

# VARIABILIDADE GENÉTICA PARA TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO ENTRE E DENTRO DE PROGÊNIES DE LEUCENA<sup>1</sup>

ANGELA MARIA MALUF<sup>2</sup>, PAULO SODERO MARTINS<sup>3</sup> e WILSON ROBERTO MALUF<sup>4</sup>

**RESUMO** - Utilizando-se solução nutritiva contendo 9 ppm de Al, testaram-se 18 progênies de plantas individuais de leucena, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., oriundas de três populações tidas como tolerantes ao Al. Fez-se um experimento em blocos casualizados com quatro repetições; cada parcela foi composta por uma das 18 progênies. Utilizaram-se dez plantas por parcela e, portanto, 40 plantas por progênie no total das quatro repetições. Observou-se, quatro semanas após o transplante das sementes germinadas para a solução nutritiva, o comprimento da parte aérea ( $Y_1$ ), comprimento da maior raiz ( $Y_2$ ), peso seco da parte aérea ( $Y_3$ ), peso seco das raízes ( $Y_4$ ) e persistência dos cotilédones ( $Y_5$ ). Detectou-se variabilidade genética para tolerância ao Al entre progênies e dentro de algumas progênies de leucena, mostrando a possibilidade do melhoramento genético para tolerância ao Al em *L. leucocephala* por meio de seleção intrapopulacional. A concordância mútua dos resultados das variáveis  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$ ,  $Y_4$  e  $Y_5$  não foi plenamente satisfatória, ressaltando a dificuldade de se usar cada parâmetro isoladamente na avaliação de tolerância ao Al em leucena.

**Termos para indexação:** *Leucaena leucocephala*, toxidez de alumínio, solução nutritiva, leguminosa tropical, pastagem tropical, teste de progênies.

## GENETIC VARIABILITY FOR ALUMINUM TOLERANCE BETWEEN AND WITHIN PROGENIES OF LEUCAENA

**ABSTRACT** - In a nutrient solution containing 9 ppm Al, 18 single-plant progenies of leucaena, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., from three populations considered to be tolerant to Al by means of the multivariate analysis were tested. The experiment was set up in a randomized complete block design with four replications, each plot being comprised by a different progeny; ten plants were used per plot, comprising 40 plants per progeny over the four replications. Four weeks after transplanting the germinated seeds to the nutrient solution, the following traits were evaluated: length of the aerial portion ( $Y_1$ ), length of the longest root ( $Y_2$ ), dry weight of the aerial portion ( $Y_3$ ), dry weight of roots ( $Y_4$ ) and cotyledon persistence ( $Y_5$ ). Genetic variability was shown to be present among progenies and within some progenies of leucaena, demonstrating the possibility of improving Al tolerance in *L. leucocephala* by means of intrapopulational selection. Mutual agreement between the results yielded by parameters  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$ ,  $Y_4$  and  $Y_5$  was less than satisfactory, underlining the difficulty in the use of a single parameter in the evaluation of Al tolerance in leucaena.

**Index terms:** *Leucaena leucocephala*, aluminum toxicity, nutrient solution, tropical legume, tropical pasture, progeny testing.

## INTRODUÇÃO

A *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., conhecida vulgarmente como leucena, é originária da América Central e, atualmente, está dispersa em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. Apesar de ser amplamente utilizada como forrageira, é sabido que a espécie não suporta solos áci-

dos com elevados teores de Al tóxico (Brewbaker 1976, National Academy of Sciences 1977 e Jones 1979).

Alguns trabalhos de avaliação e seleção para tolerância ao Al e para eficiência na absorção de Ca pelas raízes estão sendo desenvolvidos no Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT - (Calí, Colômbia), com variedades, espécies e híbridos de *Leucaena* (Hutton 1982). As variedades Cunningham e gigante K 8 de *L. leucocephala* mostraram-se intolerantes ao Al.

Maluf et al. (1984 a) e Maluf et al. (1984 b) observaram diferenças entre populações de *L. leucocephala* na tolerância ao Al.

Num estudo posterior, Maluf et al. (1984 c) mostraram que as características comprimento da parte aérea ( $Y_1$ ), comprimento da maior raiz ( $Y_2$ ),

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 24 de julho de 1984.

<sup>2</sup> Enga. - Agra., M.Sc., Instituto de Botânica, Caixa Postal 4005, CEP 01000, São Paulo, SP.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Ph.D., Prof.-Assistente Doutor, Dep. de Genética -ESALQ/USP, Caixa Postal 83, CEP 13400 Piracicaba, SP.

<sup>4</sup> Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH), Caixa Postal 11-1316, CEP 70000 Brasília, DF.

peso seco da parte aérea ( $Y_3$ ), peso seco das raízes ( $Y_4$ ) e persistência dos cotilédones ( $Y_8$ ), medidos na concentração de 6, 9 ou 12 ppm de Al, são os melhores parâmetros para a discriminação da tolerância ao Al.

Embora se conheça o potencial da seleção entre populações, nada se conhece sobre a variabilidade para tolerância ao Al dentro de populações de leucena.

O objetivo deste trabalho é verificar a existência de variabilidade genética para tolerância ao Al entre e dentro de progênies de plantas individuais de *L. leucocephala*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local de Investigação

Este estudo foi conduzido em casa de vegetação, no Laboratório de Genética Ecológica do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP, no ano de 1983.

