AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE INTRA E INTERPOPULACIONAL PARA TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO EM LEUCENA [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit]

ANGELA MARIA MALUF
Engenheira - Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. PAULO SODERO MARTINS

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 1984

A minha mãe e avó,

D E D I C O.

A G R A D E C I M E N T O S

Desejo aqui consignar os meus agradecimentos às seguintes pessoas e entidades que tornaram possível a realização deste trabalho.

. Dr. Paulo Sodero Martins, pela valiosa orientação e amizade;

. Instituto de Botânica da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, pela oportunidade de aperfeiçoamento;

. Funcionários do Departamento de Genética, especialmente Sr. Ronaldo José Rabello e Sr. Alaor de Oliveira, pelos valiosos trabalhos prestados;

. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), cujos diversos Centros de Pesquisa colaboraram com material e sugestões para realização deste trabalho;

. Amigos e colegas do Curso, pelo estímulo e ajuda, especialmente Engª-Agrª Ana Cristina Vello, Engº-Agrº Jorge Luiz Loyola Dantas, Engº-Agrº Jesus Acosta Espinoza, Engº-Agrº Paulo Vanderley Ferreira, Engº-Agrº Oscar Francisco S. Pontes e Engª-Agrª Maria de Fátima P. Vargas;

. Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos;

. Dr. Pedro Emílio Ferreira-Rossi e Drª Célia Maria Torres Cordeiro, pela valiosa orientação estatística;

. Dr. Wilson Roberto Maluf, pelas inestimáveis sugestões e críticas;

. Instituto de Zootecnia da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, pelo material recebido;

. Docentes do Departamento de Genética, pelos ensinamentos recebidos.

ÍNDICE

Pág.

RESUMO viii

SUMMARY xi

1. INTRODUÇÃO 1

2. REVISÃO DE LITERATURA 5

2.1 - Considerações a Respeito da *Leucaena* spp .. 5

2.2 - Tolerância ao Al em Plantas 13

2.3 - Tolerância ao Al em *Leucaena* spp 20

2.4 - Métodos de Avaliação de Tolerância ao Al .. 22

3. MATERIAIS E MÉTODOS 27

3.1 - Caracterização de Populações de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Quanto à Tolerância ao Al 27

3.1.1 - Local do experimento 27

3.1.2 - Populações de *L. leucocephala* 27

3.1.3 - Aparato experimental 29

3.1.4 - Delineamento experimental 31

3.1.5 - Análise de conglomeração das distâncias euclideanas (análise multivariada) entre populações 34

3.1.6 - Determinação dos parâmetros (univariados) cuja discriminação mais corresponda à da análise de conglomeração 36

Pág.

3.2 - Verificação da Variabilidade Genética para Tolerância ao Al em Progênies de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit 37

3.2.1 - Local do experimento 37

3.2.2 - Progênies de *L. leucocephala* 37

3.2.3 - Aparato experimental 39

3.2.4 - Delineamento experimental 39

3.2.5 - Determinação da existência da variabilidade genética para tolerância ao Al em progênies de *L. leucocephala* 40

3.2.5.1 - Variabilidade genética entre progênies 40

3.2.5.2 - Variabilidade genética dentro de progênies ... 41

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 43

4.1 - Caracterização de Populações de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Quanto à Tolerância ao Al 43

4.1.1 - Análises de variância para as características estudadas 43

4.1.2 - Análise de conglomeração das distâncias euclideanas (análise multivariada) entre populações 44

Pág.

4.1.3 - Determinação de parâmetros (univariados) cuja discriminação mais corresponda à da análise de conglomeração 47

4.2 - Verificação da Variabilidade Genética Para Tolerância ao Al em Progênies de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit 50

4.2.1 - Variabilidade genética entre progênies 50

4.2.2 - Variabilidade genética dentro de progênies 53

4.2.3 - Verificação da concordância entre os resultados obtidos através de diferentes variáveis utilizadas.. 54

5. CONCLUSÕES 55

6. LITERATURA CITADA 57

7. FIGURAS E TABELAS 69

AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE INTRA E INTERPOPULACIONAL PARA TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO EM LEUCENA [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit]

Autora: Angela Maria Maluf
Orientador: Paulo Sodero Martins

R E S U M O

O presente trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação no Laboratório de Genética Ecológica do Departamento de Genética da ESALQ/USP, em Piracicaba,SP. Teve como objetivo verificar a existência de variabilidade genética intra e inter-populacional para tolerância ao alumínio em *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit e estabelecer um critério de avaliação de tolerância ao Al para estas populações.

Para a verificação da existência de variabilidade genética entre populações utilizaram-se 29 populações, submetidas a 5 diferentes concentrações de Al (0, 3, 6, 9 e 12 ppm de Al), em 2 experimentos. Os caracteres utilizados para classificar as populações em relação à tolerância ao Al foram: 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), relação peso seco da parte aérea/peso seco das raízes (Y_7) e persistência dos cotilédones (Y_8).

Às médias padronizadas de cada população, em cada uma das cinco concentrações de Al, para as variáveis Y_1 a Y_7, foi aplicada uma análise de conglomeração (análise multivariada), agrupando as populações mais semelhantes de acordo com o algorítmo de JOHNSON (1967) executado pelo procedimento CLUSTER do pacote estatístico SAS (S.A.S. Institute Inc., 1979).

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, T-29.

Em seguida fez-se a determinação dos parâmetros univariados cuja discriminação mais correspondesse àquela dada pela análise multivariada. Verificou-se que a melhor concordância entre os dois critérios foi obtida para as variáveis Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 e Y_8, nas concentrações de 6, 9 e 12 ppm de Al.

Para a determinação da existência de variabilidade genética para tolerância ao Al entre e dentro de

progênies, utilizaram-se 18 progênies de plantas individuais de três populações tidas como tolerantes ao Al, testadas sob a concentração de 9 ppm de Al. Somente as características Y_1, Y_2, Y_3 e Y_4 foram analisadas. Detectou-se variabilidade genética para tolerância ao Al tanto entre progênies como dentro de algumas progênies.

Apesar das variáveis Y_1 a Y_4 concordarem com a análise multivariada na discriminação da tolerância ao Al, a concordância mútua destas variáveis não foi plenamente satisfatória. Isto ressalta a dificuldade de se usar cada parâmetro isoladamente na avaliação de tolerância ao Al em leucena.

EVALUATION OF INTRA AND INTERPOPULATION VARIABILITY FOR ALUMINUM TOLERANCE IN LEUCAENA [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit]

Author: Angela Maria Maluf
Adviser: Paulo Sodero Martins

S U M M A R Y

This work was carried out in the greenhouse of the Ecological Genetics Laboratory of the Department of Genetics, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, to evaluate intra and inter-population genetic variability for aluminum tolerance in *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, and at establishing a criterion for the screening of leucaena populations for Al tolerance.

Inter-population variability for Al tolerance was evaluated in 29 populations under 5 different Al concentrations (0, 3, 6, 9 and 12 ppm Al) over 2 experiments. The traits used for the classification of differential tolerance to Al were: 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), length of the first leaf (Y_5), number of lateral branches (Y_6), dry weight of the aerial portion/dry weight of roots ratio (Y_7) and cotyledon persistance (Y_8).

After standardization of Y_1 through Y_7 for all five Al concentrations, a cluster (multivariate) analysis was performed, grouping the populations according to their similarity with the aid of JOHNSON'S (1967) algorithm, performed by the CLUSTER procedure of the SAS (S.A.S. Institute Inc., 1979) package.

The cluster analysis indicated the presence of two contrasting groups relatively to the traits under study. The group of tolerant introductions comprised 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, whereas the group of intolerant introductions comprised 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.

A study was made on which of the univariate traits (Y_1 through Y_8) yielded the most similar classification to that yielded by the cluster analysis. It was observed that the best agreement among the criteria was for traits Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 and Y_8 at the Al concentrations of 6, 9 and 12 ppm.

Progenies obtained from 18 individual leucaena plants, chosen from three Al-tolerant populations, were tested under 9 ppm Al to evaluate the existence of genetic variability between and within progenies. Only the traits Y_1, Y_2, Y_3 and Y_4 were considered. Genetic varia-

bility was present both between progenies and within some progenies.

In spite of the classifications of Al tolerance yielded by Y_1 through Y_4 being similar to that yielded by the cluster analysis, the mutual correspondence among those traits was not quite satisfactory. This stresses the difficulty in assigning one single particular trait for the evaluation of Al tolerance in leucaena.

1. INTRODUÇÃO

A maior parte dos nutrientes consumidos pela pecuária leiteira e de corte no Brasil se faz através do consumo de pastagens de gramíneas tropicais que, embora produzindo grande quantidade de matéria seca na estação quente e chuvosa, na época da estiagem e de temperaturas mais baixas tem sua produção reduzida a cerca de 10% da produção total (PEDREIRA, 1972). Deste modo, as atividades pecuárias ficam sujeitas às variações da disponibilidade de gramíneas condicionadas pelo clima.

Para tentar solucionar este sério problema, vem sendo utilizada a consorciação de leguminosas herbáceas com gramíneas agressivas. No entanto, esta consorciação não tem mostrado resultados animadores, pois depois de

um certo tempo as leguminosas são sufocadas pelo crescimento vigoroso das gramíneas e desaparecem do pasto. Isto ocorre devido à diferença de porte, hábito de crescimento, diferenças no ciclo fotossintético, aceitabilidade, tolerância ao pisoteio e dificuldade de manejo do consórcio.

Uma resposta que parece bastante viável é o uso de leguminosas arbustivas e arbóreas em consorciação com gramíneas agressivas. Para tal,a leucena, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, parece ser bastante promissora.

A leucena é uma leguminosa arbustiva, com sistema radicular profundo, e boa fixadora de N quando devidamente inoculada com estirpes de *Rhizobium*. É considerada como uma das mais versáteis leguminosas dos trópicos, devido à sua ampla utilização como forrageira, quebra-vento, adubo verde, em reflorestamento visando lenha, carvão, madeira e produtos de madeira, e como planta para sombreamento de diversas culturas.

Embora a leucena seja considerada uma planta com alto potencial forrageiro pela sua rusticidade, palatabilidade e boa produtividade de massa verde e sementes, muitas introduções são consideradas intolerantes ao Al, como as cultivares Cunninghan e gigantes como K8 (HUTTON, 1982). Este fato limita seu uso em solos de cerrado onde há problema de acidez do solo com presença de Al e Mn tóxicos.

No entanto, há duas possibilidades para seu uso. A primeira seria a correção da acidez por meio da aplicação de calcáreo. Mas este tipo de correção só atinge os 20-30 cm superficiais do solo, o que é insuficiente, pois as raízes de leguminosas e gramíneas forrageiras alcançam profundidades bem maiores, e a correção do subsolo é tecnicamente impraticável e economicamente inviável, principalmente no caso de forrageiras. A outra opção, que parece bem mais praticável é a exploração da variabilidade genética existente dentro da espécie e a seleção de tipos mais tolerantes à acidez do solo e ao Al tóxico, que poderão ser utilizados no início de um programa de melhoramento.

O presente trabalho teve por objetivo estudar em solução nutritiva contendo diferentes níveis de Al, o comportamento em relação à tolerância ao Al de 30 populações e 18 progênies de plantas individuais de *L. leucocephala* referentes a três destas populações. Neste sentido procurou-se:

a) estabelecer um critério de avaliação de tolerância ao Al para as populações de *L. leucocephala* utilizadas;

b) verificar a existência de variabilidade genética para tolerância ao Al entre diferentes populações de *L. leucocephala*;

c) verificar a existência de variabilidade genética intrapopulacional para tolerância ao Al em progênies de *L. leucocephala*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Considerações a Respeito da *Leucaena* spp.

O gênero *Leucaena* (Benth) pertence à família Leguminosae, sub-família Mimosoideae, tribo Mimoseae. É originário da América Central, em especial do México (BREWBAKER, 1976; N.A.S., 1977 e BREWBAKER, 1978).

Apesar da existência de dúvidas a respeito da taxonomia deste gênero, BREWBAKER (1978) considera apenas 10 espécies, sendo que as demais são consideradas sinonímias. São elas: *L. Collinsii* Britton & Rose, *L. diversifolia* (Schlecht) Benth., *L. esculenta* (Moc. & Sesse) Benth., *L. lanceolata* S. Watson, *L. leucocephala* (Lam.) de Wit, *L. macrophylla* Benth.,*L. pulverulenta* (Schlecht) Benth., *L. retusa* Benth. ex Gray, *L. Shannoni* Donn.Smith, *L. trichodes* Benth.

Estas espécies variam em morfologia, apresentando formato e tamanho típico de folíolos, o que é muito útil na sua classificação (BREWBAKER, 1978; BREWBAKER e OAKES, 1978).

O número de cromossomos dentro do gênero também é variável. A maior parte das espécies como *L. diversifolia*, *L. esculenta*, *L. lanceolata* e *L. trichodes* possuem 2n = 52, enquanto que *L. pulverulenta* apresenta 2n = 56 e *L. leucocephala* 2n = 104 (GONZALES *et alii*, 1967; BREWBAKER, 1978).

