

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

SILVELISE PUPIN

**PRODUTIVIDADE, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE EM
PROGÊNIES DE *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE**

Ilha Solteira - SP

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

SILVELISE PUPIN
Engenheira Agrônoma

**PRODUTIVIDADE, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE EM
PROGÊNIES DE *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE**

Orientador: Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes

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

**Ilha Solteira – SP
2014**

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e
Documentação

P984p Pupin, Silvelise.
Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de Eucalyptus
Urophylla S.T. Blake / Silvelise Pupin. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2014
98 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2014

Orientador: Mario Luiz Teixeira de Moraes
Inclui bibliografia

1. Melhoramento florestal. 2. Interação genótipo ambiente.
3. Zoneamento ecológico.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake

AUTORA: SILVELISE PUPIN

ORIENTADOR: Prof. Dr. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

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


Prof. Dr. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. PEDRO CESAR DOS SANTOS
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. FERNANDO ANGELO PIOTTO
Departamento de Genética / Universidade Federal de São Carlos - UFSCar - Câmpus de Araras

Data da realização: 25 de fevereiro de 2014.

A minha mãe Silvia, sinônimo de amor, carinho e de luta. Àquela que diante das dificuldades nunca estremeceu. Àquela que dedicou sua vida a mim, aos meus estudos, ao meu bem-estar.

Àquela que sempre será minha heroína e meu exemplo a ser seguido,

e

Ao meu irmão Dudu, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando. Aquele que oferece a palavra acolhedora e entusiástica,

Dedico

Aos meus amados avós, Sylvio Barbosa dos Santos (in memoriam) e Maria do Carmo Boncompani dos Santos (in memoriam), por terem compartilhado comigo suas lições tão preciosas de vida, caráter, dedicação e humildade. Por todo amor dedicado...

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes, pela ótima orientação desde a graduação, por todos os ensinamentos partilhados, pelas oportunidades que me ofereceu e pela amizade. Sua competência e dedicação à pesquisa são incentivadores e sempre levarei como exemplo. Obrigada pela confiança, apoio e por contribuir para efetivação de mais uma etapa de minha vida acadêmica.

A Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP) pela oportunidade de realizar o mestrado e pela infraestrutura oferecida, e aos professores, por contribuírem com excelência para minha formação acadêmica, em especial, aos professores da pós-graduação, Prof. Dr. Alexandre Magno Sebbenn, Profa. Dra Ananda Virgínea de Aguiar, Prof. Dr. João da Costa Andrade, Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes, Prof. Dr. Miguel Luiz Menezes de Freitas, Prof. Dr. Pedro Cesar dos Santos. Obrigada por compartilharem seus ensinamentos de genética quantitativa e molecular, genética de populações e melhoramento de plantas, tão importantes para concretização desse trabalho e para minha vida profissional.

Ao Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF), que gentilmente contribuiu para obtenção dos dados, em especial, aos pesquisadores, Aline Cristina Miranda e Paulo Henrique Muller da Silva, pela paciência e orientação no início deste trabalho, por suas contribuições e sugestões na elaboração do manuscrito.

Aos membros das bancas examinadoras do exame de qualificação e defesa, Prof. Dr. Alan Rodrigo Panosso, Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan, Prof. Dr. Fernando Angelo Piotto e Prof. Dr. Pedro Cesar dos Santos, pela colaboração durante o desenvolvimento da pesquisa e sugestões. Vocês contribuíram para o aperfeiçoamento desse trabalho e para meu crescimento acadêmico. Obrigada!

Aos funcionários e técnicos da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FEIS/UNESP pela colaboração e auxílio na pesquisa de campo, pelo respeito e carinho que sempre me trataram, em especial, ao José Cambuim, Alexandre Marques da Silva, Alonso A. da Silva, César Seleguin, Juliano Borges de Abreu e Manoel F. R. Bonfim.

Aos estagiários do Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura, que auxiliavam sempre que possível no campo, nos mutirões para plantios e coleta de dados, e nos trabalhos no laboratório de composição química. Em especial, gostaria de agradecer aos mais que colegas de trabalho, aos grandes amigos: Darlin, Marcela, Thaísa e Eriquinha que contribuíram para que o trabalho se tornasse produtivo, descontraído e agradável. Formamos uma grande equipe!

A Selma Maria Bozzite de Moraes, nossa “mamy”, sempre ensinando, orientando e

cuidando de nossa segurança nos trabalhos no laboratório. Obrigada pelo carinho, amizade e colaboração durante estes anos.

A minhas queridas amigas, Daniela Araujo, Debora Silvestre, Gabriele de Castro Macedo, que mesmo distante, sempre estiveram presentes na minha jornada acadêmica e pessoal. Obrigada pela amizade, incentivo e pelos muitos momentos de descontração!

Aos amigos, moradores e ex-moradores da República Kai-AKi, que trocaram experiências, cuidaram de mim como uma irmã mais velha e sempre me respeitaram, meus sinceros agradecimentos. Vocês tornaram a estadia em Ilha Solteira muito mais agradável e acolhedora!

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de bolsa de mestrado e pelo suporte financeiro para o desenvolvimento da pesquisa (Processo nº 2012/11178-2).

Sem dúvida e por sorte, tenho muito a agradecer. Para a concretização deste trabalho, muitas pessoas estiveram envolvidas, deixaram suas colaborações e trouxeram suas experiências e seus ensinamentos. Pessoas que contribuíram para minha formação acadêmica, profissional e pessoal. A todos, meus sinceros agradecimentos! Muito Obrigada!

PRODUTIVIDADE, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE EM PROGÊNIES DE

***Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE**

Discente: Silvelise Pupin

Orientador: Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes

RESUMO

A predição de ganhos genéticos em programas de melhoramento nem sempre é compatível com os observados na prática. Isso se deve principalmente à interação dos genótipos com os ambientes ($G \times A$). O objetivo deste trabalho foi conhecer a variação genética, avaliar a significância da $G \times A$ e estudar simultaneamente a produtividade, estabilidade e adaptabilidade em cinco testes de progênies de *Eucalyptus urophylla*, localizados em Anhembi-SP, Itatinga-SP, Itamarandiba-MG, Uberaba-MG e Selvíria-MS. Os caracteres avaliados foram: altura de planta, diâmetro a altura do peito, volume de madeira e sobrevivência. Os parâmetros genéticos e componentes de variância foram obtidos pelo procedimento REML/BLUP e as metodologias MHPRVG (Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos) e AMMI (*Additive Main effects and Multiplicative Interaction*) foram utilizadas para estudo da produtividade, estabilidade e adaptabilidade. Os indivíduos apresentaram bom crescimento. Detectou-se variação genética para os caracteres e a interação $G \times A$ foi significativa. As metodologias permitiram identificar progênies produtivas, estáveis e adaptadas. Os parâmetros de MHVG, PRVG e MHPRVG foram eficientes como critérios para seleção de genótipos de *E. urophylla* e o modelo AMMI permitiu uma análise bastante visual do comportamento dos genótipos nos gráficos biplot's.

Palavras-chave- AMMI. Interação genótipo \times ambiente. Melhoramento genético. REML/BLUP.

PRODUCTIVE, STABILITY AND ADAPTABILITY IN PROGENIES OF *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE

Student: Silvelise Pupin

Advisor: Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes

ABSTRACT

Prediction of genetic gains in breeding programs are not always compatible with those observed in practice and this is mainly due to the interaction of genotypes with environments ($G \times E$). The aim of this study was to investigate the genetic variation, evaluate the significance of $G \times E$ and study the productivity, stability and adaptability simultaneously in five progeny trials of *Eucalyptus urophylla*, located at Anhembi-SP, Itatinga-SP, Itamarandiba-MG, Uberaba-MG and Selvíria-MS. The characters were: height, diameter at breast height, volume and survival. The genetic parameters and variance components were estimated by REML/BLUP procedure and methodologies HMRPGV (Harmonic Mean Relative Performance of Genetic Values) and AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) were used to study the productivity, stability and adaptability. Individuals showed good growth. We detected genetic variation for characters and $G \times E$ interaction was significant. The methods allowed to identify productive, stable and adapted progenies. Parameters HMGV, RPGV and HMRPGV were efficient as standard for selection of genotypes of *E. urophylla* and the AMMI model allowed a very visual analysis of the behavior of genotypes in biplot's graphics.

Keywords- AMMI. Breeding. Genotype environment \times interaction. REML/BLUP.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS GERAIS	12
3	REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	13
3.1.1	Classificação da espécie	13
3.1.2	Área natural de ocorrência da espécie	14
3.1.3	Introdução da espécie no Brasil	14
3.1.4	Comportamento ecológico e botânico da espécie	15
3.1.5	Importância da espécie	19
3.2	Interação genótipo × ambiente	21
3.3	Adaptabilidade e estabilidade	23
4	CAPÍTULO I: Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de <i>Eucalyptus urophylla</i> utilizando o método da média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG)	25
4.1	INTRODUÇÃO	28
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
4.3	MATERIAL E MÉTODOS	31
4.3.1	Localização e caracterização das áreas experimentais	31
4.3.2	Estimativas de parâmetros genéticos	34
4.3.3	Ganho na seleção pelo método do Índice Multi-efeitos	37
4.3.4	Produtividade, estabilidade e adaptabilidade	39
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.4.1	Análise individual	40
4.4.2	Análise conjunta	48
4.4.3	Correlações genéticas entre ambientes	50
4.4.4	Ganho de seleção pelo método do Índice Multi-efeitos	54
4.4.5	Produtividade, estabilidade e adaptabilidade	57
5	CAPÍTULO II: Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de <i>Eucalyptus urophylla</i> utilizando a metodologia AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction)	60

5.1	INTRODUÇÃO	63
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	66
5.3	MATERIAL E MÉTODOS	67
5.3.1	Localização e caracterização das áreas experimentais	67
5.3.2	Produtividade, estabilidade e adaptabilidade	67
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
6	CONCLUSÕES	74
	REFERÊNCIAS	75
	APÊNDICE	85

1 INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus* é um dos gêneros florestais mais produtivos e representativos do Brasil. De acordo com o anuário da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF, a área em 2012 destinada a plantios com espécies do gênero, era de aproximadamente 5,1 milhões de hectares (76,6%), representando um crescimento de 4,5% em relação a 2011. Os estados possuidores dos maiores plantios são Minas Gerais (28,2%), São Paulo (20,4%), Bahia (11,7%) e Mato Grosso do Sul (11,5%). Em relação ao aumento da área plantada, os destaques são Tocantins (39,9%) e Mato Grosso do Sul (19,0%), e resultam principalmente, de investimentos realizados por empresas nacionais do segmento de celulose e papel (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF, 2013).

A importância do gênero para sociedade não se limita apenas a termos econômicos e sociais. Sua participação no mercado florestal é decisiva e de extrema importância para a substituição das madeiras nativas e conservação dos remanescentes florestais (AGUIAR et al., 2010).

Com o despertar de múltiplos interesses, as taxas de produtividade do setor florestal brasileiro atingiram altos níveis e resultam em grande parte, de investimentos realizados em pesquisa e desenvolvimento. Nesse sentido, o melhoramento florestal tem contribuído para gerar florestas de alta produtividade e com qualidade para satisfazer a demanda industrial.

Introduzido no Brasil durante o século XIX, o eucalipto tem experimentado significativa melhoria genética ao longo dos anos (CASTELLANO et al., 2013). No entanto, com o avanço dos plantios em áreas consideradas como novas fronteiras florestais, a produtividade obtida ainda tem sido baixa, devido à falta de genótipos adaptados (REIS; PALUDZYSZYN FILHO, 2011). A este fato tem se atribuído como principal causa a interação genótipo x ambiente ($G \times A$).

A interação $G \times A$ ocorre quando mudanças no ambiente não têm o mesmo efeito sobre todos os genótipos. Um grave entrave aos programas de melhoramento é quando os genótipos apresentam variações no *ranking* em diferentes ambientes, indicando que um genótipo pode ter preferências locais específicas, ou seja, os ganhos genéticos ficam restritos àquele ambiente (RAYMOND, 2011).

Para análise e interpretação da interação $G \times A$, diferentes metodologias estatísticas têm sido propostas e, ou aprimoradas. Entretanto, muitos pesquisadores ainda buscam

ferramentas estatísticas que permitam extrair mais informações a respeito dos efeitos da interação (ARAÚJO; DIAS, 2006). Para tanto, é preciso comparar algumas metodologias estatísticas, e optar por aquela mais apropriada para estimar e explorar a interação, buscando tornar a recomendação de genótipos, a mais adequada possível.

2 OBJETIVOS GERAIS

Realizar o estudo de zoneamento ecológico por meio da análise de produtividade, estabilidade e adaptabilidade de progênies de *Eucalyptus urophylla*. Para tanto, pretende-se:

- i) Estimar os parâmetros genéticos para caracteres silviculturais altura total de plantas (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), volume total da árvore com casca (VOL) e sobrevivência (SOB); a partir da utilização do procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), em cinco testes de progênies de *E. urophylla* e estimar a interação $G \times A$ na análise conjunta;
- ii) Estudar a produtividade, estabilidade e adaptabilidade das progênies empregando duas metodologias: o método MHPRVG (Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos); e o da análise AMMI (*Additive Main effects and Multiplicative Interaction*);
- iii) Propor estratégias aplicadas ao melhoramento de *E. urophylla* em nível de locais e para a região de abrangência dos experimentos que foram estudados.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake

3.1.1 Classificação da espécie

O *E. urophylla* foi inicialmente classificado por Pryor e Johnston (1971) como sendo do subgênero *Symphymirtus*, seção *Exertaria* e série *Albae*. Martin e Cossalter (1975) não concordando com esta classificação sugeriram que o *E. urophylla*, seria melhor classificado sob a seção *Transversaria*, série *Saligna* e subsérie *Resiniferinae*. Contudo, Moura (2004) relata que Pryor (comunicação pessoal) alocou a espécie na subsérie *Saligninae* e supersérie *Saligna*, ao lado de espécies como *E. saligna*, *E. grandis*, *E. deanei*, *E. botryoides* e o *E. robusta*.

3.1.2 Área de ocorrência natural da espécie

O *E. urophylla* é uma das poucas espécies tropicais do gênero que ocorrem naturalmente fora da Austrália e também em latitudes inferiores a 10°S (SCANAVACA JÚNIOR; GARCIA, 2003). Sua ocorrência está limitada a algumas ilhas localizadas ao sul do Arquipélago de Sonda, em Timor, Wetar, Alor, Pantar, Lomblen, Adonara e Flores (Figura 1). O grupo de ilhas está isolado ao norte pelo mar de Flores e ao sul pelo mar de Timor e a zona de ocorrência varia de 7°30'S a 10°S de latitude e a 122°E a 127°E de longitude. (MARTIN; COSSALTER, 1976a). A distribuição geográfica recente do *E. urophylla* é de aproximadamente 476 km de leste a oeste e 230 km de norte a sul, ao longo das sete ilhas (DVORAK et al., 2008).

As altitudes vão desde o nível do mar até cerca de 3000 metros, nas altas encostas das cadeias montanhosas vulcânicas (PAYN et al., 2007). A precipitação (influenciada pelos ventos das Monções e pela cadeia montanhosa de Timor) varia de 600 a 2500 mm (MARTIN; COSSALTER, 1976b).

Dvorak et al. (2008), fazendo um apanhado sobre o clima nas ilhas, sugerem que a precipitação média anual nas ilhas de Flores, Adonara e Lomblen é a mesma (1085 – 1100 mm) e diminui gradualmente em direção a leste de Wetar (850 – 925 mm). Nas altitudes mais elevadas de Timor a precipitação pode chegar a 1300 mm.

A temperatura média varia de 20 a 30°C, sendo que nos meses mais frios atinge 15°C. O clima varia de subtropical seco a tropical úmido, tornando-se seco de oeste para leste (VIEIRA; BUCSAN, 1980).

Figura 1- Localização das Ilhas ao leste da Indonésia onde o *Eucalyptus urophylla* ocorre naturalmente.



Fonte: Google earth. (2013).

O *E. urophylla* ocupa vales e encostas de montanhas de vulcânicas, sobre uma variedade de tipos de solos e apresenta bom desenvolvimento em solos derivados de rochas basálticas (HOUSE; BELL, 1994).

3.1.3 Introdução da espécie no Brasil

A primeira introdução de *E. urophylla* foi realizada em 1919, no Horto Florestal de Rio Claro, pelo Engenheiro Agrônomo Edmundo Navarro de Andrade, dito como o pioneiro nas atividades de reflorestamento e preservação florestal. Navarro iniciou os reflorestamentos experimentais com espécies e variedades de eucaliptos para a produção de postes, mourões, dormentes e lenha, para a Companhia Paulista de Estradas de Ferro (MARTINI, 2004).

Em Rio Claro, foi instalado um experimento de três parcelas, cada uma com 400 árvores de *E. urophylla*, denominadas erroneamente de *E. alba*, em um espaçamento de 2,0 m x 2,0 m. Provavelmente, as sementes eram procedentes de uma única árvore, do Jardim Botânico de Bogor, localizado em Java, na Indonésia. Avaliado aos 37 anos, este experimento

apresentou um bom desenvolvimento, com uma área basal média de 78,47 m² em apenas 45% de indivíduos que sobreviveram (MARTIN; COSSALTER, 1975).

O equívoco em relação ao nome da espécie introduzida em Rio Claro foi resultado de um erro de identificação por parte de uma empresa francesa, onde o Navarro havia adquirido as sementes (PRYOR, 1971).

A segunda e a terceira introdução foram realizadas pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro, em 1967, e pelo Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, em 1969, ambas com procedências de Timor. Durante a década de 1970, outras introduções foram realizadas, com procedências de Timor e de outras ilhas (MOURA, 2004).

3.1.4 Comportamento ecológico e botânico da espécie

O *E. urophylla* apresenta diferenças morfológicas e fenológicas que variam de acordo com sua distribuição em altitude (BÔAS et al., 2009). Esta espécie ocupa áreas de floresta aberta alta, onde o dossel pode atingir de 30 a 60 metros de altura (FERREIRA, 1992) e são ecologicamente similares às florestas do nordeste da Austrália, denominadas “*Wet sclerophyll eucalypt forest*” (SCANAVACA JÚNIOR; GARCIA, 2003), que apresentam um sub-bosque denso em samambaias, arbustos e pequenas árvores (*Forest Education Foundation – FEF*, 2013).

Devido às variações morfológicas, considera-se que o *E. urophylla* possui dois tipos de fustes. O primeiro é de casca totalmente lisa (Figura 2A) (“smooth bark” ou “gum”) ou lisa em diferentes proporções do fuste (Figura 2B). Este tipo apresenta folhas de tamanho e forma variáveis. O sistema radicular é do tipo superficial-intermediário e as árvores são tolerantes ao fogo, permitem a formação de um sub-bosque e são indicadas para produção de celulose e papel. O segundo tipo é de casca fibrosa (Figura 2C) (“rough bark”), folhas lanceoladas com cauda bastante pronunciada, e foi utilizada por Blake para descrever a espécie em 1977. Ela protege melhor o solo, apresenta sistema radicular predominando o superficial-intermediário e apresenta alta capacidade de brotação. É procedente de regiões com altitudes superiores a 1000 metros e é menos indicada para produção de celulose e papel, mas possuem outros usos mais adequados (FERREIRA, 1992; SCANAVACA JÚNIOR; GARCIA, 2003).

E. urophylla é de grande porte, que pode atingir de 30 a 40 metros de altura e 60 a 80 centímetros de diâmetro. Entretanto, em populações naturais já foram localizadas árvores com mais de 50 metros de altura e dois metros de diâmetro (DVORAK et al., 2008).

Figura 2- Árvore do tipo casca lisa (A), meia casca (B) e casca rugosa (C) de *Eucalyptus urophylla*.



Fonte: o próprio autor.

Scanavaca Júnior e Garcia (2003), estudando *E. urophylla* procedente da ilha de Flores, encontraram que o tipo de casca rugosa até metade do fuste, predomina em 51,4% das procedências. Árvores com este tipo de casca foram mais produtivas que as árvores de fuste totalmente liso, que por sua vez, foram mais produtivas que árvores com casca totalmente rugosa. Já o tipo de copa que aparece em maior frequência é a copa aberta (53,3%), em que as árvores também foram consideradas as mais produtivas.

As folhas jovens do *E. urophylla* são diferentes das folhas das árvores adultas. Elas são menores e arredondadas. As folhas adultas possuem de 12 a 20 centímetros de comprimento e 2 a 5 centímetros de largura. São subopostas e alternadas, lanceoladas e que se estreitam abruptamente em uma ponta curta (SELN; MITLÖHNER, 2011).

As flores (Figura 3) são hermafroditas, únicas e que ocorrem em inflorescências axilares do tipo umbela, com cinco a dez flores em cada uma. O florescimento inicia-se após três a quatro anos do plantio e ocorre durante a estação seca. Após seis meses as sementes estão maduras. As flores são polinizadas por insetos, aves, mamíferos e em menor proporção pelo vento (JØKER, 2004).

Figura 3- Inflorescência de *Eucalyptus urophylla*.



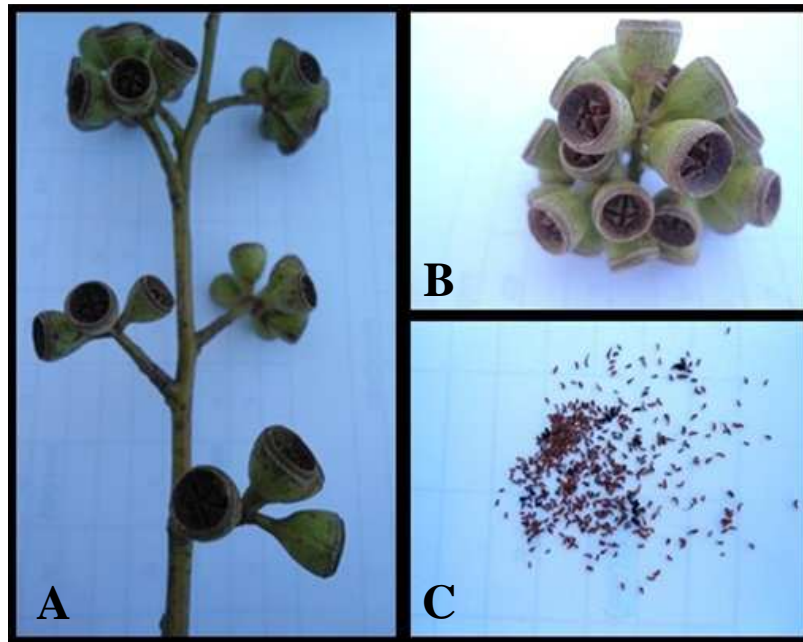
Fonte: o próprio autor.

A literatura classifica o sistema de reprodução de eucalipto como misto (RESENDE, 2002). Resultados de estudos para estimar parâmetros relacionados ao sistema de reprodução do *E. urophylla* indicam taxas de cruzamento maiores que 80%, portanto, esta espécie se reproduz preferencialmente por cruzamentos (HOUSE; BELL, 1994; GAIOTTO et al., 1997).

