:

- As características CAP, potencial de florescimento e forma do fuste são as de maior potencial para melhoramento genético devido às suas altas herdabilidades e variabilidades fenotípica nas populações.

- A avaliação da herança genética para as características de Densidade da Casca, Densidade da Madeira e Teor de Carbono resultou em altas herdabilidades para as características, porém a baixa variabilidade genética entre os materiais testados permite apenas trabalhos de seleção branda visando seu o melhoramento em longo prazo.

- O Teor de Carbono (%) não está relacionado ao crescimento volumétrico no material genético, pois o teor de C não diferiu significativamente entre os grupos de procedências com alta, média e baixa produtividade. Apesar de este caráter exibir altíssima herdabilidade, não se constatou considerável variabilidade entre os materiais testados e, portanto, exige grandes esforços para obtenção de ganhos genéticos pela seleção.

- O Potencial de florescimento, avaliado sob um contexto exploratório, apresentou alto coeficiente de variação, indicando a necessidade da realização de avaliações com maior controle ambiental, inclusive com repetições ao longo do tempo para maior acurácia nestes resultados. Em todo caso, tais resultados sugerem a possibilidade de obtenção de variedades mais adequadas à apicultura, quer seja pela maior produção de flores, quer seja pela época de florescimento diferencial visando à oferta de pólen em maior período contínuo no ano.

- Não houve correlação entre as características associadas à adaptação e reprodução com as características de crescimento. As características associadas à qualidade da madeira exibiram fraca correlação entre si e entre estas com as demais características. Com isto, evidencia-se a possibilidade da seleção para os grupos de

características associadas sem influência de uns sobre os outros e, portanto, há possibilidade de obtenção de materiais genéticos adequados a diferentes finalidades.

- A sobrevivência média das árvores entre as parcelas foi de 84% e não variou significativamente entre as progênies. As procedências de Piraí do Sul-PR e Honório Serpa - PR, respectivamente, foram os materiais com menor e maior adaptação às condições edafoclimáticas do experimento em comparação com as demais procedências testadas. Porém, todos os materiais genéticos testados demonstraram boa adaptação ao local onde esta espécie foi introduzida (Itatinga – SP).

- Os métodos de seleção tradicional (entre e dentro de progênies) e seleção pelo BLUP, sob a intensidade final de seleção de 4.25%, não foram adequados para manutenção do número efetivo populacional (N_e) e da diversidade genética em níveis adequados. O método BLUP apresentou menor N_e , diversidade e ganho genético, em relação à seleção tradicional para todos os caracteres estudados.

REFERÊNCIAS

Anuário Estatístico ABRAF – 2008, Brasília, 2009. 91 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – **ABTCP M14/70**: Métodos de ensaio. São Paulo, 1974. 18p.

BAGGIO, A. J; CARPANEZZI A. A.; L. R. GRAÇA; CECCON, E. Sistema agroflorestal tradicional da bracatinga com culturas agrícolas anuais. **Boletim de Pesquisas Florestais**, Colombo, n. 12, p. 73-82, Jun. 1986.

BIANCHETTI, A. Comparação de tratamentos para superar a dormência de sementes de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 2, p. 57-68, Jun. 1981.

BRACATINGA: da queima à indústria de móveis. Colombo: Agência de Desenvolvimento da Mesorregião Vale do Ribeira Guaraqueçaba, EMATER e Governo do Paraná. [200-]. 1 folder.

BUENO FILHO, J. S. de S. **Modelos mistos na predição de valores genéticos aditivos em testes de progênies florestais**, 1997, 118 p. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

CARPANEZZI, A. A. **Manual técnico da bracatinga**. Colombo: Embrapa/CNPQ, 1988, 70 p. (EMBRAPA. Documentos, 20).

CARPANEZZI, O. T. B. **Produtividade florestal e agrícola em sistemas de cultivo da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em Bocaiúva do sul, região metropolitana de Curitiba – Paraná**, 1994, 77 p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

CARPANEZZI, A. A. ; CARPANEZZI, O. T. B. Cultivo da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) no Brasil e prioridade para seu aperfeiçoamento. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7. 1992, Nova Prata. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1992. v.2 p.640 - 655.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas de usos múltiplos na região sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS. 1994. Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA - CNPQ, 1994. v. 1, p. 289-320.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2ª ed. Viçosa: UFV - Imprensa Universitária, 2001, 480 p.