A espécie *L. leucocephala*, objeto deste estudo, é conhecida vulgarmente como leucena. É originária da América Central e muitas das suas variedades foram amplamente dispersadas pelas civilizações Maia e Zapoteca. De fato, o nome Oaxaca (cidade mexicana) é derivada da palavra pré-colombiana "uaxin" que significa "local onde a leucena cresce".

A variedade Acapulco que foi levada pelos espanhóis como forragem para as Filipinas a partir de 1565, é persistente, vigorosa e floresce abundantemente. Portanto, estabeleceu-se firmemente nas Filipinas, Guam e outras possessões espanholas do Pacífico Oeste. O povo do local percebeu sua utilidade como árvore para sombreamento de culturas como café, cacau e baunilha, e como fonte de le-

nha. Imediatamente ela foi introduzida na atual Indonésia, Nova Guiné, Malásia e outros locais do suleste da Ásia. Durante o século 19 foi levada para o Hawaii, Fiji, norte da Austrália, Índia, leste e oeste da África e Ilhas do Caribe. Atualmente ela está dispersa por toda a região tropical e sub-tropical do mundo (BREWBAKER, 1976 e N.A.S., 1977).

Existe muita confusão em torno do nome *Leucaena leucocephala* devido a suas variedades diferirem enormemente em tamanho e arquitetura da planta. Há cerca de 100 variedades que são agrupadas basicamente em 3 grupos, como é apontado por HUTTON e GRAY (1959), BREWBAKER(1976) e N.A.S. (1977). São eles:

a. Tipo Hawaiano: são variedades de plantas pequenas, com 5 m de altura e que florescem precocemente (4-6 meses de idade). Comparadas com as variedades de outros tipos, produzem pouca folhagem e madeira e o seu florescimento contínuo torna-as grandes produtoras de sementes e portanto agressivas. É o tipo comum nativo da costa do México e que agora está amplamente disperso através dos trópicos. Seu valor está na capacidade de vegetar nas encostas tropicais para fornecer lenha, carvão e sombra para as plantações.

b. Tipo Salvador: são variedades de plantas muito altas, alcançando 20 m de altura, com folhas, vagens e sementes grandes

e tronco grosso sem ramos laterais. São originárias das florestas do interior da América Central. São também conhecidas como tipo arbóreo ou Guatemala. Os estudos destas variedades começaram recentemente, no fim da década passada. Produzem mais do que o dobro da biomassa do tipo Hawaiano. Estão sendo utilizadas como fonte de madeira, produtos de madeira e combustível industrial. São conhecidas como Hawaiano Gigante ou pelas designações de K8, K28 ou K67.

c. Tipo Peru: são variedades de plantas altas, de 15 m de altura, parecidas com o tipo Salvador, mas com muitas ramificações mesmo nas partes mais baixas do tronco. Produzem pouco tronco, porém extremamente grandes quantidades de forragem. Embora sejam variedades que forneçam altas quantidades de forragem, só recentemente foram descobertas e seu uso se restringe à Austrália, Hawaii e México. As cultivares Peru e Cunningham pertencem a este tipo.

Devido à enorme variabilidade genética existente, a espécie apresenta uma utilização muito ampla. É possível melhorar e selecionar variedades tanto para alta produção de madeira como para produção de forragem.

Além disto, a espécie possui outras vantagens: tem crescimento muito rápido atingindo até 3 m no primeiro ano; apresenta um sistema radicular bastante pro

fundo, que se desenvolve em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (fixadoras do N atmosférico) e se associa a fungos do gênero *Mycorrhizae* (que viabilizam o P não disponível para a maioria das culturas). Devido ao seu sistema radicular profundo, ela tem a capacidade de reciclar nutrientes do subsolo e absorver água das camadas profundas.

Como adubo verde e no controle da erosão ela está sendo empregada com grande sucesso (BREWBAKER, 1976 e N.A.S., 1977). KLUTHCOUSKI (1980) obteve bom rendimento do feijoeiro utilizando a leucena como adubo verde.

De acordo com os estudos de Guevara (1976) citado por BREWBAKER (1976), maciços de *Leucaena* retornam 550 kg de N/ha/ano. Esta leguminosa, em ocupando 20% da área de uma floresta tropical, contribui com 40 kg de N/ha/ano, dose suficiente para manter o equilíbrio de N desta floresta.

Em solos de cerrado, a produção de matéria seca pela leucena (incluindo ramos e folhas) depende da densidade de plantio e fertilidade do solo. Em plantios densos, para corte, com 1 a 2 m entre fileiras, a produção gira em torno de 13 t/ha/ano. Em plantios mais espaçados, de 5 m entre fileiras, que permitem o cultivo simultâneo com outras culturas, a produção fica em torno de 5,5 t/ha/ano. A produção de proteína está ao redor de 3.900 e

1.650 kg/ha/ano, respectivamente para cada um dos casos citados (KLUTHCOUSKI, 1980). De acordo com Jones, citado por ANÔNIMO (1982), nos trópicos úmidos a produção de matéria seca pela leucena está em torno de 20 t/ha/ano, com produção de proteína bruta superior a 3 t/ha.

A leucena é altamente palatável, digestível e nutritiva, sendo muito bem aceita pelos animais. Seu valor nutricional é comparável ao da alfafa. É rica em vitaminas e possui uma quantidade de β-caroteno mais que duas vezes superior ao da alfafa, o que resulta em conservação da cor verde das folhas nas estações secas (ANÔNIMO, 1982). Possui entre 27 e 34% de proteína de alto valor nutricional (KLUTHCOUSKI, 1980), devido ao adequado balanceamento de aminoácidos (HILL, 1971; JONES, 1979 e KLUTHCOUSKI, 1980). Por isto vem sendo amplamente utilizada como forrageira na alimentação de gado de corte e de vacas leiteiras (HAMILTON *et alii*, 1971; ALVARES *et alii*, 1978; FLORES-RAMOS, 1979 e SAUCEDO, 1980). Também tem seu uso comprovado como alimento eficiente para frangos, poedeiras, coelhos, ovinos e caprinos (N.A.S., 1977). Tal fato também foi verificado por HULMAN e OWEN (1978) na alimentação de cabras, e por D'MELLO e TAPLIN (1978) na ração de aves.

No entanto, a espécie apresenta, em todas as partes da planta, o alcalóide mimosina que em altas do

ses causa queda de pelos nos animais. Se a alimentação pesada e contínua com a leucena persistir, pode levar o animal até a morte, segundo informações da N.A.S. (1977), JONES (1979) e KLUTHCOUSKI (1980). Tal efeito é menor para os ruminantes que para os não ruminantes, e de acordo com Jones citado por ANÔNIMO (1982), tais sintomas nem sempre aparecem em ruminantes que se alimentam substancialmente de leucena. Se o animal tiver os primeiros contatos com a forrageira de forma gradual, os microorganismos do rúmem que são capazes de degradar a mimosina multiplicam-se rapidamente, desaparecendo a ação tóxica. KLUTHCOUSKI(1980) menciona que este problema de toxidez não existe quando a leucena entra apenas como 20% da dieta do animal.

BREWBAKER e HYLIN (1965) verificaram que o teor de mimosina variou de 2 a 5% numa coleção mundial de *Leucaena leucocephala*.

Trabalhos como os de BREWBAKER e HYLIN (1965) e PERALTA-MARTINEZ (1980) vem sendo desenvolvidos no sentido de se obterem cultivares de *L. leucocephala* com baixo teor de mimosina.

De acordo com GONZALES *et alii* (1967) não existe nenhuma espécie de *Leucaena* livre do alcalóide, e os mais baixos teores de mimosina foram encontrados em 3 introduções de *L. leucocephala* oriundas da Colômbia, 3 introduções de *L. pulverulenta* e numa designada "L. buitenzorg".

A *L. leucocephala* (2n = 104) pode se cruzar prontamente com outras espécies do gênero e seu híbrido com *L. pulverulenta* (2n = 56) tem 2n = 80 cromossomos, é estéril e não produz sementes, porém possui menor teor de mimosina que *L. leucocephala*, sendo portanto muito promissor como forrageira (BREWBAKER, 1976 e N.A.S., 1977).

Na Austrália a leucena tem sido usada na alimentação de ovelhas devido ao seu efeito depilatório, que facilita muito a remoção da lã (N.A.S., 1977).

As recomendações sobre densidade de semeadura para a implantação da cultura como forrageira é de 20 a 60 sementes por metro linear, com valor cultural próximo de 70%, em linhas distanciadas de 2 metros (VILELA e PEDREIRA, 1976 e VILELA *et alii*, 1978).

Alguns trabalhos de melhoramento têm sido feitos por GRAY (1967a), GRAY (1967b) e GRAY (1967c) para verificar a capacidade geral e específica de combinação em variedades, os componentes da variação de cruzamento intervarietal, e a herança de hábito de crescimento e de caracteres quantitativos em cruzamentos intervarietais, respectivamente.

No entanto, trabalhos visanto tolerância à acidez do solo e em especial ao Al destes solos são praticamente ausentes, como será visto no ítem 2.3.

2.2 - Tolerância ao Al em Plantas

A ocorrência de toxidez de Al é generalizada no Brasil e tanto mais grave quanto mais crítica a deficiência de água para as culturas, ante a inexistência de técnica eficiente para correção subsuperficial dos solos (OLMOS e CAMARGO, 1976).

Estudando os principais tipos de solo de cerrado, JACOMINE (1969) concluiu que o Al pode chegar a 3,5 e-mg/100 g solo. A quantidade de Al trocável nos solos considerada não tóxica às plantas é 0,5 e-mg/100 g solo (GARGANTINI *et alii*, 1970) e acredita-se que,nos solos de cerrado, o teor de Al trocável varie entre 1,6 a 4,1 e-mg/100 g solo e 0 a 1,6 e-mg/100 g solo para 51% e 40% dos casos, respectivamente (MALAVOLTA *et alii*, 1977).

GOODLAND (1971), trabalhando com 110 amostras de solos de cerrado do Triângulo Mineiro, verificou que o teor médio de Al está em 75 ppm. No entanto, BEAR (1957) considera prejudicial a muitas espécies uma concentração de 10 a 20 ppm, muito aquém dos valores encontrados nos cerrados brasileiros.

Devido à pouca informação disponível sobre o estado de fertilidade da maior parte dos nossos solos, LOPES e COX (1977) coletaram para análise, 518 amostras de topsoil (camada superficial dos solos), numa área de

600.000 km² no Brasil Central. Observaram que o pH variou de 4,8 a 5,2 e o nível de matéria orgânica de 1,5 a 3,0%. A CTC encontrada nos solos foi baixa e o nível de Fe e o grau de saturação de Al foram altos.

O problema da acidez do solo é, pois, muito grande no Brasil e a correção da acidez por meio do calcáreo é frequentemente difícil e antieconômica, principalmente no caso de forrageiras; ela neutraliza somente os 15-30 cm superficiais do solo, insuficientes para o bom desenvolvimento das raízes que atingem, no caso das gramíneas e leguminosas forrageiras, mais de um metro de profundidade. A correção na profundidade adequada e na extensão total dos pastos torna-se muito dispendiosa.

Então, uma alternativa bastante promissora à correção da acidez nociva do subsolo é a utilização de plantas tolerantes ao Al tóxico. Isto é possível graças à variabilidade encontrada para tal característica, entre espécies, variedades, linhagens, cultivares e híbridos de plantas.

Estas diferenças encontradas nos grupos de plantas, quanto à tolerância ao Al, são controladas geneticamente. As características fisiológicas das plantas, associadas com a tolerância, podem ser muito úteis para a seleção de grandes populações. Variedades diferindo na tolerância ao excesso de Al, Mn e outros elementos minerais,

são úteis como indicadores de solos com toxidez e também como material para estudo dos complexos mecanismos de adaptação das plantas aos vários fatores críticos do solo(FOY, 1976).

O material não melhorado do banco de germoplasma pode ser muito útil como fonte de genes para tolerância ao Al (BAHIA FILHO *et alii*, 1976).

SILVA (1976) relata que o sucesso obtido no melhoramento de trigo para resistência ao Al tóxico pode ser repetido em muitas culturas, porque se conhece variação genética para tolerância em muitas espécies como feijão, milho, soja, algodão e alfafa.

A variabilidade quanto à tolerância ao Al muitas vezes está relacionada com o local de origem das cultivares (FOY *et alii*, 1974).

As variedades de trigo brasileiras, no experimento realizado por FOY *et alii* (1965), mostraram-se excepcionalmente tolerantes. Isto leva a crer que estas variedades sofreram seleção natural para propriedades que estão intimamente associadas com sua habilidade de tolerância ao Al nos solos ácidos. Tal fato também foi observado por LEITE (1978) quando trabalhou com três variedades brasileiras de trigo tolerantes e uma variedade mexicana suscetível ao Al.

Porém, JONES (1961) relata que foram encontrados altos níveis de Al acumulado em plantas crescendo em campo contendo resíduo de processamento de carvão, com pH entre 8,5 e 9,0. Portanto, pesquisas sobre o mecanismo de absorção e translocação do Al em condições alcalinas também são muito importantes.

