

ESTABILIDADE GENOTÍPICA E ADAPTABILIDADE COMO CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE *Pinus elliottii**

Jarbas Y. Shimizu**

RESUMO

Avaliações de altura de 72 famílias de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* de polinização livre, plantadas em 5 locais no sul do Brasil, revelaram interações genótipo x ambiente altamente significativas. Isto sugere que indivíduos devem ser selecionados especificamente para cada local testado. As análises da estabilidade genotípica e da adaptabilidade permitem a identificação das famílias mais produtivas, em qualquer local, com base no índice de produtividade média do sítio. Das 72 famílias testadas, 54% foram consideradas genotipicamente estáveis e adaptadas a todos os ambientes, enquanto que 14% demonstraram melhor adaptação aos sítios de alta produtividade e apenas 8% aos sítios de baixa produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: interação genótipo x ambiente; qualidade de sítio.

GENOTYPIC STABILITY AND ADAPTABILITY AS CRITERIA FOR SELECTION OF *Pinus elliottii*

ABSTRACT

Significant G x E interactions for height growth were found among 72 open pollinated slash pine (*Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*) families tested over five locations in southern Brazil. This suggests that selections for breeding purposes should be specific for each location. The analyses of adaptability and of genotypic stability provide further information on the response of each family to various environments. Among all families tested, 54% were considered genotypically stable and adapted to all locations while 14% were better adapted to good sites and 8% were better than the average in poor sites.

KEY-WORDS: G x E interaction, site quality.

1. INTRODUÇÃO

O sucesso dos programas de melhoramento genético florestal está intimamente ligado à qualidade das árvores-matrizes selecionadas para constituírem as suas respectivas populações bases. As árvores-matrizes selecionadas, segundo as avaliações dos testes de progênie, reúnem, entre as suas características, o mérito genético transmissível às gerações subseqüentes.

* Trabalho apresentado no 5º Congresso Florestal Brasileiro, Olinda, 1986.

** Eng. Florestal, Ph.D., pesquisador da EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

Quando as matrizes são selecionadas através do teste de progênie instalado em um único local, as variâncias genéticas e todos os parâmetros estimados a partir desses valores tornam-se superestimados, em função da variância devido à interação genótipo x ambiente que permanece inseparável do componente da variância genética. O uso desses componentes da variância para estimar o ganho genético resulta, freqüentemente, em estimativas exageradas, especialmente quando as interações genótipo x ambiente são substanciais.

Já é reconhecida a existência da interação genótipo x ambiente em *P. taeda* L. (OWINO 1977; YEISER et al. 1981; LA FARGE & KRAUS 1981) e em *P. elliottii* Engelm. var. *elliottii* (GODDARD & VANDE LINDE 1967); SNYDER & ALLEN 1971). Essas interações só podem ser estimadas através de testes genéticos repetidos em diversos locais (ou condições ambientais). Através dessas redes de experimentação poderão ser identificados os grupos de genótipos superiores para cada ambiente, constituindo, assim, as bases para a estratégia de melhoramento genético multipopulacional. O efeito e a variância da interação genótipo x ambiente podem ser estimados através da análise de variância de experimentos envolvendo diversos locais.

Entretanto, a homogeneidade entre as variâncias residuais nos locais é um requisito que nem sempre é satisfeito e, em virtude disso, o efeito da interação genótipo x ambiente, geralmente, fica mascarado. Além disso, a análise de variância convencional não permite avaliar a estabilidade genotípica nem a adaptabilidade dos genótipos testados. Esses dois parâmetros são fundamentais para definir os genótipos que constituirão as populações para melhoramento.

Várias idéias têm surgido para a interpretação dinâmica da adaptabilidade dos genótipos a diversos ambientes, com base no estudo da regressão do desempenho dos genótipos sobre os índices de produtividade dos ambientes. Esses índices são estimados pela média de produtividade de todas as famílias em cada ambiente, expressos em termos de desvio em relação à média geral.

