

AValiação de Populações de Leucena para Tolerância ao Alumínio.

II. ANÁLISE DE CONGLOMERAÇÃO¹

ANGELA MARIA MALUF², PAULO SODERO MARTINS³, PEDRO EMÍLIO FERREIRA-ROSSI⁴
e WILSON ROBERTO MALUF⁵

RESUMO - O objetivo desse trabalho é discriminar, quanto à tolerância ao Al, 29 populações de leucena, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., testadas em cinco concentrações de alumínio, em dois experimentos, por meio da análise de conglomeramento das distâncias euclidianas (análise multivariada). As médias padronizadas de cada população, em cada uma das cinco concentrações de Al, para as variáveis Y_1 a Y_7 (comprimento da parte aérea, comprimento da maior raiz, peso seco da parte aérea, peso seco das raízes, comprimento da primeira folha, número de ramificações e relação peso seco da parte aérea/peso seco das raízes, respectivamente), foi aplicada uma análise de conglomeramento (análise multivariada), agrupando as populações mais semelhantes de acordo com o algoritmo de Johnson executado pelo procedimento CLUSTER do pacote estatístico SAS. A análise multivariada conseguiu identificar dois grupos bem contrastantes em relação às características estudadas. No grupo das tolerantes situaram-se as populações T-1, T-2, T-3, T-6, T-7, T-13, T-14, T-15, T-17, T-19, T-20, T-21 e T-30; e no das intolerantes, as populações T-4, T-5, T-8, T-9, T-10, T-11, T-12, T-16, T-18, T-22, T-23, T-24, T-25, T-26, T-28 e T-29.

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

EVALUATION OF LEUCAENA POPULATIONS FOR TOLERANCE TO ALUMINUM. II. CLUSTER ANALYSIS

ABSTRACT - This paper reports on the use of cluster analysis of euclidean distances (multivariate analysis) to screen for Al tolerance among 29 populations of leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) tested under five different Al concentrations over two experiments. The multivariate analysis was applied to the standardized means of the variables Y_1 to Y_7 (length of the aerial portion, length of the longest root, dry weight of the aerial portion, dry weight of roots, length of the first leaf, number of lateral branches, dry weight of the aerial portion/dry weight of roots ratio, respectively), under each of the five Al concentrations, and the populations were grouped in clusters according to their similarity by the use of Johnson's algorithm, performed by the CLUSTER procedure of the SAS package. The cluster analysis was able to discriminate two widely contrasting groups relatively to the traits under study. The populations T-1, T-2, T-3, T-6, T-7, T-13, T-14, T-15, T-17, T-19, T-20, T-21, and T-30 were classified as Al tolerant, whereas T-4, T-5, T-8, T-9, T-10, T-11, T-12, T-16, T-18, T-22, T-23, T-24, T-25, T-26, T-28 and T-29 were classified as intolerant.

Index terms: *Leucaena leucocephala*, aluminum toxicity, tropical legume, nutrient solution, tropical pasture, multivariate analysis.

INTRODUÇÃO

Trabalhos sobre tolerância diferencial ao alumínio em plantas forrageiras tropicais são raros. Para o estabelecimento de culturas em solos de elevada saturação em Al haveria duas opções: a neutraliza-

ção do efeito do Al empregando corretivos, ou o melhoramento de espécies visando tolerância ao Al tóxico. A primeira opção seria por demais dispendiosa no caso de culturas que ocupam áreas extensas, como é o caso de pastagens artificiais para a pecuária de corte de manejo extensivo. A segunda opção, ou seja, o melhoramento das espécies forrageiras visando a tolerância aos elevados teores de Al, parece mais viável economicamente.

A *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., conhecida vulgarmente como leucena, é uma leguminosa de porte arbustivo a arbóreo, boa produtora de massa verde e de sementes, bastante rústica, porém não é tolerante a solos ácidos com teores

¹ Aceito para publicação em 25 de abril de 1984.

² Eng^a - Agr^a, M.S., Instituto de Botânica, Caixa Postal 4005, CEP 01000 São Paulo, SP.

³ Eng^o - Agr^o, Ph.D., Prof.-Assist. Doutor, USP/ESALQ/ Departamento de Genética, Caixa Postal 83, CEP 13400 Piracicaba, SP.

