

VARIABILIDADE GENÉTICA E INTERAÇÃO GENÓTIPO x AMBIENTE
ENVOLVENDO PROCEDÊNCIAS DE *Eucalyptus cloeziana*
F. Muell., EM DIFERENTES REGIÕES DO BRASIL¹

SÔNIA MARIA DE SOUZA², MARCOS DEON VILELA DE RESENDE³, HELTON DAMIN DA SILVA⁴, ANTÔNIO RIOYEI HIGA²

RESUMO - Um total de 110 famílias de polinização aberta, de cinco procedências de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell., foi avaliado em sete locais. Os resultados obtidos aos 36 meses de idade permitiram concluir que: 1) o comportamento das cinco procedências estudadas variou em função das características físicas dos solos e do déficit hídrico dos locais a serem reflorestados; 2) os parâmetros genéticos e fenotípicos revelaram excelentes possibilidades para efetiva seleção nesse material; 3) estudos relativos à interação genótipo x ambiente indicaram a necessidade de se estabelecer três zonas para o melhoramento da espécie, nos sete locais.

Palavras-Chave: *Eucalyptus cloeziana*, genótipo, ambiente, variabilidade genética, zonas de melhoramento.

GENETIC VARIABILITY AND GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTION
INVOLVING *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. PROVENANCES,
IN DIFFERENT REGIONS OF BRAZIL

ABSTRACT - One hundred and ten open pollinated families of five *Eucalyptus cloeziana* provenances were evaluated in seven different environments. The results obtained at 36 month showed that: 1) the performance of the provenances tested changed with the soil type and disponibility of water; 2) the heritability estimates were high indicating excellent possibilities for effective selection on this material; 3) the genotype x environment interaction was relatively high and thus for the effectiveness of improvement programs it will be necessary to establish three breeding zones.

Key Words: *Eucalyptus cloeziana*, genotype, environment, genetic variability, breeding zones.

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência natural de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. na Austrália é limitada ao estado de Queensland, entre as latitudes 15°45' a 26°41' Sul, e entre as longitudes 144°44' a 155°52' Leste, com altitude variando de 25 a 950 m (TURNBULL, 1983). Em estudos realizados com 21 procedências dessa espécie, por meio de isoenzimas, constatou-se a existência de grande variação genética entre populações do Norte e do Sul.

¹ Recebido para publicação em 08/01/1991.

Aceito para publicação em 20/02/1992.

² Engenheiro Florestal, Ph.D.; ³ Engenheiro Agrônomo, M.Sc.;

⁴ Engenheiro Florestal, M.Sc. ² ³ ⁴ Pesquisadores da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, Caixa Postal - 3319, 80001 Curitiba-PR

Comparações entre populações interioranas e costeiras revelaram uma marcada diferenciação nas populações do Sul, principalmente na área de Gympie, ao passo que menores diferenças foram observadas nas populações do Norte (TURNBULL, 1983).

Segundo BARROS et alii (1990), as populações de *Eucalyptus cloeziana* que ocorreram ao Sul do Estado de Queensland (Gympie) se desenvolvem em solos profundos, sem déficit hídrico, porém de baixa fertilidade. No Norte, na região de Mareeba e Herberton, os solos são pedregosos, pouco profundos, sujeitos a déficit hídrico, e de fertilidade relativamente elevada. Na região costeira (Helenvale e Cardwell), os solos são menos pedregosos, profundos e lixiviados. Nessa mesma região, o *Eucalyptus cloeziana* ocorre também nas montanhas onde os solos são pedregosos e rasos, embora mais férteis. Essas diferenças nas características de solo, provavelmente, concorreram para a diferenciação genética entre populações do Norte e do Sul. Entre as populações litorâneas e interioranas, a diferenciação genética pode, segundo TURNBULL (1983), estar associada com o gradiente negativo na disponibilidade de umidade que ocorre do litoral em direção ao interior.

No Brasil, *Eucalyptus cloeziana* foi introduzido em 1970, e as populações mais velhas estão localizadas em Salto-SP, São Mateus e Linhares-ES (GOLFARI, 1975; GOLFARI et alii, 1978). Desde então, mais de 24 procedências dessa espécie, num total de 42 lotes de sementes, foram introduzidas com resultados satisfatórios, em várias regiões do País (KISE, 1977; GOMES et alii, 1977; GURGEL FILHO et alii, 1979; GOMES et alii, 1981; AGUIAR et alii, 1983; PIRES et alii, 1983; TIMONI et alii, 1983; IPEF, 1984; MOURA e COSTA, 1980; e AGUIAR et alii, 1988). Em 1985, a EMBRAPA, por intermédio de um convênio com empresas privadas, universidades e instituições de pesquisa, iniciou, em âmbito nacional, um programa de melhoramento e conservação genética "ex-situ" de 12 espécies de *Eucalyptus*, entre as quais o *Eucalyptus cloeziana*. Para que esse programa tivesse êxito e resultasse em uma estratégia eficiente de melhoramento, foram necessárias a seleção de procedências para às diferentes regiões do País, a determinação da magnitude da interação genótipo x ambiente e o conhecimento da magnitude da variabilidade genética do material.