A tolerância de espécies de plantas ao Al tóxico adicionado à solução nutritiva ou existente no solo, está estreitamente relacionada com a habilidade das plantas de absorver e utilizar o P na presença de excesso de Al. Isto foi observado por FOY e BROWN (1964) e McLEOD e JACKSON (1967).

Trabalhando com sorgo, CAMBRAIA e CALBO (1980) verificaram que o Al aumenta a quantidade de P absorvida pela raiz e não altera a quantidade de P a ser translocada. As diferenças de produção de matéria seca e os sintomas de deficiência de P observados por CALBO e CAMBRAIA (1980) na parte aérea da cultivar de sorgo sensível ao Al foram atribuídos às diferenças entre os teores de Mg e K, cofatores indispensáveis à utilização metabólica do P.

LEE (1971) observou que a tolerância ao Al entre as variedades de batata estudadas deve estar relacionada com a habilidade de as raízes absorverem Mg e K.

O Al inibiu a absorção de Ca, Mg e Zn pelas raízes e a translocação do P para a parte aérea foi diminuída.

Tanto a adição de Al como a de Mn na cultura de batata em solução nutritiva afetam a absorção e a translocação do P, Ca e Mg (LEE, 1982). O número, tamanho e peso específico dos tubérculos foram afetados pelos níveis de Al utilizados.

De acordo com FLEMING e FOY (1968), a ação do Al, em plantas de trigo, é mais local que sistêmica e é restrita, na maior parte das vezes, às pontas sensíveis das raízes e raízes laterais. As áreas meristemáticas mais resistentes permanecem funcionais, como é evidenciado pela emergência de novas raízes quando o "stress" de Al é removido.

A identificação de graus de tolerância à acidez, medida através da produção de grãos obtida sob diferentes níveis de calagem, evidenciou a MUZILLI *et alii* (1978) cultivares de soja muito sensíveis (limite de saturação de Al inferior a 10%) até tolerantes (limite de saturação de Al entre 21 e 25%) e cultivares de trigo sensíveis (limite de saturação de Al inferior a 20%) até muito tolerantes (limite de saturação de Al superior a 45%). Comparadas às cultivares de soja, as de trigo mostraram praticamente o dobro de tolerância à acidez do solo, em qualquer dos graus de tolerância caracterizados.

Segundo KERRIDGE e KRONSTAD (1968), a diferença na tolerância ao Al entre as variedades de trigo suscetíveis e moderadamente resistentes que foram testadas parece ser controlada por um gene dominante. Tal fato também foi observado por RHUE *et alii* (1978) quando sugeriram que a tolerância ao Al em milho é controlada por uma série alélica múltipla de um simples locus gênico.

Para a variedade de milho Piranão, GALVÃO e SILVA (1978) verificaram que tanto para peso seco da parte aérea como para peso seco da raiz, as estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram altas. Contudo, na variabilidade genética presente, a variância devida à dominância foi muito maior que a variância aditiva, indicando ser necessário o uso de métodos mais sofisticados de melhoramento para tolerância ao Al, possivelmente métodos para a produção de híbridos.

Trabalhando com soja, SARTAIN e KAMPRATH (1975) e FREIRE (1976) verificaram que o Al tóxico é prejudicial à nodulação e à produção.

SARTAIN e KAMPRATH (1977) observaram que as respostas no crescimento da soja com a redução da saturação de Al parecem ser devidas ao efeito do pH e/ou suprimento de Ca.

A clorose da folha e o colapso do pecíolo da soja observado por ARMIGER *et alii* (1968) e FOY *et alii*

(1969), foram atribuídos à deficiência de Ca induzida pelo Al e não simplesmente pela deficiência de Ca em solos ácidos.

Uma série enorme de trabalhos mostram o efeito benéfico da calagem na produção de muitas culturas como: feijão (FOY *et alii*, 1967b e MIRANDA e LOBATO,1978), soja (SARTAIN e KAMPRATH, 1975; HANSON e KAMPRATH, 1979 e MUZILLI *et alii*, 1978), cevada (McLEOD e JACKSON, 1967 e BEN *et alii*, 1976), sorgo (WALKER *et alii*, 1975), algodão (FOY *et alii*, 1967a), arroz (HOWELER e CADAVID, 1976),trigo (MIRANDA e LOBATO, 1978 e MUZILLI *et alii*, 1978) e milho (GONZALES *et alii*, 1976).

Quanto ao local da injúria do Al na planta, CLARKSON (1967) propõe um mecanismo da interação do Al e P na superfície das raízes. NAIDOO *et alii*(1978), trabalhando com feijão-de-vagem e algodão, verificaram num exame de secção de raízes, que o Al e o P coprecipitam em algumas células da ponta da raiz. No núcleo, onde é encontrada a maior concentração de Al, ele reduz ou inibe a divisão celular pela interferência com a duplicação do ácido nucleico. Dentro da célula, o Al se acumula pela troca iônica com ésteres de fosfato do ácido nucleico e lipídeos da membrana. Tal fato também foi observado por McCORMICK e BORDEN (1972) em cevada e *Poplus* sp., onde o Al absorvi

do pela superfície da raiz e pelos espaços intercelulares livres mostrou-se capaz de imobilizar o fosfato presente no tecido da raiz e no substrato externo.

2.3 - Tolerância ao Al em *Leucaena* spp.

Trabalhos sobre tolerância diferencial ao Al em plantas forrageiras tropicais são raros. No entanto, para o futuro, esta área tem-se mostrado bem promissora, uma vez que para o estabelecimento de culturas em solos de elevada saturação em Al haveria duas opções: a neutralização do efeito do Al empregando corretivos ou o melhoramento das espécies visando tolerância ao Al tóxico.

Apesar de BREWBAKER (1976), N.A.S. (1977) e JONES (1979) afirmarem que *L. leucocephala* não é tolerante a solos ácidos com teores elevados de Al tóxico, KLUTHCOUSKI (1980) acredita que esta mesma espécie seja uma das leguminosas mais indicadas para os solos sob a vegetação de cerrado e para outros solos pobres e/ou sujeitos à deficiência hídrica.

Tal fato também foi observado por HUTTON (1982), quando cita os trabalhos desenvolvidos pelo CIAT (Cali, Colômbia) com variedades, espécies e híbridos de *Leucaena*, onde se faz avaliação e seleção para tolerância ao Al e para eficiência na absorção de Ca pelas raízes.

Segundo observações deste mesmo autor, após o segundo ano de desenvolvimento, "Cunningham" e variedades "gigantes" como "K8" de *L. leucocephala* continuaram mostrando amarelecimento das folhas e crescimento reduzido. A variedade gigante 78-15 teve o maior crescimento dentre todas as variedades de *L. leucocephala* no início, mas logo depois mostrou os mesmos sintomas das anteriores. Porém, duas introduções de *L. diversifolia* (78-3 e 78-49) e o híbrido natural de *L. macrophylla* (78-65) e *L. Shannoni* (78-70) continuaram a crescer vigorosamente.

De acordo com HUTTON (1982) o grande problema no melhoramento de *Leucaena* spp. é a dificuldade de seleção de genótipos eficientes na absorção de Ca pelas raízes, mais do que seleção para tolerância das raízes ao Al tóxico. A planta eficiente na absorção de Ca apresenta uma penetração mais profunda das raízes e portanto aproveita eficientemente o Ca, além de outros nutrientes do subsolo.

OLVERA *et alii* (1982a) trabalhando com a variedade K8 de *L. leucocephala* concluiram que se as plantas forem estabelecidas em vasos onde se fez a calagem,ao serem transplantadas para um solo com elevada acidez,faz-se desnecessária nova calagem. Afirmam também, que não encontraram diferenças significativas na resposta à calagem aplicada à razão de 2,9 e-mg/100 g e só a dose de 5,7

e-mg/100 g foi significativamente superior à testemunha. No entanto, estas conclusões são passíveis de crítica, pois não levam em conta as curvas de resposta aos níveis de calagem, que parecem significativas para todos os parâmetros estudados.

Num outro estudo, OLVERA *et alii* (1982b) verificaram que a correção da acidez da superfície do solo por meio de calagem permitiu o desenvolvimento do sistema radicular da leucena em solos ácidos até 90 cm de profundidade.

2.4 - Métodos de Avaliação de Tolerância ao Al

Alguns métodos têm sido utilizados para avaliar a tolerância diferencial ao Al em plantas.

A utilização de diversos níveis de calagem no solo para a verificação de tolerância diferencial de plantas ao Al foi usada por FOY *et alii* (1967a), FOY *et alii* (1967b), ARMIGER *et alii* (1968), SARTAIN e KAMPRATH (1975), BEN *et alii* (1976), SARTAIN e KAMPRATH (1977), MIRANDA e LOBATO (1978) e MUZILLI *et alii* (1978). O próprio solo ácido servindo como testador da tolerância à acidez também foi usado por FOY *et alii* (1965) e FOY *et alii* (1974). No entanto estes métodos têm o inconveniente de não oferecerem grande controle do ambiente e somente serem viáveis na discriminação de pequeno número de genótipos.

Métodos simples e rápidos que conseguem avaliar grande número de genótipos são, porém, os mais indicados para estudos desta natureza. O uso de solução nutritiva onde se controla o pH da solução e a concentração de todos os nutrientes parece ser o preferido pela maioria dos pesquisadores, como FOY e BROWN (1964), CRUZ *et alii* (1967), FOY *et alii* (1969), LEE (1961), REID *et alii* (1971), FOY *et alii* (1972), LEE (1972), ANDREW *et alii* (1973), HOWELER e CADAVID (1976), LEITE (1978), MUGWIRA *et alii* (1978), GARCIA *et alii* (1979), HANSON e KAMPRATH (1979) e McNEILLY (1982).

As plantas a serem testadas por este método podem ficar suspensas em placas perfuradas ou outro dispositivo colocados no nível da solução (REID *et alii*,1971, FOY *et alii*, 1972; ANDREW *et alii*, 1973 e LEITE, 1978) ou podem ser plantadas em vasos com areia de rio onde se adiciona a solução nutritiva (LEE, 1972 e GARCIA *et alii*,1979).

Os níveis de Al utilizados variam conforme a cultura. As concentrações normalmente chegam até 12 ppm de Al. REID *et alii* (1971) utilizaram para a discriminação da tolerância ao Al em cevada, 0 e 4 ppm. Para batata, LEE (1971) utilizou 0, 0,5, 1, 2, 5 e 10 ppm. Para o trigo, CRUZ *et alii* (1967) utilizaram doses de 0,2 a 6 ppm de Al, MUGWIRA *et alii* (1978) somente 0 ou 6 ppm, e LEITE(1978), doses de 0, 4, 8 e 12 ppm. No caso de feijão de vagem, FOY

et alii (1972) utilizaram doses de 0, 2, 4, 6 e 8 ppm de Al; para cevada McLEOD e JACKSON (1967) usaram no máximo 12 ppm e para leguminosas forrageiras ANDREW *et alii*(1973) utilizaram até 2 ppm de Al.

No entanto, para o milho GARCIA *et alii* (1979) utilizam doses bem maiores (0, 15, 30, 45, 60 e 75 ppm de Al), e recomendam a dose de 75 ppm para a realização da avaliação dos níveis de tolerância.

Existe uma preocupação, por parte de todos os autores, quando se usa Al em solução, de se manter o pH baixo (menor que 4,5), pois acima deste nível o Al pode precipitar-se e deixar de ser tóxico às plantas. Em níveis de pH superiores a 4,5, pode ocorrer a precipitação do Al-fosfato; por isso, o teor de P em solução nutritiva contendo Al deve ser baixo.

As principais características avaliadas na seleção de plantas tolerantes ao Al são as características de raiz (comprimento, número e peso seco) e de parte aérea (comprimento e peso seco), além da análise dos elementos minerais nos diferentes órgãos das plantas. No entanto, tem-se observado que características referentes ao sistema radicular são mais seguras para a avaliação, como foi feito por REID *et alii* (1971), ANDREW *et alii* (1973), LEITE (1978), MUGWIRA *et alii* (1978) e GARCIA *et alii* (1979).

Sendo o Al um elemento de pouca mobilidade dentro da planta, seus efeitos primários e geralmente mais notáveis ocorrem nas raízes que se apresentam normalmente grossas, curtas e com ramificações secundárias mal formadas.

A utilização de solução nutritiva na seleção para tolerância ao Al tem mostrado bons resultados, além de ser rápida e de fácil execução. Ainda, há trabalhos com solução nutritiva confirmando as respostas obtidas em solo, no campo, como foi observado por FOY *et alii* (1969), HOWELER e CADAVID (1976), REID (1976) e HANSON e KAMPRATH (1979).

De acordo com SARTAIN e KAMPRATH (1978) os estudos de elongação de raízes feitos em plantas de poucos dias só dão informação a respeito do efeito específico do Al na divisão e elongação celular. Por outro lado, estudos em casa-de-vegetação, envolvendo solo, refletem o efeito continuado do Al no crescimento da parte aérea e da raiz e na absorção de nutrientes.

Portanto, os resultados obtidos em solução nutritiva, quando possível, devem ser confirmados nos experimentos de campo e/ou casa-de-vegetação.