Os eucaliptos em geral são protândricos, ou seja, o estigma só se torna receptivo após o período de viabilidade máxima dos grãos de pólen, porém, isso não elimina a possibilidade de autofecundação (ASSIS et al., 2004). Além disso, possuem barreiras pré e pós-zigóticas para evitar a autofecundação (POTTS; WILTSHIRE, 1997).

Os frutos (Figura 4) são secos e deiscentes do tipo cápsulas com dois opérculos e que se abrem em três a cinco válvulas (JØKER, 2004). Podem ser de duas formas: campanulada ou hemisférica em altitudes superiores a 1000 m; ou cônico em altitudes inferiores a 1000 m (MARTIN; COSSALTER, 1975).

Figura 4- Infrutescência (A), frutos do tipo cônico (B) e sementes (C) de *Eucalyptus urophylla*.



Fonte: o próprio autor.

As sementes são pequenas, aproximadamente semicircular e negra (SELN; MITLÖHNER, 2011). São ortodoxas e podem ser conservadas por vários anos, desde que armazenadas a baixa umidade (4% – 8%) e em temperatura baixa (JØKER, 2004).

A germinação é epígea e os cotilédones são geralmente bilobados próximos ao centro. Os primeiros cinco a sete pares de folhas são opostas, e os subsequentes, subopostas (SELN; MITLÖHNER, 2011).

A densidade básica da madeira de *E. urophylla* está ao redor de $0,54 - 0,57 \text{ g.cm}^{-3}$ (JØKER, 2004). O cerne é claro a marrom-avermelhado e pode ser marrom escuro quando exposto. O alburno é branco, creme ou levemente rosado, e claramente separado do cerne (Figura 5). O cerne é geralmente resistente ao tratamento preservativo e o alburno permeável (SELN; MITLÖHNER, 2011).

Figura 5- Disco retirado à altura de 1,30 metros do solo com detalhes da coloração da madeira de *Eucalyptus urophylla*.



Fonte: o próprio autor.

Alguns estudos disponíveis na literatura, avaliaram a densidade básica da madeira de *E. urophylla*. Ruy et al. (2001) encontraram para clones de *E. urophylla* aos nove anos de idade, densidade média básica da madeira de $0,63 \text{ g.cm}^{-3}$. Aos 4,5 anos Ferreira (1994) apresenta um valor de $0,46 \text{ g.cm}^{-3}$ para a procedência de Timor. Já Wei e Borralho (1997) encontraram densidade ao redor de $0,51 \text{ g.cm}^{-3}$ aos seis anos e correlações negativas entre a densidade da madeira e a altura, o diâmetro e o volume da árvore. Na literatura também se encontram relatos, de que madeiras de melhor qualidade são obtidas em idades mais avançadas (TOMAZELLO FILHO, 1985).

Ainda em relação à árvore de *E. urophylla*, Ferreira (1992) relata que os indivíduos dessa espécie apresentam fuste com boa forma, forte dominância apical, que reagem bem ao espaçamento e a adubação, são resistentes ao déficit hídrico e suscetíveis a geada, e que possuem lignotubérculo, estrutura que favorece a boa brotação na segunda rotação.

3.1.5 Importância da espécie

Por volta dos anos 2000, a área destinada aos plantios de *E. urophylla* no Brasil era de aproximadamente 600.000 hectares, representados pela espécie e por seus híbridos

(PIGATO; LOPES, 2001). Lobão et al. (2004) citam que entre as espécies de eucaliptos cultivadas no Brasil, os plantios com o *E. urophylla* e seus híbridos representavam 20%, atrás apenas dos plantios de *E. grandis*, que representam 55%.

O *E. urophylla* é uma espécie rústica, de rápido crescimento e boa capacidade de rebrota, e por esses fatores tem sido a principal espécie para compor o híbrido com o *E. grandis* (ROCHA et al., 2006). Moura (2004) cita que o bom pegamento por meio da propagação vegetativa em massa e o enraizamento de estacas, também são fatores que viabilizam a produção de híbridos de *E. urophylla* com outras espécies.

O alto potencial de utilização da madeira (fabricação de celulose e papel, chapas duras, postes, dormentes, serraria, produção de carvão, entre outros) viabiliza o uso em larga escala na indústria. A resistência ao déficit hídrico, ao fungo causador da ferrugem (*Puccinia psidii*), e principalmente, a tolerância ao cancro do eucalipto causado pelo fungo *Cryphonectria cubensis*, também colaboram para o destaque da espécie. A boa adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, fazem do *E. urophylla* uma espécie chave e de grande potencial para ampliar as fronteiras florestais, expandindo o cultivo para as regiões Norte e Nordeste, onde os plantios florestais tendem a crescer (SCANAVACA JÚNIOR; GARCIA, 2003).

Usos secundários também são atribuídos ao *E. urophylla*, como na proteção das margens dos rios, proporção de sombra nos sistemas silvipastoris, produção de mel com boas propriedades, óleo essencial com propriedades desinfetantes, utilizado na fabricação de sabão e na indústria de perfumes (SELN; MITLÖHNER, 2011).

Trabalhos que avaliam e relatam a importância do *E. urophylla* são encontrados com frequência na literatura.

Bison et al. (2006) citam em seu trabalho que a hibridização interespecífica de *E. grandis* x *E. urophylla* tem produzido clones superiores para produção de celulose, devido ao bom desempenho para volume de madeira. O germoplasma de *E. urograndis* (*E. grandis* x *E. urophylla*) reúne as qualidades de crescimento rápido e qualidade da madeira de *E. grandis*, com a rusticidade, resistência a doenças e a facilidade de enraizamento do *E. urophylla*, sendo responsável por 80% dos plantios clonais de eucaliptos no país (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2011).

Rodrigues e Brito (2011) destacam a resistência natural da madeira de *E. urophylla* a cupins (*Coptotermes gestroi*), onde observaram apenas escarificações superficiais, não

havendo ruptura ou penetração. Os autores afirmam que a densidade e a presença de extrativos, podem ter atuado como barreira física e química aos cupins, e esses extrativos agem como repelentes e/ou substâncias tóxicas aos cupins ou a seus simbiosiontes.

Alves et al. (2011) estudando dois clones de *E. urophylla*, um resistente e o outro suscetível a *P. psidii*, concluíram que a taxa fotossintética é prejudicada em clones suscetíveis, pelas restrições bioquímicas para fixação de carbono; e a capacidade de absorver, usar e dissipar a luz pode ter um papel significativo na explicação de diferenças clonais em resposta a *P. psidii*.

3.2 Interação genótipo × ambiente

A manifestação fenotípica dos caracteres métricos é resultado do efeito conjunto entre o genótipo, o ambiente específico e a interação entre estes fatores (MAIA et al., 2009). Shelbourne (1972) define a interação genótipo × ambiente ($G \times A$) como sendo a variação de genótipos em resposta a diferentes condições ambientais. Entende-se por ambiente, todos os fatores intra e extracelulares que influenciam na expressão do genótipo (BREWBAKER, 1965).

As causas da interação são atribuídas a fatores fisiológicos e bioquímicos inerentes a cada indivíduo. Como os genótipos se desenvolvem em sistemas dinâmicos, onde as mudanças são constantes, existe geralmente um comportamento diferenciado de cada um, em termos de resposta às variações ambientais (CRUZ; REGAZZI, 2001).

As condições ambientais que contribuem para as interações com os genótipos podem ser agrupadas em previsíveis e imprevisíveis. Na primeira, incluem variações de ambiente que ocorrem de região para região, como características de solo, clima, e aquelas que flutuam de maneira sistemática, como comprimento do dia, grau de insolação, etc. O grupo das variações imprevisíveis compreende as condições climáticas, no âmbito de uma mesma região, como a quantidade e distribuição de chuva, oscilações de temperatura, entre outras, que não são possíveis de se prever com segurança (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Namkoong et al. (1988) consideram a competição por nutrientes, luz e água como um dos principais fatores relacionados à estimativa de parâmetros genéticos da interação $G \times A$. Outro fator que deve ser considerado pelo melhorista é que nem sempre a existência de diferenças genéticas entre os indivíduos ou do efeito de locais, resultam em uma interação $G \times A$ significativa (ZOBEL; TALBERT, 1984).

Existem caracteres que não sofrem grandes alterações com as variações ambientais. Entretanto, os caracteres quantitativos que geralmente são os de maior interesse econômico, como o volume de madeira, podem sofrer modificações fenotípicas significativas, com pequenas variações no ambiente (VALERA; KAGEYAMA, 1988).

Com relação da classificação da interação $G \times A$, ela pode ser do tipo simples, quando é proporcionada pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, e é do tipo complexa, quando denota a falta de correlação entre medidas de um mesmo genótipo em diferentes ambientes e indica haver inconsistência na superioridade de genótipos com a variação ambiental (ROBERTSON, 1959). Esta última é a que causa um viés incômodo ao trabalho dos melhoristas.

Apesar disso, a interação $G \times A$ deve ser encarada como um fenômeno biológico, que faz parte da evolução das espécies e que tem suas implicações no melhoramento genético. O seu efeito permite o aparecimento de genótipos estáveis e adaptados a um ambiente específico, assim como, genótipos de comportamento geral, que são adaptados a vários ambientes (LAVORANTI, 2003). A partir desse fenômeno é possível executar a seleção de genótipos com adaptação ampla ou específica, escolher locais de seleção e determinar o número ideal de ambientes e de genótipos a serem avaliados em cada fase de seleção (FOX et al., 1997).

De acordo com Namkoong et al. (1966) a interação pode gerar estimativas errôneas e inflacionadas de variação genética, influenciando diretamente o ganho de seleção, que por sua vez, dificulta a recomendação de genótipos com ampla adaptabilidade.

Como o objetivo principal do melhoramento é selecionar genótipos altamente produtivos, o êxito desta tarefa está associado ao acerto na escolha dos melhores genitores para as próximas gerações. Como a escolha adequada de genótipos esbarra na influência dos fatores ambientais, para minimizar os efeitos da interação $G \times A$ pode-se eleger três opções: realizar o zoneamento ecológico; identificar genótipos específicos para cada ambiente; e identificar genótipos com maior estabilidade (RAMALHO et al., 1993).

Diante deste contexto, cabe ao melhorista avaliar a magnitude e a significância da interação $G \times A$, para orientar no planejamento e determinar a escolha da melhor estratégia de seleção, para assim fornecer subsídios, que possibilitem adotar procedimentos para sua minimização e, ou, aproveitamento (HONGYU, 2012).

Apesar da importância inegável para o melhoramento genético, a simples análise da

interação $G \times A$ não proporciona informações completas e exatas. Para tal objetivo, torna-se necessária a realização de análises sobre adaptabilidade e estabilidade.

3.3 Adaptabilidade e estabilidade

A partir das evidências de que a estabilidade de produção e a adaptabilidade ao ambiente são características herdáveis e com a possibilidade de estimá-las por meio do uso de modelos estatísticos, tais características, de grande interesse ao melhoristas, tornaram-se passíveis de melhoramento (PIANA et al., 1999).

Embora sejam fenômenos relacionados, a adaptabilidade e a estabilidade não devem ser considerados como um só (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Para Eberhart e Russel (1966) e Mariotti et al. (1976) a adaptabilidade refere-se a capacidade dos genótipos aproveitarem vantajosamente os estímulos do ambiente. Cruz e Regazzi (2001) conceituaram a adaptabilidade da mesma forma e definiram a estabilidade como a capacidade dos genótipos em mostrar um comportamento altamente previsível, em função de um estímulo ambiental.

A estabilidade pode ser estática ou dinâmica. A primeira refere-se a um comportamento constante do genótipo, independentemente das variações do ambiente, e não apresentam qualquer desvio em relação ao seu desempenho. Esse tipo de estabilidade é desejável quando o objetivo é preservar determinada característica genética. Já um genótipo que apresenta estabilidade dinâmica, responde a variações do ambiente de forma previsível, assim, somente desvios relacionados com a sua reação geral contribuem para a instabilidade. Para determinar esses tipos de estabilidade utiliza-se a análise de regressão para medir a previsibilidade da variação (BORÉM; MIRANDA, 2009).

Normalmente, a recomendação de genótipos superiores é realizada considerando duas estratégias: a primeira é a identificação dos genótipos de ampla adaptabilidade, visando à recomendação a um conjunto de ambientes heterogêneos; e a segunda é a recomendação de indivíduos adaptados a ambientes específicos, visando capitalizar o efeito da interação (ROCHA et al., 2005).

Lavoranti et al. (2002) identificaram em *E. grandis*, as estabilidades das progênes e as adaptabilidades específicas e puderam propor assim, a restrição de locais para instalação de testes de progênes de segunda geração e o descarte das progênes mais instáveis.

Nunes et al. (2002) avaliaram 142 clones de *Eucalyptus* em nove ambientes distintos e concluíram que a interação significativa entre clones e ambientes teve reflexo na seleção.

Entretanto, os autores comentam que mesmo que tenha havido uma resposta correlacionada diferente nos ambientes, o ganho percentual foi expressivo, o que torna possível a identificação de clones com ampla adaptação. Já a análise da estabilidade fenotípica permitiu a classificação dos clones em cinco grupos em função do padrão de resposta.

Maia et al. (2009) avaliaram 11 clones de *Anacardium occidentale* (caju) e observaram uma alteração no *ranking* das progênes para o caráter de produção no ambiente de instalação do teste, e atribuiu este fato, a correlação genética de média magnitude.

Nyoka et al. (2012) estudaram a interação $G \times A$ em 14 acessos de *Gliricidia sepium* (gliricídia), em cinco locais diferentes (Indonésia, Nigéria, Austrália, Malawi e Zâmbia) e detectaram interação significativa, em que os acessos instáveis não permitiam a recomendação ampla de germoplasma. Entretanto, os resultados do estudo mostram que é possível a seleção de populações melhoradas, tanto para ambientes específicos, como para diversos ambientes.

Kumar et al. (2012) conseguiram identificar em 36 clones de *Dalbergia sissoo* (sisso), aqueles mais estáveis e mais adaptados. Neste trabalho, os autores identificaram também o clone mais produtivo e específico, e o clone mais estável e produtivo, passível de já ser multiplicado para a comercialização.

Rosado et al. (2012) utilizaram 21 clones de *Eucalyptus* para determinar a eficiência da seleção simultânea baseada na produtividade, estabilidade e adaptabilidade, em quatro locais distintos, e conseguiram com isso, isolar o clone de melhor desempenho nos locais avaliados.

Apesar da ampla utilização das ferramentas estatísticas já estabelecidas, existe ainda um grande empenho na busca de novos modelos e algoritmos que permitam compreender melhor os mecanismos da adaptabilidade e estabilidade fenotípica, para sanar um dos principais problemas na recomendação de cultivares, frequentemente mencionado pelos melhoristas, a falta de uma análise criteriosa da estrutura da interação $G \times A$ (LAVORANTI, 2003).

4 CAPÍTULO I

PRODUTIVIDADE, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE EM PROGÊNIES DE
Eucalyptus urophylla **UTILIZANDO O MÉTODO DA MÉDIA HARMÔNICA DA**
PERFORMANCE RELATIVA DOS VALORES GENÉTICOS (MHPRVG)

RESUMO

Uma das alternativas para amenizar a influência da interação $G \times A$ é a recomendação de genótipos de ampla estabilidade e boa adaptabilidade. Assim, o objetivo deste trabalho foi estimar a variação genética para caracteres silviculturais e sobrevivência; avaliar a interação $G \times A$ na análise conjunta; e estudar a produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Eucalyptus urophylla* pelo método da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG), em cinco testes de progênies de *Eucalyptus urophylla*, localizados em Anhembi-SP, Itatinga-SP, Itamarandiba-MG, Uberaba-MG e Selvíria-MS. Os parâmetros genéticos e componentes de variância foram obtidos pelo procedimento REML/BLUP e os ganhos genéticos baseado no índice Multi-efeitos. As médias obtidas para altura e DAP foram maiores em Anhembi (15,0 m; 10,5 cm) e Uberaba (12,5 m; 10,2 cm). As diferenças genéticas foram detectadas pelo teste significativo de LRT, coeficientes de variação genética ($> 12,2\%$) e herdabilidade da média de progênies ($> 0,4$). Os ganhos com a seleção baseada no DAP variaram de 3,6% (Selvíria) a 19,1% (Itatinga). A estratégia baseada na restrição do número de progênies foi mais eficiente para manutenção da variabilidade e diversidade genética e manteve um tamanho efetivo adequado. A interação $G \times A$ foi do tipo simples ($\hat{r}_{gloc} - 78\%$) e por isso houve pouca alteração no ordenamento das 50 primeiras progênies selecionadas pelo critério de simultaneidade (MHPRVG) para o DAP.

Palavras Chaves - Interação genótipo \times ambiente. Parâmetros genéticos. REML/BLUP.

ABSTRACT

An alternative to reduce the influence of G×E interaction is the recommendation of genotypes of wide adaptability and good stability. The purpose of this study was to estimate the genetic variation for survival and silvicultural characters; assess G×E interaction in joint analysis, and study the productivity, stability and adaptability in progenies of *Eucalyptus urophylla* by the Harmonic Mean of Relative Performance of Genetic Values (HMPRGV) method five progenies trials of *E. urophylla*, located in Anhembi-SP, Itatinga-SP, Itamarandiba-MG, Uberaba-MG and Selvíria-MS. The genetic parameters and variance components were estimated by REML/BLUP and genetic gains based on the index multi-effects. The averages for height and DBH were greater in Anhembi (15.0 m, 10.5 cm) and Uberaba (12.5 m, 10.2 cm). The genetic differences were detected at significant test of LRT, coefficients of genetic variation (> 12.2%) and heritability of average progeny (> 0.4). Gains from selection based on DBH ranged from 3.6% (Selvíria) to 19.1 % (Itatinga). The strategy based on a restriction of the number of progenies was more efficient to maintain genetic diversity and variability and maintained an adequate effective size. G×E interaction was the simple type (\hat{r}_{loc} - 78 %) and so there was little change in the ranking of the top 50 selected by the criterion of simultaneity (HMPRGV) for DAP progenies.

Keywords - Genetics parameters. Genotype×environment interaction. REML/BLUP.

4.1 INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas na seleção e recomendação de genótipos é a interação genótipo \times ambiente ($G \times A$). Uma das alternativas para minimizar os efeitos dessa interação, é a escolha simultânea de genótipos de alta produtividade, estabilidade e adaptabilidade (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Na literatura existem vários métodos para quantificação e estudo da interação $G \times A$. Esses métodos evoluíram da análise de variância conjunta de experimentos, passando pelos métodos de estudo de estabilidade e adaptabilidade fenotípica, baseados em análise de regressão, pelos métodos não paramétricos e pelos modelos multiplicativos. Alguns desses procedimentos conduzem a resultados semelhantes, enquanto outros possuem propriedades estatísticas superiores, e existem ainda, aqueles que permitem interpretações mais simples dos resultados (RESENDE, 2004).

A seleção simultânea para produtividade, estabilidade e adaptabilidade, pode ser realizada pelo método de predição da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG), que apresenta as seguintes vantagens, quando comparada a outros métodos: *i*) considera os efeitos genotípicos como aleatórios, fornecendo assim, a estabilidade e adaptabilidade genotípica e não fenotípica; *ii*) permite lidar com desbalanceamento; *iii*) permite lidar com delineamentos não ortogonais; *iv*) permite lidar com a heterogeneidade de variâncias; *v*) considera os erros correlacionados dentro de locais; *vi*) fornece valores genéticos já descontados da instabilidade; *vii*) pode ser aplicado a qualquer número de ambientes; *viii*) permite considerar a estabilidade e adaptabilidade na seleção de indivíduos dentro de progênie; *ix*) gera resultados na própria grandeza ou escala do caráter avaliado (RESENDE, 2004).

Para Pinto Júnior et al. (2006), as estatísticas de média harmônica dos valores genéticos (MHVG), performance relativa dos valores genéticos (PRVG), e média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG) conduzem a resultados coincidentes com os ordenamentos gerados pelo procedimento REML/BLUP. Para estes autores, a seleção baseada nesses critérios simultaneamente foi vantajosa, por ponderar a informação quanto à família e indivíduo, além de propiciar uma seleção otimizada de indivíduos, levando em consideração a adaptabilidade e estabilidade.

De acordo com Resende (2004), no contexto dos modelos mistos, um procedimento interessante é o REML (*Restricted Maximum Likelihood*), que é uma generalização da

ANOVA para situações mais complexas e que permite a estimação dos componentes de variância e parâmetros genéticos para a situação de dados desbalanceados e de heterogeneidade de variâncias. Outro procedimento interessante para a predição de valores genéticos é o BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), sendo mais adequado quando considera os efeitos genotípicos como aleatórios, visando à obtenção dos BLUPs dos referidos efeitos.

De acordo com Silva et al. (2011) a análise REML/BLUP destacou-se das demais, e apesar de não informar sobre agrupamentos de locais mais semelhantes na consideração dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, apresentam resultados em função de valores genotípicos. Sturion e Resende (2005) e Verardi et al. (2009) reforçaram que uma vantagem desse método diz respeito aos resultados, que são fornecidos na própria escala de medição do caráter avaliado, os quais podem ser diretamente interpretados como valores genéticos, o que permite computar o ganho genético no caráter composto pela produtividade, estabilidade e adaptabilidade. Para Rosado et al. (2012) o método MHPRVG deve ser utilizado na recomendação de genótipos por proporcionar a seleção simultânea otimizada.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos foram estimar a variação genética para os caracteres silviculturais e sobrevivência; avaliar a interação $G \times A$ na análise conjunta; e estudar a produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Eucalyptus urophylla* pelo método da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG).

Com base nos parâmetros genéticos obtidos pretende-se responder as seguintes questões:

- i) Qual a magnitude dos coeficientes de variação genética, herdabilidades e acurácias dos caracteres silviculturais avaliados em cada local?
- ii) Qual a magnitude da correlação genética entre os caracteres silviculturais em cada local? Qual o caráter indicado para realizar a seleção em um possível programa de melhoramento? É possível obter respostas correlacionadas para seleção indireta?
- iii) Qual será o ganho de seleção, a diversidade genética e o tamanho efetivo populacional em cada experimento ficará submetido após a seleção e qual a melhor estratégia de seleção para garantir níveis adequados de variabilidade genética?
- iv) Existem ambientes favoráveis ou não para conduzir ensaios de seleção?
- v) Existem genótipos que exibem níveis adequados de produtividade, estabilidade e adaptabilidade simultaneamente e eles podem ser identificados?

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 Localização e caracterização das áreas experimentais

Foram avaliados cinco testes de *Eucalyptus urophylla*, cujas progênes representam uma parte significativa da base genética dessa espécie no país. Estes experimentos foram compostos pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF e fazem parte do Programa Cooperativo de Populações Núcleo (PCPN) do IPEF. As áreas experimentais pertencem a empresas florestais, ao Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP e a Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP. Estas áreas estão localizadas nos municípios de Anhembi-SP, Itatinga-SP, Itamarandiba-MG, Uberaba-MG e Selvíria-MS (Figura 6). O número de progênes foi variável em cada experimento e as características edafoclimáticas pertinentes a cada local, dá uma ideia de abrangência das áreas do estudo (Tabela 1).