O presente trabalho teve como objetivos: 1) verificar o comportamento de cinco procedências de *Eucalyptus cloeziana*, em sete diferentes locais; 2) estimar os parâmetros genéticos (variância entre famílias, coeficiente de herdabilidade e correlação genética entre locais) para altura, DAP e sobrevivência para cada procedência; 3) determinar a magnitude da interação procedência x ambiente e família x ambiente, para as três variáveis citadas anteriormente; 4) propor a estratificação dos locais, em zonas de melhoramento, visando reduzir os efeitos da interação família x ambiente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Delineamento Experimental

Um total de 110 famílias de polinização aberta, de cinco populações selvagens de *E. cloeziana* (Quadro 1), foi avaliado em sete locais (Quadro 2), por meio de testes de procedência/

QUADRO 1 - Caracterização geográfica das procedências de *E. cloeziana*

Nº	Procedência	Prog ¹	Lat. (S)	Long. (L)	Alt. (m)
209	S. of Helenvale	10	15°43'	145°15'	400-500
236	W of Herberton	25	17°20'	145°00'	800
422	SW of Cardwell St. For.	25	18°22'	146°03'	30-200
425	Woodum St. For.-Gympie	25	26°18'	152°48'	100
427	Blackdown Tableland	25	23°48'	149°01'	750

¹ Refere-se ao número de progênie introduzidas.

progênie e bancos de conservação genética. Esse material faz parte do programa cooperativo de melhoramento e conservação genética de *Eucalyptus* spp. Coordenado pelo CNPFlorestas/EMBRAPA. Os testes em questão vêm sendo conduzidos pelas empresas florestais: Acesita Energética S.A., Champion Papel e Celulose LTDA, Cenibra Florestal S.A., COPENER - Copene Energética S.A., e Instituto Florestal de São Paulo.

Os testes combinados de procedência/progênie foram instalados em delineamento de blocos ao acaso, hierárquico, com 10 repetições, seis plantas por parcela, no espaçamento de 3 x 2 m. Os bancos de conservação, para cada procedência, foram instalados em blocos ao acaso, com parcelas de uma planta, repetidas 100 vezes, no espaçamento de 4 x 4 m. Porém, devido a alguns problemas ocorridos na implantação, o número de blocos variou de quatro a 10 entre testes, para efeito de análise.

Altura, DAP (diâmetro à altura do peito) e sobrevivência foram avaliados aos 42 meses de idade, em Altinópolis-SP (teste ALT.), e aos 36 meses, em Belo Oriente, Ipatinga e Virgíniópolis-MG, Inhambupe-BA, Luiz Antonio e São Simão-SP.

2.2. Análises

Análises de variância, para as três variáveis estudadas, foram realizadas a nível de médias de parcela. Os esquemas das análises foram: a) envolvendo todas as procedências em cada local; b) para cada procedência envolvendo todos locais; c) para cada procedência e local (Quadro 3).

Avaliou-se a sobrevivência em percentagem, com dados transformados para log-normal (Cox, 1970) e arco-seno (SNEDECOR e COCHRAN, 1967). Os valores de F foram calculados para família e para família x local, enquanto para o efeito procedência, foi calculado o valor de F aproximado (teste de F de Satterthwaite), uma vez que este não tem valor exato (MILLIKEN e JOHNSON, 1984).

QUADRO 2 - Caracterização dos locais envolvidos na rede experimental

Variáveis	São Simão SP	Luiz Antônio SP	Altinópolis MG	Virginópolis MG	Belo Oriente MG*	Ipatinga MG	Inhambupe BA**
Teste	S.S	L.A.	ALT.	VIR.	B.O.	IPA.	INH.
Latitude(S)	21°24'	21°40'	21°05'	18°41'	19°15'	19°31'	11°52'
Longitude(O)	43°37'	47°49'	45°15'	42°39'	42°20'	42°37'	38°21'
Altitude(m)	640	550	651	250	250	261	330
Precipitação(mm)	-	1280	1453	1300	1100	1400	1000
Déficit Hídrico(mm)	-	-	150	100	200	30-90	350
Areia(%)	-	-	91	31	79	24	85
Limo(%)	-	-	3	27	10	34	4
Argila(%)	-	-	6	42	11	42	11

* Solos podzolizados com camada de impedimento.

** A partir de 60 cm de profundidade, limo 25% e argila 26%.

QUADRO 3 - Esquema de análise de variância e esperanças matemáticas dos quadrados médios (E(QM))

a) Várias Procedências e Um Local

Fonte de Variação	G.L	E(QM)
Bloco	b - 1	$\sigma^2 + c\sigma^2_{b*p} + cd\sigma^2_b$
Procedência	d - 1	$\sigma^2 + c\sigma^2_{b*p} + b\sigma^2_{f p} + bc\sigma^2_p$
Bloco*Proc.	(b - 1) (d - 1)	$\sigma^2 + c\sigma^2_{b*p}$
Família (Proc.)	d(c - 1)	$\sigma^2 + b\sigma^2_{f p}$
Erro	d(b - 1) (c - 1)	σ^2

b) Uma Procedência e Vários Locais.

Fonte de Variação	G.L	E(QM)
Local	a - 1	$\sigma^2 + b\sigma^2_{f*1} + c\sigma^2_{b\pi 1} + bc\sigma^2_1$
Bloco (Local)	a(b - 1)	$\sigma^2 + c\sigma^2_b 1$
Família	c - 1	$\sigma^2 + b\sigma^2_{f*1} + ab\sigma^2_f$
Família*Local	(a - 1) (c - 1)	$\sigma^2 + b\sigma^2_{f*1}$
Erro	a(b - 1) (c - 1)	σ^2

c) Uma Procedência e Local.