Outro método proposto por POLLE *et alii* (1978), para avaliação da tolerância ao Al, consiste na coloração de raízes de trigo pela hematoxilina. Este método baseia-se na habilidade de coloração das pontas das raí

zes de plântulas jovens, e é calibrado com variedades sabidamente tolerantes ao Al.

O padrão de coloração desenvolvido pelas raízes se correlacionou muito bem com o nível de tolerância ao Al, estimado por métodos de elongação de raiz e julgamento de campo.

Uma vez que as plântulas testadas por este método ainda permanecem viáveis, elas podem ser transplantadas e chegar à maturidade, e, este método pode ser adaptado para avaliação de populações segregantes.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Caracterização de Populações de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Quanto à Tolerância ao Al

3.1.1 - Local do experimento

O presente trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação no Laboratório de Genética Ecológica do Departamento de Genética da ESALQ/USP, em Piracicaba, no ano de 1982.

3.1.2 - Populações de *L. leucocephala*

Foram utilizadas 30 populações de *L. leucocephala* que serão mencionadas a seguir.

Nº Pop.	Nome/Procedência
T-1	Estrada Piracicaba-Tietê. Piracicaba, SP
T-2	Estrada Piracicaba-Limeira. Piracicaba, SP
T-3	Estrada do Bongue. Piracicaba, SP
T-4	AGROCERES
T-5	CONTIBRASIL
T-6	CNPSD. Manaus, AM
T-7	NO 391. Peru. IPEACS
T-8	NO 397. Deodoro. IPEACS
T-9	NO 540. Rio de Janeiro
T-10	NO 749. IPEAN, Belém, PA.
T-11	NO 787. CSIRO, Austrália
T-12	NO 1334. Pirassununga, SP
T-13	CNPGC 155/78. Fazenda Duque Estrada, Miranda
T-14	CNPGC L 223/78. Peru. AGROCERES
T-15	CPAC 608. cv. Peru. CSIRO, Austrália
T-16	CPAC 609. cv. Cunningham. CSIRO, Austrália
T-17	CPAC 612. K-4, tipo Peru. Hawaii (via Austrália)
T-18	CPAC 613. K-8, tipo Gigante. Hawaii (Salvador)
T-19	CPAC 614. K-29, tipo Gigante. Hawaii (Honduras)
T-20	CPAC 615. K-72, tipo Gigante. Hawaii (Salvador)
T-21	CPAC 616. K-132, tipo Gigante. Hawaii (Vera Cruz)
T-22	CPAC 622. IRI 2984. Matão, SP
T-23	CPAC 623. IRI 3219. Matão, SP
T-24	CPAC 625. SEA 67001. Estação Experimental de Itaguaí, RJ
T-25	CPAC 627. SEA II. Estação Experimental de Itaguaí, RJ
T-26	CPAC 628. SEA I. Estação Experimental de Itaguaí, RJ
T-27	CPAC 629. Deodoro V. Estação Experimental de Igaguaí, RJ

Nº Pop.	Nome/Procedência
T-28	CPAC 630. Deodoro IV. Estação Experimental de Itaguaí, RJ
T-29	CPAC 647. Brasil Comercial
T-30	CPAC 661. EMGOPA nº 405 (Brasil Comercial)

Para brevidade, as introduções serão doravante referidas através do seu número (de T-1 a T-30).

3.1.3 - Aparato experimental

As sementes utilizadas foram escarificadas mecanicamente, tratadas com fungicida Arazan e colocadas para germinar em caixas de germinação, em germinador a 25°C, durante 88 horas, e em seguida transplantadas para o meio contendo solução nutritiva.

Os equipamentos utilizados foram semelhantes aos descritos por REID *et alii* (1971), com algumas modificações.

Utilizaram-se cinco tanques de plástico duro, de aproximadamente 55 x 36 x 20 cm, com capacidade de 32 litros, pintados de preto do lado de fora para evitar o desenvolvimento de algas e manter um ambiente escuro para as raízes.

Para manter as plantas suspensas na solução nutritiva utilizaram-se bandejas brancas de PVC, remo

víveis e encaixáveis em cima dos tanques, de 8 mm de espessura, contendo 201 orifícios para sementes germinadas, igualmente espaçados e com 3 mm de diâmetro. Estes orifícios foram escareados do lado de cima para proporcionar um eficiente suporte para as sementes germinadas, permitindo o desenvolvimento da raiz dentro da solução nutritiva.

Cada tanque recebeu aeração intermitente e independente através de um tubo de aeração com 6 orifícios para a saída de ar, sustentado por um suporte de ferro fundido esmaltado colocado no fundo do tanque. Este sistema estava conectado a um compressor de ar principal por meio de um tubo flexível. Um relógio de tempo assegurava a intermitência da aeração a cada 30 minutos. Este sistema ofereceu aeração suficiente para o bom desenvolvimento das plantas e uma circulação adequada para manter o pH e a temperatura uniformes para todos os tanques.

A solução utilizada foi a de Steinberg modificada, descrita por FOY *et alii* (1967c). As concentrações, em ppm, dos elementos foram: 50,8 de Ca, 6,6 de Mg; 56 de N (51,9 como NO_3^- e 4,1 como NH_4^+); 3,8 de S (como SO_4^-); 29,4 de K; 0,01 de Na; 3 de P; 0,34 de Cl; 0,13 de Mn; 0,07 de B; 0,04 de Zn; 0,01 de Cu e 0,005 de Mo; 1 ppm de ferro foi adicionado separadamente como Fe EDTA. A solução nutritiva foi preparada com água destilada. Foram

utilizados cinco níveis de Al, um em cada tanque: 0, 3, 6, 9 e 12 ppm adicionado na forma de $Al(SO_4)_3 . 18 H_2O$. O pH manteve-se estável durante todo o período experimental: para a concentração de 0 ppm ficou em torno de 5,0 e para as demais entre 4,0 e 4,2. A permanência do pH nesta faixa é muito importante, pois com a sua elevação, ocorre a precipitação do Al, que deixa de ser tóxico, o que viria a prejudicar os resultados do experimento. O nível inicial da solução nutritiva, em contacto com o fundo da bandeja, foi mantido constante ao longo do experimento, por adição de água destilada quando necessário.

3.1.4 - Delineamento experimental

Foram preparados cinco tanques contendo solução nutritiva, cada um com uma concentração de Al diferente, ou seja, 0, 3, 6, 9 e 12 ppm.

Dentro de cada tanque foram distribuídas ao acaso todas as populações, cada uma representada por duas repetições de três plantas cada.

Pelo fato de a população P-27 não ter germinado satisfatoriamente, utilizaram-se os dados de somente 29 populações.

O conjunto de 5 tanques assim descrito, consistiu um experimento. Foram realizados um total de 2 experimentos semelhantes.

O delineamento experimental obedeceu ao seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk\ell} = \mu + E_i + \delta_{(i)} + C_j + EC_{ij} + \gamma_{(ij)} + P_k + CP_{ik} + e_{ijk\ell}$$

onde:

$Y_{ijk\ell}$ = média de cada parcela experimental de 3 plantas;

i = 1, 2 = número de experimentos;

j = 1, 2, 3, 4, 5 = número de concentrações de Al utilizadas;

k = 1, 2, ..., 29 = número de populações de *Leucaena leucocephala*;

ℓ = 1, 2 = número de repetições por população dentro de cada tanque em cada experimento;

μ = média geral de todas as parcelas;

E_i = experimento i;

$\delta_{(i)}$ = erro de restrição, com zero graus de liberdade, definido segundo ANDERSON e McLEAN (1974);

C_j = concentração j;

EC_{ij} = interação E x C = Erro(a);

$\gamma_{(ij)}$ = erro de restrição, com zero graus de liberdade, definido segundo ANDERSON e McLEAN(1974);

P_k = população k de *Leucaena leucocephala*;

CP_{ik} = interação C x P;

$e_{ijk\ell}$ = Erro(b).

Em cada experimento, 4 semanas após o transplante, as plantas foram coletadas e foram feitas as seguintes observações:

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);

Y_3 = peso seco da parte aérea, em g (medida efetuada após a secagem do material em estufa a 35-40°C, durante 5 dias);

Y_4 = peso seco das raízes, em g (medida efetuada após a secagem do material em estufa a 35-40°C, durante 5 dias);

Y_5 = comprimento da primeira folha, em cm (medida tomada da base até o ápice do limbo foliar);

Y_6 = número (transformado) de ramificações (contagem do número de folhas existentes no caule, expressa em $\sqrt{\text{nº de folhas} + 1/2}$);

Y_7 = relação peso seco da parte aérea/peso seco das raízes;

Y_8 = persistência dos cotilédones (verificação da persistência [+] ou queda [-] das folhas cotiledonares).

Para facilidade de discussão, estas características serão doravante referidas através do seu símbolo (de Y_1 a Y_8).

3.1.5 - Análise de conglomeração das distâncias euclideanas (análise multivariada) entre populações

Foram coletados os dados a nível de parcelas referentes às sete variáveis (Y_1 a Y_7) para as 29 populações, testadas em dois experimentos sob as 5 diferentes concentrações de Al, conforme indicado no ítem 3.1.4.

Para cada concentração C_j (j=1,2,3,4,5) de Al e para cada variável Y_i (i=1,2,...,7) determinaram-se as médias e os desvios padrões, procedendo-se em seguida à padronização das variáveis Y_i. As variáveis N_i (i = 1,2, ...,7), para cada j, assim obtidas expressam Y_i 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_i (i=1,2,...,7) a uma dada concentração de Al C_j (j=1,2,...,5). As 29 populações ficaram assim representadas por pontos num espaço de 35 dimensões. Os dados referentes à variável Y_8, que se referem a um caráter binário (persistência ou não de cotilédones) não foram incluídos nesta análise.

Uma análise de conglomeração foi aplicada a este espaço, agrupando as populações mais semelhantes de acordo com o algorítmo de JOHNSON (1967), executado pelo procedimento CLUSTER do pacote estatístico SAS (S.A.S.Institute Inc., 1979).

O procedimento CLUSTER, destinado a ajudar na identificação de conglomerados de observações que tenham atributos semelhantes, efetua uma análise de conglomeração hierárquica (S.A.S.Institute Inc., 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 *Leucaena 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 a euclideana.

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_i para cada população sob as j concentrações de Al.

3.1.6 - Determinação dos parâmetros (univariados) cuja discriminação mais corresponda à da análise de conglomeração

Após executada a análise de conglomeração e identificados os grupos de populações tolerantes e intolerantes ao Al, procurou-se verificar quais dos parâmetros Y_i (i=1,2,...,7,8) isoladamente levam à classificação mais concordante com a análise multivariada.

Expressou-se a variável Y_8 como sendo o número de plantas com cotilédones em relação ao número total de plantas testadas por tratamento.

Sob cada concentração de Al C_j (j=1,2,...,

5), adotou-se para cada parâmetro N_i correspondente a Y_i ($i=1,2,...,8$) o critério de se classificar uma população como tolerante ao Al se $N_i > 0$ e como intolerante se $N_i < 0$.

A concordância entre a classificação univariada e a multivariada foi verificada através do teste de χ^2 em tabelas de contigência 2x2. Valores significativos para χ^2 indicam boa concordância (não independência) entre os dois critérios (STEEL e TORRIE, 1960).

3.2 - Verificação da Variabilidade Genética para Tolerância ao Al em progênies de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit

3.2.1 - Local do experimento

Este estudo foi conduzido em casa-de-vegetação no Laboratório de Genética Ecológica do Departamento de Genética da ESALQ/USP, em Piracicaba, no ano de 1983.

3.2.2 - Progênies de *L. leucocephala*

Foram utilizadas 18 progênies de plantas individuais de *L. leucocephala* obtidas na região de Piracicaba, descritas no ítem 3.1.2 e relacionadas a seguir:

Nº População	Nº Progênie	Nº 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.

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

3.2.3 - Aparato experimental

A metodologia utilizada foi semelhante à descrita no ítem 3.1.3. Neste caso, utilizaram-se somente 4 tanques, todos com a concentração de 9 ppm de Al, uma vez que esta concentração foi considerada satisfatória na detecção de tolerância ou não ao Al, conforme observações feitas nos experimentos anteriores.

3.2.4 - Delineamento experimental

Fez-se um experimento em blocos casualizados com 4 repetições, sendo que cada parcela foi composta por uma das 18 progênies. Utilizaram-se 10 plantas por parcela e, portanto, 40 plantas por progênie, no total de 4 repetições (tanques).

Os mesmos parâmetros utilizados no experimento anterior, descritos no ítem 3.1.4, foram aqui medidos.

3.2.5 - Determinação da existência de variabilidade genética para tolerância ao Al em progênies de *L. leucocephala*.

3.2.5.1 - Variabilidade genética entre progênies

Foram utilizados os dados a nível de parcelas referentes às sete variáveis (Y_1 a Y_7) para as 18 progênies, testadas sob a concentração de 9 ppm de Al, num experimento em blocos ao acaso com 4 repetições.

Foi feita a análise de variância para as características que foram julgadas mais eficientes na discriminação entre populações tolerantes e intolerantes ao Al. As esperanças dos quadrados médios destas análises de variância estão indicadas na Tabela 35 e foram utilizadas na estimativa de σ_p^2 e σ_e^2.