⁴ Estatístico, Ph.D., Convênio EMBRAPA/IICA/CNPH, Caixa Postal 11-1316, CEP 70000 Brasília, DF.

⁵ Eng^o - Agr^o, Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH), Caixa Postal 11-1316, CEP 70000 Brasília, DF.

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

Hutton (1982) em trabalhos desenvolvidos pelo CIAT (Cali, Colômbia), com variedades, espécies e híbridos de *Leucaena*, observou que duas introduções de *L. diversifolia* e o híbrido natural de *L. macrophylla* e *L. Shannoni* mostraram-se tolerantes ao Al, enquanto que cultivares, como Cunningham, e variedades gigantes, como K8 de *L. leucocephala* mostraram-se intolerantes ao Al.

Maluf et al. (1984), verificaram a existência de variabilidade em relação à tolerância ao Al entre 29 populações de *L. leucocephala*. Embora tenham conseguido identificar algumas populações como tolerantes e outras como intolerantes ao Al, para muitas a classificação fica difícil devido às variações não consistentes na resposta, dependendo do carácter utilizado. Uma solução é a análise simultânea de todas as características avaliadas.

O objetivo deste trabalho é discriminar as populações em tolerantes e intolerantes ao Al, por meio da análise de conglomeração das distâncias euclidianas (análise multivariada), fazendo uso simultâneo de todos os parâmetros medidos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de Maluf et al. (1984) em nível de parcelas referentes às sete variáveis medidas (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 ; comprimento da primeira folha: Y_5 ; número de ramificações: Y_6 ; e relação peso seco da parte aérea/peso seco das raízes: Y_7) para as 29 populações, testadas em dois experimentos sob cinco diferentes concentrações de Al (0, 3, 6, 9 e 12 ppm).

Para cada concentração C_j ($j = 1, 2, 3, 4$ e 5) e para cada variável Y_i ($i = 1, 2, \dots, 7$) determinaram-se as médias e os desvios padrão, procedendo-se, em seguida, à padronização das variáveis Y_i para cada C_j . As variáveis N_j ($i = 1, 2, \dots, 7$), para cada j , assim obtidas, expressam N_j para cada concentração em termos de unidades de desvio padrão acima ou abaixo da média.

A cada população de leucena ficou, portanto, associado um vetor de 35 elementos, correspondendo a cada elemento uma variável N_j ($i = 1, 2, \dots, 7$) a uma dada concentração de Al C_j ($j = 1, 2, \dots, 5$). As 29 populações ficaram, assim, representadas por pontos num espaço de 35 dimensões. A padronização das variáveis assegura que todas elas tenham o mesmo peso na computação das distâncias multivariadas.

Uma análise de conglomeração foi aplicada a este espa-

ço, agrupando as populações mais semelhantes, de acordo com o algoritmo de Johnson (1967), executado pelo procedimento CLUSTER do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System 1979). A análise de conglomeração é usada principalmente, onde não há informação classificatória teórica ou "a priori" sobre os dados disponíveis. Esta técnica que se baseia no algoritmo de Johnson (1967), começa por formar um conglomerado para cada observação na análise (no caso em questão, um conglomerado para cada população de *L. leucocephala*). Os dois conglomerados mais próximos são combinados num único conglomerado; em seguida, os dois conglomerados mais próximos no novo conjunto de conglomerados são combinados num outro conglomerado único, e assim por diante. A distância entre dois conglomerados é definida como a máxima distância entre uma observação de um conglomerado e uma observação do outro conglomerado. O procedimento CLUSTER computa sua própria matriz de distâncias, e a métrica utilizada é euclidiana.

Uma vez efetuada a análise de conglomeração, procedeu-se à identificação do(s) conglomerado(s) correspondente(s) às populações tolerantes e às intolerantes ao Al, através da observação das variáveis N_j para cada população sob as j concentrações de Al.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As populações T-16 e T-18 referentes às cultivares Cunningham e tipo gigante K8, respectivamente, são citadas na literatura (Hutton 1982) como padrões de intolerância ao Al. No entanto, o exame das tabelas de médias padronizadas apresentadas por Maluf et al. (1984) não permite discriminar com clareza genótipos semelhantes ou dissimilares às populações T-16 e T-18 em padrão de resposta, devido ao grande número de parâmetros utilizados.