### Progênies de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

Foram utilizadas 18 progênies de plantas individuais de *L. leucocephala* obtidas na região de Piracicaba, referentes a três populações tidas como tolerantes ao Al

(T-1, T-2 e T-3) pela análise multivariada feita por Maluf et al. (1984 b). A listagem destas progênies está na Tabela 1.

Uma vez que se desconhece a taxa de alopatia em *L. leucocephala* nos locais de coleta, não se sabe a estrutura genética destas progênies, isto é, se podem ser consideradas como progênies  $S_0$ , progênies de meios-irmãos, irmãos germanos ou uma mistura destes tipos.

### Conjunto experimental

A metodologia utilizada foi semelhante à descrita por Maluf et al. (1984 a), porém, neste caso utilizaram-se somente quatro tanques de solução nutritiva, todos com a concentração de 9 ppm de Al, uma vez que esta foi considerada satisfatória na detecção de tolerância, ou não, ao Al, conforme observações feitas no experimento de Maluf et al. (1984 c).

Fez-se um experimento em blocos casualizados com quatro repetições, sendo cada parcela composta por uma das 18 progênies. Utilizaram-se dez plantas por parcela e, portanto, 40 plantas por progênie, no total das quatro repetições (tanques). Limitações na disponibilidade de material biológico impediram o uso de maior número de indivíduos por progênie.

Quatro semanas após o transplante das sementes germinadas para os tanques contendo solução nutritiva, fizeram-se as seguintes medições:

$Y_1$  = comprimento da parte aérea, em cm (medida tomada do colo da planta até a inserção da última folha).

$Y_2$  = comprimento da maior raiz, em cm (medida tomada do colo da planta até a extremidade da maior raiz).

TABELA 1. Progênies de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

Número da população*	Número da progênie	Número da planta	Procedência
T-1	P-1	2	Estrada Piracicaba - Tietê, Piracicaba, SP
T-1	P-2	4	Estrada Piracicaba - Tietê, Piracicaba, SP
T-1	P-3	13	Estrada Piracicaba - Tietê, Piracicaba, SP
T-1	P-4	20	Estrada Piracicaba - Tietê, Piracicaba, SP
T-1	P-5	22	Estrada Piracicaba - Tietê, Piracicaba, SP
T-1	P-6	25	Estrada Piracicaba - Tietê, Piracicaba, SP
T-2	P-7	31	Estrada Piracicaba - Limeira, Piracicaba, SP
T-2	P-8	32	Estrada Piracicaba - Limeira, Piracicaba, SP
T-2	P-9	34	Estrada Piracicaba - Limeira, Piracicaba, SP
T-2	P-10	37	Estrada Piracicaba - Limeira, Piracicaba, SP
T-2	P-11	41	Estrada Piracicaba - Limeira, Piracicaba, SP
T-2	P-12	43	Estrada Piracicaba - Limeira, Piracicaba, SP
T-3	P-13	45	Estrada do Bongue, Piracicaba, SP
T-3	P-14	49	Estrada do Bongue, Piracicaba, SP
T-3	P-15	52	Estrada do Bongue, Piracicaba, SP
T-3	P-16	56	Estrada do Bongue, Piracicaba, SP
T-3	P-17	59	Estrada do Bongue, Piracicaba, SP
T-3	P-18	62	Estrada do Bongue, Piracicaba, SP

\* A discriminação destas populações está no trabalho de Maluf et al. (1984 a).

$Y_3$  = peso seco da parte aérea, em g (medida efetuada após a secagem do material em estufa a 35-40°C durante cinco dias).

$Y_4$  = peso seco das raízes, em g (medida efetuada após a secagem do material em estufa a 35-40°C durante cinco dias).

$Y_5$  = persistência dos cotilédones (verificação da persistência (+) ou queda (-) das folhas cotiledonares).

O período de crescimento adotado foi de quatro semanas, para evitar que um período mais prolongado provocasse aumento do erro experimental, através do emaranhamento das raízes e da competição entre plantas vizinhas.

Somente estes cinco parâmetros foram medidos, pois são os mais apropriados para este tipo de análise, de acordo com Maluf et al. (1984 c).

#### Variabilidade genética entre progênies

Foi feita análise de variância para as características  $Y_1$  a  $Y_4$ .

Estimou-se o coeficiente de variação genética (CVg) entre progênies para estas características, o coeficiente de variação ambiental (CVe) e o coeficiente b (CVg/CVe).

A concordância entre as classificações destas características analisadas ( $Y_1$  a  $Y_4$ ) foi verificada através do teste de  $X^2$  em tabelas de contingência de 2 x 2. Valores significativos para  $X^2$  indicam boa concordância (não independência entre os dois critérios (Steel & Torrie 1960).

#### Variabilidade genética dentro de progênies

Para as características analisadas ( $Y_1$  a  $Y_4$ ) estimou-se a variância de plantas individuais dentro de progênies ( $\hat{\sigma}^2$ ), com 36 graus de liberdade (9 g.l. para cada uma das repetições).

A progênie com menor estimativa de variância foi considerada como sendo de natureza apenas ambiental (o que pode não ser estritamente verdadeiro, mas é aqui aceito para efeito de simplificação). Este valor foi multiplicado por 1,76, que corresponde ao limite de significância de F para a estimativa de  $\hat{\sigma}_e^2$ . Todas as outras estimativas de  $\hat{\sigma}$  que superassem este valor foram consideradas como tendo um componente genético ( $\hat{\sigma}^2$  g), de modo que:

$$\hat{\sigma}^2 = \hat{\sigma}^2 g + \hat{\sigma}^2 e$$

onde:

$\hat{\sigma}^2$  = variância entre plantas dentro de progênies

$\hat{\sigma}^2 g$  = variância genética entre plantas dentro de progênies

$\hat{\sigma}^2 e$  = variância ambiental entre plantas dentro de progênies.