Estimou-se o coeficiente de variação genética (CV_g) entre progênies para estas características, o coeficiente de variação ambiental (CV_e) e o coeficiente b, através das seguintes equações:

$$CV_g = \frac{\sqrt{1/r\ (Q_2 - Q_1)}}{\bar{T}} = \frac{\sqrt{\sigma_p^2}}{\bar{T}}$$

$$CV_e = \frac{\sqrt{Q_1}}{\bar{T}} = \frac{\sqrt{\sigma_e^2}}{\bar{T}}$$

$$b = \frac{CV_g}{CV_e} \quad ,$$

onde:

r = número de repetições;

Q_1 = quadrado médio do erro entre parcelas;

Q_2 = quadrado médio entre progênies, ao nível de parcelas;

$\overline{T}$ = média geral das 18 progênies para cada parâmetro cuja análise foi efetuada.

Para as características escolhidas, efetuou-se o teste de χ^2 para testar sua concordância nos resultados referentes à avaliação, à semelhança do que foi feito no ítem 3.1.6.

3.2.5.2 - Variabilidade genética dentro de progênies

Determinou-se para as características que foram julgadas mais eficientes na discriminação de tolerância e intolerância ao Al a estimativa da variância de plantas individuais dentro de progênies (σ^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 ambien-

tal (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 σ^2_E. Todas as outras estimativas de $\hat{\sigma}$ que superassem este valor foram consideradas como tendo um componente genético (σ^2_G), de modo que:

$$\sigma^2 = \sigma^2_G + \sigma^2_E \quad ,$$

onde:

σ^2 = variância entre plantas dentro de progênies;

σ^2_G = variância genética entre plantas dentro de progênies;

σ^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 $\sigma^2_G > 0$.

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 da herdabilidade no sentido amplo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização de Populações de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Quanto à Tolerância ao Al

4.1.1 - Análises de variância para as características estudadas

As análises de variância para 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) estão mostradas nas Tabelas 1 a 7, respectivamente.

Nas Tabelas 8 a 14 encontram-se as médias das variáveis Y_1 a Y_7 para cada população testada e cada

concentração utilizada. As Tabelas 16 a 22 referem-se a estas médias padronizadas.

Analisando-se as Tabelas 1 a 6 vê-se que houve interação significativa entre Concentração x População para as variáveis Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 e Y_6, indicando que há resposta diferencial das diversas populações a níveis crescentes de Al, e que, portanto, é de se prever que haja entre as populações níveis de tolerância contrastantes. Para a variável Y_7 a interação Concentração x População não foi significativa, indicando que não houve resposta diferencial das populações a níveis crescentes de Al.

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 8 a 14 não permite discriminar com clareza genótipos semelhantes ou dissemelhantes às populações T-16 e T-18 em padrão de resposta, devido ao grande número de parâmetros utilizados.

4.1.2 - Análise de conglomeração das distâncias euclideanas (análise multivariada) entre populações

Uma análise multivariada foi utilizada na tentativa de se utilizar simultaneamente dos dados de todos os parâmetros estudados, para a discriminação entre po

pulações 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 das Tabelas 8 a 14 e que se encontram mostrados nas Tabelas 16 a 22. As distâncias máximas dentro de cada conglomerado estão listadas na Tabela 24.

A observação do dendrograma (Figura 1) e da Tabela 24 mostra que até os níveis de fusão 2 e 3 todas as fusões ocorrem através de descontinuidades relativamente pequenas, quando comparadas com a descontinuidade existente ao se efetuar a fusão de nível 1. Assim, até o nível 2 de fusão, as distâncias euclideanas máximas intra-conglomerado não foram superiores a 39,33, enquanto que ao se efetuar o nível 1, a distância máxima subiu a 93,11 (Tabela 24). Isto pode ser interpretado como os níveis 2 e 3 de fusão discriminarem 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 16 a 22. Tomando-se alguns 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 Tabelas 16 a 22. 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, 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, 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 se tornam menos relevantes para os resultados finais, uma vez que grande número de parâmetros (35, correspondendo a 7 variáveis medidas sob 5 diferentes níveis de Al) são medidos.

4.1.3 - Determinação de parâmetros (univariados) cuja discriminação corresponda à da análise de conglomeração

A análise multivariada, conquanto eficiente na discriminação de populações tolerantes e intolerantes, é mais trabalhosa do que a univariada e não permite interpretação fácil de parâmetros genéticos tais como variabilidade genética e ambiental, coeficiente de variação genético, herdabilidade.

É pois conveniente determinar quais dos parâmetros univariados (Y_1 a Y_8) e sob qual concentração de Al, permitiram, isoladamente, que se chegassem a conclusões semelhantes às da análise multivariada.

A Tabela 15 apresenta os dados da variável Y_8, para todas as populações, em todas as concentrações de

Al utilizadas. A padronização destes dados encontra-se na Tabela 23.

A Tabela 25 mostra os valores de χ^2 referentes às tabelas de contingência 2x2, conforme indicado em 3.1.6. A rejeição da hipótese de independência entre os dois critérios indica uma concordância entre eles.

Com base nos resultados da Tabela 25, pode-se observar que os parâmetros isoladamente mais informativos quanto à tolerância ou não ao Al foram Y_3 e Y_8, e os menos informativos foram Y_6 e Y_7 (que não servem, portanto, como critérios para avaliação desta tolerância).

A concentração de 9 ppm de Al é aquela em que o maior número de variáveis (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 e Y_8) apresenta boa concordância com a discriminação feita pela análise de conglomeração. As concentrações de 6 e 12 ppm de Al também apresentaram boa concordância com a análise multivariada. A concentração de 6 ppm de Al apresentou boa concordância com a discriminação feita pela análise de conglomeração para as variáveis Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 e Y_8, enquanto que a concentração de 12 ppm a apresentou para as variáveis Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 e Y_8.

Sob concentrações de 0 ou 3 ppm de Al, os resultados foram erráticos. Mesmo assim, para as variáveis Y_1, Y_3, Y_4 e Y_5, a concentração de 0 ppm de Al foi

capaz de discriminar satisfatoriamente entre populações tolerantes e intolerantes. Isto pode parecer surpreendente, uma vez que a tolerância ao Al poderia então ser avaliada mesmo na ausência de Al; isto leva a crer que o mecanismo de tolerância ao Al seja através de um crescimento mais rápido ou mais ativo da população tolerante em relação à intolerante, e esta maior atividade no crescimento pode ser observada, às vezes, mesmo na ausência de Al; em concentrações de Al de 6 ppm ou maiores, estas diferenças seriam ampliadas, e a discriminação entre tolerantes e intolerantes seria facilitada.

A variável Y_8 parece ser a que leva a resultados mais consistentes na discriminação, pois não permite discriminar tolerância vs intolerância na ausência de Al e permite boa discriminação em quaisquer das outras concentrações de Al (3, 6, 9 e 12 ppm).

O fenômeno da não persistência dos cotilédones nas populações intolerantes ao Al parece ser análogo ao relatado por ARMIGER *et alii* (1968) e FOY *et alii* (1969) quando associaram a clorose da folha e o colapso do pecíolo da soja com a deficiência de Ca induzida pela presença do Al.

Esta variável Y_8, referente à persistência dos cotilédones, tem a vantagem de ser facilmente avaliada (i.e., visualmente) e de a avaliação ser não destrutiva e

exigir pouco manuseio das plantas. A desvantagem de Y_8 é que a tolerância é um caráter de variação contínua, mas a persistência ou não dos cotilédones é um caráter de variação descontínua (binário); assim, Y_8 não é capaz de discriminar o nível de tolerância de uma planta individual, embora o possa fazer ao nível de progênies ou populações.

4.2 - Verificação da Variabilidade Genética Para Tolerância ao Al em Progênies de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit

4.2.1 - Variabilidade genética entre progênies

No ítem 4.1.3, verificou-se que Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 e Y_8 são os melhores parâmetros e 9 ppm de Al é a melhor concentração para a discriminação entre populações de *L. leucocephala* tolerantes e intolerantes ao Al.

Sendo assim, para as características Y_1 a Y_4 foram feitas análises de variância, que são mostradas nas Tabelas 26 a 29. 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 30 a 33, e as médias padronizadas, na Tabela 34.

Para a característica Y_8 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_8) 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 (ítem 4.1.2), 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. Conforme dito no ítem 3.1.4, a persistência dos cotilédones foi observada 4 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, mencionado no ítem 3.1.4.

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 significativos de F das Tabelas 26 a 29.

As esperanças matemáticas dos quadrados médios da análise de variância em blocos ao acaso encontram-se na Tabela 35 e serviram para a estimativa dos parâmetros genéticos da Tabela 36.

A análise dos dados da Tabela 36 evidencia a existência de variabilidade genética entre progênies, onde para a maioria das características analisadas (Y_2, Y_3 e Y_4) o coeficiente de variação genética (CV_g) 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 CV_g em relação ao CV_e. 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, progênies com nível ainda mais eleva

do de tolerância.

4.2.2 - Variabilidade genética dentro de progênies

Os limites mínimos de herdabilidade no sentido amplo (H^2_{min}) são mostrados na Tabela 37 e foram calculados a partir dos dados das Tabelas 30 a 33, da maneira indicada no ítem 3.2.5.2.

Apesar da pouca precisão do método para estimar a H^2_{min}, é indubitável que existe variabilidade genética dentro de certas progênies 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 progênies P-3, P-14 e P-15 não possuam nenhuma variabilidade de natureza genética entre as suas plantas, 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 progênies de plantas individuais, que poderá ser explorada em programas de melhoramento.

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

Efetuou-se o teste do χ^2 (Tabela 38) utilizando-se os valores das médias padronizadas mostrados na Tabela 34, para testar a concordância entre os resultados avaliados através de Y_1, Y_2, Y_3 e Y_4.

Embora na seção 4.1.3 tenha-se 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 38). Isto ressalta a dificuldade de se usar cada parâmetro isoladamente na avaliação de tolerância ao Al em leucena. Isto pode ser explicado se se considerar 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 à análise multivariada, e implica a possibilidade de haver discrepâncias mútuas. Um reflexo das discrepâncias mostradas na Tabela 38 pode ser observado na Tabela 37, onde as estimativas de H^2_{min} para cada progênie variam conforme a variável considerada, e são, em geral, maiores para Y_2 do que para Y_1, Y_3 e Y_4.

5. CONCLUSÕES

A análise de conglomeração conseguiu discriminar entre populações de *Leucaena leucocephala* tolerantes e intolerantes ao Al.

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.

A análise multivariada parece levar a:

a. facilidade de interpretação dos resultados;

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

Alguns parâmetros, como 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_8) levaram isoladamente a resultados concordantes com a análise multivariada. Outros, como número de ramificações (Y_6) e relação entre peso seco da parte aérea/peso seco das raízes (Y_7) revelaram-se insatisfatórios na avaliação da tolerância ao Al.

O parâmetro persistência dos cotilédones (Y_8) tem a vantagem de ser visualmente detectado, ser não destrutível e exigir um mínimo de manuseio da planta.

As concentrações mais satisfatórias para a discriminação da tolerância e intolerância ao Al são 6, 9 e 12 ppm, sendo que a de 9 ppm foi eficiente para o maior número de caracteres estudados.

Em progênies de plantas individuais oriundas de populações tolerantes ao Al, detectou-se variabilidade genética para tolerância ao Al tanto entre progênies como dentro de algumas progênies.

6. LITERATURA CITADA

ALVARES, F.J.; A. WILSON e T.R. PRESTON, 1978. Digestibilidad y consumo voluntario de raciones basadas en caña de azúcar, *Leucaena leucocephala* y polidura de arroz. Producción Animal Tropical, México, 3: 132-135 (Resumo).

ANDERSON, V.L. e R.A. McLEAN, 1974. Design of experiments. A realistic approach. New York, Marcel Dekker. 418 p.

ANDREW, C.S.; A.D. JOHNSON e R.L. SANDLAND, 1973. Effect of aluminum on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. Australian Journal of Agricultural Research, Melbourne, 24: 325-339.

ANÔNIMO, 1982. Leucena, uma boa opção como forrageira nos trópicos. Dirigente Rural, São Paulo, 21(7): 36-47.

ARMIGER, W.H.; C.D. FOY; A.L. FLEMING e B.E. CALDWELL, 1968. Differential tolerance of soybean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agronomy Journal, Madison, 60: 67-70.

BAHIA FILHO, A.F.C.; G.E. FRANÇA; G.V.E. PITTA; R. MAGNAVACA; J.F. MENDES; F.G.F.T.C. BAHIA e P. PEREIRA, 1976. Avaliação de linhagens e populações de milho em condições de elevada acidez. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 33: 51-58.

BEAR, F.F., 1957. Chemistry of the soil. New York, Reinhold. 373 p.

BEN, J.R.; M. MORELLI e V. ESTEFANEL, 1976. Influência da calagem na toxidez de alumínio para plantas de cevada. Revista do Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 6 (2): 177-189.