CUSTÓDIO, T. N. **Comparação de modelos mistos para dados de proporções visando à estimação do coeficiente de herdabilidade**, 2004, 121 p. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DIAS, I. de S. **Variabilidade genética de diferentes tipos de populações naturais de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth)**, 1088, 62 p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

FERRARI, M. P.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**, Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 2004, 22p. (EMBRAPA. Documentos, 94).

FERREIRA, M.; SANTOS, P.E.T. Melhoramento genético florestal dos *Eucalyptus* no Brasil - Breve histórico e perspectivas. In: IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts, 1997, Salvador. **Proceedings**. Colombo: Embrapa-CNPQ, 1997. v. 1; p. 14-34.

FONSECA, N.; CASTRO NETO, M. T. de; LEDO, C. A. da S. Paclobutrazol e estresse hídrico no florescimento e produção da mangueira (*Mangifera indica*) ‘Tommy Atkins’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 21-24, abr. 2005.

FREITAS, R. G. de; VASCONCELOS, de E. S.; CRUZ, C. D.; ROSADO, A. M.; ROCHA, R. B.; TAKAMI, L. K. Predição de ganhos genéticos em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em diferentes ambientes e submetidas a diferentes procedimentos de seleção. **Revista da árvore**, Viçosa, v. 33, p. 255-263, 2009.

GRAÇA, L. R.; RIBAS, L. C.; BAGGIO, A. J. A rentabilidade econômica da bracatinga no Paraná. **Boletim de Pesquisas Florestais**, Colombo, n. 12, 47-72 p., jun. 1986.

GUERRA, C. R. S. B et al. Estratégias de seleção dentro de progênies em duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, p. 079-087, mar. 2009.

KAGEYAMA, P. Y. **Seleção precoce a diferentes idades em progênies de *Eucalyptus grandis* (HILL) Maiden**, 1983, 151 p. Tese (Livre-Docência), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em progênies de uma população de *E. grandis* (HILL) MAIDEN**, 1980, 125 p. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética entre procedências de *Pinus oocarpa* Schiede na região de agudos – SP**, 1977, 83 p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1977.

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

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000, 531 p.

LAURENT, Jean-Marie E.; PEDREIRA, M. do R. R.; do R. R.; CARPANEZZI, O. T. B.; BITTENCOURT, S. M. de . **Melhoramento do sistema agroflorestal da bracatinga**, Curitiba: PDFI, Roma: FAO, 1990. 106 p.

MACEDO, R. L. G. Sistemas agroflorestais com leguminosas arbóreas para recuperar áreas degradadas por atividades agropecuárias. In: SIMPOSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS, 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1992, p. 188-297.

MAÊDA, J. M.; PIRES, I. E.; BORGES, R. de C. G.; Cruz, C. D. Critérios de seleção uni e multivariados no melhoramento genético da *Virola surinamensis* Warb. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 61-69, jan.-dez. 2001.

MARCELINO, S. D. do R.; LEMMA, A. F. Métodos de estimação de componentes de variância em modelos mistos desbalanceados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 643-652, out.- dez. 2000.

MARTINI, A. J. A introdução do Eucalipto no Brasil completa 100 anos. **Canal Rio Claro**, Rio Claro, 6 mai. 2010. Disponível em: <[HTTP://www.canalrioclaro.com.br](http://www.canalrioclaro.com.br)>. Acesso em: 6 mai. 2010.

MARTINS, I. S.; CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; PIRES, I. E. Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. **Revista da árvore**, Viçosa, v. 27, p. 327-333, 2003.

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

MARTINS, I. S.; MARTINS, R. de C. C. ; CORREIA, H. de S. Comparação entre seleção combinada e seleção direta em *Eucalyptus grandis*, sob diferentes intensidades de seleção. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 36-43, jan.-dez. 2001.

MARTINS, I. S.; MARTINS, R. de C. C.; PINHO, D. dos S. Alternativa de índices de seleção em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 12, p. 287-291, set. 2006.