Foi então calculado um limite mínimo do valor da herdabilidade no sentido amplo ( $H^2$  min) dentro de cada progênie em que  $\hat{\sigma}^2 g > 0$ .

A metodologia descrita serve apenas para identificar a(s) progênie(s) dentro das quais haja algum componente genético para as características consideradas. Os valores

de  $H^2$  min devem ser interpretados apenas neste contexto, e não como boas estimativas de herdabilidade no sentido amplo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Variabilidade genética entre progênies

Para as características  $Y_1$  e  $Y_4$  foram feitas as análises de variância, que são mostradas na Tabela 2. Para  $Y_8$ , por se tratar de um caráter binário com poucas plantas por parcela, não se fez a análise de variância.

As médias das variáveis  $Y_1$  a  $Y_4$  para cada repetição encontram-se nas Tabelas 3 a 6, e as médias padronizadas, na Tabela 7. A padronização expressa as variáveis  $Y_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) em termos de unidades de desvio-padrão acima ou abaixo da média, tornando a interpretação mais fácil e segura.

Para a característica  $Y_5$  não houve possibilidade de discriminar para tolerância e intolerância ao Al entre progênies, uma vez que, para todas as progênies, a proporção de plantas com persistência de cotilédones foi 100% ou próxima desta. Isto pode ser explicado através de dois argumentos:

a. este parâmetro ( $Y_5$ ) não consegue determinar as pequenas diferenças de tolerância. Uma vez que todas as progênies utilizadas referem-se às populações T-1, T-2 ou T-3, tidas como tolerantes ao Al pela análise multivariada (Maluf et al. 1984 b), as diferenças em tolerância observadas entre e dentro de progênies podem ser bem menores que aquela que ocorre entre as referidas populações e, portanto, este método não consegue detectá-las.

b. Há necessidade de padronização do método. A persistência dos cotilédones foi observada quatro semanas após o transplante das sementes germinadas para a solução nutritiva, não se levando em conta a idade fisiológica da planta, que é alcançada em período diferente conforme as condições físicas do ambiente, como, por exemplo, a temperatura. Este fato poderia estar interferindo no desenvolvimento da planta e, portanto, na queda dos cotilédones. Tais diferenças no desenvolvimento das plantas foram observadas quando se fez a repetição do experimento, em outra época.

Para as demais características ( $Y_1$  a  $Y_4$ ), observa-se a existência de variabilidade genética entre progênies, o que pode ser evidenciado pelos valores

TABELA 2. Análises de variância referente aos caracteres comprimento da parte aérea ( $Y_1$ ), comprimento da maior raiz ( $Y_2$ ), peso seco da parte aérea ( $Y_3$ ), peso seco das raízes ( $Y_4$ ) medidos em 18 progênies de plantas individuais de *Leucaena leucocephala* submetidas à concentração de 9 ppm de Al.

Causas de variação	GL	Quadrados médios			
		$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$
Blocos	3	2,6325	46,3294	62,7280	32,9174
Progênies	17	2,1328**	13,9410**	804,7735**	77,4744**
Resíduo	51	0,6670	1,7088	96,3976	22,0016
Total	71				

TABELA 3. Estimativas das médias e variâncias dentro de cada uma das 18 progênies de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter comprimento da parte aérea ( $Y_1$ ).

Progênies		Repetições				Média das repetições	$F^{b,c/}$
		1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>		
P-1	$\bar{X}$	9,25	8,95	8,80	8,15	8,79	F = 2,856*
	$\hat{\sigma}^2$	0,8472	1,8028	2,2889	0,8361	1,4438	
P-2	$\bar{X}$	10,45	8,30	7,45	9,30	8,88	F = 2,948*
	$\hat{\sigma}^2$	0,5806	0,7333	3,6361	1,0111	1,4903	
P-3	$\bar{X}$	8,90	8,70	7,10	7,90	8,15	F = 1,802*
	$\hat{\sigma}^2$	1,1000	0,4000	0,7667	1,3778	0,9111	
P-4	$\bar{X}$	11,55	10,25	11,75	9,45	10,75	F = 2,758*
	$\hat{\sigma}^2$	1,3583	2,1806	1,0694	0,9694	1,3944	
P-5	$\bar{X}$	9,20	10,15	8,40	10,55	9,58	F = 1,882*
	$\hat{\sigma}^2$	0,2889	0,9472	1,3222	1,2472	0,9514	
P-6	$\bar{X}$	10,10	9,05	9,15	10,00	9,58	F = 2,288*
	$\hat{\sigma}^2$	0,8778	1,4694	1,6694	0,6111	1,1569	
P-7	$\bar{X}$	8,20	8,40	8,05	8,65	8,33	F = 2,816*
	$\hat{\sigma}^2$	1,2333	0,8778	2,5250	1,0583	1,4236	
P-8	$\bar{X}$	9,70	9,30	8,75	7,15	8,73	F = 2,876*
	$\hat{\sigma}^2$	1,7889	0,6222	1,7917	1,6139	1,4542	
P-9	$\bar{X}$	9,45	9,90	9,50	9,95	9,70	F = 2,876*
	$\hat{\sigma}^2$	1,4139	1,6000	0,7778	2,025	1,4542	
P-10	$\bar{X}$	9,50	10,00	9,60	8,20	9,33	F = 2,115*
	$\hat{\sigma}^2$	0,6667	0,8889	0,8222	1,9000	1,0695	
P-11	$\bar{X}$	10,05	6,65	8,70	8,25	8,41	F = 3,350*
	$\hat{\sigma}^2$	1,4139	3,6694	0,5111	1,1806	1,6938	
P-12	$\bar{X}$	9,15	9,25	6,85	8,15	8,35	-
	$\hat{\sigma}^2$	0,4472	0,5139	0,3361	0,7250	0,5056	
P-13	$\bar{X}$	9,70	7,60	8,20	9,10	8,65	F = 3,461*
	$\hat{\sigma}^2$	2,7889	0,8222	2,2889	1,1000	1,7500	
P-14	$\bar{X}$	7,90	8,35	7,55	6,70	7,63	F = 1,882*
	$\hat{\sigma}^2$	0,8222	1,3361	0,4694	1,1778	0,9514	