Uma análise multivariada foi utilizada na tentativa de utilizar, simultaneamente, os dados de todos os parâmetros estudados, para a discriminação entre populações tolerantes e intolerantes.

O dendrograma dos conglomerados, elaborado segundo a metodologia de Johnson (1967), está apresentado na Figura 1. Na confecção deste dendrograma foram usados os dados padronizados em Tabelas no trabalho de Maluf et al. (1984). As distâncias máximas dentro de cada conglomerado estão listadas na Tabela 1.

A observação do dendrograma (Fig. 1) e da Tabela 1 mostra que, até os níveis de fusão 2 e 3, todas as fusões ocorrem através de descontinuidades relativamente pequenas, quando comparadas com

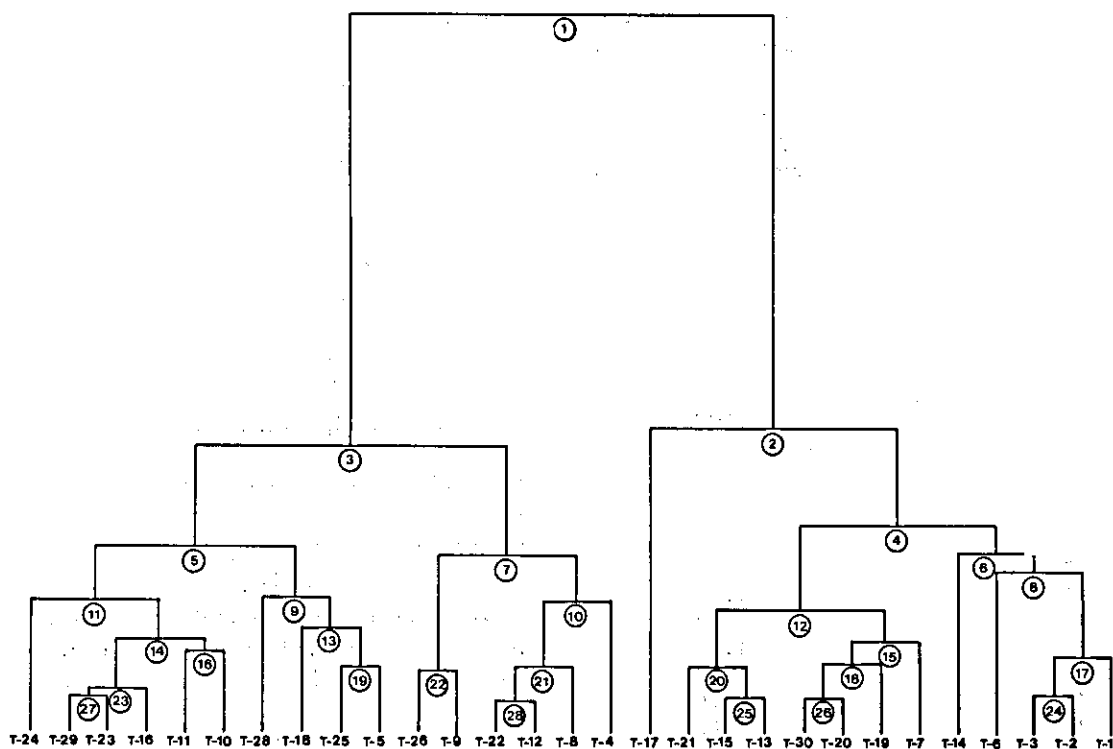


FIG. 1. Dendrograma dos conglomerados elaborado segundo a metodologia de Johnson (1967), onde as populações de *Leucaena leucocephala* são designadas por T-1 a T-30, e os números dentro de círculos referem-se aos níveis de fusão.

a descontinuidade existente ao se efetuar a fusão de nível 1. Assim, até o nível 2 de fusão, as distâncias euclidianas máximas intraconglomerado não foram superiores a 39,33, enquanto que, ao se efetuar o nível 1, a distância máxima subiu a 93,11 (Tabela 1). Isto pode ser interpretado como os níveis 2 e 3 de fusão discriminaram distintamente dois grupos de populações, contrastantes em relação aos parâmetros estudados.