MASCHIO, L. M. de A.; SCALSO, M. S. ; GAIAD, S. ; GRIGOLETTI JR. A bracatinga (*Mimosa scabrella*), *Eucalyptus* (*Eucalyptus viminalis*) e pinus (*Pinus taeda*) na recuperação da biodiversidade, a nível microbiológico, de solos degradados. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 457-462, mar 1992.

MATTOS, J. R.; MATTOS, N. F. **A bracatinga**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas de Recursos Naturais Renováveis "AP", 1980. 40 p. (Publicação IPRN R, 5).

Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.

MISSIO, R. F.; CAMBUIM, J.; MORAES, M. L. T. de; PAULA, R. C. de. Seleção simultânea de caracteres em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. bahamensis. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 66., p. 161-168, dez. 2004.

MORAES, M. L. T. de. **Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características de crescimento**, 1987, 115 p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Quiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

NAMKOONG, G. **Introduction to quantitative genetics in forestry**. Washington: U.S. Forest Service, 1979, 342 p. (Technical bulletin, n. 1588).

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

PAIVA, J. R. de; RESENDE, M. D. V. de; CORDEIRO, E. R. Índice Multiefeitos e estimativas de parâmetros genéticos em aceroleira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 799-807, jun. de 2002.

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

PELLICO NETO, S. Estimativas volumétricas de árvores individuais – Síntese Teórica. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: o uso de funções de forma de tronco em estudo de volumetria de espécies florestais, 5, Curitiba, **Anais...** Curitiba: EMBRAPA, 1982. p.15-27. (EMBRAPA. Documento, 9).

PEREIRA, A. B.; MARQUES Jr., O. G. ; RAMALHO, M. A. P.; ALTHOFF, P. Eficiência da seleção precoce em famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

avaliadas na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 67-81, 1997.

PINTO JUNIOR, J. E. **REML/BLUP para análise de múltiplos experimentos no melhoramento genético de *Eucalyptus grandis* W. HILL Ex Maiden**, 2004, 113. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

PIRES, I. E.; KAGEYAMA, P. Y. Caracterização da base genética de uma população de Algaroba - *Prosopis juliflora* (SW) DC - existente na região de Soledade – PB. **IPEF**, Piracicaba, v.30, p.29-36, ago.1985.

PRADO, C. H. B. de A. **Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. Barueri: Manole, 2006. 466 p.

RESENDE, M. D. V. de. Correlação intraclasse entre valores genéticos e implicações na comparação de métodos de seleção. **Floresta**, Curitiba, v. 24, n.12, p. 37-48, 1994.

— . **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. s.l.:Embrapa Informação Tecnológica, 2002, 975 p.

— . **Novas abordagens estatísticas na análise de experimentos de campo**. Colombo: EMBRAPA/CNPF, 2004. 60p. (Embrapa Florestas Documentos 100).

— . **O software Selegen - REML/BLUP**. Campo Grande: EMBRAPA, 2006, 299 p.

RESENDE, M. D. V. de; ARAUJO, A. J. de ; SAMPAIO, P. de T. B.; WIECHETECK, M. S. S. Acurácia seletiva, intervalos de confiança e variâncias de ganhos genéticos associados a 22 métodos de seleção em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta**, Curitiba, v. 25, n. 12, p. 3-16, jun.-dez. 1995.

RESENDE, M. D. V. de; HIGA, A. R. Estimação de valores genéticos no melhoramento de *Eucalyptus*: seleção em um caráter com base em informações do indivíduo e de seus parentes. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p. 11-36, jan.- dez. 1994.

— . Maximização da eficiência da seleção em testes de progênies de *Eucalyptus* através da utilização de todos os efeitos do modelo matemático. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p. 37-55, jan.-dez. 1994.

RESENDE, M. D. V. de; MORA, A. L.; HIGA, A. R.; FILHO, E. P. Efeito amostral na estimativa da herdabilidade em espécies perenes. **Floresta**, Curitiba, v. 28, n. 12, p. 51-63, 1998.

RESENDE, M. D. V. de; OLIVEIRA, E. B. de ; HIGA, A. R. Utilização de índices de seleção no melhoramento de *Eucalyptus*. **Boletim de Pesquisa florestal**, Colombo, n. 21, p. 1-13, dez. 1990.