FINLAY & WILKINSON (1963) usaram a produtividade média do genótipo em relação à população, como medida de adaptação e a magnitude do coeficiente de regressão linear como medida de estabilidade genotípica. Segundo seus critérios, o coeficiente $b = 1,0$ indicaria estabilidade média sobre todos os ambientes. A estabilidade abaixo da média seria caracterizada pelo coeficiente $b > 1,0$ e a estabilidade acima da média pelo coeficiente $b < 1,0$, porém, sem considerar as implicações do grau de confiabilidade desses coeficientes. Por outro lado, EBERHART & RUSSELL (1966) propuseram, sem maiores especificações, que o genótipo estável deveria apresentar os coeficientes $b = 1,0$ e a variância residual da regressão $s^2=0$. Com isso, ficou subentendido que todos os genótipos que não satisfizessem a essas duas condições, simultaneamente, seriam instáveis.

Análises baseadas em comparações das curvas de regressão, referentes a cada genótipo, foram efetuadas em estudos de interação genótipo x ambiente em *Pinus* tropicais por BARNES et al. (1984). Para esse estudo, o método da regressão foi considerado mais eficiente do que a análise de componentes principais.

A análise que, aparentemente, propicia as medidas mais adequadas da adaptabilidade genotípica é apresentada por BILBRO & RAY (1976). Segundo esses autores, o coeficiente $b = 1,0$ caracteriza o genótipo adaptado a todos os ambientes; o coeficiente $b > 1,0$ indica que o genótipo é melhor adaptado aos ambientes de alta produtividade e $b < 1,0$ indicaria aqueles mais adaptados aos ambientes menos produtivos. A variância residual da regressão representaria a medida da estabilidade

genotípica. Porém, em vez disso, esses autores preferiram usar o coeficiente de determinação que proporciona, basicamente, a mesma ideia. O coeficiente de determinação apresenta as vantagens de ser facilmente calculado e testado estatisticamente, além de ser independente da unidade de medida, facilitando, assim, as interpretações.

Este trabalho foi elaborado com o objetivo de avaliar as características da estabilidade genotípica e da adaptabilidade, como critérios de seleção de matrizes de *P. elliotii* para melhoramento genético, sob diferentes condições ambientais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi baseado em uma rede de testes genéticos instalados em cinco locais no sul do Brasil, envolvendo 72 famílias de *P. elliotii* de polinização livre. Em cada local, as progênies foram plantadas em parcelas lineares de dez plantas, com três repetições. As progênies foram avaliadas pela altura média por parcela, aos 4 anos de idade.

Para a avaliação da reação dos genótipos às mudanças ambientais, foram estimados os coeficientes de regressão e de determinação das alturas das famílias, em função dos índices de produtividade dos locais. Igualando os valores de "x" (produtividade do sítio) aos valores de "y" (estimativa da produtividade da família em questão) na equação de regressão $y = a + bx$, onde "a" é a média da família e "b" é o coeficiente de regressão linear, estima-se o valor crítico de produtividade do sítio.

Se a equação for referente a uma família adaptada aos sítios de boa qualidade, essa família produzirá mais do que a média das famílias em sítios cujas produtividades forem superiores ao valor "x" crítico estimado. No caso de famílias adaptadas aos sítios de baixa qualidade, o valor crítico de "x" estima a produtividade do sítio abaixo da qual essas famílias teriam maior rendimento do que a média das famílias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa entre as médias das famílias quando todos os locais foram englobados no conjunto (Tabela 1). Pelo critério de FINLAY & WILKINSON (1963), todas as famílias teriam o mesmo grau de adaptabilidade. Entretanto, houve ampla variação nos coeficientes de regressão e nas suas respectivas confiabilidades entre as famílias.

Pelos critérios de BILBRO & RAY (1976), 54% das famílias apresentaram capacidade média de adaptação ($b = 1,0$), 14% demonstraram melhor adaptação em sítios de alta qualidade ($b > 1,0$) e 8% em sítios de baixa qualidade ($b < 1,0$) (Tabela 2). A Figura 1 ilustra as características dessas categorias de adaptabilidade.