Fonte de Variação	G.L	E(QM)
Bloco	b - 1	$\sigma^2 + c\sigma^2_b$
Família	c - 1	$\sigma^2 + b\sigma^2_F$
Erro	(b - 1) (c - 1)	σ^2_i

2.3. Parâmetros Genéticos

Componentes de variância para todas as modalidades de análise realizadas foram estimados equacionando o quadrado médio observado e suas respectivas esperanças matemáticas. Os componentes de variância resultantes foram usados para estimar a variância entre médias de família ($\text{Var}(Y_{..k})$ e $\text{Var}(Y_{.k})$), herdabilidade a nível de média de família (h^2_f e h^2_F) para cada procedência, conforme segue:

1. Combinado para todos os locais:

$$\text{Var}(\bar{Y}_{..k}) = \sigma^2_f + (\sigma^2_{f*1}/a) + (\sigma^2/ab),$$

$$h^2_f = \sigma^2_f / \text{Var}(\bar{Y}_{..k}).$$

2. Para cada local:

$$\text{Var}(\bar{Y}_{.k}) = \sigma^2_F + (\sigma^2_i/b),$$

$$h^2_F = \sigma^2_F / \text{Var}(\bar{Y}_{.k}).$$

em que:

a = número de locais;

b = número de blocos;

σ^2_f e σ^2_F = variâncias entre famílias;

σ^2_{f*1} = variância de família x local; e

σ^2 e σ^2_i = variâncias residuais.

Os desvios padrão das herdabilidades foram calculados de acordo com NAMKOONG (1979).

Para detalhamento da interação família x local, foi utilizado o parâmetro correlação genética entre o mesmo caráter avaliado em diferentes locais. Esse parâmetro, conforme relatado por DICKERSON (1962), YAMADA (1962), FALCONER (1981), EISEN e SAXTON (1983), EISEN (1987) e BULMER (1985), fornece, de maneira mais prática, uma medida de magnitude da interação família x local e sua implicação em programas de melhoramento. Neste estudo, correlações genéticas foram estimadas a partir dos componentes de variância, associados à análise de variância, apresentada no Quadro 3b, pela expressão:

$$R_g = \sigma^2_f / (\sigma^2_f + \sigma^2_{f*1}),$$

em que:

R_g = correlação genética estimada;

σ^2_f = variância de família para um dado caráter; e

σ^2_{f*1} = variância de família x local para esse mesmo caráter.

Esse tipo de correlação genética foi estimada apenas para os testes de Virginópolis, Belo Oriente e Ipatinga-MG e Inhambupe-BA, por apresentarem delineamento experimental similar, avaliados em uma mesma idade, e serem adequados à análise de variância conjunta.

Os desvios padrão das correlações foram estimados de acordo com MODE e ROBINSON (1959). O intervalo de confiança, com 95% de probabilidade, foi estimado pela fórmula $R_g \pm t \times$ desvio padrão.

As correlações genéticas também foram estimadas para o mesmo caráter avaliado em dois testes, conforme sugerido por BURDON (1977):

$$r_{\bar{g}} = \text{Cov}(\bar{Y}_{\cdot k \cdot i}, \bar{Y}_{\cdot k \cdot j}) / (\sigma_{Fi} * \sigma_{Fj}),$$

em que:

$\text{Cov}(\bar{Y}_{\cdot k \cdot i}, \bar{Y}_{\cdot k \cdot j})$ = covariância entre médias de famílias para um dado caráter, para os testes i e j , e σ_{Fi}^2 e σ_{Fj}^2 = variâncias entre famílias para os testes i e j , respectivamente.

Essa correlação genética, além de poder ser usada para selecionar ambientes, que podem ser agrupados em uma mesma zona de melhoramento, isto é, com baixa interação família x local, pode ser calculada entre testes com diferentes delineamentos experimentais, ou avaliada em diferentes idades.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Comportamento das Procedências nos Diferentes Locais

Diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre médias de procedências para altura e diâmetro à altura do peito (DAP) foram observadas em todos os locais (Quadro 4). A procedência Gympie (425) apresentou maior crescimento em altura e DAP em todos os locais, exceto em Altinópolis-SP, onde se destacaram as procedências Cardwell (422) e Herberton (236). A procedência Blackdown (427) foi testada somente em Altinópolis-SP e em Inhambupe-BA (INH.) Nesse último local, essa procedência apresentou crescimento ligeiramente inferior à procedência Gympie.

Em geral, todas as procedências apresentaram taxa de sobrevivência superior a 80% em todos locais, exceto a procedência Cardwell (422) em Belo Oriente-MG e as procedências Gympie (425) e Blackdown (427) em Altinópolis-SP.

A similaridade de latitudes entre a região de origem e os locais de plantio não levou ao maior crescimento das plantas. Por exemplo, em Altinópolis-SP (ALT.), latitude 21°05', as melhores procedências foram de latitudes 18°22' (Cardwell) 17°20' (Herberton), enquanto nos locais de latitudes 11°52' (Inhambupe-BA), 18°41' (Virginópolis-MG), 19°15' (Belo Oriente-MG) e 19°31' (Ipatinga-MG), as melhores procedências foram de latitudes 26°18' (Gympie) e 18°22' (Cardwell).

De acordo com a origem, as procedências de *E. cloeziana* podem ser divididas em dois grupos: as do Norte de Queensland, Helenvale (209), Herberton (236) e Cardwell (422), e as do Sul, Gympie (425) e Blackdown (427). No Brasil, as cinco procedências de *E. cloeziana* foram plantadas em solos arenosos (Altinópolis-SP e Inhambupe-BA), em solos com maior teor de argila, com pequeno déficit hídrico (Virginópolis e Ipatinga-MG) e em solos podzolizados, com camada de impedimento (Belo Oriente-MG).