BREWBAKER, J.L., 1976. The woody legume, *Leucaena*: promising source of feed, fertilizer, and fuel in the tropics. In: Seminário Internacional de Ganadería Tropical, Acapulco, México. p. 13-27.

BREWBAKER, J.L., 1978. Guide to the systematics of the genus *Leucaena* (Mimosaceae). 16 p. [Mimeografado].

BREWBAKER, J.L. e J.W. HYLIN, 1965. Variation in mimosine content among *Leucaena* species and related Mimosaceae. Crop Science, Madison, 5(4): 348-349.

BREWBAKER, J.L. e A.J. OAKES, 1978. Taxonomic and genetic variation in the leguminous genus, *Leucaena*. Agronomy Abstracts, Madison, 70:40.

CALBO, A.G. e J. CAMBRAIA, 1980. Efeito do alumínio sobre a composição mineral de dois cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Ceres, Viçosa, 27(152):369-378.

CAMBRAIA, J. e A.G. CALBO, 1980. Efeito do alumínio sobre a absorção e sobre o transporte de fósforo em dois cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Ceres, Viçosa, 27(154): 615-625.

CLARKSON, D.T., 1967. Interations between aluminum and phosphorus on root surfaces and cell wall material. Plant and Soil, Netherlands, 27(3): 347-356.

CRUZ, A.D.; H.P. HAAG; J.R. SARRUGE e E. MALAVOLTA, 1967. Interação entre alumínio e fósforo, em duas variedades de trigo (*Triticum vulgare* L.) cultivado em solução nutritiva. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 24: 119-129.

D'MELLO, J.P.F. e D.E. TAPLIN, 1978. *Leucaena leucocephala* in poultry diets for the tropics. World Review of Animal Production, Rome, 14(3): 41-47 (Resumo).

FLEMING, A.L. e C.D. FOY, 1968. Root structure reflects differential aluminum tolerance in wheat varieties. Agronomy Journal, Madison, 60: 172-176.

FLORES-RAMOS, J.F., 1979. *Leucaena leucocephala* para la producción de leche: efecto de la suplementación con *Leucaena* en vacas pastoreando. Producción Animal Tropical, México, 4: 53-58 (Resumo).

FOY, C.D., 1976. Differential aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. Ciência e Cultura, São Paulo, 28(2): 150-155.

FOY, C.D.; W.H. ARMIGER; L.W. BRIGGLE e D.A. REID, 1965. Differential aluminum tolerance in wheat and barley varieties in acid soils. Agronomy Journal, Madison, 57(5): 413-417.

FOY, C.D.; W.H. ARMIGER; A.L. FLEMING e C.F. LEWIS, 1967a. Differential tolerance of cotton varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agronomy Journal, Madison, 59: 415-418.

FOY, C.D.; W.H. ARMIGER; A.L. FLEMING e W.J. ZAUMEYER, 1967b. Differential tolerance of dry bean, snapbean, and lima bean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agronomy Journal, Madison, 59: 561-563.

FOY, C.D. e J.C. BROWN, 1964. Toxic factors in acid soils. II. Differential aluminum tolerance of plant species. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 28 (1): 27-32.

FOY, C.D.; A.L. FLEMING e W.H. ARMIGER, 1969. Aluminum tolerance of soybean varieties in relation to calcium nutrition. Agronomy Journal, Madison, 61: 505-511.

FOY, C.D.; A.L. FLEMING; G.R. BURNS e W.H. ARMIGER, 1967c. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 31: 513-521.

FOY, C.D.; A.L. FLEMING e G.C. GERLOFF, 1972. Differential aluminum tolerance in two snapbean varieties. Agronomy Journal, Madison, 64: 815-822.

FOY, C.D.; H.N. LAFEVER; J.W. SCHWARTZ e A.L. FLEMING, 1974. Aluminum tolerance of wheat cultivars related to region of origin. Agronomy Journal, Madison, 66: 751-758.

FREIRE, J.R.J., 1976. Comportamento da soja e do seu rizobio ao Al e Mn nos solos do Rio Grande do Sul. Ciência e Cultura, São Paulo, 28(2): 169-170.

GALVÃO, J.D. e J.C. SILVA, 1978. Herança da tolerância ao alumínio na variedade de milho "Piranão". Ceres, Viçosa, 25(137): 71-78.

GARCIA JÚNIOR, O.; W.J. SILVA e M.A.S. MASSEI, 1979. An efficient method of screening maize inbreds for aluminum tolerance. Maydica, Bergamo, 24: 75-82.

GARGANTINI, H.; F.A.S. COELHO; F. VERLENGIA e E. SOARES, 1970. Levantamento de fertilidade dos solos do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico. 32 p.

GONZALEZ, E.; J.M. WOLF; G. NADERMAN; W.V. SOARES e E.Z. GALRÃO, 1976. Relações entre toxidez de alumínio, desenvolvimento de raízes, absorção de água e produção de milho num oxisol (latosol vermelho escuro) do Distrito Federal. Ciência e Cultura, São Paulo, 28(2): 181-182.

GONZALEZ, V.; J.L. BREWBAKER e D.E. HAMILL, 1967. *Leucaena* cytogenetics in relation to the breeding of low mimosine lines. Crop Science, Madison, 7: 140-143.

GOODLAND, R., 1971. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: III Simpósio sobre o cerrado, São Paulo, p. 44-60.

GRAY, S.G., 1967a. General and specific combining ability in varieties of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Australian Journal of Agricultural Research, Melbourne, 18: 71-76.

GRAY, S.G., 1967b. The components of variation in an intervarietal cross in *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Australian Journal of Agricultural Research, Melbourne, 18: 77-83.

GRAY, S.G., 1967c. Inheritance of growth habit and quantitative characters in intervarietal crosses in *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Australian Journal of Agricultural Research, Melbourne, 18: 63-70.

HAMILTON, R.I.; L.E. DONALDSON e L.J. LAMBOURNE, 1971. *Leucaena leucocephala* as a feed for dairy cows: direct effect on reproduction and residual effect on the calf and lactation. Australian Journal of Agricultural Research, Melbourne, 22(6): 681-692.

HANSON, W.D. e E.J. KAMPRATH, 1979. Selection for aluminum tolerance in soybeans based on seedling-root growth. Agronomy Journal, Madison, 71: 581-586.

HILL, G.D., 1971. *Leucaena leucocephala* for pastures in the tropics. Herbage Abstracts, Farnhan Royal, 41(2): 111-119.

HOWELER, R.H. e L.F. CADAVID, 1976. Screening of rice cultivars for tolerance to Al-toxicity in nutrient solution as compared with a field screening method. Agronomy Journal, Madison, 68: 551-555.

HULMAN, B. e E. OWEN, 1978. Determination of the apparent dry matter digestibility of Acacia (*Leucaena leucocephala*) using goats. Revue Agricole et Sucriere de l'Ile Maurice, Ile Maurice, 57(3): 111-114 (Resumo).

HUTTON, E.M., 1982. Interrelation of Ca and Al in adaptation of *Leucaena* to very acid soils. *Leucaena* Research Reports, Taiwan, 3: 9-11.

HUTTON, E.M. e S.G. GRAY, 1959. Problems in adapting *Leucaena glauca* as a forage for the australian tropics. Empire Journal of Experimental Agriculture, Oxford, 27 (107): 187-196.

JACOMINE, P.K.T., 1969. Descrição das características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas de alguns perfis de solos sob vegetação de cerrado. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. p. 1-126. [Boletim Técnico. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 11].

JOHNSON, S.C., 1967. Hierarchical clustering schemes. Psychometrika, Princeton, 32: 241-254.

JONES, L.H., 1961. Aluminium uptake and toxicity in plants. Plant and Soil, Netherlands, 13(4): 297-310.

JONES, R.J., 1979. The value of *Leucaena leucocephala* as a feed for ruminants in the tropics. World Animal Review, Rome, 31: 13-23.

KERRIDGE, P.C. e W.E. KRONSTAD, 1968. Evidence of genetic resistance to aluminum toxicity in wheat (*Triticum aestivum* Vill., Host). Agronomy Journal, Madison, 60: 710-711.

KLUTHCOUSKI, J., 1980. Leucena (*Leucaena leucocephala*), alternativa para a pequena e média agricultura. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF. 12 p. [Circular Técnica, 6].

LEE, C.R., 1971. Influence of aluminum on plant growth and mineral nutrition of potatoes. Agronomy Journal, Madison, 63: 604-607.

LEE, C.R., 1972. Interrelationships of aluminum and manganese on the potato plant. Agronomy Journal, Madison, 64: 546-549.

LEITE, J.C., 1978. Utilização de solução nutritiva como técnica para a seleção de variedades de trigo tolerantes ao alumínio. Piracicaba, ESALQ/USP. 68 p. (Dissertação de Mestrado).

LOPES, A.S. e F.R. COX, 1977. A survey of the fertility status of surface soils under "cerrado" vegetation in Brazil. Soil Science Society of America Journal, Madison, 41: 742-750.

MALAVOLTA, E.; J.R. SARRUGE e V.C. BITTENCOURT, 1977. Toxidez de alumínio e manganês. In: IV Simpósio sobre o Cerrado, Brasília, 1976, p. 275-301.

McCORMICK, L.H. e F.Y. BORDEN, 1972. Phosphate fixation by aluminum in plant roots. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 36: 799-802.

McLEOD, L.B. e L.P. JACKSON, 1967. Aluminum tolerance of two barley varieties in nutrient solution, peat, and soil culture. Agronomy Journal, Madison, 59: 359-363.

McNEILLY, T., 1982. A rapid method for screening barley for aluminium tolerance. Euphytica, Netherlands, 31: 237-239.

MIRANDA, L.N. e E. LOBATO, 1978. Tolerância de variedades de feijão e de trigo ao alumínio e à baixa disponibilidade de fósforo no solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 2: 44-50.

MUGWIRA, L.M.; S.M. ELGAWHARY e S.U. PATEL, 1978. Aluminium tolerance in triticale, wheat and rye as measured by root growth characteristics and aluminium concentration. Plant and Soil, Netherlands, 50: 681-690.

MUZILLI, O.; D. SANTOS; J.B. PALHANO; J. MANETTI Fº; A.F. LANTMANN; A. GARCIA e A. CATANEO, 1978. Tolerância de cultivares de soja e de trigo a acidez do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 2: 34-40.

NAIDOO, G.; J. McD. STEWART e R.J. LEWIS, 1978. Accumulation sites of Al in snapbean and cotton roots. Agronomy Journal, Madison, 70: 489-492.

N.A.S., 1977. *Leucaena*; promising forage and tree crop for the tropics. Washington, D.C., National Academy of Sciences. 115. p.

OLMOS, J. e M.N. CAMARGO, 1976. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. Ciência e Cultura, São Paulo, 28(2): 171-180.

OLVERA, E.; S.H. WEST e W.G. BLUE, 1982a. Establishment of *Leucaena leucocephala* in acid soils. *Leucaena* Research Reports, Taiwan, 3: 84-85.

OLVERA, E.; S.H. WEST e W.G. BLUE, 1982b. Greenhouse studies on establishment of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit in acid soils. *Leucaena* Research Reports, Taiwan, 3: 88-90.

PEDREIRA, J.V.S., 1972. Crescimento estacional dos capins colonião *Panicum maximum* Jacq., gordura *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, jaraguá *Hyparrhenia rufa* (Nees) Staft e pangola-de-taiwan A-24 *Digitaria pentzii* Stent. Piracicaba, ESALQ/USP. 118 p. (Tese de Doutoramento).

PERALTA-MARTINEZ, A., 1980. Caracteristicas agronômicas y contenido de mimosina en 30 ecotipos de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit en Yucatan. Agricultura Técnica en México, México-DF, 6(2): 129-135.

POOLE, E.; C.F. KONZAK e J.A. KITTRICH, 1978. Visual detection of aluminum tolerance levels in wheat by hematoxylin staining of seedling roots. Crop Science, Madison, 18: 823-827.

REID, D.A., 1976. Screening barley for aluminum tolerance. In: MADISON, J.W., ed. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Ithaca, New York, Cornell Agric. Exp. Station, p. 269-275.

REID, D.A.; A.L. FLEMING e C.D. FOY, 1971. A method for determining aluminum response of barley in nutrient solution in comparison to response in Al-toxic soil. Agronomy Journal, Madison, 63: 601-603.

RHUE, R.D.; C.O. GROGAN; E.W. STOCKMEYER e H.L. EVERETT, 1978. Genetic control of aluminum tolerance in corn. Crop Science, Madison, 18: 1063-1067.

SARTAIN, J.B. e E.J. KAMPRATH, 1975. Effect of liming a highly Al-saturated soil on the top and root growth and soybean nodulation. Agronomy Journal, Madison, 67: 507-510.

SARTAIN, J.B. e E.J. KAMPRATH, 1977. Effect of soil Al saturation on nutrient concentration of soybean tops, roots, and nodules. Agronomy Journal, Madison, 69: 843-845.

SARTAIN, J.B. e E.J. KAMPRATH, 1978. Aluminum tolerance of soybean cultivars based on root elongation in solution culture compared with growth in acid soil. Agronomy Journal, Madison, 70(1): 17-20.