Quanto à estabilidade genotípica, as famílias genotipicamente estáveis e instáveis constituíram 76% e 24% da população, respectivamente (Tabela 2). Nesses aspectos, parece evidente o contraste entre espécies de *Pinus*. Experimentos com *P. taeda* mostraram que 91% das famílias são adaptáveis a uma ampla gama de qualidade de sítio (LA FARGE & KRAUS 1981), em contraste com 54% em *P. elliotii* neste estudo. Por outro lado, a maioria das famílias de *P. taeda* estudadas por LA FARGE & KRAUS (1981) apresentou baixa estabilidade genotípica, ao contrário do que se observou neste trabalho com *P. elliotii*.

TABELA 1. Média das alturas (\bar{x}) e coeficientes de regressão linear (b) e de determinação (r^2) das famílias de *P. elliottii* nos 4 anos de idade.

Famílias	\bar{x} (m)	b	r^2	Famílias	\bar{x} (m)	b	r^2
1	5,78	0,85	0,96	37	5,12	0,83	0,83 a
2	5,04	0,88	0,93	38	5,40	0,81	0,77 a
3	5,14	1,10 _{ns}	0,76 a	39	5,42	0,70 _{ns}	0,76 a
4	5,40	1,26	0,86 a	40	5,26	1,02	0,91
5	5,30	0,94	0,95	41	5,38	1,00	0,98
6	5,26	1,01	0,77 a	42	5,46	1,01	0,90
7	5,18	1,00	0,95	43	5,30	0,89	0,95
8	5,30	0,93	0,86 a	44	5,28	0,75*	0,87 a
9	5,16	0,94	0,98	45	5,48	0,82	0,90
10	5,32	0,73*	0,94	46	5,78	1,15	0,93
11	5,22	0,90	0,96	47	5,56	1,01	0,95
12	5,30	0,87	0,96	48	5,34	1,06	0,99
13	5,20	0,95	0,94	49	5,54	0,94	0,98
14	5,22	0,94	0,93	50	5,58	1,14*	0,99
15	5,34	1,11	0,98	51	5,40	0,94	0,88 a
16	5,10	0,93	0,94	52	5,60	0,97	0,97
17	5,54	1,05	0,97	53	5,42	1,04	0,99
18	5,56	0,93	0,83 a	54	5,24	1,07*	1,00
19	5,42	1,23*	0,98	55	5,80	1,14	0,96
20	5,34	1,24*	0,95	56	5,62	1,18	0,95
21	5,20	1,20*	0,97	57	5,24	1,01	0,92
22	5,28	0,85	0,94	58	5,50	0,93 _{ns}	0,73 a
23	5,64	1,14*	0,99	59	5,42	1,02	0,96
24	5,44	1,11	0,90	60	5,64	1,14*	0,99
25	5,32	0,72*	0,91	61	5,24	0,79*	0,95
26	5,34	0,92	0,87 a	62	5,28	1,10	0,96
27	5,62	1,20*	0,99	63	5,32	1,25	0,93
28	5,36	1,20	0,91	64	5,12	1,21	0,87 a
29	5,36	1,02	0,95	65	5,26	0,84	0,78 a
30	5,34	0,83*	0,95	66	5,30	0,92	0,98
31	5,46	1,10	0,98	67	5,12	0,77*	0,93
32	5,46	0,78*	0,98	68	5,88	1,20*	0,98
33	5,18	1,18	0,83 a	69	5,40	0,88	0,85 a
34	5,44	1,06	0,97	70	5,44	1,18	0,88 a
35	5,50	1,05	0,98	71	5,24	1,00	1,00
36	5,50	1,02	0,98	72	5,22	1,20*	0,96

* = coeficiente de regressão diferente de I com 95% de probabilidade.

ns = coeficiente de regressão estatisticamente não significativo.

a = coeficiente de determinação diferente de I com 95% de probabilidade.

TABELA 2. Distribuição em categorias de adaptabilidade e estabilidade genotípica entre 72 famílias de *P. elliotii*.