Na Figura 1, observa-se o comportamento das três melhores procedências (Gympie, Cardwell e Herberton), em função do tipo de solo dos locais de plantio. Em Altinópolis-SP (ALT.), as procedências do Norte, Cardwell (422) e Herberton (236), apresentaram maiores crescimentos do que a do Sul (Gympie, 425).

QUADRO 4 - Quadrado médio para procedência (QMProc) nos diferentes locais, médias de altura (m), DAP (cm), e sobrevivência (%) para cada procedência de *E. cloeziana*

Local	Variável	QMProc	Procedências					Média
			209	236	422	425	427	
ALT.	Altura	31.7780**	8,38	9,34	9,53	8,96	8,54	9,03
	DAP	40.2475*	8,61	8,15	9,09	9,07	8,03	8,59
	Sobrev. ^a	10.8858 ^{ns}	85,2	81,6	83,1	70,8	79,3	79,4
VIR.	Altura	135.3103**	8,63	8,60	9,69	11,5	-	9,94
	DAP	27.2669**	9,13	8,38	9,35	9,90	-	9,30
	Sobrev.	1.3432 ^{ns}	90,8	92,0	93,6	96,2	-	93,8
B.O.	Altura	81.6805**	6,15	6,68	7,63	8,71	-	7,58
	DAP	64.8381**	6,59	6,21	7,51	8,37	-	7,40
	Sobrev.	3.3534 ^{ns}	80,4	82,7	75,4	85,3	-	81,2
IPA.	Altura	100.0585**	8,67	8,83	9,74	11,2	-	9,83
	DAP	66.0405**	7,95	7,37	8,15	9,57	-	8,45
	Sobrev.	0.2584 ^{ns}	91,3	91,7	89,5	90,0	-	90,4
INH.	Altura	103.4949**	-	9,04	10,0	10,7	10,3	10,0
	DAP	79.4748**	-	8,12	8,95	9,61	9,18	8,99
	Sobrev.	1.3241 ^{ns}	-	94,4	94,2	93,8	97,2	94,7

^a Sobrevivência foi analisada em log-normal (Cox, 1970).

** Estatisticamente significativo a ($p \leq 0,01$).

* Estatisticamente significativo a ($p \leq 0,05$).

^{ns} Não-significativo.

Provavelmente as procedências do Norte, por crescerem em solos pobres, desenvolveram mecanismos que favorecem a absorção de água e de nutrientes, bem como um sistema radicular que favorece seu crescimento e sua sobrevivência em condições desfavoráveis. Esse resultado está de acordo com o obtido por AGUIAR et alii (1988), em trabalho realizado em solos de areia quartzosa, em Ribeirão Preto-SP. O autor demonstrou que a procedência Cardwell é promissora para essa região, enquanto a Gympie não é adequada.

Em Virginópolis e Ipatinga-MG, região com alta precipitação média anual, pequeno déficit hídrico e solos argilosos (ver também Quadro 2), a procedência do Sul (Gympie, 425) apresentou crescimento superior às do Norte. Os resultados deste trabalho reiteram a indicação da procedência Gympie para locais com curto período seco, precipitação média anual acima de 1000 mm e moderada fertilidade do solo (TURNBULL, 1983).

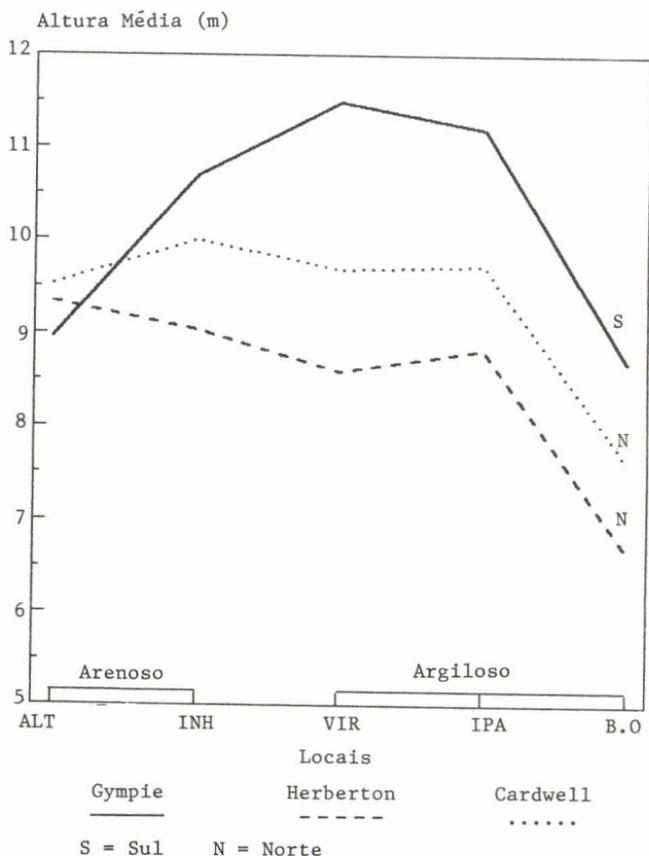


FIGURA 1 - Comportamento das procedências Herberton e Cardwell (Norte) e Gympie (Sul), em diferentes tipos de solos. (* solo arenoso com 25% de limo e 25% de argila, a partir de 60 cm de profundidade).