TABELA 3. Continuação.

Progênes		Repetições				Média das repetições	F <sup>b,c/</sup>
		1. <sup>a</sup>	2. <sup>a</sup>	3. <sup>a</sup>	4. <sup>a</sup>		
P-15	$\bar{X}$	8,05	8,50	8,90	7,00	8,11	F = 1,106ns
	$\hat{\sigma}^2$	0,6361	0,6667	0,3222	0,6111	0,5590	
P-16	$\bar{X}$	9,60	9,30	8,90	7,35	8,79	F = 2,358*
	$\hat{\sigma}^2$	0,3778	1,4000	0,3778	2,6139	1,1924	
P-17	$\bar{X}$	8,45	9,10	8,70	9,55	8,95	F = 3,568*
	$\hat{\sigma}^2$	1,1917	2,5444	1,7333	1,7472	1,8042	
P-18	$\bar{X}$	10,25	8,70	8,80	9,20	9,24	F = 2,661*
	$\hat{\sigma}^2$	0,1806	1,5667	1,1778	2,4556	1,3452	

a/ As estimativas das variâncias têm 9 graus de liberdade para cada repetição, e 36 graus de liberdade na média das 4 repetições.

b/ Os valores de F referem-se à razão entre  $\hat{\sigma}^2$  da progênie considerada e o menor valor de  $\hat{\sigma}^2$  estimado entre as 18 progênes.

c/ Limite de significância de F = 1,76 ( $\alpha = 0,05$ ).

TABELA 4. Estimativas das médias e variâncias dentro de cada uma das 18 progênes de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter comprimento da maior raiz ( $Y_2$ ).

Progênes		Repetições				Média das repetições	F <sup>b,c/</sup>
		1. <sup>a</sup>	2. <sup>a</sup>	3. <sup>a</sup>	4. <sup>a</sup>		
P-1	$\bar{X}$	14,90	16,75	15,30	14,65	15,40	F = 1,347ns
	$\hat{\sigma}^{2a/}$	2,4889	7,1806	4,4556	7,2806	5,3514	
P-2	$\bar{X}$	17,80	15,50	12,85	13,20	14,84	F = 2,218*
	$\hat{\sigma}^2$	2,7333	12,0556	17,4472	3,011	8,8118	
P-3	$\bar{X}$	15,50	13,40	12,00	12,90	13,45	F = 1,568 <sup>ns</sup>
	$\hat{\sigma}^2$	7,8889	5,2667	7,2222	4,5444	6,2305	
P-4	$\bar{X}$	16,35	16,10	13,85	13,25	14,89	F = 1,049 <sup>ns</sup>
	$\hat{\sigma}^2$	2,5583	4,9889	2,8917	6,2361	4,1687	
P-5	$\bar{X}$	13,20	15,15	13,15	12,50	13,50	F = 3,395*
	$\hat{\sigma}^2$	16,1222	14,7250	13,3361	9,7778	13,4903	
P-6	$\bar{X}$	14,85	14,05	12,95	11,95	13,45	F = 1,431 <sup>ns</sup>
	$\hat{\sigma}^2$	2,9472	5,1917	5,0806	9,5250	5,6861	
P-7	$\bar{X}$	15,55	14,35	11,30	10,00	12,80	F = 1,761*
	$\hat{\sigma}^2$	4,9694	8,2806	8,5667	6,1667	6,9958	
P-8	$\bar{X}$	14,05	12,80	10,50	7,15	11,12	F = 1,680 <sup>ns</sup>
	$\hat{\sigma}^2$	10,5806	4,4556	7,5556	4,1139	6,6764	
P-9	$\bar{X}$	16,05	13,85	12,45	11,80	13,54	F = 1,514 <sup>ns</sup>
	$\hat{\sigma}^2$	9,3583	4,1139	1,4694	9,1222	6,0159	
P-10	$\bar{X}$	12,75	13,75	12,60	8,20	11,82	F = 1,124 <sup>ns</sup>
	$\hat{\sigma}^2$	2,8472	2,2361	3,3778	9,4000	4,4653	

TABELA 4. Continuação.