ADAPTABILIDADE	GENÓTIPOS	
	ESTÁVEIS	INSTÁVEIS
A sítios de alta qualidade	10 (14%)	0
Média	39 (54%)	13
A sítios de baixa qualidade	6 (8%)	1
Indeterminada*	0	3
TOTAIS	55 (76%)	17 (24%)

* famílias com coeficiente de regressão não significativo.

Tomando as famílias 20 e 25 como representantes das famílias adaptáveis aos sítios de alta e baixa produtividade, respectivamente, essas categorias de família seriam indicadas para sítios que proporcionem crescimentos, em média, superiores a 5,5m e inferiores a 5,17m de altura, respectivamente, em *P. elliotii*, aos 4 anos de idade. Portanto, a seleção para um programa de melhoramento multipopulacional, visando a utilização da interação genótipo x ambiente, requer, antes de tudo, estimativas de produtividade dos sítios.

Se a meta for a maximização dos ganhos genéticos, deve-se providenciar o levantamento de toda a propriedade, a fim de dividi-la em estratos de alta, média e baixa qualidade de sítio, onde serão desenvolvidos programas de melhoramento genético específicos para genótipos adaptáveis a sítios de alta, média e baixa produtividade, respectivamente. Se não houver disponibilidade de recursos (ou interesse) para desenvolver programas de melhoramento específico para esses níveis de detalhamento, sugere-se o desenvolvimento de um único programa, incorporando todas as famílias de adaptabilidade média e aquelas adaptáveis a sítios de alta qualidade, mas que tenham alta estabilidade genotípica. Esta estratégia será menos dispendiosa, porém, não permitirá a maximização da utilização dos solos marginais.

A restrição às famílias de alta estabilidade genotípica é importante a fim de evitar que se incorra em grandes erros nas estimativas dos valores genéticos. Esse cuidado proporcionará maior eficiência no desenvolvimento e na utilização dos recursos genéticos, uma vez que os seus desempenhos poderão ser mais previsíveis.