Em Belo Oriente-MG, o baixo crescimento apresentado por todas as procedências pode ser atribuído à existência de uma camada de impedimento no solo, o que restringe o desenvolvimento do sistema radicular e influencia a disponibilidade de água às plantas. No entanto, as características físicas do solo, a precipitação e o baixo déficit hídrico (Quadro 2) propiciaram condições para um maior crescimento das procedências do Sul (Gympie, 425).

Em Inhambupe-BA, apesar dos solos arenosos, da menor precipitação e do maior déficit hídrico (ver também Quadro 2), a procedência do Sul (Gympie, 425) apresentou maior crescimento. Provavelmente esse fato pode ser atribuído a uma compensação na fertilidade, em função da menor lixiviação desses solos, típico de regiões semi-áridas. Registra-se ainda a presença de um maior teor de argila e de limo, a partir de 60 cm de profundidade (25% de limo e 26% de argila).

3.2. Interação Família x Local

Diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre famílias para altura, DAP e sobrevivência foram observadas para todas as procedências, exceto para sobrevivência da procedência Herber-ton (236) (Quadro 5). Em nenhum caso a interação família x local foi estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$). Porém, a não-significância não deve ser interpretada, a primeira vista, como ausência de interação. Significância depende do poder do teste de F, que é função do número de repetições utilizadas. Neste trabalho, apenas quatro ou seis blocos foram analisados.

QUADRO 5 - Valores e significância dos quadrados médios para famílias (QMFam.) e para famílias x locais (QM(F*T)), por procedência, para diferentes grupos de testes e correlação genética entre ambientes (Rg) com respectivos desvios padrão (s)

Proc.	Grupo ^a	Variável	No.Fam.	QMFam.	QM(F*T)	Rg	±	s
209	1	Altura	10	1,8772*	0,6640 ^{ns}	0,88 ¹	±	0,46
		DAP	10	5,9429**	1,2730 ^{ns}	0,91	±	0,25
		Sobrev. ^b	10	2,9208*	0,9475 ^{ns}	0,63	±	0,27
236	2	Altura	12	3,5437**	0,5280 ^{ns}	1,02 ²	±	0,20
		DAP	12	3,2761**	0,7809 ^{ns}	0,85	±	0,25
		Sobrev.	12	0,9466 ^{ns}	0,8549 ^{ns}	0,08 ¹	±	0,39
422	1	Altura	19	3,5436**	0,9847 ^{ns}	0,84	±	0,22
		DAP	19	7,2082**	1,0271 ^{ns}	1,10 ²	±	0,16
		Sobrev.	19	1,5959*	0,6795 ^{ns}	0,79	±	0,38
425	2	Altura	21	8,0712**	0,9414 ^{ns}	1,01 ²	±	0,11
		DAP	21	5,6914**	1,1887 ^{ns}	0,92 ²	±	0,18
		Sobrev.	21	1,4096**	0,5502 ^{ns}	1,01	±	0,52

^a Grupo 1 para análise dos testes VIR., B.O. e IPA.; grupo 2 para análise dos testes VIR., B.O., IPA., e INH..

^b Sobrevivência foi analisada em log-normal (Cox, 1970).

** Estatisticamente significativo a ($p \leq 0,01$).

* Estatisticamente significativo a ($p \leq 0,05$).

^{ns} Não-significativo.

¹ Rg = 0, e ² $0,5 < Rg \leq 1,0$ ($p \leq 0,05$).

Para melhor entender a importância da interação família x local, usou-se o conceito de correlação genética entre ambientes, conforme sugerido por DICKERSON (1962), YAMADA (1962), FALCONER (1981), EISEN e SAXTON (1983), EISEN (1987) e BULMER (1985). Para altura da procedência Herber-ton (236), DAP da procedência Cardwell (422) e altura e DAP da procedência Gympie (425), as correlações genéticas estiveram entre 0,5 e 1,0 ($p \leq 0,05$) (Quadro 5), indicando que, nesses casos, a interação família x local foi biológica e praticamente não-significativa.

Para DAP das procedências Helenvale (209) e Herberton (236), altura da procedência Cardwell (422) e sobrevivência das procedências Helenvale (209), Cardwell (422) e Gympie (425), as correlações genéticas estiveram entre zero e 1. Nesses casos ($0,0 < R_g \leq 1,0$), a interação família x local foi mensurável, porém de média importância, e provavelmente resultou da mudança de classificação das famílias em um único local. Entretanto, para altura da procedência Helenvale (209) sobrevivência da procedência Herberton (236), as correlações genéticas não diferiram de zero ($p \leq 0,05$), indicando que a interação foi biologicamente importante e resultou das mudanças de classificação das famílias de um local para outro, podendo limitar o agrupamento desses locais em uma mesma zona de melhoramento.

Para determinar os locais que poderiam ser agrupados em uma mesma zona de melhoramento, foi estimada a correlação genética para o mesmo caráter avaliado em dois locais, conforme sugerido por BURDON (1977). Considerando que esse tipo de correlação pode ser estimado quando as mesmas famílias estão representadas em testes de diferentes delineamentos experimentais ou mesmo avaliado em idades não muito discrepantes, foi possível incluir o teste de Altinópolis-SP (ALT.) (avaliado aos 42 meses de idade), e os de São Simão-SP (S.S.) e Luiz Antonio-SP (L.A.) (uma planta por parcela).