Progênes		Repetições				Média das repetições	F <sup>b,c/</sup>
		1. <sup>a</sup>	2. <sup>a</sup>	3. <sup>a</sup>	4. <sup>a</sup>		
P-11	$\bar{X}$	14,00	11,60	10,95	10,30	11,71	
	$\hat{\sigma}^2$	0,9444	22,1000	4,8028	3,3444	7,7979	F = 1,962*
P-12	$\bar{X}$	12,90	11,85	11,90	8,45	11,27	
	$\hat{\sigma}^2$	2,7667	3,1139	8,2111	9,5250	5,9042	F = 1,486 <sup>ns</sup>
P-13	$\bar{X}$	10,60	11,25	10,35	8,50	10,17	
	$\hat{\sigma}^2$	3,6556	5,4583	4,5583	2,2222	3,9736	—
P-14	$\bar{X}$	9,25	8,30	6,25	6,05	7,46	
	$\hat{\sigma}^2$	8,8472	4,1778	1,7361	3,0250	4,4465	F = 1,119 <sup>ns</sup>
P-15	$\bar{X}$	16,75	9,20	10,00	12,15	12,02	
	$\hat{\sigma}^2$	2,8472	16,3444	6,3889	7,4472	8,2569	F = 2,078*
P-16	$\bar{X}$	12,85	13,25	11,90	10,25	12,06	
	$\hat{\sigma}^2$	2,8361	4,5139	7,1000	6,1250	5,1432	F = 1,294 <sup>ns</sup>
P-17	$\bar{X}$	15,65	11,90	12,40	10,85	12,70	
	$\hat{\sigma}^2$	3,8361	19,5444	5,6556	3,0583	8,0236	F = 2,019*
P-18	$\bar{X}$	15,05	14,65	9,10	10,95	12,44	
	$\hat{\sigma}^2$	4,6917	19,5028	8,1556	4,8028	9,2882	F = 2,337*

a/ As estimativas das variâncias têm 9 graus de liberdade para cada repetição, e 36 graus de liberdade na média das 4 repetições.

b/ Os valores de F referem-se à razão entre  $\hat{\sigma}^2$  da progênie considerada e o menor valor de  $\hat{\sigma}^2$  estimado entre as 18 progênes.

c/ Limite de significância de F = 1,76 ( $\alpha = 0,05$ ).

TABELA 5. Estimativas das médias e variâncias dentro de cada uma das 18 progênes de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter peso seco da parte aérea ( $Y_3$ ).

Progênes		Repetições				Média das repetições	F <sup>b,c/</sup>
		1. <sup>a</sup>	2. <sup>a</sup>	3. <sup>a</sup>	4. <sup>a</sup>		
P-1	$\bar{X}$	93,20	110,38	98,02	98,83	75,11	
	$\hat{\sigma}^2$ <sup>a/</sup>	993,34	290,39	445,82	275,35	501,23	F = 5,344*
P-2	$\bar{X}$	110,80	112,36	88,58	94,08	101,46	
	$\hat{\sigma}^2$	251,02	447,36	1216,43	134,66	512,37	F = 5,463*
P-3	$\bar{X}$	68,93	71,44	76,87	74,85	73,02	
	$\hat{\sigma}^2$	187,00	151,55	218,11	194,98	187,91	F = 2,004*
P-4	$\bar{X}$	110,17	100,29	110,71	120,63	110,45	
	$\hat{\sigma}^2$	226,07	517,80	109,06	220,90	268,46	F = 2,862*
P-5	$\bar{X}$	104,72	111,45	129,31	119,78	116,32	
	$\hat{\sigma}^2$	401,55	268,39	300,70	313,68	321,08	F = 3,423*
P-6	$\bar{X}$	99,64	121,17	122,05	106,20	112,27	
	$\hat{\sigma}^2$	208,38	379,27	428,69	274,41	322,69	F = 3,441*

TABELA 5. Continuação.

Progênes		Repetições				Média das repetições	F <sup>b,c/</sup>
		1. <sup>a</sup>	2. <sup>a</sup>	3. <sup>a</sup>	4. <sup>a</sup>		
P-7	$\bar{X}$	96,56	87,49	76,05	69,78	82,47	F = 4,255*
	$\hat{\sigma}^2$	518,83	368,80	311,14	397,67	399,11	
P-8	$\bar{X}$	102,30	93,40	83,06	58,99	84,44	F = 3,892*
	$\hat{\sigma}^2$	401,45	385,03	465,04	208,71	365,06	
P-9	$\bar{X}$	109,56	118,64	101,97	114,74	111,23	F = 2,501*
	$\hat{\sigma}^2$	81,88	197,29	436,21	222,98	234,59	
P-10	$\bar{X}$	95,83	104,20	94,52	77,41	92,99	F = 3,731*
	$\hat{\sigma}^2$	85,56	397,00	717,47	199,66	349,92	
P-11	$\bar{X}$	93,06	89,74	80,49	79,95	85,81	F = 5,851*
	$\hat{\sigma}^2$	320,35	1663,53	43,12	167,90	548,73	
P-12	$\bar{X}$	94,68	88,44	101,85	86,41	92,85	F = 4,267*
	$\hat{\sigma}^2$	280,26	167,60	491,13	661,89	400,22	
P-13	$\bar{X}$	83,85	89,62	90,88	92,19	89,14	F = 3,371*
	$\hat{\sigma}^2$	444,50	405,84	257,55	156,96	316,21	
P-14	$\bar{X}$	57,38	69,30	66,92	79,59	68,30	-
	$\hat{\sigma}^2$	45,38	192,74	61,43	75,61	93,79	
P-15	$\bar{X}$	77,08	66,19	69,23	94,37	76,72	F = 1,199 <sup>ns</sup>
	$\hat{\sigma}^2$	181,57	61,84	34,46	171,89	112,44	
P-16	$\bar{X}$	84,51	75,45	74,89	76,39	77,81	F = 2,586*
	$\hat{\sigma}^2$	282,47	287,91	115,90	283,94	242,56	
P-17	$\bar{X}$	107,65	87,91	88,15	87,85	92,89	F = 3,250*
	$\hat{\sigma}^2$	188,07	596,56	202,01	232,70	304,84	
P-18	$\bar{X}$	90,41	98,79	82,04	95,35	91,65	F = 3,576*
	$\hat{\sigma}^2$	253,12	649,89	219,11	219,37	335,37	