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos completos casualizados em todos os testes de progênes. Foram utilizadas quatro repetições e seis plantas por parcela, no espaçamento de 3,0 m x 2,0 m (área de 6,0 m²), nos experimentos em Anhembi-SP, Itatinga-SP e Itamarandiba-MG; em Uberaba-MG foram utilizados oito repetições e cinco plantas por parcela, no espaçamento 3,0 m x 2,0 m; em Selvíria-MS foram utilizadas cinco repetições e cinco plantas por parcela, no espaçamento 3,0 m x 2,5 m (área de 7,5 m²). Devido à idade de avaliação, o efeito dos espaçamentos não teve impacto sobre as características que variam com a competição.

Aos 24 meses de idade foram avaliados os seguintes caracteres: *i*) altura total de plantas (ALT, m) utilizando-se os instrumentos: hipsômetro *Forestor Vertex* composto por um emissor (vertex propriamente dito) e um transponder (mantido a altura de 1,30 m do solo e que funciona como emissor/receptor de ultra-sons), que calcula a altura com funções trigonométricas por meio da determinação de dois ângulos e uma distância horizontal; *ii*) diâmetro a altura do peito (DAP, cm), usando um paquímetro (suta florestal) para obtenção do diâmetro a 1,30 m do solo, onde o instrumento de medição foi mantido paralelo ao solo e perpendicular ao fuste da árvore; *iii*) sobrevivência (SOB, %), atribuindo-se o valor “1” para presença da planta e “0” para ausência da planta; e *iv*) cálculo do volume total da árvore com casca (VOL, m³.árv⁻¹) obtido pela equação: $V = \frac{\pi}{4} \times DAP^2 \times H \times ff$ em que: *DAP* é o diâmetro a altura do peito (m); *H* é a altura total da planta (m); e *ff* é o fator forma considerado como 0,5.

Figura 6- Locais de instalação dos testes de progênies de *Eucalyptus urophylla*.



Fonte: Google Earth (2013).

Tabela 1- Caracterização dos locais de estudo em que estão instalados os testes de progênies de *Eucalyptus urophylla*.

Local	N° de progênies	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Solo	Clima	T.M.A. (°C)	P.M.A. (mm)
Anhembi-SP	167	22°28'	48°07'	472	RQ	Aw	21,8	1300
Itatinga-SP	166	23°13'	48°34'	827	LVAd	Cwa	19,7	1372
Itamarandiba-MG	167	17°45'	42°46'	910	LVA	Cwa	22,6	1100
Uberaba-MG	138	19° 18'	48° 01'	850	LAc	Aw	22,6	1474
Selvíria-MS	166	20°21'	51°24'	375	LVd	Aw	24,8	1309

T.M.A.: Temperatura média anual; P.M.A.: Precipitação média anual; RQ: Neossolo quartzarênico; LVAd: Latossolo Vermelho Amarelo distrófico; LVA: Latossolo Vermelho Amarelo; LAc: Latossolo Amarelo ácrico típico; LVd: Latossolo Vermelho distrófico típico. Aw: clima tropical com estação seca de inverno; Cwa: clima temperado úmido com inverno seco e verão quente.

4.3.2 Estimativas dos parâmetros genéticos

As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas pelo método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), empregando-se o *software* genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP, desenvolvido por Resende (2007a).

Para a avaliação individual de experimentos, as variáveis quantitativas foram analisadas pela metodologia do modelo linear misto (aditivo univariado) – REML/BLUP, aplicado aos testes de progênies de polinização aberta (assumindo progênies de meios-irmãos), delineamento em blocos ao acaso, várias plantas por parcela, em um local e uma única população (Modelo 93), seguindo o procedimento proposto por Resende (2002, 2007b):

$$y = Xr + Za + Wp + \varepsilon;$$

em que: y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetições (fixo) somados a média geral, a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (aleatório), p é o vetor dos efeitos de parcelas (aleatório) e ε é o vetor de erros (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para referidos efeitos.

Também foram realizadas análises conjuntas (modelo 4) dos testes de progênies, tomados dois a dois e envolvendo todos os locais, com base no modelo estatístico (RESENDE, 2007a,b):

$$y = Xr + Za + Wp + Ti + \varepsilon;$$

no que é semelhante ao primeiro modelo, com a inclusão do vetor i , que se refere aos efeitos da interação genótipo \times ambiente (aleatório) da matriz de incidência T , que está associada a esse efeito.

Foram obtidas as seguintes estimativas:

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

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

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

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

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

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

em que: C^{22} e C^{33} vem da inversa de C; C: matriz dos coeficientes das equações de modelo misto; tr : operador traço matricial; $r(x)$: posto da matriz X; N, q, s: números de dados, de indivíduos e de parcelas, respectivamente.

d) Variância fenotípica individual ($\hat{\sigma}_f^2$):

$$\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2 + \hat{\sigma}_e^2;$$

e) Variância fenotípica da análise conjunta ($\hat{\sigma}_F^2$):

$$\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_C^2 + \hat{\sigma}_i^2 + \hat{\sigma}_E^2;$$

em que: $\hat{\sigma}_A^2$ variância genética aditiva; $\hat{\sigma}_C^2$ variância ambiental entre parcelas; $\hat{\sigma}_i^2$ variância da interação G × A; $\hat{\sigma}_E^2$ variância residual (aditiva + não aditiva).

f) Variância da interação genótipo × ambiente ($\hat{\sigma}_i^2$);

g) Herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos:

$$\hat{h}_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_f^2};$$

h) Herdabilidade da média de progênes:

$$\hat{h}_m^2 = \frac{(1/4) \cdot \hat{\sigma}_a^2}{(1/4) \cdot \hat{\sigma}_a^2 + \frac{\hat{\sigma}_c^2}{r} + \frac{(0,75 \cdot \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2)}{n \cdot r}};$$

em que n é o número de plantas por parcela; e r o número de repetições.

i) Herdabilidade aditiva dentro de parcela:

$$\hat{h}_{ad}^2 = \frac{0,75.\hat{\sigma}_a^2}{0,75.\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2};$$

j) Coeficiente de variação genética aditiva individual:

$$CV_{gi} (\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_a^2}}{\hat{m}} .100;$$

em que \hat{m} é a média geral do caráter.

k) Coeficiente de variação genotípica entre progênes:

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

l) Coeficiente de variação experimental:

$$CV_e (\%) = \frac{\sqrt{[(0,75.\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2)/n] + \hat{\sigma}_c^2}}{\hat{m}} .100;$$

m) Coeficiente de variação relativa:

$$CV_r = \frac{CV_{gp}}{CV_e};$$

n) Acurácia da seleção de progênes, assumindo sobrevivência completa:

$$r_{aa} = \sqrt{\hat{h}_m^2};$$

o) Coeficiente de determinação dos efeitos de parcela (\hat{C}_p^2):

$$\hat{C}_p^2 = \frac{\hat{\sigma}_c^2}{\hat{\sigma}_f^2}$$

p) coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo × ambiente (\hat{C}_i^2):

$$\hat{C}_i^2 = \frac{\hat{\sigma}_i^2}{\hat{\sigma}_F^2};$$

q) Correlação genotípica entre o desempenho das progênes nos vários ambientes (\hat{r}_{gloc}):

$$\hat{r}_{gloc} = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_A^2 + 4\hat{\sigma}_i^2}$$

4.3.3 Ganho na seleção pelo método do Índice Multi-efeitos

De acordo com Resende et al. (1995), a adoção de estratégias eficientes de melhoramento florestal, depende do uso de métodos acurados de seleção. Para isso pode-se utilizar o método do Índice Multi-efeitos (IME), que explora frações da variância genética aditiva que não são consideradas na seleção entre e dentro de progênes.

Por sua vez, a seleção precoce, maximiza os resultados da seleção por unidade de tempo e reduz os custos com avaliação e manutenção de testes genéticos. Entretanto, a competição intergenotípica entre as árvores pode influenciar sua eficiência. Para Pavan (2009), essa competição não influenciou a seleção precoce em idades inferiores aos três anos e a competição beneficiou a seleção de indivíduos medianos em progênes superiores, fazendo com que árvores superiores de progênes medianas deixassem de ser selecionadas.

Para estimar o ganho de seleção foram utilizadas duas simulações de estratégias:

i) seleção dos primeiros indivíduos que apresentaram as maiores estimativas de \hat{a} ($= \hat{I}$) não levando em consideração o número de indivíduos que cada progênie pudesse ter ($k_f = \forall$), ou seja, k_f pode assumir qualquer valor k , desde que $k \neq 0$ (S1). O número total de indivíduos selecionados nessa situação foi variável entre os testes de progênes e ficou em função do número de repetições e de progênes em cada um dos locais. Nesse caso, a seleção procurou maximizar o ganho de seleção, não se preocupando com a diversidade genética a qual ficou reduzida o teste de progênes após a seleção;

ii) seleção estabelecendo um valor limite de k_f (S2). Nesse caso, o k_f considerado foi igual ao número de repetições em cada local, buscando desta forma a seleção dos melhores indivíduos dentro de progênes, em cada uma das repetições, em cada local. Nessa situação, procura-se manter certo equilíbrio entre o ganho na seleção e a diversidade genética. Com exceção de Selvíria, todos os outros locais seguiram essa regra para simulação da estratégia adotada. Em razão da baixa sobrevivência dos indivíduos nesse local, algumas progênes não puderam contribuir com cinco indivíduos. Para contornar, selecionou-se um indivíduo a mais entre as nove primeiras progênes, obtidas pelo *ranking* do SELEGEN no item “seleção de

genitores”, sendo elas: 12, 66, 73, 78, 82, 87, 98, 114 e 166.

As estimativas de ganhos de seleção foram baseadas no caráter DAP. Uma das vantagens da seleção pelo método do Índice Multi-efeitos é a redução do peso dado à média geral das progênes, permitindo uma melhor distribuição dos indivíduos selecionados nas várias matrizes. O Índice Multi-efeitos (\hat{I}) é calculado pela seguinte expressão, conforme Resende (2002):

$$\hat{I} = \hat{b}_1 Y_{ijk} + (\hat{b}_2 - \hat{b}_3) \bar{Y}_{i..} + (\hat{b}_3 - \hat{b}_1) \bar{Y}_{ij.} - \hat{b}_3 \bar{Y}_{.j.} + (\hat{b}_3 - \hat{b}_2) \bar{Y}_{...}$$

em que: $\bar{Y}_{...}$: média geral do ensaio; Y_{ijk} : valor individual; $\bar{Y}_{i..}$: média da matriz no ensaio; $\bar{Y}_{ij.}$: média das progênes em determinado bloco (média da parcela); $\bar{Y}_{.j.}$: média do bloco; $\hat{b}_1 = \hat{h}_d$: herdabilidade no sentido restrito dentro de parcelas; $\hat{b}_2 = \hat{h}_m$: herdabilidade no sentido restrito de progênes; $\hat{b}_3 = \hat{h}_p$: herdabilidade no sentido restrito de parcelas.

Com isso, foram obtidas estimativas para os seguintes parâmetros:

a) Tamanho efetivo populacional:

$$N_e = (4.N_f . \bar{k}_f) / [\bar{k}_f + 3 + (\sigma_{kf}^2 / \bar{k}_f)]$$

em que \bar{k}_f é o número médio de indivíduos selecionados por matriz; σ_{kf}^2 é a variância do número de indivíduos selecionados por matriz; e N_f é o número de matrizes selecionadas.

b) Diversidade genética:

$$\hat{D} = N_{ef} / N_{fo}$$

em que N_{ef} é o número de matrizes efetivamente selecionadas, dado por $N_{ef} = (\sum k_f)^2 / (\sum k_f^2)$; e N_{fo} é o número original de matrizes.

c) Ganho de seleção:

$$G_s(\%) = \left(\frac{\sum \hat{a}}{\sum k_f} \times 100 \right) \div \hat{m}$$

em que \hat{a} corresponde ao índice multi-efeitos (\hat{I}); e \hat{m} é a média geral do caráter.

4.3.4 Produtividade, estabilidade e adaptabilidade

As análises referentes à produtividade, estabilidade e adaptabilidade foram obtidas com base no procedimento MHPRVG, empregando o software SELEGEN-REML/BLUP (modelo 51). De acordo com o método, a estabilidade corresponde a Média Harmônica dos Valores Genotípicos nos locais (MHVG); a adaptabilidade refere-se à Performance Relativa dos Valores Genotípicos em relação à média de cada local (PRVG) e a estabilidade, adaptabilidade e produtividade simultaneamente (representada pelo caráter DAP), corresponde a Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genotípicos (MHPRVG). Dessa forma, o modelo estatístico utilizado foi:

$$y = Xr + Zg + Wp + Ti + \varepsilon;$$

em que: y , r , g , i e ε são os vetores de dados referentes aos efeitos de repetição (fixos), genotípico (aleatórios), parcelas (aleatórios), da interação genótipos \times ambientes (aleatórios) e do resíduo (aleatório), respectivamente. X , Z , W e T representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 Análise individual

Para a altura de plantas (ALT) as maiores médias foram verificadas nas localidades de Anhembi-SP (15,03 m) e Uberaba-MG (12,50 m) (Tabela 2). A amplitude de variação para ALT foi alta (5,65 m). Isso demonstra que as progênies em Anhembi apresentaram um crescimento vegetativo maior em relação aos demais locais e provavelmente, boa adaptação às condições edafoclimáticas desse local. Para o diâmetro a altura do peito (DAP) a amplitude de variação foi de 2,76 cm, e os testes de progênies que obtiveram o melhor desempenho foram de Anhembi (10,52 cm) e Uberaba (10,20 cm). Para o caráter volume total da árvore com casca (VOL) as progênies em Itamarandiba ($0,0343 \text{ m}^3 \cdot \text{árv}^{-1}$), Itatinga ($0,0374 \text{ m}^3 \cdot \text{árv}^{-1}$) e Selvíria ($0,0326 \text{ m}^3 \cdot \text{árv}^{-1}$) apresentaram médias similares, divergindo das progênies em Anhembi ($0,0781 \text{ m}^3 \cdot \text{árv}^{-1}$) e Uberaba ($0,0615 \text{ m}^3 \cdot \text{árv}^{-1}$), que se sobressaíram, resultado do crescimento em ALT e DAP.

Para sobrevivência (SOB) os resultados encontrados foram variados (Tabela 2). As maiores médias foram encontradas em Itatinga (94,40%) e Itamarandiba (92,13%). A menor média foi registrada em Selvíria (54,82%), onde verificou-se alta infestação por formigas e cupins no início da instalação do teste e forte ataque de *Costalimaite ferruginea* (besouro amarelo) no primeiro ano.

Em termos de incremento médio anual (IMA), os valores encontrados tanto para ALT como para DAP foram maiores nas progênies em Anhembi (7,52 m – ALT; 5,26 cm – DAP) e Uberaba (6,25 m – ALT; 5,10 cm – DAP). Esses dados apresentam um contraste com valores encontrados na literatura, ressaltando o bom crescimento vegetativo das progênies. Kageyama e Vencovsky (1983) para progênies de *E. grandis* aos dois anos de idade, obtiveram IMA de 6,04 m para ALT e 4,43 cm para DAP; Rosado et al. (2012) em clones de *Eucalyptus* aos três anos de idade, obtiveram 5,53 m para ALT e 3,68 cm para o DAP; Sato et al. (2010) encontraram para progênies de *Corymbia maculata* aos quatro anos de idade, 1,92 m para ALT e 1,90 cm para DAP; Rosado et al. (2009) avaliando progênies de *E. urophylla* obtiveram aos 4,6 anos de idade, 3,61 m para ALT e 2,63 cm para DAP.

O efeito da diferença entre as progênies foi significativo para todos os caracteres silviculturais, em todos os locais estudados, indicando que existem diferenças genéticas significativas e que elas foram detectadas pelo teste da razão de verossimilhança (LRT).

O coeficiente de variação experimental (CV_e) variou de 7,54% (ALT –

Itamarandiba) a 46,36% (SOB – Selvíria) (Tabela 2). Em geral, o CV_e foi considerado como baixo (0 – 10%) ou intermediário (10 – 20%) para 70% dos caracteres, revelando condições experimentais adequadas de controle ambiental. Apesar disso, o VOL foi o caráter que apresentou os maiores coeficientes de variação experimental em todos os locais, onde foram obtidas estimativas maiores que 20%. Na literatura, outros autores também encontraram estimativas altas para VOL, o que é aparentemente normal (SANTOS et al., 2008; FREITAS et al., 2009; ROSADO et al., 2009; MORAES, 2013). Abad (2003) e Batista et al. (2012) explicam que o volume é uma combinação das características de CAP ($\pi \times DAP$) e ALT, acumulando os erros de mensuração destes dois caracteres e por isso o alto CV_e . A SOB em Selvíria apresentou alto CV_e (46,36%), o que pode ser resultado da alta mortalidade de plantas nos estágios iniciais de desenvolvimento, afetando as progênies de forma não aleatória.

Tabela 2- Estimativas de parâmetros genéticos e estatísticos em progênes de *Eucalyptus urophylla* aos 24 meses de idade, em cinco locais diferentes.

Local	Caráter	Média	LRT	CV_e	CV_{gi}	\hat{C}_p^2
Anhembi - SP	ALT (m)	15,03	43,34**	10,46	12,27	0,061
	DAP (cm)	10,52	39,73**	12,35	13,26	0,006
	VOL (m ³ .arv ⁻¹)	0,0781	40,59**	25,83	28,79	0,008
	SOB (%)	86,15	4,76*	18,57	10,37	0,061
Itatinga - SP	ALT (m)	10,60	101,81**	9,53	14,87	0,032
	DAP (cm)	8,76	155,58**	11,19	19,93	0,005
	VOL (m ³ .arv ⁻¹)	0,0374	164,70**	23,27	44,39	0,014
	SOB (%)	94,40	12,00**	10,46	7,57	0,026
Itamarandiba - MG	ALT (m)	11,45	114,43**	7,54	12,37	0,124
	DAP (cm)	8,38	90,59**	8,91	13,36	0,059
	VOL (m ³ .arv ⁻¹)	0,0343	116,88**	20,70	34,42	0,074
	SOB (%)	92,13	3,52 ^{ns}	12,68	6,48	0,028
Uberaba - MG	ALT (m)	12,50	239,21**	10,74	16,44	0,013
	DAP (cm)	10,20	191,99**	12,97	17,73	0,008
	VOL (m ³ .arv ⁻¹)	0,0615	199,61**	26,85	37,60	0,010
	SOB (%)	90,02	75,78**	15,19	13,98	0,021
Selvíria - MS	ALT (m)	9,38	17,34**	14,57	13,74	0,105
	DAP (cm)	7,76	6,58*	19,69	14,39	0,066
	VOL (m ³ .arv ⁻¹)	0,0326	7,97**	41,61	39,19	0,080
	SOB (%)	54,82	36,97**	46,36	42,39	0,128

** significativo a 1% com 1 grau de liberdade; * significativo a 5% com 1 grau de liberdade; ^{ns} não significativo; média do experimento; teste da razão de verossimilhança (LRT); ALT (m); DAP (cm); VOL (m³.arv⁻¹); SOB (%); coeficiente de variação experimental (CV_e); coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}); coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (\hat{C}_p^2).

Para os caracteres ALT, DAP e VOL, o coeficiente de variação experimental (CV_e) foi menor que o coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}), com exceção de Selvíria. Entretanto, é possível afirmar que, apesar das condições ambientais em que as progênies estão submetidas em Selvíria, os indivíduos expressaram sua variação genética, sendo ela detectada por meio do teste da razão de verossimilhança (LRT) (Tabela 2).

O coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}) foi considerado alto para todos os caracteres, com exceção da SOB em Itamarandiba (6,48%). O VOL foi o caráter que apresentou os maiores coeficientes CV_{gi} , indicando ótimo potencial para a seleção. Itatinga (44,39%) e Uberaba (37,60%) foram os locais que apresentaram as maiores estimativas. De acordo com os resultados encontrados, existe variação genética em todos os testes de progênies e, portanto, potencial para utilização dessas progênies em programas de melhoramento.

Comparando os valores do CV_{gi} para *E. urophylla* na literatura, Rocha et al. (2007) encontraram 9,57% (ALT), 12,68% (DAP) e 32,97% (VOL); Rosado et al (2009) obtiveram 3,87% (ALT), 5,16% (DAP) e 12,11% (VOL); Souza et al. (2011) encontraram 5,35% (ALT) e 11,22% (DAP); Moraes (2013) obteve 16,61% (ALT), 28,06% (DAP) e 45,16% (VOL). Todos os autores citados ressaltam a presença de variabilidade genética e a possibilidade de seleção de genótipos superiores.

Em relação ao coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (\hat{C}_p^2), foram considerados como alto a ALT em Itamarandiba (12,4%) e em Selvíria (10,5%), e a SOB (12,8%) em Selvíria (RESENDE, 2002), implicando que no geral, o delineamento de blocos completos casualizados foi eficiente no controle ambiental e que o efeito de bloqueamento não afetou a predição dos parâmetros genéticos (não existência de covariâncias dentro de blocos) para 85% dos caracteres avaliados nos locais. Em Selvíria, a baixa sobrevivência de plantas certamente contribuiu para estimativas mais elevadas do \hat{C}_p^2 (Tabela 2).

A herdabilidade da média de progênies (\hat{h}_m^2) variou de 0,21 (SOB – Itamarandiba) a 0,82 (ALT - Uberaba) – (Tabela 3). Em termos gerais, 70% dos dados apresentaram valores altos para \hat{h}_m^2 , o que mostra o ótimo controle genético das progênies, evidenciando possíveis ganhos mediante aplicação da seleção das melhores progênies como genitores. Considerando

alguns resultados disponíveis na literatura, Rosado et al. (2012) encontraram para clones de *Eucalyptus* aos três anos de idade, valores que variaram de 0,77 (ALT) a 0,87 (DAP), concluindo que a alta magnitude da herdabilidade média dos genótipos, indicou uma condição favorável para seleção de clones com alta acurácia. Pires et al. (2013) encontraram em progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* aos 21 anos, 0,83 para o caráter DAP, indicando a possibilidade de ganhos genéticos promissores já nas primeiras gerações de melhoramento. Moraes (2013) encontrou para *E. urophylla* aos dois anos, valores de 0,76 (ALT), 0,79 (DAP) e 0,88 (VOL), afirmando que por se tratar de uma população em fase inicial de melhoramento esses valores foram altos, sendo que com sucessivas gerações de seleção artificial a tendência é uma redução dos valores do ganho genético.