Correlação genética entre pares de locais para altura (acima da diagonal) e DAP (abaixo da diagonal), para cada procedência, está apresentada no Quadro 6. Não foram calculadas as correlações para a sobrevivência, devido ao valor negligenciável da variância de família, observado na maioria dos testes, o que pode ter sido consequência da alta sobrevivência apresentada nessa idade (acima de 70%, em média, Quadro 4).

Para a altura, correlações genéticas menores que 0,67 (limite estabelecido por SHELBOURNE, 1972) foram observadas nos pares de testes B.O. x IPA.; ALT. x INH.; ALT. x VIR. e VIR. x B.O.; ALT. x VIG. e ALT. x INH., das procedências Helenvale (209), Herberton (236), Cardwell (422) e Gympie (425), respectivamente, e para DAP nos pares de testes ALT. x INH.; e ALT. x VIR., ALT. x B.O., ALT. x IPA. e ALT. x INH., das procedências Herberton (236) e Gympie (425), respectivamente. Esses resultados indicam que, para essas procedências e caracteres ($rg \leq 0,67$), os testes foram pronunciadamente diferentes.

Se a altura fosse usada como critério para seleção, duas zonas de melhoramento seriam necessárias para cada procedência. Para a procedência Helenvale (209), Virginópolis (VIR.) e Ipatinga (IPA.) comporiam uma zona e Belo Oriente (B.O.) outra. Para as procedências Herberton (236) e Gympie (425), Altinópolis (ALT.) comporia uma zona e os demais locais a outra. Finalmente, para procedência Cardwell (422), Virginópolis (VIR.) comporia uma zona e os restantes a outra.

As mesmas zonas de melhoramento seriam aceitáveis se o DAP fosse usado como critério de seleção, exceto para as procedências Helenvale (209) e Cardwell (422), em que todos os locais poderiam ser agrupados em uma mesma zona de melhoramento.

Para o melhoramento conjunto de todas procedências, usando a altura e o DAP como critérios de seleção, os locais avaliados deverão ser agrupados em três zonas de melhoramento: zona 1, agrupando três locais, Virginópolis (VIR.) e Ipatinga-MG

QUADRO 6 - Correlação genética para altura (acima da diagonal) e diâmetro (abaixo da diagonal) considerando pares de locais, para cada procedência

Proc.	Local	Local						
		ALT.	VIR.	B.O.	IPA.	INH.	S.S.	L.A.
209	VIR.	-	x	1,00	1,00	-	-	-
	B.O.	-	1,00	x	0,19	-	-	-
	IPA.	-	1,00	0,75	x	-	-	-
236	ALT.	x	-	-	0,90	0,54	1,00	-
	VIR.	-	x	1,00	1,00	1,00	-	-
	B.O.	-	*	x	1,00	1,00	-	-
	IPA.	0,84	*	0,82	x	0,82	1,00	-
	INH.	0,39	*	1,00	0,67	x	0,83	-
	S.S.	1,00	-	-	1,00	1,00	x	-
	L.A.	-	-	-	-	-	-	-
422	ALT.	x	0,50	1,00	0,85	-	-	0,79
	VIR.	1,00	x	0,46	1,00	-	-	1,00
	B.O.	1,00	0,84	x	0,96	-	-	0,67
	IPA.	1,00	1,00	1,00	x	-	-	1,00
	L.A.	1,00	1,00	0,99	1,00	x	-	-
425	ALT.	x	0,49	0,80	0,75	0,51	-	-
	VIR.	0,23	x	1,00	1,00	1,00	-	-
	B.O.	0,62	1,00	x	0,97	1,00	-	-
	IPA.	0,66	0,79	1,00	x	1,00	-	-
	INH.	0,53	1,00	1,00	0,76	x	-	-

Nota: Traços (-) significam ausência de famílias comuns nos dois locais; (*) Correlação indeterminada devido a componente de variância negativo; (x) diagonal.

(IPA.), caracterizados por solos areno-argilosos profundos e pequeno déficit hídrico, e Inhambupe-BA (INH.), caracterizado por solos arenosos, com maior teor de argila a partir de 60 cm de profundidade e menos lixiviados; zona 2, para o local representado por Belo Oriente-MG (B.O.), caracterizado por solos podzolizados de boa fertilidade, mas com camada de impedimento; zona 3, agrupando os locais representados por Altinópolis-SP (ALT.), São Simão-SP (S.S.) e Luiz Antônio-SP (L.A.), caracterizados por solos arenosos de baixa fertilidade. Nota-se que os locais São Simão e Luiz Antonio poderiam pertencer tanto à zona 2 quanto à 3. Porém, pela similaridade de solo, seu agrupamento com Altinópolis-SP é mais lógico.

3.3. Herdabilidade

A magnitude dos coeficientes de herdabilidade indica a possibilidade de sucesso no melhoramento. Em geral, melhores resultados na seleção são obtidos quando as estimativas de herdabilidade dos caracteres a serem usados como critério de seleção são altas, com pequenos desvios padrão e similares para diferentes grupos de famílias, dentro da população. Neste estudo, tanto para altura como para DAP, as médias das herdabilidades, a nível de médias de famílias em cada teste, foram relativamente altas (máximo = 0,82 e 0,80 e mínimo = 0,44 e 0,36, respectivamente, para altura e DAP), e com pequeno desvio padrão (Quadro 7). De modo geral, as estimativas de herdabilidade obtidas para altura e DAP foram semelhantes às obtidas por BORGES e BRUNE (1983), para *E. grandis* aos 30 meses de idade, e àquelas obtidas por MORI et alii (1983), para *E. urophylla* aos 84 meses de idade.