Obs.:  $\bar{X}$ : os valores devem ser multiplicados por  $10^{-3}$ .  
 $\hat{\sigma}^2$ : os valores devem ser multiplicados por  $10^{-6}$ .

a/ As estimativas das variâncias têm 9 graus de liberdade para cada repetição, e 36 graus de liberdade na média das 4 repetições.

b/ Os valores de F referem-se à razão entre  $\hat{\sigma}^2$  da progênie considerada e o menor valor de  $\hat{\sigma}^2$  estimado entre as 18 progênes.

c/ Limite de significância de F = 1,76 ( $\alpha = 0,05$ ).

significativos de F da Tabela 2. A estimativa dos parâmetros genéticos para as características  $Y_1$  a  $Y_4$  encontra-se na Tabela 8.

O exame dos dados da Tabela 8 evidencia a existência de variabilidade genética entre progênes: para a maioria das características analisadas ( $Y_2$ ,  $Y_3$  e  $Y_4$ ), o coeficiente de variação genética (CVg) esteve ao redor de 14-15%. Somente para a  $Y_1$  esteve ao redor de 6,81%.

Um parâmetro bastante interessante para ser observado nesta mesma tabela é o coeficiente b, que dá idéia da magnitude do CVg em relação ao CVe. Esses valores de b foram menores que a unidade para  $Y_1$  e  $Y_4$ , porém, maiores que a unidade para  $Y_2$  e  $Y_3$ .

Os resultados evidenciam a possibilidade de se selecionar, mesmo dentro de populações tolerantes ao Al como T-1, T-2 e T-3, progênes com nível ainda mais elevado de tolerância.

TABELA 6. Estimativas das médias e variâncias dentro de cada uma das 18 progênies de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter peso seco das raízes ( $Y_4$ ).

Progênies		Repetições				Média das repetições	$F^{b,c/}$
		1. <sup>a</sup>	2. <sup>a</sup>	3. <sup>a</sup>	4. <sup>a</sup>		
P-1	$\bar{X}$	23,76	33,66	28,03	26,90	28,09	F = 2,534*
	$\hat{\sigma}^2$	14,08	45,50	48,81	41,29	37,42	
P-2	$\bar{X}$	29,63	34,91	27,23	27,62	29,85	F = 3,374*
	$\hat{\sigma}^2$	18,02	91,42	63,47	26,39	49,83	
P-3	$\bar{X}$	24,33	19,34	22,71	23,93	22,58	F = 1,166 <sup>ns</sup>
	$\hat{\sigma}^2$	14,85	15,11	21,28	17,65	17,22	
P-4	$\bar{X}$	31,67	27,48	30,50	34,52	31,04	F = 2,767*
	$\hat{\sigma}^2$	47,79	84,84	3,48	27,36	40,87	
P-5	$\bar{X}$	22,92	32,93	38,76	32,71	31,83	F = 1,840*
	$\hat{\sigma}^2$	26,62	26,20	15,16	40,72	27,18	
P-6	$\bar{X}$	21,49	36,86	31,90	30,11	30,09	F = 3,316*
	$\hat{\sigma}^2$	55,08	49,47	26,37	64,97	48,97	
P-7	$\bar{X}$	31,27	27,78	20,48	18,51	24,51	F = 3,430*
	$\hat{\sigma}^2$	68,51	47,47	43,38	43,28	50,66	
P-8	$\bar{X}$	30,99	24,62	21,89	11,85	22,34	F = 2,861*
	$\hat{\sigma}^2$	41,14	53,61	53,85	20,38	42,25	
P-9	$\bar{X}$	24,43	33,59	26,29	30,33	28,66	F = 2,498*
	$\hat{\sigma}^2$	23,24	48,61	31,76	43,95	36,89	
P-10	$\bar{X}$	18,39	29,27	24,67	18,86	22,80	F = 3,082*
	$\hat{\sigma}^2$	6,68	58,36	93,68	23,36	45,52	
P-11	$\bar{X}$	19,05	26,82	19,84	19,47	21,30	F = 4,427*
	$\hat{\sigma}^2$	36,40	190,32	4,11	30,70	65,38	
P-12	$\bar{X}$	26,64	25,43	28,87	20,10	25,01	F = 2,810*
	$\hat{\sigma}^2$	16,10	21,49	49,93	78,52	41,51	
P-13	$\bar{X}$	16,70	26,09	21,46	22,34	21,65	F = 3,385*
	$\hat{\sigma}^2$	35,97	88,48	44,41	31,08	49,99	
P-14	$\bar{X}$	13,57	16,31	14,87	19,78	16,13	—
	$\hat{\sigma}^2$	6,91	33,31	10,34	8,53	14,77	
P-15	$\bar{X}$	23,46	15,55	15,44	25,88	20,08	F = 1,617 <sup>ns</sup>
	$\hat{\sigma}^2$	26,43	34,55	8,72	25,86	23,89	
P-16	$\bar{X}$	20,62	20,96	19,34	18,48	19,85	F = 1,776*
	$\hat{\sigma}^2$	20,39	51,80	8,02	24,71	26,23	
P-17	$\bar{X}$	34,83	21,52	24,94	23,12	26,10	F = 4,080*
	$\hat{\sigma}^2$	43,64	114,60	46,07	36,72	60,26	
P-18	$\bar{X}$	26,14	30,64	19,21	26,89	25,72	F = 3,902*
	$\hat{\sigma}^2$	53,38	124,35	24,04	28,74	57,63	