A herdabilidade individual no sentido restrito (\hat{h}_a^2), que quantifica a importância relativa da proporção aditiva da variância genética que pode ser transmitida para a próxima geração, variou de $0,05 \pm 0,02$ (SOB) a $0,65 \pm 0,08$ (ALT) ambos avaliados em Itamarandiba (Tabela 3). Contudo, até os valores mais baixos foram significativos para os efeitos genotípicos, pois o intervalo de variação difere de zero, reforçando as diferenças genéticas existentes entre os indivíduos. Resende (1995) interpreta como baixa magnitude valores menores que 0,15; medianos no intervalo de $0,15 < \hat{h}_a^2 \leq 0,50$; e como altos valores acima de 0,50. Dessa forma, 30% dos caracteres apresentaram estimativas consideradas como alta, 55% como moderadas e 15% como de baixa magnitude.

A herdabilidade ajustada para os efeitos de parcelas (\hat{h}_{aj}^2) é um parâmetro utilizado quando o coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas é maior que 10%, o que ocorreu somente para ALT (Itamarandiba) e ALT e SOB (ambos Selvíria). Para os demais caracteres, as herdabilidades individuais dos efeitos aditivos não apresentaram diferenças significativas em relação às estimativas de herdabilidade ajustada.

A herdabilidade aditiva dentro de parcelas (\hat{h}_{ad}^2) apresentou valores bem diversificados (Tabela 3). A ALT em Itamarandiba (0,69) foi superior a todos os outros caracteres, seguida pelo VOL (0,54) no mesmo local e pelo VOL (0,50) em Itatinga. Valores dessa magnitude viabilizam a seleção de indivíduos dentro de progênies. Comparando os resultados de herdabilidade, os coeficientes de \hat{h}_{ad}^2 foram similares a \hat{h}_a^2 e inferiores a \hat{h}_m^2 , designando que a seleção com base na média de progênies deve ser mais eficiente que a

seleção dentro de progênies, considerando a mesma intensidade de seleção.

Foram encontradas para 75% dos caracteres avaliados, estimativas consideradas como de alta acurácia ($0,70 \leq r_{\hat{a}a} < 0,90$), indicando boa precisão no acesso à variação genética verdadeira a partir da variação fenotípica observada para o caráter (Tabela 3). Apenas a SOB em Anhembi (48,74%) e Itamarandiba (45,51%) as estimativas foram consideradas de baixa magnitude ($0,10 < r_{\hat{a}a} < 0,50$). Resende et al. (1995) definem a acurácia ($r_{\hat{a}a}$) como sendo a razão entre o valor genético verdadeiro do indivíduo e o índice fenotípico usado para estimá-lo, e citam que este parâmetro é diretamente proporcional ao ganho genético. Para Resende e Duarte (2007) a acurácia é tanto mais alta, quanto menor forem os desvios absolutos entre os valores genéticos paramétricos e os valores genéticos estimados ou preditos.

O coeficiente de variação relativa (CV_r) parâmetro que indica a razão entre o coeficiente genotípico do indivíduo e o coeficiente experimental utilizado para estimá-lo variou de 0,26 (SOB – Itamarandiba) a 0,95 (VOL – Itatinga). Caracteres que possuem valores próximos ou superiores à unidade são indicados para seleção (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Dessa forma, o VOL seria indicado para seleção em Itatinga (0,95), Itamarandiba (0,83) e Selvíria (0,47). Para este último local, como a ALT e VOL possuem valores relativamente próximos, o VOL seria escolhido devido ao CV_{gi} ser três vezes maior que o CV_{gi} da ALT, ou seja, por existir mais variabilidade genética para ser explorada. Em Anhembi (0,59) e Uberaba (0,76) o caráter indicado seria a ALT.

Tabela 3- Estimativas de parâmetros genéticos em progênes de *Eucalyptus urophylla* aos 24 meses de idade, em cinco locais diferentes.

Local	Caráter	$r_{\hat{a}a}$	CV_r	\hat{h}_a^2	\hat{h}_{ij}^2	\hat{h}_m^2	\hat{h}_{ad}^2
Anhembi - SP	ALT	0,7609	0,59	0,28±0,05	0,30	0,58	0,24
	DAP	0,7319	0,54	0,19±0,04	0,19	0,54	0,15
	VOL	0,7443	0,56	0,20±0,04	0,21	0,55	0,16
	SOB	0,4874	0,28	0,07±0,02	0,07	0,24	0,05
Itatinga - SP	ALT	0,8419	0,78	0,43±0,06	0,44	0,71	0,37
	DAP	0,8718	0,89	0,48±0,06	0,48	0,76	0,41
	VOL	0,8856	0,95	0,56±0,07	0,57	0,78	0,50
	SOB	0,5862	0,36	0,10±0,03	0,10	0,34	0,08
Itamarandiba - MG	ALT	0,8538	0,82	0,65±0,08	0,75	0,73	0,69
	DAP	0,8321	0,75	0,44±0,06	0,47	0,69	0,40
	VOL	0,8570	0,83	0,57±0,07	0,61	0,73	0,54
	SOB	0,4551	0,26	0,05±0,02	0,05	0,21	0,04
Uberaba - MG	ALT	0,9077	0,76	0,44±0,05	0,44	0,82	0,38
	DAP	0,8883	0,68	0,35±0,05	0,36	0,79	0,29
	VOL	0,8926	0,70	0,37±0,05	0,37	0,80	0,31
	SOB	0,7931	0,46	0,18±0,03	0,18	0,63	0,14
Selvíria - MS	ALT	0,7256	0,47	0,24±0,06	0,27	0,53	0,22
	DAP	0,6328	0,37	0,13±0,04	0,14	0,40	0,11
	VOL	0,6857	0,47	0,22±0,07	0,24	0,47	0,19
	SOB	0,7149	0,46	0,24±0,04	0,28	0,51	0,22

Acurácia ($r_{\hat{a}a}$); coeficiente de variação relativa (CV_r); herdabilidade individual no sentido restrito (\hat{h}_a^2); herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcelas (\hat{h}_{ij}^2); herdabilidade da média de progênes (\hat{h}_m^2); herdabilidade aditiva dentro de parcelas (\hat{h}_{ad}^2).

Verificou-se que em todos os locais houve presença de forte correlação, ou então, alto grau de associação genética entre dois caracteres quantitativos (Tabela 4). De acordo com Vencovsky (1978) quando ocorrem correlações de alta magnitude entre um par de caracteres, os mesmos podem ser considerados como uma única seleção, sem grande prejuízo para qualquer um desses caracteres.

A correlação entre o DAP e o VOL foi a mais forte para todos os locais (acima de 0,95), indicando que a seleção do caráter DAP proporcionará por meio da seleção indireta, ganhos elevados para o VOL.

Martinez et al. (2012) afirmam que o diâmetro é mais correlacionado com o volume do que a altura, pois é expresso pelo quadrado do diâmetro. Este fator o torna mais relevante para indicá-lo para seleção. Além disso, esse caráter é mensurado com maior precisão no campo, não sofrendo com variações ambientais no momento da coleta de dados, como por exemplo, o vento.

Correlações genéticas envolvendo o caráter SOB foram as que apresentaram as menores estimativas e não apresentaram impacto no crescimento. Para Selvíria, esse fato foi interessante, pois o espaçamento maior devido ao alto número de falhas, não afetou o desenvolvimento das plantas, ou seja, não favoreceu o crescimento superior. Isso por que aos dois anos, o dossel não se encontrava completamente fechado, e, portanto, não havia competição entre as plantas.

Tabela 4- Correlações genéticas entre altura de plantas (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), volume total com casca (VOL) e sobrevivência (SOB) para cada um dos locais de estudo de *Eucalyptus urophylla*, aos 24 meses de idade.

Local	DAP- ALT	DAP- VOL	DAP- SOB	ALT- VOL	ALT- SOB	VOL- SOB
Anhembi - SP	0,84	0,95	0,31	0,89	0,28	0,31
Itatinga - SP	0,89	0,97	0,28	0,87	0,39	0,26
Itamarandiba - MG	0,85	0,97	0,07	0,91	0,13	0,06
Uberaba - MG	0,91	0,97	0,31	0,90	0,34	0,26
Selvíria - MS	0,91	0,97	0,13	0,90	0,18	0,18

4.4.2 Análise conjunta

A significância dos efeitos genéticos e dos efeitos da interação foi avaliada pela análise de deviance (ANADEV) por meio do teste da razão de verossimilhança (LRT), para os caracteres altura de plantas (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), volume total da árvore com casca (VOL) e sobrevivência (SOB) - (Tabela 5).

O teste de LRT mostrou-se significativo para os efeitos de progênies, indicando a existência de diferenças genéticas, e, portanto, a possibilidade de se obter ganhos com a seleção, explorando a variabilidade genética existente entre elas (Tabela 5). Para os efeitos de parcelas, verificou-se significância para ALT e SOB, revelando a existência de heterogeneidade entre os blocos, considerando todos os experimentos envolvidos.

Em todos os caracteres avaliados houve significância dos efeitos da interação genótipo \times ambiente (Prog \times Loc), indicando que existem diferenças significativas das progênies dentro de cada ambiente e isso justifica a importância dos estudos envolvendo estabilidade e adaptabilidade (Tabela 5).

Tabela 5- Análise de deviance (ANADEV) para caracteres quantitativos em progênies de *Eucalyptus urophylla*, aos 24 meses de idade, em cinco locais diferentes.

Fonte de Variação	LRT			
	ALT	DAP	VOL	SOB
Progênies	248,89*	250,21*	220,17*	46,54*
Parcela	64,68*	3,73 ^{ns}	5,20 ^{ns}	165,96*
Prog \times Loc	46,75*	38,38*	46,79*	49,63*

LRT: teste da razão de verossimilhança; valores tabelados de qui-quadrado: 6,63 (* significativo a 1% com 1 grau de liberdade); ^{ns} não significativo.

De acordo com as estimativas de parâmetros genéticos e componentes de variância para análise conjunta dos cinco experimentos, o coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (\hat{C}_p^2) apresentou valores de baixa magnitude, indicando que o delineamento de blocos casualizados foi eficiente no controle ambiental (Tabela 6).

O coeficiente de determinação da interação genótipo \times ambiente (\hat{C}_i^2), que quantifica a parcela da variação total (fenotípica) que é representada pela variação da interação G \times A, apresentou um intervalo de variação de 1,72% a 2,36% (Tabela 6). Esses

valores foram baixos e conduziram a altos valores de correlação genotípica entre o desempenho das progênes e os ambientes (\hat{r}_{gloc}) - 78,0% - DAP; 76,0% - ALT; 75,0% - VOL, indicando que a interação é do tipo simples. Dessa forma, o *ranking* dos genótipos nos diferentes ambientes pode ser o mesmo, e com isso, espera-se a seleção de indivíduos amplamente adaptados.

Moraes (2013) avaliando três testes de progênes de *E. urophylla*, aos 12 e 24 meses de idade, encontraram valores para \hat{r}_{gloc} acima de 60% para ALT e DAP, concluindo que a interação G×A foi do tipo simples. Segundo o autor, isso ocorre quando os genótipos apresentam diferentes comportamentos nos diferentes tipos de ambiente, mas a classificação de produtividade dos genótipos não é alterada nos ambientes.

O coeficiente de herdabilidade individual no sentido amplo (\hat{h}_g^2), razão da variância genotípica e variância fenotípica, foi de baixa magnitude (Tabela 6). Entretanto, foi considerado significativo para todos os caracteres, com exceção da SOB (0,02±0,03). Isso reafirma as diferenças entre os indivíduos nos locais, considerando os caracteres silviculturais. Já o coeficiente de herdabilidade da média de progênes (\hat{h}_{mg}^2) foi alto (> 0,56 - SOB), assim a maior parte da variação total observada é de natureza genética e conduziu a estimativas elevadas de acurácia (> 75,22% - SOB), indicando alto controle genético dos caracteres e a possibilidade de ganhos de seleção ao nível de média de progênes, se a seleção for baseada na análise conjunta.

O coeficiente de variação genotípica (CV_{gi}) mostrou-se mais alto para o VOL e baixo para os demais caracteres (Tabela 6). Martinez et al. (2012) verificaram a mesma tendência de redução em *Pinus taeda* para ALT e DAP. Os autores citaram que as diferenças obtidas entre os componentes de variância por meio das análises conjunta e individuais, se devem ao fato da análise conjunta gerar componentes médios entre os locais.

Por meio dos resultados obtidos, é possível afirmar que existe interação G×A e ela é do tipo simples para os caracteres relacionados à produtividade. A diferença constatada entre os genótipos nos diferentes ambientes ressalta a importância dos estudos de estabilidade e adaptabilidade, e também a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos com a seleção de progênes para locais com adaptação ampla ou restrita.

Tabela 6- Estimativas de parâmetros genéticos e componentes de variância em progênes de *Eucalyptus urophylla* aos 24 meses de idade, para análise conjunta de cinco experimentos.

Estimativas	ALT (m)	DAP (cm)	VOL (m ³ .arv ⁻¹)	SOB (%)
\hat{h}_g^2	0,07±0,01	0,06±0,01	0,06±0,01	0,02±0,003
\hat{h}_{mg}^2	0,86	0,86	0,84	0,56
\hat{C}_p^2	0,044	0,011	0,013	0,066
\hat{C}_i^2	0,024	0,017	0,020	0,024
$r_{\hat{a}a}$	0,9252	0,9267	0,9195	0,7522
\hat{r}_{gloc}	0,76	0,78	0,75	0,43
CV_{gi}	6,34	7,40	16,27	5,28
CV_e	10,11	12,05	27,36	18,45
Média	11,78	9,21	0,0492	83,40

\hat{h}_g^2 herdabilidade individual no sentido amplo; \hat{h}_{mg}^2 herdabilidade da média de progênes; \hat{C}_p^2 coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; \hat{C}_i^2 coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo × ambiente; $r_{\hat{a}a}$ acurácia da seleção de genótipos; \hat{r}_{gloc} correlação genotípica entre o desempenho das progênes nos vários ambientes; CV_{gi} coeficiente de variação genotípica; CV_e coeficiente de variação experimental; e média geral dos cinco experimentos.

4.4.3 Correlações genéticas entre ambientes

O teste da razão de verossimilhança (LRT) foi significativo para ALT, DAP e VOL em todos os pares de ambientes, indicando que existem diferenças genéticas nas progênes entre os locais analisados (Tabelas 7).

Altos valores foram encontrados para a correlação genotípica entre o desempenho das progênes nos vários ambientes (\hat{r}_{gloc}), sugerindo haver baixa interação G×A nos locais de instalação dos testes. Em geral, para os caracteres de silviculturais (ALT, DAP e VOL), o \hat{r}_{gloc} foi de alta magnitude, reportando alto nível de interação simples. Para Resende (2002), quando o objetivo é a seleção de materiais estáveis (seleção pela média de locais) pode-se adotar uma única população de melhoramento, se o valor de \hat{r}_{gloc} obtido para o caráter for maior que 0,70.

Entre os pares de locais que envolvem a combinação de Itamarandiba com Itatinga, Uberaba e Selvíria, obtiveram-se estimativas de menor magnitude para \hat{r}_{gloc} (Tabela 7). Itamarandiba foi o local que mais interagiu com os demais. Esses resultados podem ser justificados pelas diferenças climáticas de Itamarandiba (alto vale do Jequitinhonha) em relação a outros locais. Itamarandiba e Itatinga possuem tipo climático classificado por Köppen como Cwa, enquanto os demais se enquadram no tipo Aw. A comparação entre esses dois tipos, indica precipitação anual total variando de 1000 a 1300 mm para Cwa e 1300 a 1600 mm para Aw e temperatura média anual varia de valores próximos a 20°C para Cwa e próximos a 25°C para Aw. Além disso, o tipo climático Cwa está inserido em regiões com altitude variando de 500 a 1000 m, enquanto Aw está localizado em regiões abaixo de 500 m (ALVARES et al., 2013). Entretanto, nota-se que a correlação envolvendo Itatinga e Itamarandiba, locais que apresentam o mesmo tipo climático, foi baixa, indicando que a interação entre eles é do tipo complexa. Este fato pode ser atribuído a diferenças nas condições meteorológicas, que afetaram as progênies durante os dois anos de idade.

Em relação à combinação entre Itamarandiba e Selvíria, o baixo valor de \hat{r}_{gloc} para os caracteres avaliados, indicou que a interação entre eles foi do tipo complexa, sugerindo que não se deve proceder a seleção de materiais genéticos em Itamarandiba para plantios em Selvíria, e vice-versa (Tabela 7). Assim, considerando a região que abrange Itamarandiba, o viável seria o estabelecimento de uma zona de melhoramento singular, identificando para este ambiente, genótipos produtivos, estáveis e de adaptabilidade específica, visando capitalizar os efeitos da interação. Isso está de acordo com Kang et al. (2006) que sugerem que, quando são encontradas baixas estimativas para a correlação genética entre ambientes (\hat{r}_{gloc}), o indicado é proceder as análises de adaptabilidade e estabilidade, pois elas proporcionarão uma análise refinada do comportamento dos genótipos nos diferentes ambientes. Adicionalmente, verificou-se que Anhembi foi o ambiente que apresentou as maiores correlações com os demais locais. Assim, Anhembi seria indicado como o local ideal para a condução de ensaios em que o objetivo de seleção de genótipos seja atender os demais locais.

De acordo com Resende (2005), a estratificação dos locais de plantio, na definição das zonas de melhoramento, permite que a interação $G \times A$ não seja problemática para o melhorista, pois ela será desprezível. Nesses casos, uma única seleção poderá ser realizada, pois a alta correlação genética entre os pares de locais revela que o material de melhor

desempenho em um ambiente, tenderá a ser melhor também em outro ambiente (RESENDE, 2005). Dessa forma, considerando o caráter DAP, 80% dos pares de locais poderiam ser incluídos em uma mesma zona de melhoramento. Para a ALT esse valor seria de 70% e para o VOL 60%.

Na análise de ambientes dois a dois, Santos et al. (2013) observou para a produtividade em volume de clones de *Eucalyptus*, que em Cambará e Fortaleza (0,67), um mesmo grupo de clones pode ser selecionado para o plantio. Porém, para Capivara e São João (0,35), os clones que irão proporcionar maiores ganhos genéticos não serão os mesmos para esses dois locais.

Souza et al. (1993) encontraram para altura e diâmetro de *E. pilularis* em oito ambientes, correlações genéticas de alta e baixa magnitude. Esses autores consideraram que deveriam ser estabelecidas três zonas de melhoramento, sendo que para Mogi-Guaçu-SP deveria ser considerada uma zona específica. Martinez et al. (2012) concluíram que dos cinco locais de experimentação de *Pinus taeda*, quatro foram altamente correlacionados, significando uma coincidência de oito progênies dentre as dez melhores, considerando o caráter DAP. Duda (2003) avaliando ALT, DAP e VOL em *P. taeda*, concluiu que a alta correlação genética permite o estabelecimento de um único pomar clonal de sementes e de uma única população selecionada, para a geração de material melhorado para três locais.

Tabela 7- Estimativas do teste da razão de verossimilhança (LRT) e coeficiente de correlação genotípica (\hat{r}_{gloc}) entre pares de locais, em cinco testes de progênies de *Eucalyptus urophylla*, avaliados aos 24 meses de idade. 1: Anhembi-SP; 2: Itatinga-SP; 3: Itamarandiba-MG; Uberaba-MG; Selvíria-MS.

Caráter	Parâmetro	Pares de locais									
		1x2	1x3	1x4	1x5	2x3	2x4	2x5	3x4	3x5	4x5
ALT	LRT	53,58**	35,31**	64,73**	25,81**	24,23**	67,59**	32,11**	34,03**	124,46**	38,15**
	\hat{r}_{gloc}	0,86	0,73	0,88	0,83	0,53	0,83	0,75	0,65	0,49	0,77
DAP	LRT	71,44**	31,94**	51,70**	25,75**	34,16**	62,01**	42,06**	22,67**	84,54**	43,95**
	\hat{r}_{gloc}	0,94	0,73	0,86	0,90	0,59	0,81	0,83	0,57	0,35	0,87
VOL	LRT	50,57**	23,76**	49,54**	17,68**	46,10**	61,56**	34,84**	22,53**	102,62**	30,14**
	\hat{r}_{gloc}	0,85	0,64	0,83	0,84	0,65	0,82	0,72	0,56	0,20	0,78
SOB	LRT	9,69**	2,44 ^{ns}	18,47**	8,48**	4,11*	21,31**	2,94 ^{ns}	12,40**	32,00**	4,52*
	\hat{r}_{gloc}	0,78	0,51	0,72	0,53	0,57	0,75	0,30	0,63	0,41	0,29

* significativo a 5% com 1 grau de liberdade; ** significativo a 1% com 1 grau de liberdade.

4.4.4 Ganho de seleção pelo método do Índice Multi-efeitos

Devido a correlação de alta magnitude entre DAP e VOL, procedeu-se o estabelecimento das estratégias de seleção com base no DAP. Para a estratégia S1 observou-se grande amplitude de variação para o ganho genético (\hat{G}_s) - 12,75%, indicando que os ganhos nos testes de progênies são bem distintos (Tabela 9). Os ganhos mais expressivos foram observados em Itatinga (19,09%) e Uberaba (14,44%). Devido à simulação de estratégia adotada, a diversidade genética (\hat{D}) foi de média magnitude, oscilando de 0,35 (Anhembi) a 0,50 (Selvória), e isso indica que algumas progênies contribuem com mais indivíduos do que outras. O tamanho efetivo populacional (N_e) foi maior em Selvória (≈ 258) e Itamarandiba (≈ 221) e menor em Anhembi (≈ 58). Dessa forma, a representação genética após a seleção seria maior em Selvória e Itamarandiba e muito pequena em Anhembi, restringindo muito a base genética nesse local.

Considerando a estratégia S2, também os maiores ganhos genéticos foram observados em Itatinga (13,11%) e Uberaba (9,60%) (Tabela 10). O N_e foi maior em Selvória (413) e menor em Itatinga (≈ 379). A diversidade genética foi à mesma ($\hat{D} = 1,00$) em todos os locais. Isso por que todas as famílias contribuíram com o mesmo número de progênies, com exceção de Selvória, onde nove progênies ficaram representadas por seis indivíduos e não por cinco.

Desse modo, a seleção baseada na escolha dos melhores indivíduos (S1), permitiu a obtenção dos maiores ganhos. Em contra partida e como esperado, a diversidade genética e o tamanho efetivo foram baixos, fatores inviáveis, considerando que os testes de progênies estudados devam reter níveis adequados de variabilidade genética para serem transformados no futuro em pomares de sementes por mudas. Nesse caso, a baixa diferenciação genética eleva os níveis de endogamia e perda de heterozigosidade na geração seguinte. Isso possibilita o aumento da expressão de genes deletérios, letais e semi-letais, combinados em homozigose nos genótipos, o que pode resultar em depressão endogâmica e perda de vigor nas plântulas.

Portanto, a estratégia de seleção baseada na restrição do número de indivíduos selecionados por progênie, embora reduza o ganho genético esperado na população selecionada, contribuiu para a conservação do material genético de todas as progênies e manteve um tamanho efetivo populacional adequado, para que no futuro os genótipos superiores estejam disponíveis para o cruzamento entre indivíduos, como por exemplo, para a

formação de pomares de sementes por mudas, ou identificação de indivíduos superiores para formação de pomares *in door*, ou para propagação vegetativa dos melhores indivíduos.