Com relação à procedência, as maiores herdabilidades foram estimadas para as procedências Cardwell (422) e Gympie (425), para altura (média = 0,66 e 0,68, respectivamente), e para a procedência Cardwell (422), para DAP (média = 0,71) (Quadro 7).

QUADRO 7 - Herdabilidades a nível de médias de famílias e respectivos desvios padrão para altura (ALT), DAP, e sobrevivência (Sob.), por procedência, estimadas para cada local

Var.	Local	Procedências				Média ^a
		209	236	422	425	
Alt.	VIR.	0,38±0,31	0,32±0,29	0,53±0,17	0,51±0,16	0,44±0,05
	B.O.	0,45±0,27	0,31±0,29	0,45±0,21	0,69±0,10	0,48±0,08
	IPA.	0,50±0,25	0,73±0,11	0,71±0,11	0,75±0,09	0,67±0,06
	INH.	-	0,85±0,05	0,75±0,11	0,85±0,04	0,82±0,03
	ALT.	0,79±0,10	0,70±0,09	0,84±0,05	0,62±0,12	0,74±0,05
DAP	VIR.	0,66±0,17	0,39±0,59	0,59±0,16	0,58±0,14	0,36±0,25
	B.O.	0,51±0,24	0,43±0,24	0,51±0,19	0,46±0,18	0,48±0,02
	IPA.	0,63±0,18	0,74±0,11	0,73±0,11	0,72±0,09	0,71±0,03
	INH.	-	0,77±0,08	0,86±0,06	0,76±0,07	0,80±0,03
	ALT.	0,73±0,13	0,55±0,14	0,84±0,05	0,59±0,13	0,68±0,07
Sob.	VIR.	0,81±0,09	0,32±0,29	0,39±0,24	0,49±0,50	0,26±0,27
	B.O.	0,60±0,20	0,77±0,76	0,46±0,21	0,36±0,21	0,16±0,31
	IPA.	0,38±0,31	0,60±0,18	0,39±0,23	0,56±0,15	0,48±0,06
	INH.	-	0,78±0,07	0,62±0,17	0,46±0,16	0,62±0,09
	ALT.	0,02±0,45	0,58±0,13	0,33±0,20	0,52±0,15	0,36±0,13

* Média de herdabilidades ± respectivos desvios padrão.

Para sobrevivência, as médias das estimativas de herdabilidade, por teste, foram baixas e com grandes desvios padrão (Quadro 7). As herdabilidades variaram de 0,77 (procedência Herberton plantada em Belo Oriente-MG) a 0,81 (procedência Helenvale plantada em Virginópolis-MG). Baixas herdabilidades foram obtidas quando a variação de sobrevivência no teste foi pequena. Por exemplo, para a procedência Herberton (236) em Belo Oriente-MG (B.O.), a sobrevivência das famílias variou de 71 a 92%. Esse resultado está na porção extrema da distribuição binomial e, mesmo após a transformação dos dados para log-normal ou arco-seno, a possibilidade de detectar qualquer variabilidade entre famílias fica muito reduzida.

4. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados no presente trabalho revelaram que o comportamento das cinco procedências de *E. cloeziana* estudadas variou em função da textura, da capacidade de retenção de água e da fertilidade do solo dos locais avaliados. Pode-se indicar a procedência Gympie como a mais adequada para Virginópolis, Ipatinga e Belo Oriente-MG e para Inhambupe-BA, cujos solos são areno-argilosos ou podzolizados, com maior capacidade de retenção de água no seu perfil, ou arenosos menos lixiviados. A procedência Cardwell é a mais indicada para locais com solos de baixa fertilidade e pequena capacidade de retenção de água, como em Altinópolis-SP.

A similaridade de latitude entre a região de origem e os locais de plantio não levou ao maior crescimento das plantas.

De maneira geral, houve expressão de considerável variabilidade genética para altura e para DAP, em todos os locais avaliados, resultando a obtenção de coeficientes de herdabilidade, a nível de média de família, de alta magnitude; o que mostra excelentes possibilidades para seleções efetivas.

O estudo da interação família x local possibilitou a indicação da estratégia de seleção mais adequada para esse material genético e para locais avaliados. Baseando-se na correlação genética entre locais, concluiu-se que o melhoramento dessas procedências deverá ser praticado considerando-se três zonas de melhoramento: zona 1, composta por Virginópolis-MG, Ipatinga-MG e Inhambupe-BA; zona 2, Belo Oriente-MG; e zona 3, composta por Altinópolis-SP, São Simão-SP e Luiz Antonio-SP.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Jarbas Schmizu, Dr. Carlos Alberto Ferreira e Dr. José Elidney Pinto Jr., pela revisão e suas sugestões apresentadas. À Acesita Energética S.A., Champion Papel e Celulose LTDA, Cenibra Florestal S.A., COPENER - Copene Energética S.A., e ao Instituto Florestal de São Paulo, pela coleta de dados e pelo fornecimento de informações suplementares, que muito contribuíram para o enriquecimento deste trabalho.