S.A.S. INSTITUTE INC., 1979. S.A.S. user's guide. Statistical Analysis System Institute Inc., Raleigh, North Carolina. 494 p.

SAUCEDO, G.; F.J. ALVARES e N. JIMENEZ, 1980. *Leucaena leucocephala* como suplemento para la producción de leche en pastos tropicales con ganado doble propósito. Producción Animal Tropical, México, 5: 40-44 (Resumo).

SILVA, A.R., 1976. Melhoramento genético para resistência à toxidez de alumínio e manganês no Brasil: antecedentes, necessidade e possibilidades. Tópicos para discussão e pesquisas. Ciência e Cultura, São Paulo, 28(2): 147-149.

STEEL, R.G.D. e J.H. TORRIE, 1960. Principles and prodedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 481 p.

VILELA, E.; H.B. MATTOS e J.V.S. PEDREIRA, 1978. A densidade de semeadura na produção de matéria seca de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, 35(2): 227-233.

VILELA, E. e J.V.S. PEDREIRA, 1976. Efeitos de densidades de semeadura e níveis de adubação nitrogenada no estabelecimento de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, 33(2): 251-280.

WALKER, M.E.; W.H. MARCHANT e W.J. ETHREDGE, 1975. Effects of soil pH on forage yield, and chemical composition of sorghum and millet. Agronomy Journal, Madison, 67: 191-193.

7. FIGURAS E TABELAS

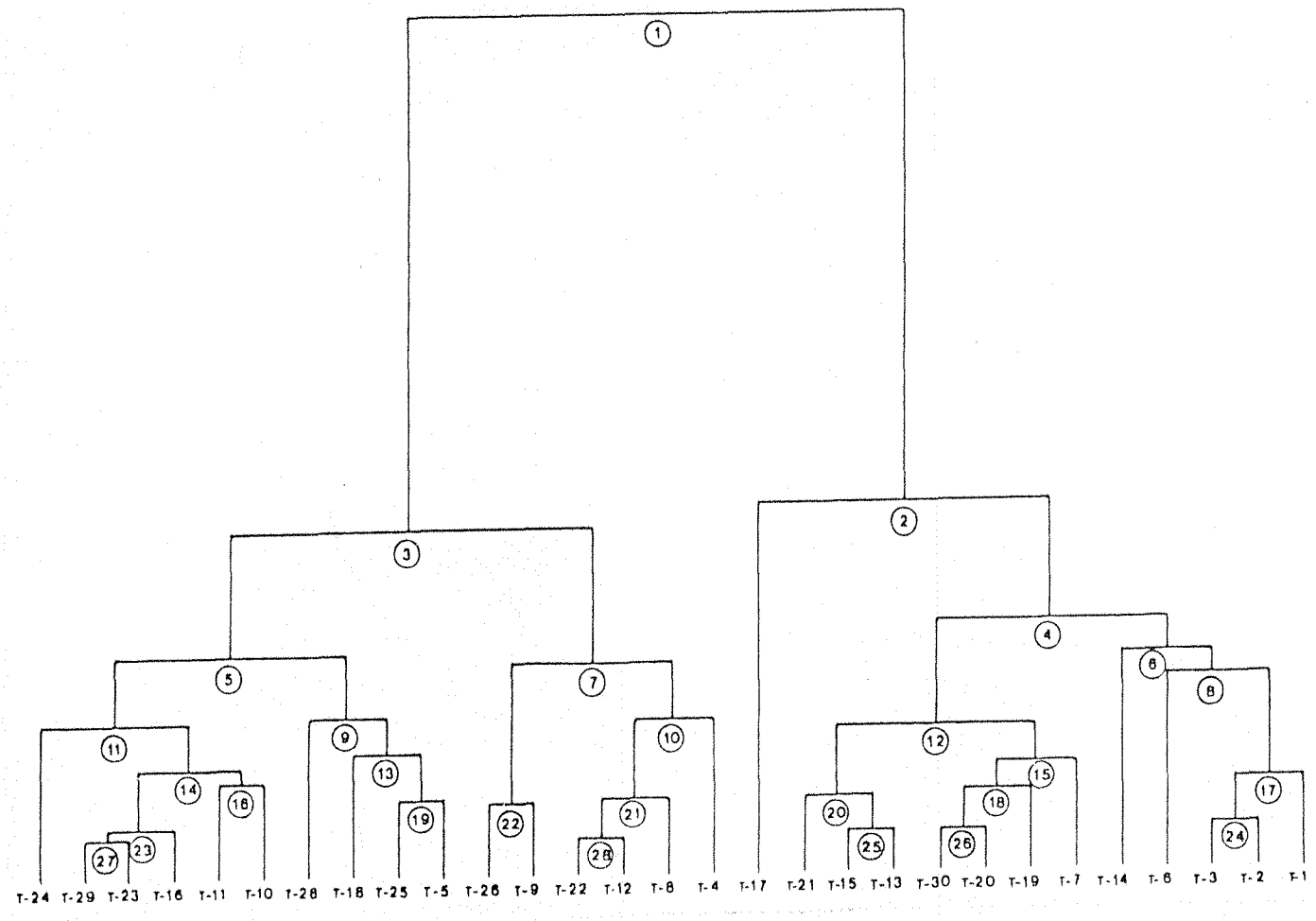

Figura 1 - Dendrograma dos conglomerados, elaborado segundo a metodologia de JOHNSON (1967), onde as populações de *Leucaena leucocephala* são designadas por T-1 a T-30, e os números dentro de círculos referem-se aos níveis de fusão.

Tabela 1 - Análise conjunta de variância referente ao caráter comprimento da parte aérea (Y_1), medido em 29 populações de *Leucaena leucocephala* submetidas a 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Experimentos (E)	1	520,4790	520,4790	
Concentrações (C)	4	11.100,2963	2.775,0741	6,42*
Erro (a)	4	1.728,5758	432,1439	
Populações (P)	28	1.287,4680	45,9810	13,00**
C x P	112	598,4825	5,3436	1,51**
Erro (b)	430	1.520,7556	3,5366	
Total	579	16.756,0572		

Tabela 2 - Análise conjunta de variância referente ao caráter comprimento da maior raiz (Y_2), medido em 29 populações de *Leucaena leucocephala* submetidas a 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Experimentos (E)	1	25.095,0240	25.095,0240	
Concentrações (C)	4	210.295,0180	52.573,7545	14,70*
Erro (a)	4	14.310,5815	3.577,6454	
Populações (P)	28	4.539,5883	162,1281	5,46**
C x P	112	5.150,7744	45,9890	1,55**
Erro (b)	430	12.769,8102	29,5972	
Total	579	272.160,7964		

Tabela 3 - Análise conjunta de variância referente ao caráter peso seco da parte aérea (Y_3), medido em 29 populações de *Leucaena leucocephala* submetidas a 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Experimentos (E)	1	1.869,9939	1.869,9939	
Concentrações (C)	4	7.356,7090	1.839,1772	$5,44^{ns}$
Erro (a)	4	1.352,8050	338,2012	
Populações (P)	28	4.450,1723	158,9347	21,48**
C x P	112	1.845,5319	16,4780	2,23**
Erro (b)	430	3.181,8907	7,3997	
Total	579	20.057,1028		

Tabela 4 - Análise conjunta de variância referente ao caráter peso seco das raízes (Y_4), medido em 29 populações de *Leucaena leucocephala* submetidas a 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Experimentos (E)	1	387,4720	387,4720	
Concentrações (C)	4	260,1411	65,0353	11,67*
Erro (a)	4	22,2868	5,5717	
Populações (P)	28	359,5187	12,8399	13,06**
C x P	112	166,2323	1,4842	1,51**
Erro (b)	430	422,8149	0,9833	
Total	579	1.618,4658		

Tabela 5 - Análise conjunta de variância referente ao caráter comprimento da primeira folha (Y_5), medido em 29 populações de *Leucaena leucocephala* submetidas a 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Experimentos (E)	1	0,4142	0,4142	
Concentrações (C)	4	269,3726	67,3431	15,31*
Erro (a)	4	17,5945	4,3986	
Populações (P)	28	49,3075	1,7610	7,57**
C x P	112	34,3980	0,3071	1,32*
Erro (b)	430	100,0207	0,2326	
Total	579	471,1075		

Tabela 6 - Análise conjunta de variância referente ao caráter número de folhas, expresso em $\sqrt{\text{número de folhas} + 1/2}$ (Y_6), medido em 29 populações de *Leucaena leucocephala* submetidas a 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Experimentos (E)	1	2,3842	2,3842	
Concentrações (C)	4	11,0460	2,7615	9,11*
Erro (a)	4	1,2123	0,3031	
Populações (P)	28	1,4372	0,0513	3,80**
C x P	112	1,9575	0,1748	1,29*
Erro (b)	430	5,8044	0,0135	
Total	579	23,8416		

Tabela 7 - Análise conjunta de variância referente ao caráter relação peso seco da parte aérea/peso seco das raízes (Y_7), medido em 29 populações de *Leucaena leucocephala* submetidas a 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Experimentos (E)	1	81,2396	81,2396	
Concentrações (C)	4	118,8177	29,7044	$0,68^{ns}$
Erro (a)	4	175,6211	43,9053	
Populações (P)	28	66,6727	2,3812	3,69**
C x P	112	79,7220	0,7118	$1,10^{ns}$
Erro (b)	430	277,5102	0,6454	
Total	579	799,5833		

Tabela 8 - Médias de comprimento da parte aérea (Y_1), em cm, para as 29 populações de *Leucaena leucocephala* testadas sob 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÕES	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	21,0833	18,3417	10,5417	9,8750	6,9583
T-2	21,3333	16,6833	12,5000	9,5000	7,1250
T-3	19,7500	16,4917	11,1583	10,7500	7,7916
T-4	13,2750	11,2083	8,7500	7,6833	6,2500
T-5	16,8750	15,4583	10,8083	8,2917	6,4583
T-6	22,2500	18,2333	12,5000	10,4166	8,2166
T-7	20,0500	18,2916	10,4166	8,1667	7,2833
T-8	13,2917	11,5000	9,0583	6,7500	5,1666
T-9	14,7125	14,8958	8,4166	7,9167	5,5833
T-10	18,1250	17,2500	11,6833	9,6667	6,0000
T-11	20,4166	17,5166	11,8167	9,8333	7,2500
T-12	13,1250	11,7916	8,9083	7,1458	5,0000
T-13	21,4583	16,0833	12,3958	9,8542	8,4375
T-14	19,7500	18,5417	11,9167	10,2500	8,6250
T-15	19,5833	15,7500	12,3750	10,1666	7,0625
T-16	17,4583	16,7500	10,0417	8,2083	6,0833
T-17	20,0000	21,2916	12,6667	9,8334	9,1875
T-18	20,1250	16,6667	8,7917	7,4166	5,7917
T-19	19,0083	15,3333	10,6667	8,4167	7,8541
T-20	21,0833	16,5833	10,9583	9,6667	7,2500
T-21	20,1000	16,0833	11,7917	9,2500	6,9583
T-22	13,5000	12,9167	9,3542	7,1041	6,5833
T-23	17,6667	15,8000	10,8333	8,9166	6,1250
T-24	17,6666	17,5833	11,2500	9,2917	7,9583
T-25	19,9000	16,8750	11,3500	9,0833	7,1458
T-26	14,9583	13,3333	8,0417	7,6250	6,6667
T-28	20,3333	16,7083	10,9167	8,3750	6,0000
T-29	19,4167	15,7917	11,2083	9,5417	6,0833
T-30	21,0083	16,5917	10,2917	9,3750	8,4583

Tabela 9 - Médias de comprimento da maior raiz (Y_2), em cm, para as 29 populações de *Leucaena leucocephala* testadas sob 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÕES	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	52,2083	50,8167	36,2917	12,7333	7,7916
T-2	50,5000	57,5166	32,7083	10,9166	5,6250
T-3	56,0833	51,7916	31,6667	13,2500	5,8333
T-4	43,9583	42,7583	22,4833	7,6667	4,4167
T-5	47,4583	48,3333	25,0000	7,8333	4,8333
T-6	64,0250	60,8000	31,5000	11,3333	7,1583
T-7	55,1666	49,5000	36,0416	14,7916	6,6750
T-8	43,6666	42,8750	27,3333	8,6667	4,0833
T-9	47,2500	47,4583	31,6666	10,6667	5,7083
T-10	45,3333	43,4583	26,5416	9,7500	4,7083
T-11	56,9583	50,2500	25,4417	9,6250	6,3333
T-12	45,5833	38,1667	23,2500	10,3958	4,6667
T-13	52,7916	47,0000	22,5000	12,3541	5,2917
T-14	43,8750	45,5833	29,5417	12,8333	6,8750
T-15	51,3333	45,0417	30,4167	11,4166	5,8333
T-16	52,5000	51,3333	27,4167	9,0417	4,1250
T-17	49,9583	54,4167	30,4583	11,2500	4,6875
T-18	56,9166	55,1250	29,5833	12,5000	4,9167
T-19	57,0416	50,6250	29,0000	11,7916	7,7708
T-20	62,4583	54,7500	30,8750	14,1667	6,7500
T-21	62,1083	45,9583	31,0417	10,2500	5,2083
T-22	43,7916	38,9792	26,0417	11,5833	4,4167
T-23	55,0416	47,7083	25,4167	13,2500	5,4583
T-24	46,2916	45,7083	27,2500	11,0833	4,9167
T-25	53,2083	56,3750	27,1250	9,3750	4,8333
T-26	47,9166	42,9167	24,9167	12,1250	5,9583
T-28	58,6250	47,4583	26,8750	8,5000	4,4583
T-29	53,9167	52,8333	28,2083	10,8750	4,2500
T-30	64,3333	50,4333	31,6666	11,9166	6,7083