Obs.:  $\bar{X}$ : os valores devem ser multiplicados por  $10^{-3}$ .  
 $\hat{\sigma}^2$ : os valores devem ser multiplicados por  $10^{-6}$ .

a/ As estimativas das variâncias têm 9 graus de liberdade para cada repetição, e 36 graus de liberdade na média das 4 repetições.

b/ Os valores de F referem-se à razão entre  $\hat{\sigma}^2$  da progênie considerada e o menor valor de  $\hat{\sigma}^2$  estimado entre as 18 progênies.

c/ Limite de significância de F = 1,76 ( $\alpha = 0,05$ ).



TABELA 7. Médias padronizadas de comprimento da parte aérea ( $N_1$ ), comprimento da maior raiz ( $N_2$ ), peso seco da parte aérea ( $N_3$ ) e peso seco das raízes ( $N_4$ ), para cada uma das 18 progênes de *Leucaena leucocephala* testadas sob a concentração de 9 ppm de Al.

Progênes	Caráter			
	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$
P-1	-0,1316	+1,5625	-1,0777	+0,7321
P-2	-0,0084	+1,2628	+0,7289	+1,1320
P-3	-1,0078	+0,5190	-1,2210	-0,5200
P-4	+2,5519	+1,2896	+1,3452	+1,4024
P-5	+0,9500	+0,5458	+1,7477	+1,5819
P-6	+0,9500	+0,5190	+1,4700	+1,1865
P-7	-0,7614	+0,1712	-0,5731	-0,0814
P-8	-0,2137	-0,7277	-0,4381	-0,5745
P-9	+1,1143	+0,5672	+1,3987	+0,8616
P-10	+0,6077	-0,3532	+0,1481	-0,4700
P-11	-0,6518	-0,4120	-0,3441	-0,8108
P-12	-0,7340	-0,6472	+0,1385	+0,0322
P-13	-0,3232	-1,2361	-0,1158	-0,7313
P-14	-1,7197	-2,6862	-1,5447	-1,9856
P-15	-1,0626	-0,2461	-0,9674	-1,0880
P-16	-0,1316	-0,2247	-0,8926	-1,1403
P-17	+0,0875	+0,1177	+0,1413	+0,2799
P-18	+0,4845	-0,0214	+0,0563	+0,1935

#### Variabilidade genética dentro de progênes

Os limites mínimos de herdabilidade no sentido amplo ( $H^2$  min) são mostrados na Tabela 9 e foram calculados a partir dos dados das Tabelas 3 a 6.

Apesar da pouca precisão do método para estimar a  $H^2$  min, é indubitável que existe variabilidade genética dentro de certas progênes como a P-2, P-5, P-7, P-11, P-17 e P-18, uma vez que foram estimados valores de  $H^2$  min superiores a zero para todos os parâmetros medidos ( $Y_1$  a  $Y_4$ ).

É bem provável que as progênes P-3, P-14 e P-15 não possuam nenhuma variabilidade de natureza genética dentro de suas progênes, pois para a maioria das características analisadas a  $H^2$  min foi zero ou teve valores pequenos.

Isto evidencia que existe uma variação genética, pelo menos dentro de algumas progênes de plantas individuais, que poderá ser explorada em programas de melhoramento.

#### Verificação da concordância entre os resultados obtidos através de diferentes variáveis utilizadas

Efetou-se o teste do  $X^2$  (Tabela 10) utilizando-se os valores das médias padronizadas mostrados na Tabela 7, para testar a concordância entre os resultados avaliados através de  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$  e  $Y_4$ .

Embora Maluf et al. (1984 c) tenham visto que os parâmetros individuais  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$  e  $Y_4$  concordam com a análise multivariada na discriminação de tolerância ao Al, a concordância mútua destas variáveis não é plenamente satisfatória (Tabela 10). Isto ressalta a dificuldade de se usar cada parâmetro isoladamente na avaliação de tolerância ao Al em leucena. Isto pode ser explicado considerando-se que a tolerância ao Al é função das variáveis  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$  e  $Y_4$ , cada uma contribuindo com uma pequena parcela para o resultado final (tolerância ou intolerância). No entanto, nenhuma delas isoladamente é tão eficiente para tal discriminação quanto a análise multivariada, e implica a possibilidade de haver discrepâncias mútuas. Um reflexo das discrepâncias mostradas na Tabela 10 pode ser observado na Tabela 9, onde as estimativas de  $H^2$  min para cada progênie variam conforme a variável considerada, e são, em geral, menores para  $Y_2$  do que para  $Y_1$ ,  $Y_3$  e  $Y_4$ .