6. LITERATURA CITADA

- AGUIAR, I.B.; CORRADINI, L.; CARRARA, M.A.; FAZZIO, E.C.M.; VALERI, S.V. Teste de procedência de sementes de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. *Silvicultura*, 8(28):129-31, 1983.
- AGUIAR, I.B.; CORRADINI, L.; VALERI, S.V.; RUBINO, M. Comportamento de procedências de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. na região de Ribeirão Preto (SP) até a idade de cinco anos e oito meses. *Revista Árvore*, 12(1):12-24, 1988.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; CARDOSO, J.R.; MACEDO, P.R.O. Algumas relações solo-espécie de *Eucalypto* em suas condições naturais. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. *Relação solo-eucalypto*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1990. p.1-23.
- BORGES, R.C.G. & BRUNE, A. Heritability estimates and correlations between characters in *Eucalyptus grandis*, *Silvicultura*, 8(31):525-7, 1983.
- BULMER, M.G. *The mathematical theory of quantitative genetics*. Oxford, Clarendon Press, 1985. 254p.
- BURDON, R.D. Genetic correlation as a concept for studying genotype environment interaction in forest tree breeding. *Silvae Genetica*, 26:168-75, 1977.
- COX, D.R. *The analysis of binary data*. London, Methuen and Co. LTD., 1970. 142p.
- DICKERSON, G.E. Implications of genetic-environmental interaction in animal breeding. *Animal Production*, 4:47-64, 1962.
- EISEN, J.E. *Concepts in quantitative genetics and breeding*. Raleigh, North Carolina State University, 1987. 225p.
- EISEN, J.E. & SAXTON, A.M. Genotype by environment interactions and genetic correlations involving two environmental factors. *Theoretical and Applied Genetics*, 67:75-86, 1983.
- FALCONER, D.S. *Introduction to quantitative genetics*. New York, Longman & Co., 1981. 340p.
- GOLFARI, L. *Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento*. Rio de Janeiro, PRODEPEF, 1975. 65p. (Série Técnica, 3).
- GOLFARI, L.; CASER, R.L.; MOURA, V.P.G. *Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil*. (2ª aproximação). Brasília, PRODEPEF, 1978. 66p. (Série Técnica, 11).
- GOMES, J.M.; BRANDI, R.M.; CÂNDIDO, J.F.; OLIVEIRA, L.M. Competição de espécies e procedências de eucalipto na região de Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 1(2):72-88, 1977.

- GOMES, J.M.; PEREIRA, A.R.; BRANDI, R.M.; MACIEL, L.A.F. Variação do crescimento de espécies e procedências de eucalipto cultivadas na região de Viçosa, MG. *Revista Árvore*, 5(2):233-49, 1981.
- GURGEL FILHO, O.A.; PIRES, C.L.S.; GARRIDO, M.A.O.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; FARIA, A.J.; ASSINI, J.L.; COELHO, L.C.C.; FONTES, M.A.; ROSA, P.R.F.; FERNANDES, P.S.; SOUZA, W.J.M. Teste de procedências de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp. no estado de São Paulo. *Silvicultura*, São Paulo, 14:156-71, 1978.
- INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS, Piracicaba, SP. *Procedências de Eucalyptus* spp. introduzidas no Brasil por diferentes entidades. Piracicaba, 1984, 98p.
- KISE, C.M. *Introdução de espécies/procedências de Eucalyptus na região de Bom Despacho - CAF Santa Bárbara - Belgo Mineira*. Brasília, PRODEPEF, 1977. 31p. (Comunicação Técnica, 17).
- MILLIKEN, G.A. & JOHNSON, D.E. *Analysis of messy data I. designed e experiments*. Belmont, CA. Lifetime Learning Pub., 1984. 473p.
- MODE, C.J. & ROBINSON, H.F. Pleiotropism and the genetic variance and covariance. *Biometrics*, 15:518-37, 1959.
- MORI, E.S. Variação genética e interação progênes x locais em *Eucalyptus urophylla*. *IPEF*, (39):53-63, 1988.
- MOURA, V.P.G.; COSTA, S.M.C. *Seleção de espécies e procedências de Eucalyptus, no eixo Campo-Grande Três Lagoas, MS, região do cerrado*. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1980. 33p. (Boletim Pesquisa, 15).
- NAMKOONG, G. *Introduction to quantitative genetics in forestry*. Washington, USDA, 1979. 342p. (USDA Tech. Bull., 1588).
- PIRES, C.L.S.; ZANATO, A.C.S.; BARBOSA, A.F.; ASSINI, J.L.; GARRIDO, M.A.O.; BUZATTO, O.; ROSA, P.R.F.; FERNANDES, P.S.; EMMERICK, W.; SOUZA, W.J.M. Teste de procedência de *Eucalyptus* spp. *Silvicultura*, 8(31):491-3, 1983.
- SHELBOURNE, G.J.A. Genotype-environment interaction: Its study and implications in forest tree improvement. In: *IUFRO Genetics-Sarao Joint Symposia*, Tokyo. *Anais...*, Tokyo, 1972. p. B-1(I), 1-B-1(I), 28.
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. *Statistical methods*. Ames, Iowa State Univ. Press, 1967. 593p.
- TIMONI, J.L.; COELHO, L.C.C.; KAGEYAMA, P.Y.; SILVA, A.A. Teste de procedências de *Eucalyptus* spp. na região de Mogi Guaçu (SP). *Silvicultura*, 8(31):505-7, 1983.
- Rev. árv., Viçosa, 16(1):1-17, 1992

TURNBULL, J.W. Variação em procedências de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. *Silvicultura*, 8(31):508-11, 1983.

WELLENDORF, H.; WERNER, M.; ROULUND, H. *Deliniation of breeding zones and efficiency of late and early selection within and between zones*. Denmark, Frederiskberg C. 1986. 53p. (Forest Tree Improvement, 19).

YAMADA, J. Genotype by environment interaction and genetic correlation of the same trait under different environment. *Japanese Journal Genetics*, 37:498-509, 1962.