Tabela 8- Estratégia de seleção (S1) dos melhores indivíduos ($k_f = \forall$) em cinco testes de progênies de *Eucalyptus urophylla*, para o caráter DAP, avaliado aos 24 meses de idade.

Anhembi-SP		Itatinga-SP		Itamarandiba-MG		Uberaba-MG		Selvíria-MS	
Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f
3	16	3	4	3	3	4	1	1	1
6	10	7	3	5	1	11	7	3	2
7	1	9	1	6	4	12	3	4	8
9	1	11	2	7	4	13	3	7	8
11	12	12	2	10	2	14	3	8	1
12	4	15	3	11	3	15	6	10	4
13	1	18	3	12	7	35	2	11	4
14	5	20	2	13	1	38	1	12	16
15	19	28	5	15	1	41	1	13	12
16	2	36	5	20	1	43	1	17	1
18	6	45	2	22	1	47	6	19	1
19	1	47	7	23	2	48	25	20	2
20	1	48	21	24	1	49	9	21	3
26	6	49	2	32	1	50	17	22	16
28	1	50	7	34	2	51	2	24	4
29	1	51	3	45	1	53	15	25	1
30	7	52	6	47	17	54	13	28	3
47	16	53	4	48	6	55	4	31	3
48	11	54	6	49	10	56	7	32	2
49	5	55	11	50	4	57	28	34	2
n	668		664		668		1104		830
N_{fo}	167		166		167		138		166
N_f	93		99		117		98		132
\bar{k}_f	7,18		6,71		5,71		11,27		6,29
$\hat{\sigma}_{kf}^2$	31,46		28,00		19,45		82,09		22,43
N_e	58,01		191,32		220,54		204,89		257,61
$\mu(cm)$	10,52		8,76		8,38		10,20		7,76
$\hat{a}(cm)$	0,97		1,67		1,04		1,47		0,49
$\hat{G}_s(\%)$	9,22		19,09		12,35		14,44		6,34
\hat{D}	0,35		0,37		0,44		0,43		0,50

Número de indivíduos selecionados (n); nº original de famílias (N_{fo}); nº de famílias selecionadas (N_f); nº médio de indivíduos selecionados por família (\bar{k}_f); variância do nº de indivíduos selecionados por família ($\hat{\sigma}_{kf}^2$); tamanho efetivo populacional (N_e); média do experimento para o DAP (μ); índice multi-efeitos (\hat{a}); ganho de seleção (\hat{G}_s); diversidade genética (\hat{D}).

Tabela 9- Estratégia de seleção (S2) com restrição (k_f fixo) em cinco testes de progênies de *Eucalyptus urophylla*, para o caráter DAP, avaliado aos 24 meses de idade.

Anhembi - SP		Itatinga - SP		Itamarandiba-MG		Uberaba - MG		Selvíria - MS	
Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f	Prog	k_f
1	4	1	4	1	4	1	8	1	5
2	4	2	4	2	4	2	8	2	5
3	4	3	4	3	4	3	8	3	5
4	4	4	4	4	4	4	8	4	5
5	4	5	4	5	4	5	8	5	5
6	4	6	4	6	4	6	8	6	5
7	4	7	4	7	4	7	8	7	5
8	4	8	4	8	4	8	8	8	5
9	4	9	4	9	4	10	8	9	5
10	4	10	4	10	4	11	8	10	5
11	4	11	4	11	4	12	8	11	5
12	4	12	4	12	4	13	8	12	6
13	4	13	4	13	4	14	8	13	5
14	4	14	4	14	4	15	8	14	5
15	4	15	4	15	4	31	8	15	5
16	4	16	4	16	4	33	8	16	5
17	4	17	4	17	4	34	8	17	5
18	4	18	4	18	4	35	8	18	5
19	4	19	4	19	4	36	8	19	5
20	4	20	4	20	4	37	8	20	5
n	668		664		668		1104		830
N_{fo}	167		166		167		138		166
N_f	167		166		167		138		166
\bar{k}_f	4		4		4		8		5
$\hat{\sigma}_{kf}^2$	0		0		0		0		0,19
N_e	381,71		379,43		381,71		401,45		413,00
$\mu(cm)$	10,52		8,76		8,38		10,20		7,76
$\hat{a}(cm)$	0,56		1,15		0,73		0,98		0,28
$\hat{G}_s(\%)$	5,34		13,11		8,75		9,60		3,61
\hat{D}	1,00		1,00		1,00		1,00		0,99

Número de indivíduos selecionados (n); nº original de famílias (N_{fo}); nº de famílias selecionadas (N_f); nº médio de indivíduos selecionados por família (\bar{k}_f); variância do nº de indivíduos selecionados por família ($\hat{\sigma}_{kf}^2$); tamanho efetivo populacional (N_e); média do experimento para o DAP (μ); índice multi-efeitos (\hat{a}); ganho de seleção (\hat{G}_s); diversidade genética (\hat{D}).

4.4.5 Produtividade, estabilidade e adaptabilidade

Com base nos parâmetros de estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG) e simultaneamente para produtividade (representada pelo DAP), estabilidade e adaptabilidade (MHPRVG) foram selecionadas 50 progênies, de acordo com o ordenamento do Selegen (Tabela 11, Anexo 3).

Considerando o critério MHPRVG, as seis primeiras progênies (74, 85, 66, 78, 75 e 59) coincidiram 100% quando comparadas com a análise conjunta dos cinco testes de progênies de *E. urophylla* (Tabela 11). Para as 20 melhores progênies a coincidência no ordenamento foi de 70% e para a seleção das 50 melhores progênies esse valor foi de 40% (Anexo 3). Esses resultados indicam que as progênies mais produtivas são também as que apresentaram comportamento mais estável e de maior adaptabilidade, principalmente se considerar a seleção das 20 primeiras.

De modo geral, houve poucas alterações no ordenamento das progênies. Isso se deve a correlação de alta magnitude do comportamento genético das progênies entre os ambientes (\hat{r}_{gloc}), sugerindo que os métodos MHVG, PRVG e MHPRVG apresentam concordância no ordenamento dos materiais genéticos e a utilização desses atributos ou critérios de seleção, propiciam um refinamento na seleção, na inferência de predições seguras sobre os valores genéticos e simultaneamente para produtividade, estabilidade e adaptabilidade (PINTO JÚNIOR et al., 2006; RESENDE, 2007).

Em termos de estabilidade (MHPR) e considerando as 50 primeiras progênies, a coincidência com o ordenamento verificado na análise conjunta foi de 32%. As progênies mais produtivas e estáveis foram: 74, 85, 66, 78, 75, 56, 92, 64, 79, 93, 84, 167, 77, 94, 108 e 71. Para a adaptabilidade (PRVG), a coincidência no ordenamento das mais produtivas e adaptadas foi de 40% e as progênies 74, 85, 66, 78, 75, 59, 48, 92, 47, 64, 61, 82, 79, 93, 88, 166, 99, 67, 153 e 65, coincidem 100% com as progênies selecionadas pelo critério MHPRVG. Considerando as 50 progênies, o ordenamento para produtividade e adaptabilidade coincide para 88% das progênies.

Avaliando 150 progênies de *E. grandis*, Miranda (2012) encontrou coincidência de 100% na classificação das dez primeiras progênies aos 12 meses de idade (13, 163, 15, 14, 139, 29, 30, 131, 22 e 107), considerando os critérios MHVG, PRVG e MHPRVG. Para os 24 meses de idade, a coincidência na classificação também foi de 100% considerando as dez primeiras progênies (163, 15, 131, 14, 152, 13, 98, 29, 139 e 30). De acordo com o autor, a

alteração ter sido pequena no ordenamento de um ano para outro, foi devido à correlação positiva e de alta magnitude para o comportamento genotípico das progênies nos quatro ambientes estudados.

Em *E. urophylla*, Moraes (2013) verificou que mesmo não obedecendo 100% de coincidência no ordenamento das 50 primeiras progênies pelo método MHPRVG, as melhores coincidiram com a análise conjunta de todos os locais, afirmando que isso é um bom sinal, pois indica que as melhores progênies são também as mais estáveis e adaptadas. Além disso, quatro progênies foram recomendadas para plantios em vários ambientes e também como fonte de genes para cruzamentos controlados visando a tolerância a geadas.

Para produtividade, estabilidade e adaptabilidade (MHPRVG), a média das seis melhores progênies foi aproximadamente 13% superior à média geral dos cinco experimentos para o DAP (9,21 cm) (Tabela 11). Para a seleção das 20 primeiras progênies, a média foi 10,4% superior e para as 50 primeiras esse valor foi 8,1%, em relação à média da análise conjunta (Anexo 3). De acordo com Carbonell et al. (2007), o valor de MHPRVG*MG fornece o valor genotípico médio das progênies nos locais avaliados já penalizados pela instabilidade e capitalizado pela adaptabilidade.

Tabela 10- Seleção das melhores progênies de *Eucalyptus urophylla* com base no DAP, para estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG) e simultaneamente para produtividade, estabilidade e adaptabilidade (MHPRVG), aos 24 meses de idade.

Prog	MHVG	Prog	PRVG	PRVG*MG	Prog	MHPRVG	MHPRVG*MG
74	10,4150	74	1,1581	10,6708	74	1,1580	10,6694
85	10,1.503	85	1,1288	10,4008	85	1,1286	10,3989
66	10,1080	66	1,1249	10,3643	66	1,1242	10,3587
78	10,1025	78	1,1236	10,3528	78	1,1223	10,3405
75	10,0737	75	1,1198	10,3173	75	1,1195	10,3146
59	10,0236	59	1,1153	10,2760	59	1,1152	10,2750
47	9,9134	48	1,1024	10,1572	92	1,1021	10,1549
92	9,9118	92	1,1024	10,1569	48	1,1021	10,1547
48	9,9018	47	1,1023	10,1562	47	1,1020	10,1537
64	9,8825	64	1,0993	10,1290	64	1,0992	10,1278
82	9,8777	61	1,0988	10,1242	61	1,0984	10,1208
61	9,8700	82	1,0982	10,1186	82	1,0973	10,1104
79	9,8265	79	1,0936	10,0759	79	1,0935	10,0752
93	9,8028	93	1,0912	10,0538	93	1,0911	10,0531
84	9,7798	81	1,0892	10,0354	81	1,0888	10,0324
167	9,7784	84	1,0885	10,0291	167	1,0879	10,0240
77	9,7649	167	1,0880	10,0250	84	1,0878	10,0224
87	9,7542	77	1,0860	10,0067	77	1,0857	10,0035
94	9,7463	87	1,0842	9,9896	94	1,0835	9,9836
154	9,7441	94	1,0837	9,9852	87	1,0830	9,9788

5 CAPÍTULO II**PRODUTIVIDADE, ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE EM PROGÊNIES DE*****Eucalyptus urophylla* UTILIZANDO A METODOLOGIA AMMI*****(Additive Main effects and Multiplicative Interaction)***

RESUMO

A recomendação de genótipos produtivos e de ampla adaptabilidade e estabilidade é essencial para regiões com diferentes ambientes produtivos ou com estações climáticas marcantes. Assim, o objetivo deste estudo foi estimar a significância da interação $G \times A$ por meio da análise de variância conjunta em cinco testes de progênies de *Eucalyptus urophylla*, localizados em Anhembi-SP, Itatinga-SP, Itamarandiba-MG, Uberaba-MG e Selvíria-MS e avaliar a produtividade, estabilidade e adaptabilidade das progênies, utilizando a metodologia *Additive Main effects and Multiplicative Interaction* (AMMI). Anhembi e Uberaba foram os ambientes mais favoráveis ao conjunto de progênies. O ambiente mais instável foi Selvíria. A média para o DAP foi de 4,21 cm. Itamarandiba foi considerado o ambiente estável e desfavorável ao desempenho produtivo do conjunto de progênies (7,81 cm). Foi possível identificar as progênies mais estáveis (74 progênies) sendo que 34 dessas progênies eram estáveis e produtivas (45,9%). As seis melhores progênies foram 16,2% superiores em relação a média geral dos cinco experimentos (7,90 cm). Houve interação do tipo específica e positiva, sugerindo que entre progênies e locais existem adaptabilidade específica. O método AMMI permitiu uma análise bastante visual do comportamento dos genótipos nos gráficos biplot's.

Palavras Chaves: Adaptabilidade específica. Gráfico biplot. Interação genótipo \times ambiente.

ABSTRACT

The recommendation of productive genotypes and wide adaptability and stability is essential for productive regions with different environments or with marked seasons. The aim of this study was to estimate the significance of the G×E interaction through analysis of variance in five progenies trials of *Eucalyptus urophylla*, located at Anhembi-SP, Itatinga-SP, Itamarandiba-MG, Uberaba-MG and Selvíria-MS, and evaluate the productivity, stability and adaptability in the progenies using the methodology Additive Main effects and Multiplicative Interaction (AMMI). Anhembi and Uberaba environments were more favorable to the set of progenies. The most unstable environment was Selvíria (average for DAP - 4.21 cm). Itamarandiba was considered stable and unfavorable production performance of all progenies (7.81 cm) environment. It was possible to identify the most stable progenies (74 progenies) and that 34 of these progenies were stable and productive (45.9 %). The top six progenies were 16.2 % higher than the general average of five experiments (7.90 cm). There was an interaction of the specific type and positive, suggesting that among them there are specific adaptability. The AMMI method allowed a very visual analysis of the behavior of genotypes in biplot's graphics.

Keywords: Biplot graphic. Genotype×environment interaction. Specific adaptability.

5.1 INTRODUÇÃO

O modelo AMMI (*Additive Main effects and Multiplicative Interaction*) tem como finalidade estudar detalhadamente a estrutura da interação $G \times A$ e selecionar modelos que expliquem o padrão relacionado à interação, descartando os ruídos presentes nos dados e sem interesse silvicultural.

Proposto inicialmente por Mandel (1971), o modelo AMMI baseia-se na decomposição das fontes de variação, em efeitos aditivos de modo tradicional para genótipos e ambientes e, posteriormente, em efeitos multiplicativos para a interação $G \times A$, pela análise de componentes principais, permitindo um detalhamento maior da soma de quadrados da interação (ZOBEL et al., 1988).

A decomposição da soma de quadrados da interação ($SQ_{G \times A}$) resulta em uma porção denominada padrão e outra denominada de ruído. A primeira permite identificar fatores ambientais e genotípicos relacionados diretamente à interação, sendo obtida após o descarte de ruídos adicionais ao erro experimental, resultando em uma melhoria na predição das respostas fenotípicas (OLIVEIRA et al., 2003). Outra vantagem é a possibilidade de representação gráfica simultânea dos escores de efeitos da interação para cada fator, obtidos por análise multivariada. Dessa forma, a interpretação pode ser feita a partir da magnitude e sinal dos escores, sendo considerados nulos ou sem efeito, aqueles fatores cujos escores são baixos, indicando que os genótipos e/ou ambientes contribuem pouco ou quase nada para a interação $G \times A$, sendo, portanto, considerados como estáveis (LAVORANTI et al., 2004).

A análise AMMI permite ainda a identificação de genótipos de alta produtividade e que sejam amplamente adaptados, para a realização do zoneamento ecológico, com a finalidade de recombinação regionalizada e seleção de locais para testes (GAUCH; ZOBEL, 1996). Em ambientes estáveis, o ordenamento dos genótipos deve ser mais consistente.

Para Zobel et al. (1988) e Duarte e Vencovsky (1999), a representação gráfica fornece informações sobre a estabilidade de genótipos e ambientes, e permite a realização de zoneamentos ecológicos, com a seleção de locais para instalação de ensaios visando a seleção de genótipos. Oliveira et al. (2003) afirmaram que a análise AMMI garante a seleção de genótipos capitalizando suas interações positivas com os ambientes, o que permitiu a recomendação de genótipos específicos e altamente produtivos para determinados locais. Para Gouvêia et al. (2011) o método permitiu a obtenção de estimativas mais precisas das respostas genotípicas e possibilitou fácil interpretação dos resultados por meio do gráfico biplot.

De acordo com Lavoranti (2003) o uso desse método parece ser uma alternativa eficiente para os programas de melhoramento, pois combina em um único modelo estatístico, componentes aditivos para efeitos principais, como genótipos e ambientes, e componentes multiplicativos para efeitos da interação $G \times A$. É também uma ferramenta apropriada para o diagnóstico em situações onde a interação significativa é acompanhada por não significância dos efeitos aditivos principais de genótipos e ambientes, ou, quando a estrutura da interação é influenciada por *outliers*, dificultando a interpretação dos resultados.

Por esses motivos, o método AMMI tem ganhado grande aplicabilidade na análise de dados experimentais, principalmente em estudos de interação $G \times A$. Contudo, entre as desvantagens estão a dificuldade de interpretação da interação quando há baixa explicação do primeiro componente principal; dificuldade para quantificar os escores como baixos; e a não apresentação de um padrão de resposta do genótipo em cada ambiente, o que caracteriza os padrões de adaptabilidade dos grupos formados por meio de parâmetros significativos. Além disso, essa metodologia possui alguns inconvenientes de ordem estatística, como a atribuição dos graus de liberdade associados à parcela da $SQ_{G \times A}$ (LAVORANTI, 2003).

Muitos estudos utilizaram e compararam métodos estatísticos para análise da interação $G \times A$, e forneceram resultados úteis para pesquisas subsequentes. Comparando os modelos AMMI, GGE (*Genotype main Effects and Genotype x Environment interaction*) e análise por componentes principais, Gauch (2006) afirmou que ao contrário do que se encontrava na literatura, o modelo AMMI foi superior aos demais, possuindo como principais vantagens a partição dos efeitos genotípicos, ambientais e da interação, com a redução dos erros de mínimos quadrados da interação.

Para Arciniegas-Alarcón e Dias (2009) o número de componentes multiplicativos de um modelo AMMI, deve ser determinado em uma matriz de dados que não contenha nenhum tipo de imputação, ou seja, deve se utilizar somente a informação observada e não utilizar uma matriz de dados completados (observados + imputados) no caso dos experimentos desbalanceados.

De acordo com resultados de Gouvêia et al. (2011), a metodologia AMMI permitiu a indicação de dois genótipos mais estáveis e produtivos de seringueira. Existiram diferenças no ordenamento dos genótipos mais estáveis pelos diferentes métodos estatísticos, e a comparação entre eles, permitiu a indicação mais precisa de genótipos estáveis. Para Miranda et al. (2009) a análise gráfica do método AMMI foi simples e permitiu tirar conclusões sobre

a estabilidade, o desempenho genotípico, a divergência genética e sobre os ambientes que otimizaram o desempenho dos cultivares. Já para Oliveira et al. (2003) o padrão da interação $G \times A$ quando captado apenas pelo primeiro termo multiplicativo do AMMI, prediz melhor as respostas fenotípicas do que pelos métodos tradicionais.

Portanto, a importância da análise AMMI para estudos de interação $G \times A$ na área do melhoramento florestal é notória, e os resultados podem contribuir satisfatoriamente com a recomendação de genótipos produtivos, estáveis e adaptados.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos deste trabalho foram estimar a significância da interação $G \times A$ por meio da análise de variância conjunta de cinco testes de progênies de *Eucalyptus urophylla*; e avaliar a produtividade, estabilidade e adaptabilidade das progênies, utilizando a análise *Additive Main effects and Multiplicative Interaction* (AMMI).

Com base nos parâmetros obtidos pretende-se responder as seguintes questões:

- i) Quais progênies exibem níveis adequados de estabilidade, adaptabilidade e produtividade?
- ii) Quais ambientes contribuem mais ou menos com a interação entre as progênies?
- iii) Quais ambientes são mais ou menos estáveis?

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1 Localização e caracterização das áreas experimentais

O material utilizado foi proveniente dos mesmos testes de progênies de *Eucalyptus urophylla* descritos no capítulo I. Para análise AMMI considerou-se apenas o caráter DAP para representar a produtividade e, além disso, foram utilizadas 138 progênies comuns a todos os experimentos (Anexo 4). Isso se deve ao fato de que, o procedimento AMMI não contempla experimentos com diferentes números de progênies (desbalanceados) e para contornar este encaço procedeu-se uma redução do número de progênies em função do local que apresentava o menor número de progênies (Uberaba-MG).

5.3.2 Produtividade, estabilidade e adaptabilidade

No método AMMI são utilizados além de termos convencionais para um modelo de análise de variância conjunta, como média geral, efeito de genótipos, efeito de ambientes (parte aditiva) e erro experimental, termos que são resultantes da análise de componentes principais aplicados a matriz de interações (parte multiplicativa). Dessa forma, o modelo estatístico utilizado seguiu o apresentado por Duarte e Vencovsky (1999):

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

em que Y_{ij} : resposta média de um genótipo i no ambiente j ; μ : média geral; g_i : efeito fixo genótipo i ; e_j : efeito fixo do ambiente j ; λ_k : raiz quadrada do k -ésimo autovalor das matrizes, $(\tau\nu)$ $(\tau\nu)'$ ou $(\tau\nu)'$ $(\tau\nu)$, de iguais autovalores não nulos, em que $(\tau\nu) = [\widehat{\tau\nu}_{ij}]$ é a matriz de interação obtida como resíduo do ajuste aos efeitos principais, por análise de variância, aplicada a matriz de médias; γ_{ik} : i -ésimo elemento (relacionado ao fator τ) do k -ésimo autovetor de $(\tau\nu)$ $(\tau\nu)$; α_{jk} : j -ésimo elemento (relacionado ao fator ν) do k -ésimo autovetor de $(\tau\nu)'$ $(\tau\nu)$; ρ_{ij} : ruídos presente nos dados; ε_{ij} : erro experimental médio; i : variações de genótipos, $i = (1, 2, \dots, g)$; j : variações de ambientes, $j = (1, 2, \dots, e)$; p : raízes características não nulas, $p = (1, 2, \dots, \min(g - 1, e - 1))$.

A análise AMMI foi computada utilizando-se o *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011) e os pacotes estatísticos “agricolae” (MENDIBURU, 2013), “klaR”

(WEIHS et al., 2005) e “plotrix” (LEMON, 2006). Este *software* é um *freeware* e possui vários pacotes disponíveis na rede mundial de computadores, elaborados por pesquisadores. O *software* R permite ainda a representação gráfica de qualidade e facilita a formatação da área de plotagem em outras plataformas, como por exemplo, no Microsoft Office Power Point.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A soma de quadrados da interação $G \times A$ foi decomposta em quatro eixos de componentes principais, chamados de IPCA's (*Interaction Principal Component Analysis*). Assim, a decomposição por valores singulares originou quatro eixos singulares, ou então, quatro famílias AMMI's. Essas famílias são combinações de médias e de eixos principais, que captam porções da variação da matriz da interação $G \times A$, testadas com o resíduo (ruído).

A presença significativa da interação, condição necessária para proceder aos estudos de adaptabilidade e estabilidade, foi detectada pelo teste F de Gollob (1968). Isso indicou que os genótipos apresentaram comportamentos diferentes conforme as mudanças proporcionadas pelos ambientes (Tabela 12).