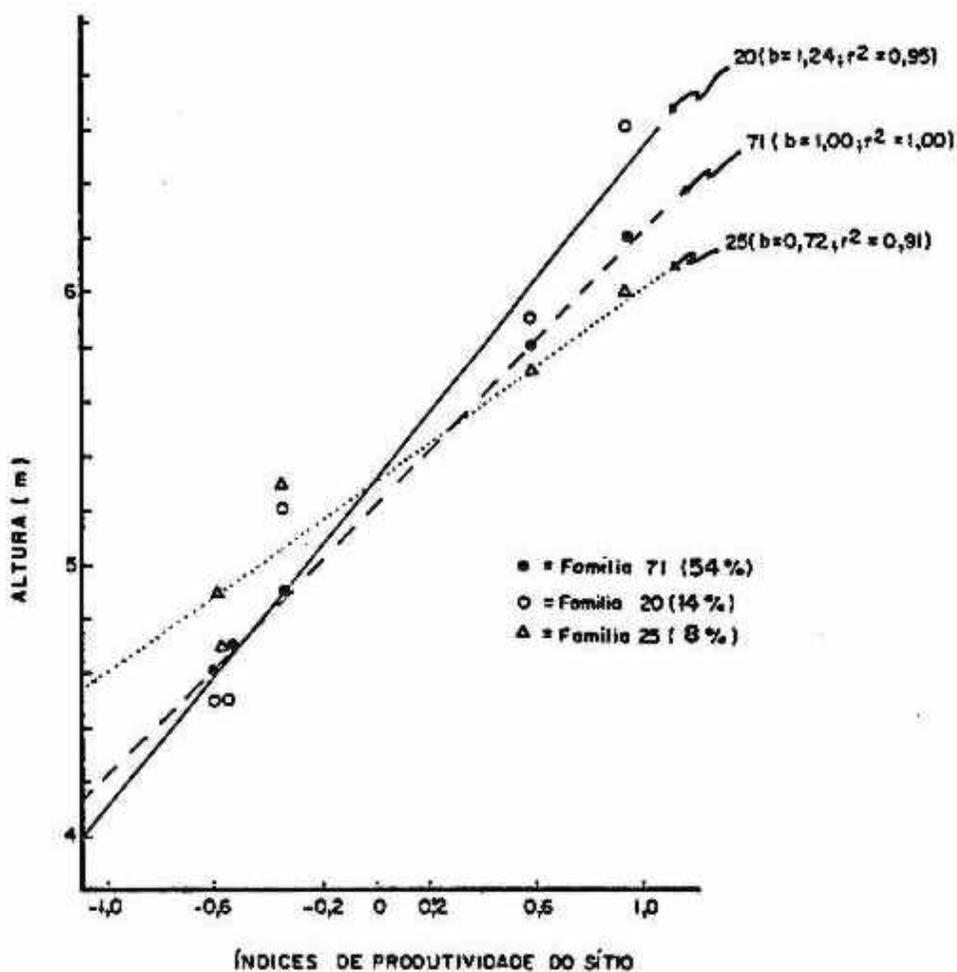


Figura 1. Categorias de adaptabilidade das famílias de *P. elliotii* em função da produtividade do sítio.

4. CONCLUSÕES

As estimativas dos parâmetros da estabilidade genotípica e da adaptabilidade possibilitam a seleção de matrizes mais adequadas para cada categoria de qualidade de sítio. Este método é mais seguro do que a seleção baseada somente nas médias das famílias em cada local.

A contribuição do melhoramento genético no aumento da produtividade da floresta está condicionada à determinação da qualidade do sítio e da sua destinação para plantios com materiais genéticos de adaptabilidade apropriada. Em quaisquer

circunstâncias, devem ser selecionadas somente famílias genotipicamente estáveis.

A proporção de famílias de *P. ellottii* adaptáveis a solos marginais é reduzida (em torno de 8%). Um programa de melhoramento genético específico para esse tipo de sítio só se justificaria se o usuário quizesse maximizar o uso do potencial genético e ambiental disponíveis ou se houvesse uma proporção substancial de solos marginais na propriedade.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece às seguintes pessoas pela valiosa colaboração na implantação e no acompanhamento dos ensaios de campo: Dr. Reinaldo C. Romanelli e Dr. Manoel de Azevedo Pontes, do Instituto Florestal do Estado de São Paulo; Dr. Rui Fernando R. Monteiro, da KLABIN do Paraná Agro Florestal S.A.; Dr. Luiz Sérgio Ruwer, da Cia. Agro-Territorial da Cidreira.

5. REFERÊNCIAS

- BARNES, R.D.; BURLEY, J.; GIBSON, G.L. & GARCIA DE LEON, J. P. Genotype-environment interactions in tropical pines and their effects on the structure of breeding populations. **Silvae Genetica**, **33**(6): 186-98, 1984.
- BILBRO, J.D. & RAY, L.L. Environmental stability and adaptation of cotton cultivars. **Crop Science**, **16**:821-4, 1976.
- EBERHART, S.A. & RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, **6**:36-40, 1966.
- FINLAY, K.W. & WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, **14**:742-54, 1963.
- GODDARD, R.E. & VANDE LINDE, F. Initial results of slash pine progeny tests replicated in time and space. In: SOUTHERN CONFERENCE ON FOREST TREE IMPROVEMENT, 9., Knoxville, 1967. **Proceedings**, p.101-7.
- LA FARGE, T. & KRAUS, J.F. Genotype x environment interactions of loblolly pine families in Georgia, U.S.A. **Silvae Genetica**, **30** (4/5): 156-62, 1981.
- OWINO, P. Genotype x environment interaction and genotypic stability in loblolly pine. III. Genotypic stability comparisons. **Silvae Genetica**, **26**(1):21-6, 1977.
- SNYDER, E.B. & ALLEN, R.M. Competitive ability of slash pine analysed by genotype x environment stability method. In: CONPERENCE ON SOUTHERN FOREST TREE IMPROVEMENT, 11., Atlanta, 1971. **Proceedings**. p.142-7.
- YEISER, J.L.; BUIJTENEN, J.O. VAN & LOWE, W. Genotype x environment interactions and seed movements for loblolly pine in the western gulf region. **Silvae Genetica**, **30**(6): 196-200, 1981.