ROCHA, B. R.; VIEIRA, A. H.; GAMA, M. de M. B.; ROSSI, L. M. B. Avaliação genética de procedências de bandarra (*Schizolobium amazonicum*) utilizando REML/BLUP (Máxima verossimilhança restrita/Melhor predição linear não viciada). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 84, p. 351-358, dez. 2009.

ROCHA, M. das G. de B.R.; PIRES, I. E. ; XAVIER, R. B.; ROCHA, A.; CRUZ, C. D. Seleção de genitores de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla* para a produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informação de divergência genética. **Revista Árvore**, Viçosa, n. 31, p. 977-987, 2007.

RODRIGUES, E. de A. C.; ROSADO, S. C. da S. ; TRUGILHO, P. F.; SANTOS, A. M. Seleção de clones de *Eucalyptus* para as propriedades físicas da madeira avaliadas em árvores no campo. **Cerne**, Lavras, v.14, n. 2, p. 147-152, abr.-jun. 2008.

SANTOS, F. W. et al. Variação genética para a densidade básica da madeira e caracteres silviculturais em uma população base de *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 185-194, dez. 2008.

SEARLE, S. R.; CASELLA, G.; MCCULLOCH, C. E. **Variance components**. New York: J. Wiley, 1992, 528p.

SHELBOURNE, C. J. A. Breeding for stem straightness in conifers. **World consultant on forest tree breeding**, Washington, v. 2, 9 p., 1969.

SHIMIZU, J. Y. Escolha de fontes de sementes de bracatinga para reflorestamento na região de Colombo. **Boletim de Pesquisas Florestais**, Colombo, n. 15, p. 49-53, dez. 1987.

SILVA, L. D. **Melhoramento genético de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage visando a produção de madeira serrada em áreas de ocorrência de geadas severas**, 2008, 256 p. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008, 256 p.

SOBIERAJSKI, G da. **Estrutura genética de populações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) por marcador isoenzimático e caracteres quantitativos**, 2004, 128 p. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento de plantas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Quiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

STURION, J. A. **A influência da procedência e do tamanho de sementes de *Mimosa scabrella* Benth** na sobrevivência e crescimento de mudas no viveiro e após o plantio, 1984, 86 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

STURION, J. A.; de RESENDE, M. D. V. ; CARPANEZZI, A. A.; ZANON, A. Variação genética e seleção para características de crescimento em teste de progênies de *Mimosa scabrella* var. *aspericarpa*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p. 73-83, jan.-dez. 1994.

URBANO, E.; MACHADO, S. do A.; FILHO, A. F. do; KOEHLER, H. S.. Equações para estimar o peso de carbono fixado em árvores de *Mimosa scabrella* Benth (bracatinga) em povoamentos nativos. **Cerne**, Lavras, v. 14, p. 194-203, jul.-set. 2008.

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

ANEXOS

Anexo 1 - Avaliações de árvores individuais para acompanhamento de seu ciclo fenológico reprodutivo ao longo do tempo, de acordo com os seguintes critérios: Intervalos de um, dois ou três pontos na escala do eixo x equivalem respectivamente à intensidade baixa, média e alta de botões ou flores segundo indicado na legenda de cores

(continua)

Anexo 1 - Avaliações de árvores individuais para acompanhamento de seu ciclo fenológico reprodutivo ao longo do tempo, de acordo com os seguintes critérios: Intervalos de um, dois ou três pontos na escala do eixo x equivalem respectivamente à intensidade baixa, média e alta de botões ou flores segundo indicado na legenda de cores

(continuação)

Anexo 1 - Avaliações de árvores individuais para acompanhamento de seu ciclo fenológico reprodutivo ao longo do tempo, de acordo com os seguintes critérios: Intervalos de um, dois ou três pontos na escala do eixo x equivalem respectivamente à intensidade baixa, média e alta de botões ou flores segundo indicado na legenda de cores

(continuação)

Anexo 1 - Avaliações de árvores individuais para acompanhamento de seu ciclo fenológico reprodutivo ao longo do tempo, de acordo com os seguintes critérios: Intervalos de um, dois ou três pontos na escala do eixo x equivalem respectivamente à intensidade baixa, média e alta de botões ou flores segundo indicado na legenda de cores

(conclusão)