Tabela 11- Análise de variância e decomposição da interação $G \times A$ pelo modelo AMMI, para o caráter DAP, em 138 progênies de *Eucalyptus urophylla*, avaliados em Anhembi-SP, Itatinga-SP, Itamarandiba-MG, Uberaba-MG e Selvíria-MS.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Exp. (%)	Ac. (%)
Genótipos	137	18452	134,7**	-	-
Ambientes	4	60407	15101,7**	-	-
Genótipos \times Ambientes	547	13889	25,4**	-	-
IPCA 1	140	1535,0412	10,964580**	37,2	37,2
IPCA 2	138	1150,2795	8,335359**	27,9	65,1
IPCA 3	136	800,9466	5,889314**	19,4	84,5
IPCA 4	134	640,1566	4,777288**	15,5	100,0
Resíduo	18054	262785	14,6	-	-

Graus de liberdade (GL); soma de quadrados (SQ); quadrado médio (QM); porcentagem de explicação da variância (Exp.); porcentagem acumulada (Ac.); ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F de Gollob.

O primeiro eixo da interação (IPCA1) capturou 37,2% e o segundo eixo (IPCA2) capturou 27,9%. O acumulando entre os dois foi de 65,1%, não sendo possível atingir o valor recomendado de 70% nos dois primeiros eixos para explicar a interação. Para atingir esse valor, o IPCA3 (19,4%) poderia ser utilizado e o acumulado chegaria a 84,5%, explicando grande parte da variação da $SG_{G \times A}$. Entretanto, a utilização de um terceiro eixo dificultaria a interpretação e a visualização gráfica, e por essa razão, optou-se por trabalhar com apenas dois eixos. De acordo com Duarte e Vencovsky (1999) os gráficos biplot's AMMI1 (IPCA1 \times DAP) e AMMI2 (IPCA1 \times IPCA2) são preferidos para a interpretação e

visualização bidimensional, garantindo vantagens sobre a opção tridimensional dos gráficos triplot's (IPCA's 1, 2 e 3).

Assim, os 34,9% restantes da soma de quadrados da interação ($SG_{G \times A}$) referente aos demais eixos, continham provavelmente pouca informação relevante, sendo considerados como ruídos da interação, por apresentar respostas imprevisíveis e não interpretáveis (VERRISSIMO et al., 2012).

No AMMI1 a abcissa representa os efeitos principais (média de genótipos para o caráter DAP) e a ordenada representa o primeiro eixo da interação $G \times A$ (IPCA1). Genótipos com valores de IPCA1 próximos de zero são considerados estáveis nos ambientes estudados e apresentam produtividade acima ou abaixo da média.

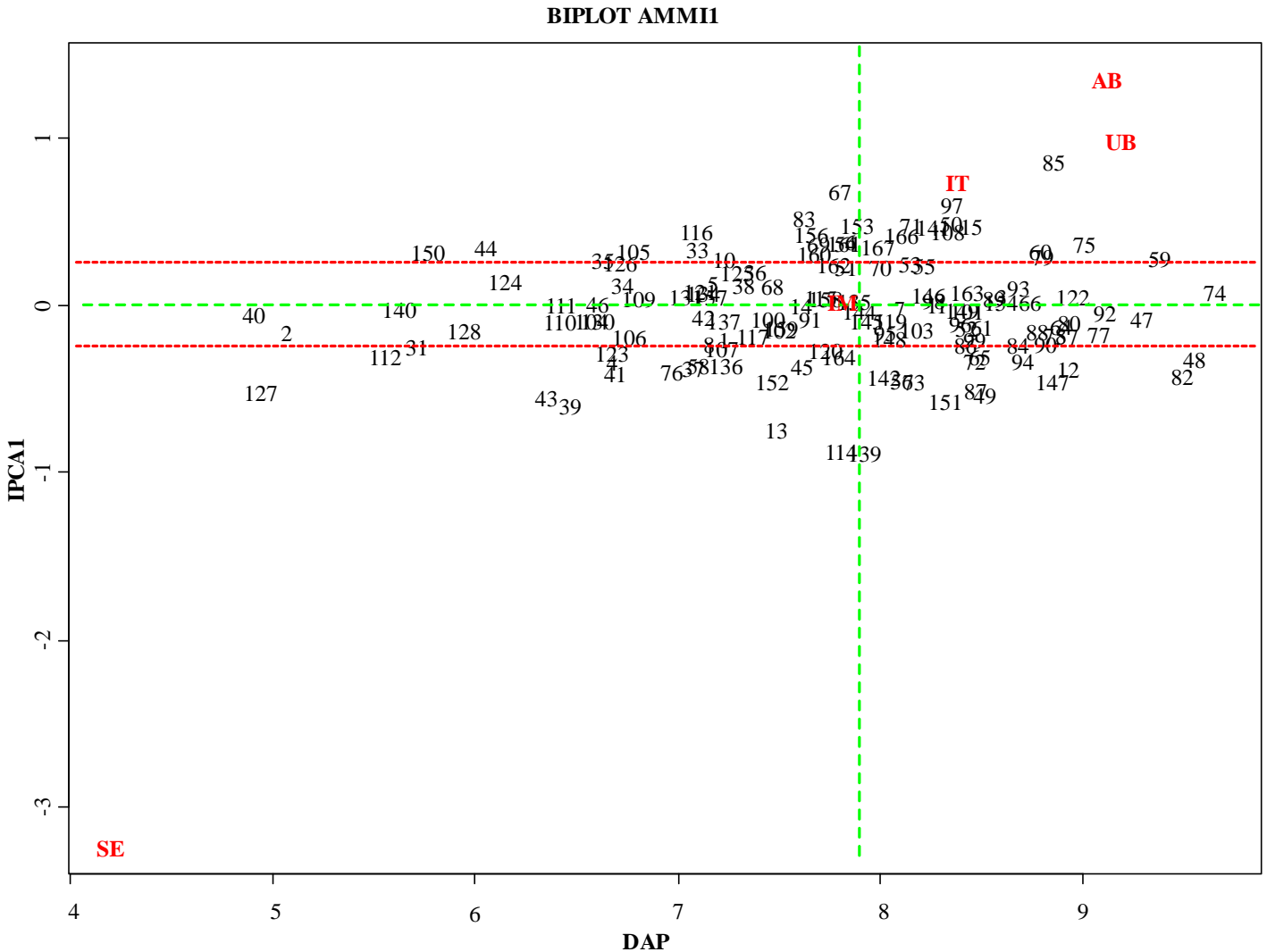
Desta forma, pode-se dizer que 74 das 138 progênies estudadas (53,62%) apresentaram alta estabilidade fenotípica (IPCA1 variando no intervalo de -0,25 a 0,25) (Figura 7). Entretanto, para a recomendação de genótipos, além de estáveis, esses devem também apresentar uma performance desejável, o que pode ser avaliado por meio de suas médias (efeitos principais). Assim, somente as progênies que apresentaram médias superiores a média geral (7,90 cm) foram consideradas como as mais estáveis e produtivas (24,64%), sendo elas dispostas em ordem decrescente: 74, 47, 92, 77, 122, 80, 57, 64, 78, 90, 88, 66, 93, 84, 3, 154, 89, 61, 99, 101, 52, 163, 86, 149, 96, 11, 98, 146, 103, 7, 119, 148, 95 e 145 (Anexos 5, 6, 7 e 8). A superioridade dessas progênies em relação a média da análise conjunta foi aproximadamente 8,7%. As seis melhores progênies apresentaram as seguintes médias para o DAP: 9,66 cm, 9,30 cm, 9,12 cm, 9,09 cm, 8,96 cm e 8,94 cm, e a superioridade foi cerca de 16,2% em relação a média geral dos cinco experimentos.

Em relação a ambientes, Itamarandiba (IM) foi considerado o ambiente que mais contribuiu para a estabilidade das progênies. Entretanto, a média para esse ambiente foi ligeiramente inferior à média geral (7,81 cm). Nesse caso, Itamarandiba pode caracterizar um ambiente hostil ao desenvolvimento das progênies, já que ele tende a igualar as médias tanto de genótipos bons, quanto de genótipos ruins.

O ambiente mais instável foi Selvíria (SE) (Figura 7). A média para o DAP foi pouco mais que a metade da média encontrada pela análise conjunta (4,21 cm) e isso pode estar relacionado com o ataque de pragas, verificado no estágio inicial das plantas. Uberaba (UB) e Anhembi (AB) foram os ambientes em que o conjunto de progênies apresentou as maiores médias para o DAP: 9,19 cm para Uberaba e 9,12 cm para Anhembi, indicando que esses

ambientes foram os mais favoráveis ao desenvolvimento das progênies, e assim, poderiam ser escolhidos como locais para a condução de ensaios, visando a seleção de progênies estáveis e adaptadas.

Figura 7- Biplot AMMI1 para produtividade, representada pelo caráter DAP, em 138 progênies de *Eucalyptus urophylla*, testadas em cinco ambientes: Anhembi-SP (AB), Itatinga-SP (IT), Itamarandiba-MG (IM), Uberaba-MG (UB) e Selvíria-MS (SE).

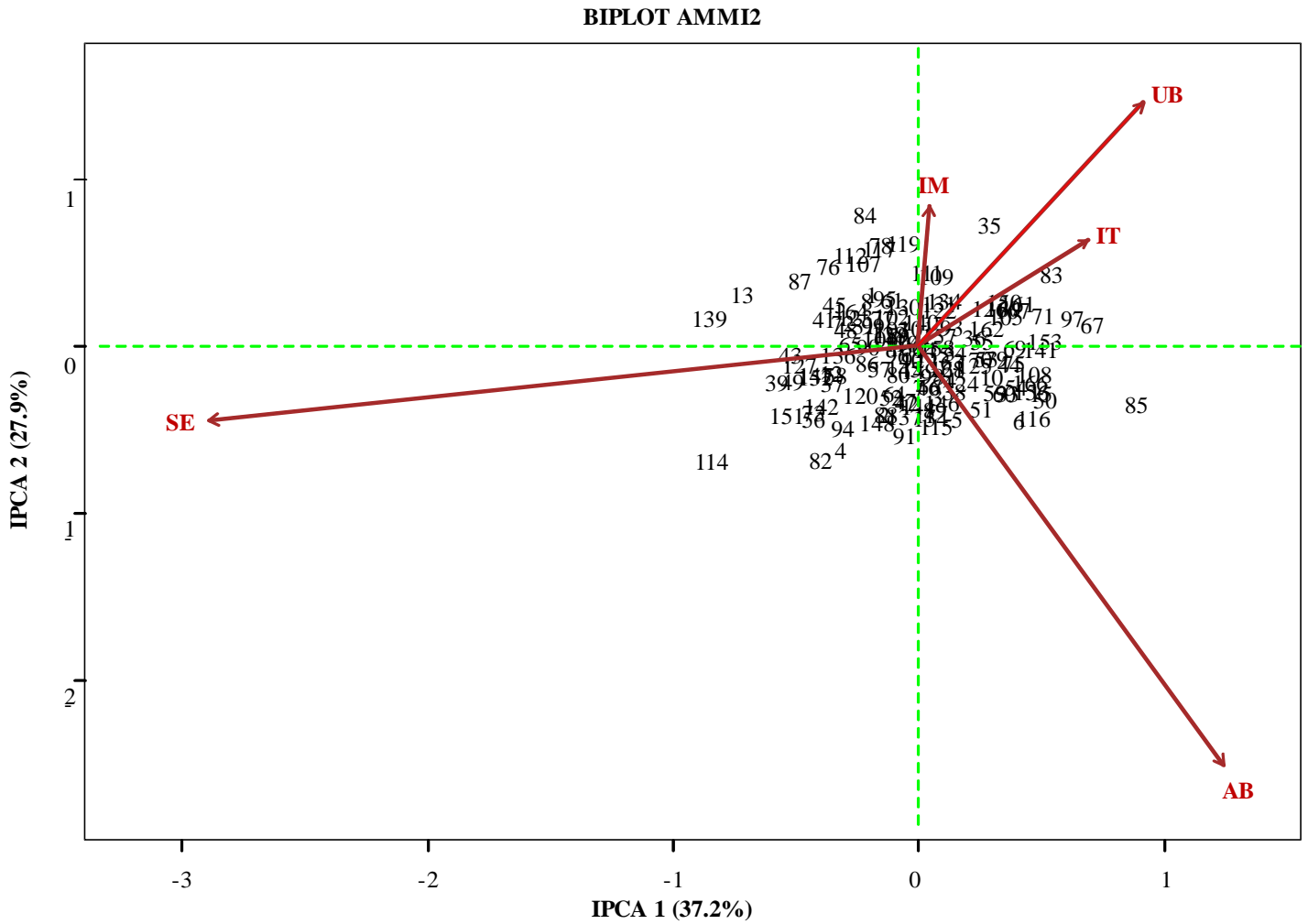


Em um gráfico biplot AMMI2 os genótipos e ambientes localizados próximos à origem dos eixos são considerados como mais estáveis do que aqueles mais afastados, sendo os que menos contribuem para $SG_{G \times A}$ (DUARTE; VENCOVSKY, 1999). Assim, a estabilidade foi confirmada para a maioria das progênies, dada a alta densidade de dados alocados próximos à origem dos eixos (Figura 8).

Devido a grande quantidade de progênies estudadas e visando facilitar a visualização do gráfico biplot AMMI2 (Figura 8), procedeu-se o desmembramento em quatro gráficos distintos, sem alterar a posição que cada progênie pudesse assumir (Anexos 9, 10, 11, e 12). Dessa forma, pôde ser consideradas estáveis, entre outras, as progênies: 61, 128, 93, 96, 14, 72, 92, 57, 65, 58, 106, 102 (Figura 8). Esses genótipos situaram-se próximos à origem, ou seja, seus escores foram praticamente nulos para os dois eixos da interação (IPCA1 × IPCA2).

De acordo com Chaves (2001), as combinações de genótipos e ambientes com escores IPCA de mesmo sinal possuem interações específicas e positivas, enquanto combinações de sinais opostos possuem interações específicas e negativas. Assim, a interação foi do tipo específica e positiva para os ambientes de Uberaba, Itatinga e Itamarandiba e as progênies 35, 160, 105, 67, 69, 93, 34, 111, 71, 97, 36, 157, 14, 83, 161, 167, 162, 55, 134, 140, 109, 131, 122, 126, 150, 153, 141, 158, sugerindo que entre eles existem adaptabilidade específica. Já a interação específica e negativa foi verificada para Anhembi e as progênies 11, 51, 156, 54, 75, 38, 68, 70, 60, 163, 85, 116, 6, 15, 59, 10, 5, 115, 89, 3, 7, 46, 154, 60, 33, 124, 98, 79, 44, 108, 166, 50, 146, 66, 102, 121 e 53 (Anexos 9, 10, 11, e 12).

Figura 8- Biplot AMMI2 (IPCA1 × IPCA2) para produtividade representada pelo caráter DAP, em 138 progênies de *Eucalyptus urophylla*, testadas em cinco ambientes: Anhembi-SP (AB), Itatinga-SP (IT), Itamarandiba-MG (IM), Uberaba-MG (UB) e Selvíria-MS (SE).



6 CONCLUSÕES

Existe variação genética nos testes de progênies de *Eucalyptus urophylla*, sobretudo para altura, volume e DAP, e isso sugere a possibilidade de se obter ganhos genéticos satisfatórios. Na seleção para o DAP, a estratégia baseada na restrição do número de indivíduos selecionados por progênie possibilita obter ganhos genéticos adequados e contribui para manutenção da variabilidade e diversidade genética, e do tamanho efetivo populacional.

A interação $G \times A$ é significativa para todos os caracteres e os coeficientes de herdabilidade e acurácia indicam que a seleção deve ser eficiente se for baseada na média de progênies.

A análise de ambientes dois a dois e conjunta permite inferências sobre a produtividade (DAP) dos genótipos nos ambientes. Uma única população de melhoramento pode ser adotada, sobretudo se os ensaios forem conduzidos em Anhembi, visando fornecer materiais genéticos para os demais locais. Itamarandiba e Selvíria não devem ser incluídos em uma mesma zona de melhoramento.

Itamarandiba é o ambiente mais estável, contudo para o conjunto de progênies não é o ambiente mais favorável. Em Anhembi e Uberaba as progênies apresentam produtividade mais elevada.

Os parâmetros de MHVG, PRVG e MHPRVG são eficientes como critérios para seleção de genótipos. O modelo AMMI permite uma análise bastante visual dos gráficos e completam os resultados obtidos pelo método MHPRVG. A necessidade de balanceamento dos dados para análise AMMI e a densidade de dados devido ao alto número de progênies são empecilhos contornáveis.

Para as 50 progênies selecionadas pelo método MHPRVG, a concordância de resultados com o AMMI é de 22 progênies.

REFERÊNCIAS

- ABAD, J. I. M. **Diversidade genética por meio de marcadores moleculares e predição de ganhos em *Eucalyptus* spp.** 2003. 98 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- AGUIAR, A.V.; SOUSA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. Seleção genética de progênes de *Pinus greggii* para formação de pomares de sementes. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 107-117, 2010.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil (fast article). **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, n. 77, 2013. Disponível em: <http://docserver.ingentaconnect.com/deliver/fasttrack/schweiz/09412948/507_alvares_ingenta_1391187041798.pdf?expires=1394203759&id=guest&checksum=6CB5F0EBEB14902F4E99E8FE7DD57E0C>. Acesso em: 6 fev. 2014.
- ALVES, A. A.; GUIMARÃES, L. M. S.; CHAVES, A. R. M.; DAMATTA, F. M.; ALFENAS, A. C. Leaf gas Exchange and chlorophyll a florescence of *Eucalyptus urophylla* in response to *Puccinia psiddi* infection. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 33, n. 5, p.1831-1839, 2011.
- ARAÚJO, L B.; DIAS, C. T. S. Métodos de correção de autovalores e regressão isotônica nos modelos AMMI. **Revista de Matemática e Estatística**, Marília, v. 24, n. 2, p. 71-89, 2006. Disponível em: <http://www2.esalq.usp.br/departamentos/lce/tadeu /A5_Lucio_Tadeu.pdf>. Acesso em: 16 abr.2012.
- ARCINIEGAS-ALARCÓN, S.; DIAS, C. T. S. Análise AMMI com dados imputados em experimentos de interação genótipo x ambiente de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1391-1397, 2009.
- ASSIS, T.; WARBURTON, P.; HARWOOD, C. Artificially induced protogyny: an advance in the controlled pollinization of *Eucalyptus*. **Australian Forestry**, Canberra, v. 68, n. 1, p. 27-33, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília: [s.n.], 2013. 148 p. Disponível em: <www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- BATISTA, C. M.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. A.; ZANATTO, A. C. S.; SANTOS, P. C.; ZANATA, M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Estimativas de parâmetros genéticos e a variabilidade em procedências e progênes de *Handroanthus vellosi*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 71, p. 269-276, 2012.
- BISON, O.; RAMALHO, M. A. P.; REZENDE, G. D. S. P.; AGUIAR, M.; RESENDE, M. D. V. Comparison between open pollinated progenies and hybrids performance in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla*. **Silvae Genética**, Frankfurt, v. 55, n. 4/5, p. 192-196, 2006.

BÔAS, O. V.; MAX, J. C. M.; MELO, A. C. G. Crescimento comparativo de espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* no município de Marília, SP. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 63-72, 2009.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 529 p.

CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F.; RESENDE, M. D. V.; DIAS, L. A. S.; BERALDO, A. L. A.; PERINA, E. F. Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 193-201, 2007.

CASTELLANO, G. R.; CAMARINHO, R. J.; JUNIOR, J. C. A.; SIXEL, R. M. M.; SILVA, P. H. M. **Crescimento de eucaliptos quase centenários no Horto de Rio Claro**. Piracicaba: Piracicaba, 2013. 14 p. (Circular Técnica do IPEF, 205).

CHAVES, L. J. Interação de genótipos com ambientes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES, INGLIS, M. C. (Ed.) **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 673-713.

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

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2001. 390 p.

DUARTE, J. B.; VENCOSKY, R. **Interação genótipos x ambientes: uma introdução a análise AMMI**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60 p.

DVORAK, W. S.; HODGE, G. R.; PAYN, K. G. The conservation and breeding of *Eucalyptus urophylla*: a case study to better protect important populations and improve productivity. **Southern Forests: a journal of forest science**, Londres, v. 70, n. 2, p. 77-85, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2989/SOUTH.FOR.2008.70.2.3.531>> Acesso em: 24 abr. 2013.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n.1, p. 36-40, 1966.

FOREST EDUCATION FOUNDATION – FEF. **Tasmania's native forests – wet eucalypt forest**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <<http://www.forest-education.com/index.php/tasmania/C221/>>. Acesso em: 19 mar. 2013.

FERREIRA, M. Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. **IPEF**, Piracicaba, n.45, p. 22-30, 1992.

FERREIRA, M. Características da madeira de espécies/procedências/árvores superiores e clones de *Eucalyptus*: revisão aplicada ao melhoramento para produção de pasta celulósica. In: REUNIÃO REGIONAL SOBRE CLONAGEM INTENSIVA EM EUCALYPTUS, 1994,

Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1994. 18 p.

FOX, P. N.; CROSSA, J.; ROMAGOSA, I. Multi-environment testing and genotype-environment interaction. In: KEMPTON, R. A; FOX, P. N. (Ed.). **Statistical methods for plant variety evaluation**. New York: Chapman & Hall, 1997. p. 117-138.

FREITAS, R. G.; VASCONCELOS, 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 Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 255-263, 2009.

GAIOTTO, F. A.; BRAMUCCI, M.; GRATAPAGLIA, D. Estimation of outcrossing rate in breeding population of *Eucalyptus urophylla* with dominant RAPD and AFLP markers. **Theoretical and Applied Genetics**, Stuttgart, v. 95, p. 842-849, 1997.

GAUCH, H.G.J. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. **Crop Science**, Madison, v. 46, n. 4, p. 1488-1500, 2006. Disponível em: <<https://www.crops.org/publications/cs/articles/46/4/1488>>. Acesso em: 17 abr. 2013.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trails. In: KANG, M. S.; GAUCH, H.G. **Genotype by environment interaction**. New York: CRC Press, 1996. p. 416-428.

GOLLOB, H. F. A statistical model which combines features of factor analytic and analysis of variance techniques. **Psychometrika**, Baltimore, v. 33, n.1, p. 73-115, 1968.

GOUVÊA, L. R. L.; PERES, G. A. S.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; GONÇALVES, P. S. Different methods to assess yield temporal stability in rubber. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 5, p. 491-498, 2011.

HOUSE, A.P.N.; BELL, J.C. Isozyme variation and mating system in *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 43, n. 2/3, p. 167-176, 1994.

HONGYU, K. **Distribuição empírica dos autovalores associados à matriz interação dos modelos AMMI pelo método bootstrap não paramétrico**. 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- ESALQ, Universidade de São Paulo- USP, Piracicaba, 2012.