Como todos os parâmetros estudados são medidos sob diferentes concentrações de Al, estas características contrastantes entre os dois grupos definidos nos níveis 2 e 3 referem-se a padrões contrastantes de resposta ao Al.

Resta identificar qual grupo corresponde ao grupo das tolerantes e qual ao das intolerantes. Isto pode ser feito através da observação dos dados das tabelas de médias padronizadas, apresentadas no trabalho de Maluf et al. (1984). Tomando-se al-

guns exemplos característicos, para a maioria das características estudadas e das concentrações de Al utilizadas, as populações T-1, T-14 e T-30 situam-se favoravelmente em relação à média das populações, o que se pode verificar pelos sinais positivos nas referidas tabelas. Por outro lado, as populações T-4, T-10 e T-12 situam-se desfavoravelmente em relação à média das populações, o que se verifica pelos sinais negativos. Assim, o grupo que inclui T-1, T-14 e T-30 é o grupo das populações tolerantes ao Al, enquanto que o grupo que inclui T-4, T-10 e T-12 é o das intolerantes.

As populações podem, então, ser alocadas em dois grandes grupos:

- a. populações tolerantes ao Al: T-1, T-2, T-3, T-6, T-7, T-13, T-14, T-15, T-17, T-19, T-20, T-21 e T-30;
- b. populações intolerantes ao Al: T-4, T-5, T-8,

TABELA 1. Distância euclidiana máxima dentro de conglomerados obtidos através do algoritmo de Johnson (1967).

Número do conglomerado	Distância máxima dentro do conglomerado
29	0,00
28	4,02
27	4,48
26	4,57
25	4,67
24	5,20
23	5,67
22	7,94
21	8,46
20	8,61
19	8,72
18	8,78
17	10,22
16	10,43
15	11,75
14	12,09
13	13,35
12	15,87
11	16,80
10	16,82
9	17,34
8	20,94
7	23,23
6	23,28
5	24,23
4	26,91
3	37,13
2	39,33
1	93,11

T-9, T-10, T-11, T-12, T-16, T-18, T-22, T-23, T-24, T-25, T-26, T-28 e T-29.

Como o dendrograma resultante levou em conta, simultaneamente, todos os parâmetros, medidos em todas as populações sob todas as concentrações de Al, os resultados por ele indicados são mais seguros do que os da análise de qualquer dos parâmetros medidos individualmente. Variações aleatórias em um dado parâmetro considerado, de certa maneira, tornam-se menos relevantes para os

resultados finais, uma vez que grande número de parâmetros (35, correspondendo a sete variáveis medidas sob cinco diferentes níveis de Al) são medidos.

CONCLUSÕES

1. Identificou-se a análise de conglomeração como um método satisfatório para discriminar as populações de *Leucaena leucocephala* em tolerantes e intolerantes ao Al.

2. As populações de *L. leucocephala* puderam ser alocadas a dois grandes grupos:

a. populações tolerantes ao Al: T-1, T-2, T-3, T-6, T-7, T-13, T-14, T-15, T-17, T-19, T-20, T-21 e T-30;

b. populações intolerantes ao Al: T-4, T-5, T-8, T-9, T-10, T-11, T-12, T-16, T-18, T-22, T-23, T-24, T-25, T-26, T-28 e T-29.

3. A análise multivariada parece levar a:

a. facilidade de interpretação dos resultados.

b. maior confiabilidade, pois leva em conta todos os parâmetros medidos, simultaneamente.

REFERÊNCIAS

- BREWBAKER, J.L. The woody legume, *Leucaena*: promising source of feed, fertilizer, and fuel in the tropics. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE GANADERIA 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.
- JOHNSON, S.C. Hierarchical clustering schemes. *Psychometrika*, Princeton, 32:241-54, 1967.
- 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): 859-866, 1984.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, Washington, EUA. *Leucaena*; promising forage and tree crops for the tropics. Washington, D.C., 1977. 115p.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE INC. SAS user's guide. Raleigh, North Carolina, 1979. 494p.