TABELA 8. Coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ) e ambiental ( $CV_e$ ), e sua razão  $b = CV_g/CV_e$ , entre progênes de plantas individuais de *Leucaena leucocephala* testadas sob a concentração de 9 ppm de Al: valores referentes aos caracteres comprimento da parte aérea ( $Y_1$ ), comprimento da maior raiz ( $Y_2$ ), peso seco da parte aérea ( $Y_3$ ) e peso seco das raízes ( $Y_4$ ).

Parâmetros	Caráter			
	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$
$CV_g$ (%)	6,81	14,01	14,65	14,97
$CV_e$ (%)	9,19	10,47	10,81	18,86
$b = CV_g/CV_e$	0,74	1,34	1,36	0,79

TABELA 9. Estimativas dos limites mínimos do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo, dentro de cada uma das 18 progênes de *Leucaena leucocephala* testadas sob 9 ppm de Al; valores referentes aos caracteres comprimento da parte aérea ( $Y_1$ ), comprimento da maior raiz ( $Y_2$ ), peso seco da parte aérea ( $Y_3$ ) e peso seco das raízes ( $Y_4$ ).

População	Progênie	$H^2_{\min}$			
		$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$
T-1	P-1	0,3836	—	0,6707	0,3053
T-1	P-2	0,4029	0,2063	0,6778	0,4783
T-1	P-3	0,0233	—	0,1215	—
T-1	P-4	0,3618	—	0,3851	0,3640
T-1	P-5	0,0646	0,4816	0,4859	0,0436
T-1	P-6	0,2308	—	0,4885	0,4692
T-2	P-7	0,3749	0,0003	0,5864	0,4869
T-2	P-8	0,3880	—	0,5478	0,3847
T-2	P-9	0,3880	—	0,2963	0,2953
T-2	P-10	0,1679	—	0,5283	0,4289
T-2	P-11	0,4746	0,1032	0,6992	0,6024
T-2	P-12	—	—	0,5876	0,3738
T-3	P-13	0,4915	—	0,4780	0,4800
T-3	P-14	0,0646	—	—	—
T-3	P-15	—	0,1530	—	—
T-3	P-16	0,2537	—	0,3195	0,0090
T-3	P-17	0,5068	0,1284	0,4585	0,5686
T-3	P-18	0,3385	0,2471	0,5078	0,5489

TABELA 10. Valores de  $\chi^2$  referentes aos testes de concordâncias das classificações proporcionadas pelos caracteres (padronizados) comprimento da parte aérea ( $N_1$ ), comprimento da maior raiz ( $N_2$ ), peso seco da parte aérea ( $N_3$ ) e peso seco das raízes ( $N_4$ ). Dados obtidos do teste de 18 progênes de *Leucaena leucocephala* testadas sob 9 ppm de Al.

	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$
$N_2$	0,9351 <sup>ns</sup>	—	—	—
$N_3$	8,4156**	0,8889 <sup>ns</sup>	—	—
$N_4$	3,7403 <sup>ns</sup>	3,5556 <sup>ns</sup>	8,0000**	—

### CONCLUSÕES

1. Detectou-se variabilidade genética para tolerância ao Al entre progênes de plantas individuais de *Leucaena leucocephala*, oriundas de três populações tidas como tolerantes ao Al.

2. Verificou-se, também, a existência de variabilidade genética dentro de algumas destas progênes de plantas individuais.

3. Não foi plenamente satisfatória a concordância mútua dos resultados de comprimento da parte aérea ( $Y_1$ ), comprimento da maior raiz ( $Y_2$ ), peso seco da parte aérea ( $Y_3$ ), peso seco das raízes ( $Y_4$ ) e persistência dos cotilédones ( $Y_5$ ), ressaltando a dificuldade de se usar cada parâmetro isoladamente na avaliação de tolerância ao Al em leucena.

### REFERÊNCIAS

- BREWBAKER, J.L. The woody legume, *Leucaena*: promising source of feed, fertilizer, and fuel in the tropics. In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE GANADERÍA TROPICAL, Acapulco, México, 1976. p.13-27.
- HUTTON, E.M. Interrelation of Ca and Al in adaptation of *Leucaena* to very acid soils. *Leucaena Res. Rep.*, Taiwan, 3:9-11, 1982.

- JONES, R.J. The value of *Leucaena leucocephala* as a feed for ruminants in the tropics. *World Anim. Rev.*, Rome, 31:13-23, 1979.
- MALUF, A.M.; MARTINS, P.S. & MALUF, W.R. Avaliação de populações de leucena para tolerância ao alumínio. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19(7):859-66, jul. 1984a.
- MALUF, A.M. MARTINS, P.S.; FERREIRA-ROSSI, P.E. & MALUF, W.R. Avaliação de populações de leucena para tolerância ao alumínio. II. Análise de conglo-  
meração. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19(8):999-1002. ago. 1984b.
- MALUF, A.M.; MARTINS, P.S. & MALUF, W.R. Avaliação de populações de leucena para tolerância ao alumínio. III. Critérios para avaliação de tolerância. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19(9):1131-34, set. 1984c.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, Washington, EUA. *Leucaena; promising forage and tree crops for the tropics*. Washington, 1977. 115p.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.