JØKER, D. *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. Seed leaflet. **Forest e Landscape Denmark**, Copenhagen, n. 89, p. 1-2, 2004. Disponível em: <http://curis.ku.dk/ws/files/20547032/eucalyptu__urophylla_89_int.pdf> Acesso em: 5 maio 2013.

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

KANG, M. S.; AGGARWAL, V. D.; CHIRWA, R. M. Adaptability and stability of bean cultivars as determined via yield-stability statistic and GGE biplot analysis. **Journal of Crop Improvement**, Philadelphia, v. 15, n. 1, p. 97-120. 2006.

KUMAR, A.; BHATT, A.; RAVICHANDRAN, S.; KUMAR, V.; DOBHAL, S. Genotype \times environmental interactions for analyzing adaptability and stability in different clones of *Dalbergia sissoo* Roxb. **Journal of Forestry Research**, Berlim, v. 23, n. 1, p. 65-74, 2012. Disponível em: <<https://springerlink3.metapress.com/content/h32711636830048w/resource-secured/?target=fulltext.pdf&sid=2bamipftcyrlxi5jpuklxfam&sh=www.springerlink.com>>. Acesso em: 16 abr. 2013.

LAVORANTI, O. J. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem “bootstrap” no modelo AMMI**. 2003. 166 f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- ESALQ, Universidade de São Paulo- USP, Piracicaba, 2003.

LAVORANTI, O. J.; DIAS, C. T. S.; VENCOVSKY, R. Estudo da adaptabilidade e estabilidade fenotípica de progênies de *Eucalyptus grandis* via metodologia AMMI. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 44, p. 107-124, 2002.

LAVORANTI, O. J.; LINS, A. C.; SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A. **Modelagem AMMI para estudos de interação em modelos estatísticos de efeitos fixos**. Embrapa: Colombo, 2004. 7 p. (Comunicado técnico, 124). Disponível em: <www.cnpf.embrapa.br/publica/comuntec/edicoes/com_tec124.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2014.

LEMON, J. Plotrix: a package in the red light district of R. **R-News**, New York, v. 6, n. 4, p. 8-12, 2006.

LOBÃO, M. S.; DELLA LÚCIA, R. M.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânica da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. M. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 1, p. 43-50, 2009.

MANDEL, J. A new analysis of variance model nonadditive data. **Technometrics**, Alexandria, v. 13, n. 1, p. 1-18, 1971.

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Analisis de estabilidad y adaptabilidade de genotipos de cana de azucar. Interacciones dentro de um localidad experimental. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, San Miguel de Tucumán, v. 13, n. 14, p.105-127, 1976.

MARTIN, B.; COSSALTER, C. Les eucalyptus des iles de la Sonde. **Bois et forêts des tropiques**, Nogent-sur-Marne, n.163, p.3-25, 1975.

MARTIN, B.; COSSALTER, C. Les eucalyptus des iles de la sonde. **Bois et forêts des tropiques**, Nogent-sur-Marne, n. 165, p. 3-20, 1976a.

MARTIN, B.; COSSALTER, C. Les eucalyptus des îles de la Sonde. **Bois et forêts des tropiques**, Nogent-sur-Marne, n. 168, p. 3-17, 1976b.

MARTINEZ, D. T.; RESENDE, M. D. V.; COSTA, R. B.; HIGA, A. R.; SANTOS, G. A. S.; FIER, I. S. N. Estudo da interação genótipo x ambiente em progênies de *Pinus taeda* por meio da análise de parâmetros genéticos. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 539-552, 2012.

MARTINI, A. J. **O plantador de eucaliptos: a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. 2004. 320 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MENDIBURU, F. **Agricolae**: statistical procedures for agricultural research. [S.l.:s.n., 200-]. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>>. Acesso em: 3 out. 2013.

MIRANDA, A.C. **Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Eucalyptus grandis***. 2012. 56 f. (Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu, 2012.

MIRANDA, G. V.; SOUZA, L. V.; GUIMARÃES, L. J. M.; NAMORATO, H.; OLIVEIRA, L. R.; SOARES, M. O. Multivariate analyses of genotype x environment interaction of popcorn. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 45-50, 2009.

MORAES, C.B. **Variabilidade genética em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urophylla* para tolerância ao frio**. 2013. 90 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu, 2013.

MOURA, V. P. G. **O germoplasma de *Eucalyptus urophylla* S.T. blake no Brasil**. [S.l.]: EMBRAPA- Recursos genéticos e biotecnologia, 2004. 12 p. (Comunicado Técnico, 111). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/174980/1/cot111.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2013.

NAMKOONG, G.; KANG, H. C.; BROUARD, J. S. **Tree breeding**: principles and strategies. New York: Springer-Verlag, 1988. 180 p.

NAMKOONG, G.; SNYDER, E. B.; STONECYPHER, R. Heritability and gain concepts for evaluating breeding systems such as seedling orchards. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 15, p.76-84, 1966.

NUNES, G. H. S.; REZENDE, G. D. S. P.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 49-58, 2002.

NYOKA, B. I.; SIMONS, A. J.; AKINNIFESI, F. K. Genotype-environment interaction in *Gliricidia sepium*: Phenotypic stability of provenances for leaf biomass yield. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Cambridge, v. 157, p. 87-93, 2012. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0167880912000801/1-s2.0-S0167880912000801main.pdf?_tid=af3d76b3fa6d44d30cd84ebd19504453&acdnat=1335746517_ce4a2e12d5113d17ba69b0>

f18d033f3a>. Acesso em: 14 abr. 2013.

OLIVEIRA, A. B.; DUARTE, J. B.; PINHEIRO, J. B. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 357-364, 2003.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. **Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas**. Colombo: Embrapa Florestas., 2011. 64 p. (Séries Documentos. 214). Disponível em: <www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/898045/1/Doc214.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2014.

PAVAN, B. E. **Competição em testes de progênies de eucalipto e suas implicações na seleção e no melhoramento**. 2009. 124 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias- FCAV, Universidade Estadual Paulista- UNESP, Jaboticabal, 2009.

PAYN, K.G.; DVORAK, W. S.; MYBURG, A. A. Chloroplast DNA phylogeography reveals the island colonization route of *Eucalyptus urophylla* (Myrtaceae). **Australian Journal of Botany**, Collingwood, v. 55, p. 673-693, 2007. Disponível em: <<http://fabiserv.up.ac.za/webresources/pdf/b6f358a7112b570c200f511099d638b1.pdf>> Acesso em: 24 abr. 2013.

PIANA, C. F. B.; ANTUNES, I. F.; SILVA, J. G. C.; SILVEIRA, E. P. Adaptabilidade e estabilidade do rendimento de grãos de genótipos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 553-564, 1999.

PIGATO, S. M. P. C.; LOPES, C. R. Caracterização silvicultural, botânica e avaliação da variabilidade genética por meio de marcador molecular RAPD em um teste de progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 2, n. 60, p. 135-148, 2001.

PINTO JÚNIOR, J. E.; STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V.; RONZELLI JÚNIOR, P. Avaliação simultânea de produtividade, adaptabilidade e estabilidade genotípica de *Eucalyptus grandis* em distintos ambientes do estado de São Paulo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 79-108, 2006.

PIRES, V. C. M.; MARTINS, K.; BÔAS, O. V.; FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M. Variabilidade genética de caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 113-119, 2013.

POTTS, B. M.; WILTSHIRE, R. J. E. Eucalypt genetics and genealogy. In: Willians, J. E.; Woinarski, J. C. Z (Ed.). **Eucalypt ecology: individuals to ecosystems**. Cambridge: University Press. 1997. 442 p.

PRYOR, L. D. Aspectos da cultura do eucalipto no Brasil. **IPEF**, Piracicaba, n. 2/3, p. 53-59, 1971. Palestra proferida na Academia Brasileira de Ciências - Rio de Janeiro.

PRYOR, L. D.; JOHNSON, L. A. S. **A classification of the eucalypts**. Canberra: The Australian National University, 1971. p. 86-95.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**. Goiânia: UFG, 1993. 272 p.

RAYMOND, C. A. Genotype by environment interactions for *Pinus radiata* in New South Wales, Australia. **Tree Genetics & Genomes**, Heidelberg, v. 7, n. 4, p. 819-833, 2011. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/dx24863309882410/fulltext.pdf>> Acesso em: 29 abr. 2012.

R, DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienn: R Foundation for Statistical Computing, [200-]. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 18 dez. 2013.

REIS, C. A. F.; PALUDZYSZYN FILHO, E. **Estado da arte de plantios com espécies de interesse para o Mato Grosso**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 63 p. (Série Documentos). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/898075>>. Acesso em: 24 jan. 2014.

RESENDE, M. D. V. Delineamento de experimentos de seleção para maximização da acurácia seletiva e do progresso genético. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 4, p. 479-500, 1995.

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

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimento e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 362 p.

RESENDE, M. D. V. Melhoramento de essências florestais. In: BOREM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 2005. p. 717-780.

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Floresta, 2004. v. 1, 57 p.

RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEM – REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a, 359 p.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle experimental de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

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

RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R. Estimacão de valores genéticos no melhoramento de *Eucalyptus*: seleção em um caráter com base em informao es do individuo e seus parentes. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p. 11-36, 1994.

ROBERTSON, A. Experimental design on the measurement of herdabilities and genetic correlations. **Biometrical genetics**. New York: Pergamon, 1959. 186 p.

ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAÚJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliaco do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

ROCHA, M. G. B.; PIRES, I. E.; ROCHA, R. B.; XAVIER, A.; CRUZ, C. D. Seleção de genitores de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla* para produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informao de divergência genética. **Revista rvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 977-987, 2007.

ROCHA, M. G. B.; PIRES, I. E.; XAVIER, A.; CRUZ, C. D.; ROCHA, R. B. Avaliaco genética de progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus urophylla* utilizando os procedimentos REML/BLUP e E(QM). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 369-379, 2006.

RODRIGUES, R. B.; BRITO, E. O. Resistencia natural de *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* à *Coptotermes gestroi* (Isoptera; Rhinotermitidae) em laboratório. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 1, p. 9-15, 2011.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 964-971, 2012.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; RESENDE JÚNIOR, M. F. R.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D. Ganhos genéticos preditos por diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1653-1659, 2009.

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

SANTOS, F. W.; FLORSHEIM, S. M. B.; LIMA, I. L.; TUNG, E. S. C.; SILVA, J. M.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Variação genética para 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, 2008.

SANTOS, G. A.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, L. D. S.; HIGA, A.; ASSIS, T. F. Adaptabilidade de híbridos multiespécies de *Eucalyptus* ao Estado do Rio Grande do Sul. **Revista rvore**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 759-769, 2013.

SATO, A. S.; FREITAS, M. L. M.; LIMA, I. L.; ZIMBACK, L.; TONIATO, M. T. Z.;

SEBBENN, A. M. Genetic variation among and within provenances and progenies of *Corymbia maculate* (Hook.) K. D. Hill and L. A. S. Johnson, in Pederneiras, SP. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 60-67, 2010.

SCANAVACA JÚNIOR, L.; GARCIA, J. N. Potencial de melhoramento genético em *Eucalyptus urophylla* procedente da Ilha de Flores. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 23-32, 2003.

SELN, C. C.; MITLÖHNER, R. *Eucalyptus urophylla* S.T. blake: ecology and silviculture in Vietnam. Bogor: CIFOR, 2011. 26 p. Disponível em: <http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BCIFOR1108.pdf>. Acesso em: 5 maio 2013.

SHELBOURNE, C. Genotype environment interaction: its study and its implications in forest tree improvement. In: IUFRO GENETIC SABRAO JOINT SYMPOSIA, 1., Tokyo, 1972. **Proceedings...** Tokyo: [s.n.], 1972. p. 1-27.

SILVA, G. O.; CARVALHO, A. D. F.; VIEIRA, J. V.; BENIN, G. Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e REML/BLUP. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 494-501, 2011.

SOUZA, C. S.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres quantitativos em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urophylla*. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 847-856, 2011.

SOUZA, S. M.; SILVA, H. D.; PIONTO JÚNIOR, J. E. Variabilidade genética e interação genótipo × ambiente em *Eucalyptus pilularis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 26/27, p. 3-16, 1993.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. Seleção de progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) para produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 50, p. 37-51, 2005.

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

VALERA, F. P.; KAGEYAMA, P. Y. Interação genótipo x espaçamento em progênies de *Eucalyptus saligna* SMITH. **IPEF**, Piracicaba, n. 39, p. 5-16, 1988.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Coord.) **Melhoramento do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. p.122-201.

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

VERARDI, C. K.; RESENDE, M. D. V.; COSTA, R. B.; GONÇALVES, P. S. Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1277-1282, 2009.

VERISSIMO, M. A. A.; SILVA, S. D. A.; AIRES, R. F.; DAROS, E.; PANZIERA, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos precoces de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 561-568, 2012.

VIEIRA, F.S.; BUCSAN, B. Ocorrências naturais de *Eucalyptus urophylla* na Indonésia. **Silvicultura**, São Paulo, n. 14, p. 359-361, 1980.

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

ZOBEL, R. W.; WRIGHT, M. J.; GAUCH, H. G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 388-393, 1988.

WEIHS, C.; LIGGES, U.; LUEBKE, K.; RAABE, N. Analyzing german business cycles. In BAIER, D.; DECKER, R.; SCHMIDT-THIEME, L. (Ed.). **Data analysis and decision support**. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2005. p. 335-343.

WEI, X.; BORRALHO, M. G. Genetic control of wood basic density and bark thickness and their relationships with growth traits of *Eucalyptus urophylla* in South East China. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 46, n. 4, p. 245-250, 1997.

APÊNDICE

Apêndice 1- Estimativas de variâncias em progênies de *Eucalyptus urophylla*, aos 24 meses de idade, em cinco locais diferentes.

Local	Estimativas	ALT	DAP	VOL	SOB
Anhembi - SP	$\hat{\sigma}_a^2$	3,3978	1,9459	0,0005	0,0080
	$\hat{\sigma}_{parc}^2$	0,7291	0,0615	0,00002	0,0073
	$\hat{\sigma}_e^2$	7,9015	8,2900	0,0019	0,1039
	$\hat{\sigma}_f^2$	12,0285	10,2974	0,0025	0,1192
Itatinga - SP	$\hat{\sigma}_a^2$	2,4860	3,0454	0,0003	0,0051
	$\hat{\sigma}_{parc}^2$	0,1872	0,0324	0,00001	0,0014
	$\hat{\sigma}_e^2$	3,1396	3,2886	0,0002	0,0464
	$\hat{\sigma}_f^2$	5,8128	6,3664	0,0005	0,0529
Itamarandiba - MG	$\hat{\sigma}_a^2$	2,0068	1,2539	0,0001	0,0036
	$\hat{\sigma}_{parc}^2$	0,3818	0,1670	0,00002	0,0021
	$\hat{\sigma}_e^2$	0,6810	1,4000	0,0001	0,0669
	$\hat{\sigma}_f^2$	3,0696	2,8208	0,0002	0,0725
Uberaba - MG	$\hat{\sigma}_a^2$	4,2234	3,2712	0,0053	0,0158
	$\hat{\sigma}_{parc}^2$	0,1254	0,0710	0,0144	0,0019
	$\hat{\sigma}_e^2$	5,2308	5,9366	0,8895	0,0720
	$\hat{\sigma}_f^2$	9,5796	9,2788	1,4381	0,0897
Selvíria - MS	$\hat{\sigma}_a^2$	1,6613	1,2489	0,0002	0,0540
	$\hat{\sigma}_{parc}^2$	0,7215	0,6282	0,0001	0,0284
	$\hat{\sigma}_e^2$	4,4833	7,6066	0,00051	0,1402
	$\hat{\sigma}_f^2$	6,8661	9,4838	0,0007	0,2226

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

Apêndice 2- Estimativas de variâncias para análise conjunta em cinco testes de progênes de *Eucalyptus urophylla*, aos 24 meses de idade.

Estimativas	ALT (m)	DAP (cm)	VOL (m³.arv⁻¹)	SOB (%)
$\hat{\sigma}_g^2$	0,5582	0,4646	0,0642	0,0019
$\hat{\sigma}_{parc}^2$	0,3318	0,0852	0,0140	0,0072
$\hat{\sigma}_{int}^2$	0,1787	0,1304	0,0215	0,0026
$\hat{\sigma}_e^2$	6,5273	6,8903	1,0057	0,0986
$\hat{\sigma}_f^2$	7,5960	7,5705	1,1054	0,1104

$\hat{\sigma}_g^2$ variância genotípica; $\hat{\sigma}_{parc}^2$ variância ambiental entre parcelas; $\hat{\sigma}_{int}^2$ variância da interação genótipo x ambiente;

$\hat{\sigma}_e^2$ variância residual; $\hat{\sigma}_f^2$ variância fenotípica individual;

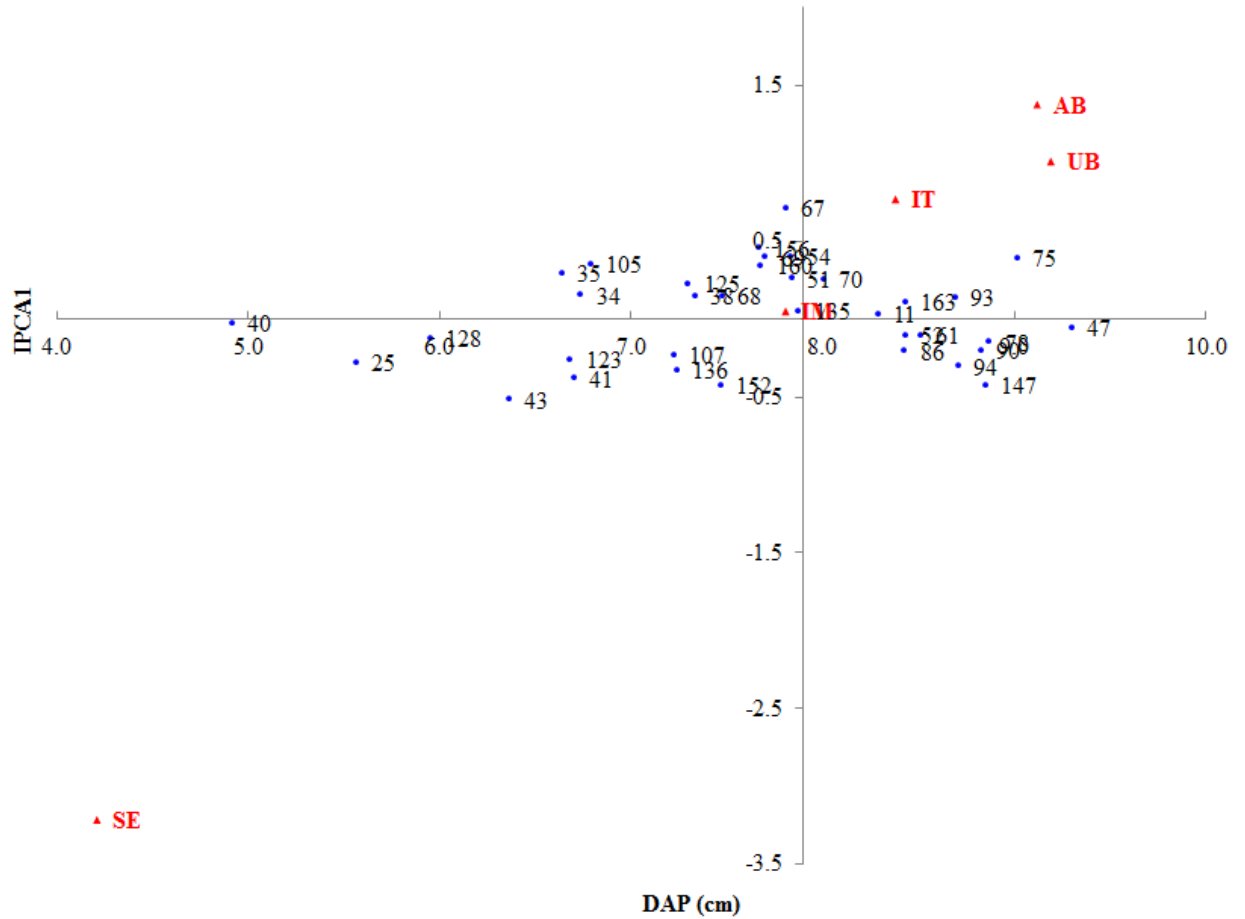
Apêndice 3- Seleção das 50 melhores progênies de *Eucalyptus urophylla* com base no DAP, para estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG) e simultaneamente para produtividade, estabilidade e adaptabilidade (MHPRVG), aos 24 meses de idade.

Prog	MHVG	Prog	PRVG	PRVG*MG	Prog	MHPRVG	MHPRVG*MG
74	10.415	74	1.1581	10.6708	74	1.158	10.6694
85	10.1503	85	1.1288	10.4008	85	1.1286	10.3989
66	10.108	66	1.1249	10.3643	66	1.1242	10.3587
78	10.1025	78	1.1236	10.3528	78	1.1223	10.3405
75	10.0737	75	1.1198	10.3173	75	1.1195	10.3146
59	10.0236	59	1.1153	10.276	59	1.1152	10.275
47	9.9134	48	1.1024	10.1572	92	1.1021	10.1549
92	9.9118	92	1.1024	10.1569	48	1.1021	10.1547
48	9.9018	47	1.1023	10.1562	47	1.102	10.1537
64	9.8825	64	1.0993	10.129	64	1.0992	10.1278
82	9.8777	61	1.0988	10.1242	61	1.0984	10.1208
61	9.87	82	1.0982	10.1186	82	1.0973	10.1104
79	9.8265	79	1.0936	10.0759	79	1.0935	10.0752
93	9.8028	93	1.0912	10.0538	93	1.0911	10.0531
84	9.7798	81	1.0892	10.0354	81	1.0888	10.0324
167	9.7784	84	1.0885	10.0291	167	1.0879	10.024
77	9.7649	167	1.088	10.025	84	1.0878	10.0224
87	9.7542	77	1.086	10.0067	77	1.0857	10.0035
94	9.7463	87	1.0842	9.9896	94	1.0835	9.9836
154	9.7441	94	1.0837	9.9852	87	1.083	9.9788
80	9.7212	154	1.0832	9.9805	154	1.0825	9.9742
166	9.708	80	1.0806	9.9569	80	1.0803	9.9537
108	9.7041	122	1.0803	9.9537	122	1.0801	9.952
122	9.6921	108	1.0799	9.9502	108	1.0796	9.9473
60	9.6602	62	1.0764	9.9177	62	1.0758	9.9121
57	9.6598	57	1.0759	9.9132	57	1.0755	9.9094
71	9.6526	60	1.0751	9.9062	60	1.0751	9.9058
88	9.6423	71	1.0747	9.9017	71	1.0745	9.9006
99	9.6354	101	1.0729	9.8859	101	1.0725	9.882
101	9.631	88	1.0728	9.8845	88	1.0725	9.8819
67	9.5958	166	1.0726	9.8832	166	1.0722	9.8793
153	9.5765	99	1.0718	9.8757	99	1.0715	9.8728
73	9.5558	67	1.0677	9.8377	67	1.0676	9.8367
149	9.5481	153	1.0654	9.8168	153	1.0652	9.8146
89	9.5406	73	1.0634	9.7981	73	1.063	9.794
56	9.5405	149	1.0627	9.792	149	1.0626	9.7905
51	9.535	51	1.0627	9.7916	51	1.0623	9.7882
81	9.5201	89	1.061	9.7759	89	1.0608	9.7738
83	9.5099	56	1.0606	9.7719	56	1.0603	9.7694
50	9.5081	50	1.0592	9.7592	50	1.0591	9.7584
65	9.4918	83	1.0575	9.7437	83	1.057	9.739
49	9.4881	65	1.0574	9.7424	65	1.0569	9.7377
12	9.4811	97	1.0568	9.7368	97	1.0564	9.7334
54	9.4798	54	1.0562	9.7313	54	1.056	9.7303
97	9.4781	49	1.0549	9.7199	49	1.0546	9.7174
147	9.4638	12	1.0541	9.7121	12	1.0537	9.7087
163	9.4623	163	1.0541	9.7119	163	1.0537	9.7086
90	9.4466	147	1.0535	9.7064	147	1.0531	9.7027
142	9.4357	129	1.0521	9.6942	129	1.0519	9.6925

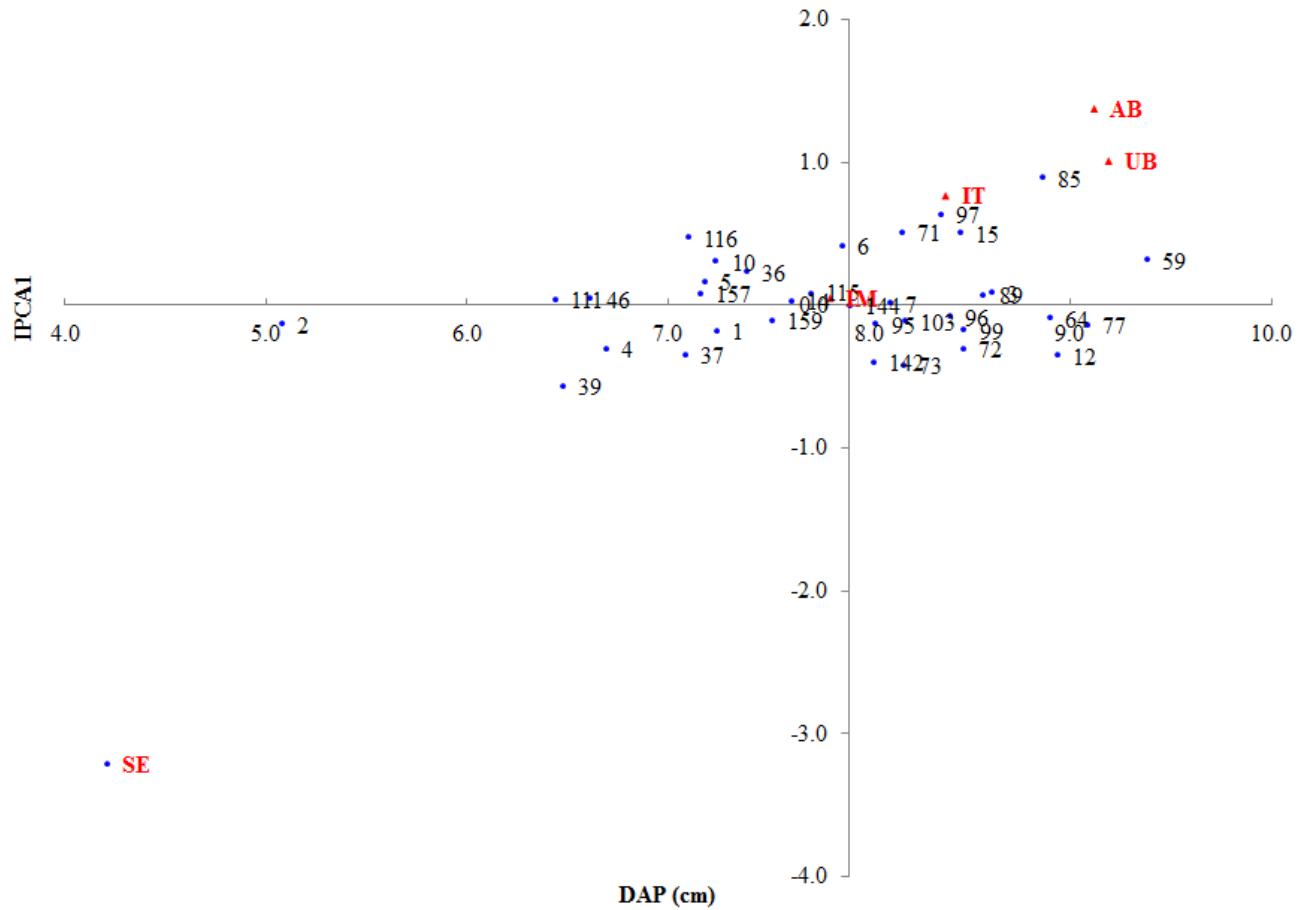
Apêndice 4- Progenies de *Eucalyptus urophylla* comum a todos os experimentos e utilizadas para análise AMMI
(*Additive Main effects and multiplicative Interaction*).

Progenie	Progenie	Progenie	Progenie
1	57	99	145
2	58	100	146
3	59	101	147
4	60	102	148
5	61	103	149
6	64	104	150
7	65	105	151
8	66	106	152
10	67	107	153
11	68	108	154
12	69	109	156
13	70	110	157
14	71	111	158
15	72	112	159
31	73	114	160
33	74	115	161
34	75	116	162
35	76	117	163
36	77	119	164
37	78	120	166
38	79	121	167
39	80	122	
40	82	123	
41	83	124	
42	84	125	
43	85	126	
44	86	127	
45	87	128	
46	88	130	
47	89	131	
48	90	134	
49	91	135	
50	92	136	
51	93	137	
52	94	139	
53	95	140	
54	96	141	
55	97	142	
56	98	144	

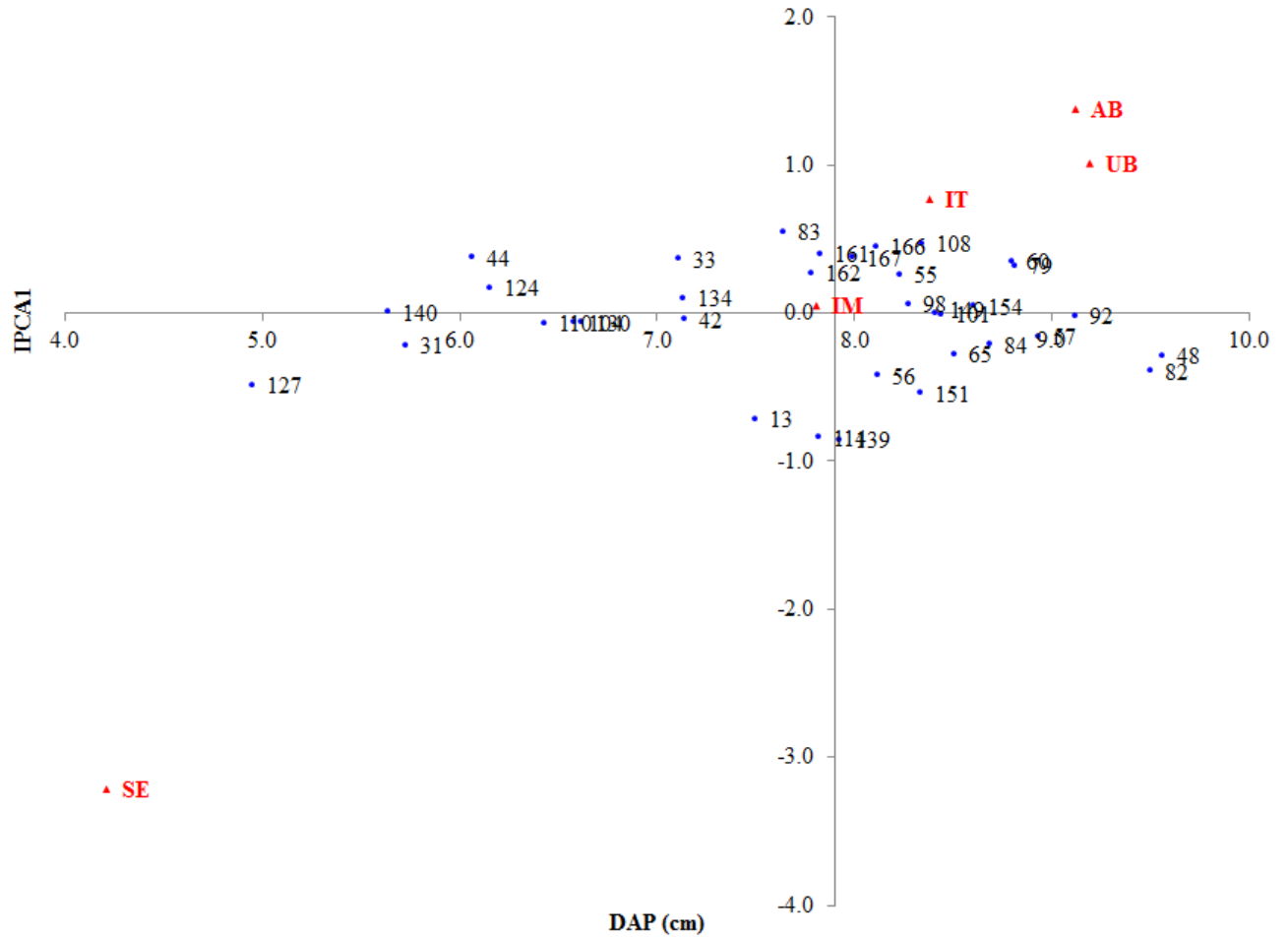
Apêndice 5- Biplot AMMI1 para produtividade, representada pelo caráter DAP, em 40 progêies de *Eucalyptus urophylla*, testadas em cinco ambientes: Anhembi-SP (AB), Itatinga-SP (IT), Itamarandiba-MG (IM), Uberaba-MG (UB) e Selvíria-MS (SE).



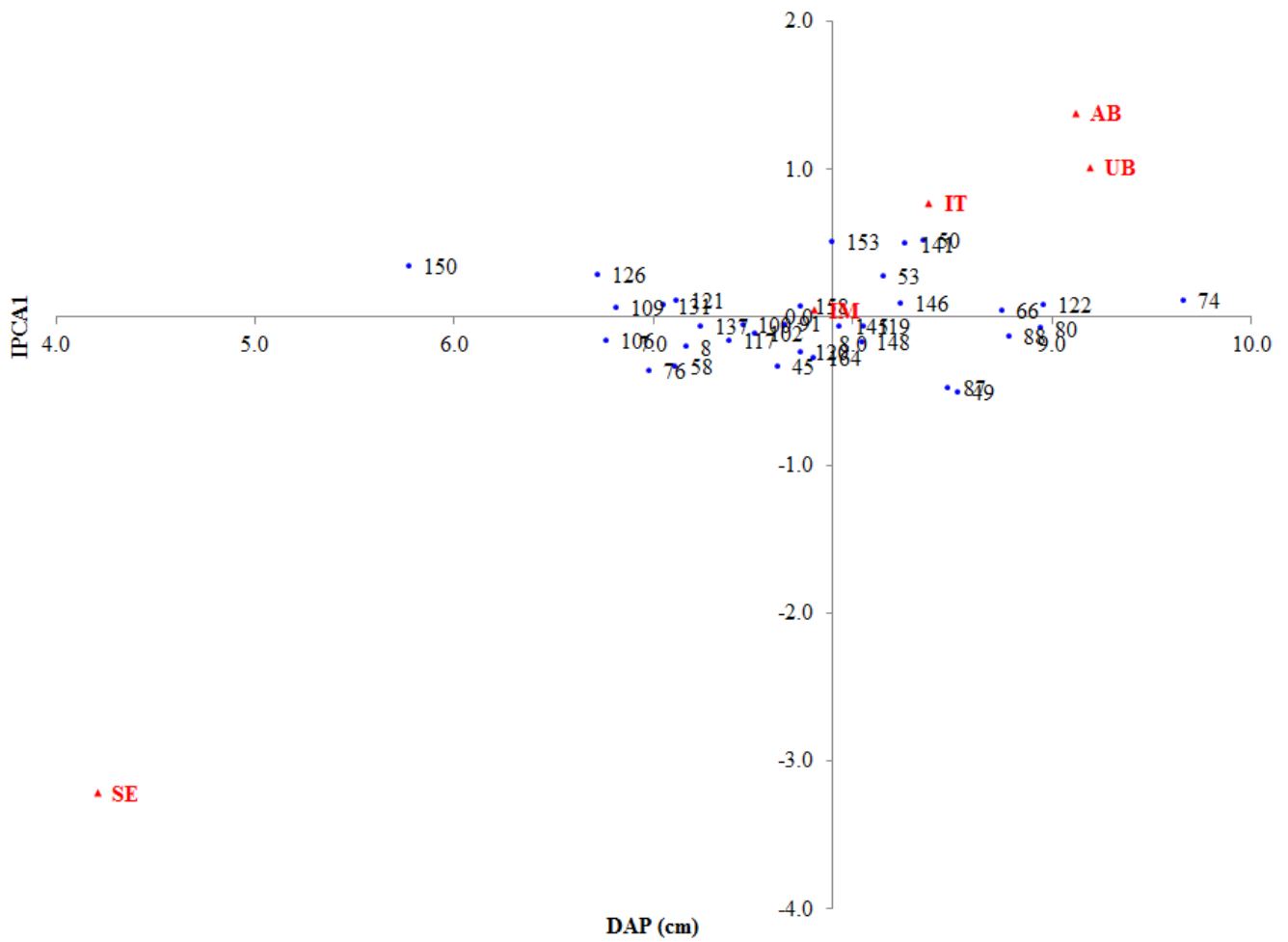
Apêndice 6- Biplot AMMI1 para produtividade, representada pelo caráter DAP, em 40 progêies de *Eucalyptus urophylla*, testadas em cinco ambientes: Anhembi-SP (AB), Itatinga-SP (IT), Itamarandiba-MG (IM), Uberaba-MG (UB) e Selvíria-MS (SE).



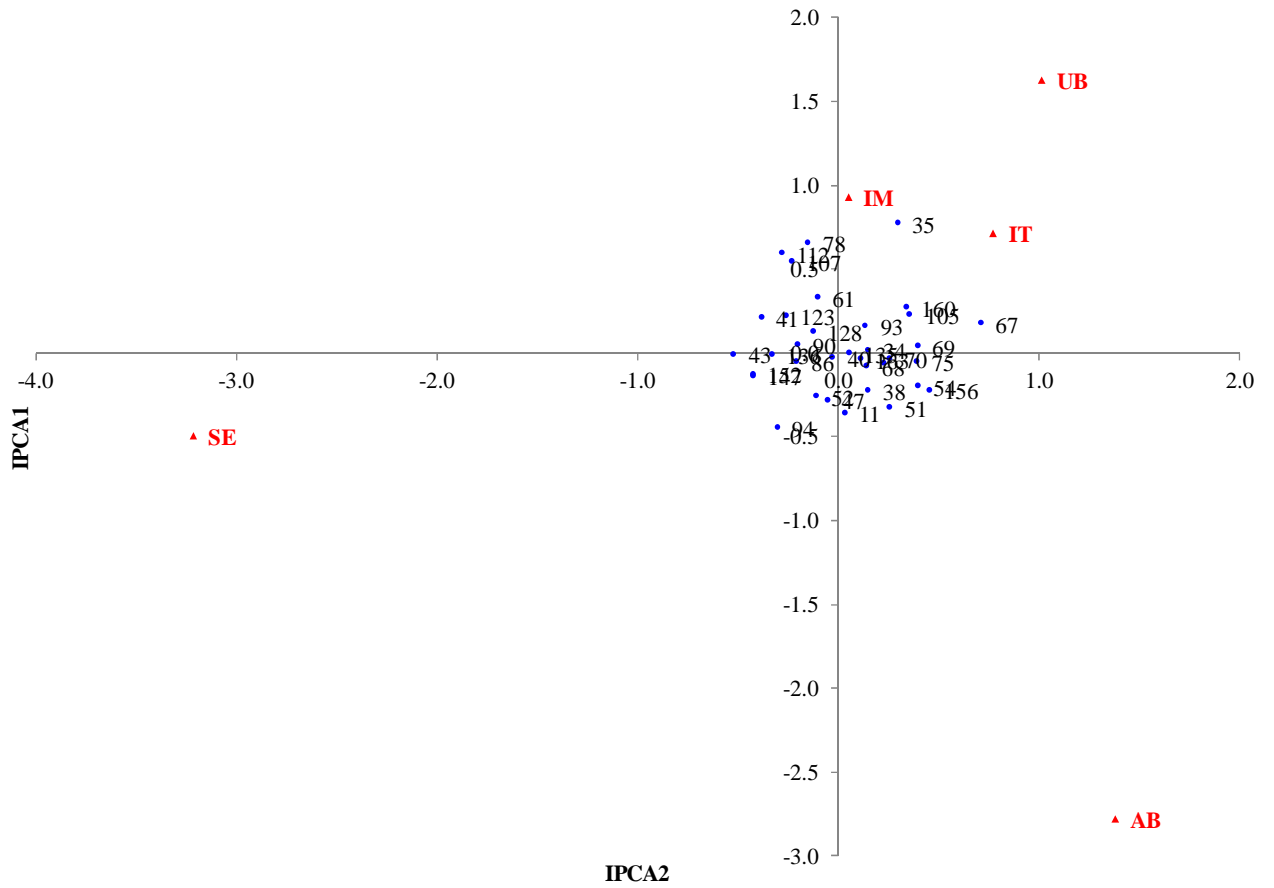
Apêndice 7- Biplot AMMI1 para produtividade, representada pelo caráter DAP, em 40 progênies de *Eucalyptus urophylla*, testadas em cinco ambientes: Anhembi-SP (AB), Itatinga-SP (IT), Itamarandiba-MG (IM), Uberaba-MG (UB) e Selvíria-MS (SE).



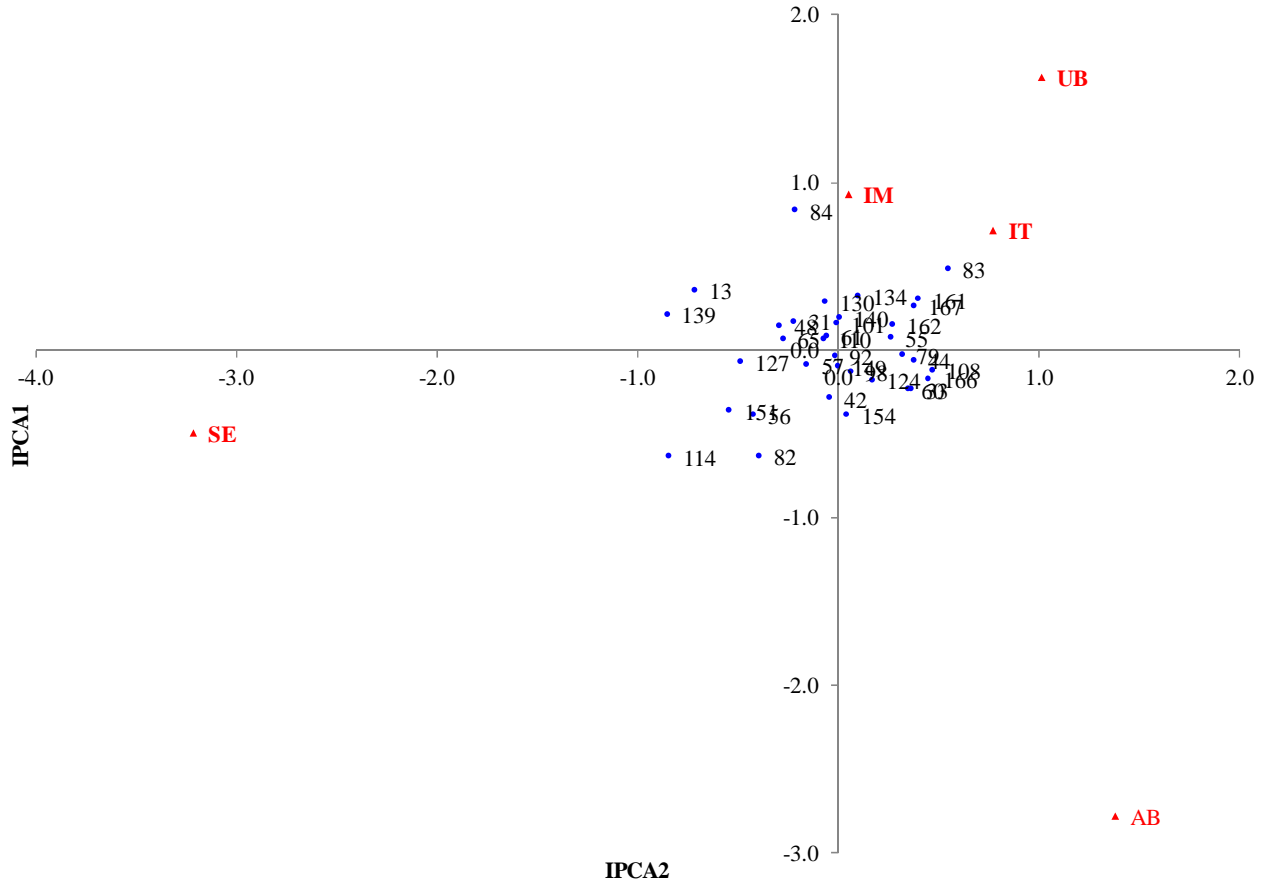
Apêndice 8- Biplot AMMI1 para produtividade, representada pelo caráter DAP, em 38 progênies de *Eucalyptus urophylla*, testadas em cinco ambientes: Anhembi-SP (AB), Itatinga-SP (IT), Itamarandiba-MG (IM), Uberaba-MG (UB) e Selvíria-MS (SE).



Apêndice 9- Biplot AMMI2 (IPCA1 × IPCA2) para produtividade representada pelo caráter DAP, em 40 progênies de *Eucalyptus urophylla*, testadas em cinco ambientes: Anhembi-SP (AB), Itatinga-SP (IT), Itamarandiba-MG (IM), Uberaba-MG (UB) e Selvíria-MS (SE).



Apêndice 11- Biplot AMMI2 (IPCA1 × IPCA2) para produtividade representada pelo caráter DAP, em 40 progênies de *Eucalyptus urophylla*, testadas em cinco ambientes: Anhembi-SP (AB), Itatinga-SP (IT), Itamarandiba-MG (IM), Uberaba-MG (UB) e Selvíria-MS (SE).



Apêndice 12- Biplot AMMI2 (IPCA1 × IPCA2) para produtividade representada pelo caráter DAP, em 48 progênies de *Eucalyptus urophylla*, testadas em cinco ambientes: Anhembi-SP (AB), Itatinga-SP (IT), Itamarandiba-MG (IM), Uberaba-MG (UB) e Selvíria-MS (SE).