Tabela 10 - Médias de peso seco da parte aérea (Y_3), em g, para as 29 populações de *Leucaena leucocephala* testadas sob 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÕES	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	26,1134	20,0567	12,3116	14,1039	9,5362
T-2	21,6085	20,2063	11,0246	12,1745	8,6911
T-3	20,1001	19,4068	9,6916	13,0288	9,1281
T-4	9,8541	9,6098	7,1151	6,1688	6,1469
T-5	11,4852	17,0961	7,4604	7,7280	6,8009
T-6	26,5107	22,0199	10,8170	10,0286	9,5817
T-7	22,5547	16,9457	9,8232	10,2227	10,2853
T-8	7,2856	8,3295	5,9272	5,6752	4,5565
T-9	9,8215	9,5379	7,8632	7,2873	6,0286
T-10	11,7673	10,8183	7,9242	6,9719	6,0175
T-11	18,7924	12,6479	9,7537	6,8317	7,2672
T-12	8,6123	7,6106	5,4291	5,3534	5,3617
T-13	18,5619	14,0344	9,6856	8,7356	7,7986
T-14	19,4966	18,9883	14,7337	10,7085	9,8793
T-15	18,2237	12,5959	11,5153	8,1536	7,2049
T-16	13,0874	13,9118	8,2518	7,3160	6,9262
T-17	17,7550	19,4071	13,3311	9,2551	7,8119
T-18	18,8749	15,4762	8,8001	7,8348	6,5435
T-19	19,6427	16,6954	9,3274	8,3362	8,5057
T-20	18,5470	17,6073	10,2222	9,1745	8,4701
T-21	20,3622	13,3727	11,8540	9,1957	8,3089
T-22	9,4391	7,8511	6,7568	5,6564	5,1395
T-23	16,3555	12,3872	9,1451	7,6412	6,4366
T-24	13,6404	12,9628	8,0827	7,4489	6,6078
T-25	14,1105	14,8089	10,0801	6,8252	6,2928
T-26	7,5798	8,9426	5,3277	6,8654	5,2042
T-28	17,0947	14,8657	7,4521	6,5005	5,2824
T-29	16,0889	13,5539	9,0153	6,8504	6,3051
T-30	19,8083	14,0011	9,9758	9,1200	8,8733

Obs.: Os valores devem ser multiplicados por 10^{-2}.

Tabela 11 - Médias de peso seco das raízes (Y_4), em g, para as 29 populações de *Leucaena leucocephala* testadas sob 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÕES	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	6,3453	4,9965	5,2912	3,1658	3,2791
T-2	4,3425	5,0946	4,3547	2,6537	2,6812
T-3	4,3668	5,0545	4,4845	2,7900	3,2022
T-4	2,9702	3,4643	2,9793	2,3783	1,8287
T-5	2,9628	6,2248	3,5977	2,4313	2,3337
T-6	6,8337	5,7464	5,1029	3,6519	4,5943
T-7	5,2368	4,2628	4,2121	3,1428	3,3312
T-8	1,7122	2,5305	2,1988	1,6977	1,5776
T-9	2,2572	2,7176	3,3736	2,4689	2,4380
T-10	2,4627	2,7030	2,7536	1,8504	2,2642
T-11	3,6904	3,4551	2,9556	1,9817	2,3852
T-12	2,2377	2,1661	2,0544	1,7617	2,0363
T-13	4,4900	4,0480	2,9785	3,1720	2,5473
T-14	3,7451	4,0194	4,0438	3,6298	3,0256
T-15	3,9644	3,3741	3,6918	2,4438	2,7911
T-16	3,3980	4,8706	2,8577	2,0576	2,3765
T-17	3,4993	5,0958	4,1766	4,1415	2,2837
T-18	4,8782	4,8443	3,7531	3,0573	2,3884
T-19	5,0417	5,7774	3,7132	3,3772	3,5285
T-20	4,9621	5,9314	4,1127	3,2071	3,0777
T-21	5,1557	3,5972	3,9934	2,8436	2,3624
T-22	2,2386	2,0820	2,3936	1,6025	1,6784
T-23	3,5451	3,7100	2,8385	2,2635	2,4390
T-24	2,8407	3,7243	2,8669	2,1124	2,5178
T-25	3,1023	5,6196	3,8635	2,7449	2,0357
T-26	1,7672	2,9719	2,3428	2,6391	1,9883
T-28	4,2746	5,3241	2,8049	1,7013	1,9010
T-29	3,4931	4,5944	2,8552	2,1754	2,0999
T-30	5,3045	5,2571	3,9592	2,9204	2,6423

Obs.: Os valores devem ser multiplicados por 10^{-2}.

Tabela 12 - Médias de comprimento da primeira folha (Y_5), em cm, para as 29 populações de *Leucaena leucocephala* testadas sob 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÕES	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	5,3916	4,5000	4,7000	3,7958	3,4166
T-2	5,4250	4,4333	4,4583	4,2667	3,4000
T-3	5,3667	4,5833	4,1250	3,8083	3,3666
T-4	4,7167	3,7333	3,5875	3,3333	3,0417
T-5	4,8167	4,1666	3,9000	3,3250	3,4000
T-6	5,0166	4,7250	4,0000	3,6416	3,3833
T-7	4,9917	4,7083	4,3500	3,4833	3,5250
T-8	4,5000	3,7083	3,9167	3,2083	3,1250
T-9	5,2500	5,0417	3,8916	3,8416	3,6666
T-10	4,4167	3,8500	3,7625	3,2750	3,0833
T-11	5,1667	4,2750	3,9083	3,4750	3,5000
T-12	4,9208	4,0416	3,7500	3,4375	3,3750
T-13	5,9667	4,8958	3,9583	3,7958	3,5000
T-14	5,6666	4,9583	3,7583	3,5000	3,5625
T-15	5,5000	4,8333	4,0000	3,7917	3,3541
T-16	4,9583	4,8333	3,7916	3,4583	3,0833
T-17	5,8333	5,9583	5,0625	4,2916	3,8125
T-18	5,4250	5,1250	3,7531	3,6665	3,3333
T-19	5,1250	5,3750	4,0000	3,5417	3,3958
T-20	5,6250	5,6250	4,7500	4,2083	3,6250
T-21	5,4083	5,6667	4,4167	3,6666	3,2500
T-22	4,7833	5,1666	3,7083	3,4791	3,4167
T-23	4,7500	4,4833	3,9583	3,5833	3,2083
T-24	4,9166	5,2917	4,2917	4,1250	3,7916
T-25	4,9000	5,1667	3,9166	3,5833	3,2500
T-26	5,2500	5,5833	3,7500	3,6667	3,4167
T-28	5,0416	5,1458	3,6166	3,5000	2,9167
T-29	5,2083	4,9583	4,1667	3,4583	3,4167
T-30	5,5333	5,3750	4,2916	3,8750	3,4583

Tabela 13 - Médias do número de folhas, expresso em $\sqrt{\text{número de folhas} + 1/2}$ (Y_6), para as 29 populações de *Leucaena leucocephala* testadas sob 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÕES	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	2,4444	2,3216	2,2300	1,9960	1,9752
T-2	2,3930	2,3370	2,2146	2,1004	2,0169
T-3	2,3590	2,2805	2,1899	2,1169	2,0795
T-4	2,3178	2,3008	2,3938	2,1564	2,0773
T-5	2,3094	2,3760	2,1377	2,0125	1,9390
T-6	2,5104	2,4473	2,2278	2,1004	2,1213
T-7	2,4444	2,2843	2,0763	2,0587	2,0795
T-8	2,1267	2,2030	2,0510	1,9664	1,9752
T-9	2,3837	2,3650	2,1959	2,0773	2,0587
T-10	2,4303	2,3946	2,1586	2,0147	2,0169
T-11	2,4416	2,3200	2,1355	1,9719	2,0795
T-12	2,2223	2,2069	2.0356	1,9752	2,0587
T-13	2,4785	2,3577	2,2091	2,1773	2,0900
T-14	2,4814	2,3743	2,1586	2,1959	2,1213
T-15	2,4274	2,3046	2,2146	2,1191	2,1213
T-16	2,4432	2,3541	2,1191	2,1004	3,0833
T-17	2,2949	2,3216	2,3191	2,0795	1,9647
T-18	2,4727	2,3386	2,0356	1,9478	1,9093
T-19	2,4117	2,2876	2,0378	2,0274	2,0137
T-20	2,4615	2,3249	2,0795	2,1004	2,0587
T-21	2,3535	2,2288	2,1399	2,1004	2,0949
T-22	2,2689	2,2239	2,0878	2,0274	2,0482
T-23	2,4631	2,3046	2,1191	2,1213	2,0587
T-24	2,3353	2,3216	2,0795	1,9719	2,0052
T-25	2,3930	2,4117	2,1959	2,1679	2,0296
T-26	2,2673	2,1915	1,9928	2,1004	2,0378
T-28	2,5075	2,2996	2,1190	1,7823	2,0669
T-29	2,4551	2,3062	2,1377	2,0565	2,0137
T-30	2,4133	2,2519	2,1399	2,1213	2,0587

Tabela 14 - Médias da relação peso seco da parte aérea/peso seco das raízes (Y_7), para as 29 populações de *Leucaena leucocephala* testadas sob 5 diferentes concentrações de Al, em 2 experimentos. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÕES	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	4,0422	4,0714	2,7036	4,3663	3,3148
T-2	4,8804	4,1985	3,2612	4,6406	3,5806
T-3	4,6533	4,0201	2,6907	4,6317	3,7291
T-4	3,4156	2,9614	2,8498	3,2685	3,8520
T-5	3,8662	2,8553	2,7825	3,5439	3,7090
T-6	3,8143	3,7815	2,4758	2,7532	2,5053
T-7	4,2487	4,0138	2,7468	3,3506	3,4614
T-8	4,4236	4,0948	3,2044	4,0225	3,5999
T-9	4,4556	3,5306	2,3973	2,9676	2,8875
T-10	4,9401	4,0818	2,8964	3,9427	3,7195
T-11	4,9925	3,7540	3,4728	3,7007	3,5436
T-12	4,1963	3,6605	2,8469	3,6168	2,9757
T-13	4,0592	3,5389	3,3461	3,3355	3,5600
T-14	5,5565	4,7668	3,6358	3,0741	3,7821
T-15	4,5994	3,9053	3,1666	3,4810	3,3345
T-16	3,8952	2,8992	3,1097	4,2387	3,5164
T-17	5,9525	3,7994	3,4301	2,3380	4,0666
T-18	3,9316	3,3129	2,4647	2,9629	3,6475
T-19	3,9598	2,9053	2,5645	2,5708	2,4837
T-20	3,7204	3,0886	2,5681	2,9477	2,8961
T-21	3,9046	3,7024	3,0362	3,3395	3,7471
T-22	4,3043	3,8414	3,1825	3,6736	3,3661
T-23	4,5414	3,4531	3,4117	3,8676	3,5495
T-24	5,0275	3,7998	3,1335	4,2429	4,3339
T-25	4,4650	2,8004	2,8167	2,6667	3,8771
T-26	4,3644	3,0258	2,5418	2,7189	2,7896
T-28	3,9574	2,8766	2,9098	4,2020	3,7838
T-29	4,6043	3,0019	3,4100	3,2549	3,5400
T-30	3,7608	2,7922	2,6491	3,2229	3,7088

Tabela 15 - Número de plantas com persistência dos cotilédones (Y_8) entre as plantas testadas [a/] para cada população de *Leucaena leucocephala*, testada sob 5 diferentes concentrações de Al. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÕES	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	9	10	10	10 [b/]	10
T-2	11	10	9	9	12
T-3	9	7	10	11	12
T-4	5	2	1	0	0
T-5	6	3	1	1	1
T-6	4	2	6	8	11
T-7	9	9	7	9	12
T-8	6	7	5	4	3
T-9	5 [b/]	1 [b/]	0	0	1
T-10	6	1	0	0	1
T-11	2	2	3	1	1
T-12	7	6	5	2 [b/]	0
T-13	3	4	3 [b/]	0 [c/]	3 [b/]
T-14	8	11	11	12	10 [b/]
T-15	6	3	2	1	2 [b/]
T-16	6	0	0	0	1
T-17	1	0	1	0	1 [b/]
T-18	4	2	4	3	3
T-19	5	1	3	4 [b/]	5 [b/]
T-20	2	0	2	4	6
T-21	5	4	4	5	4
T-22	6	1 [b/]	1 [b/]	0 [b/]	2 [c/]
T-23	3	0	0	3	0
T-24	0	1	0	0	1
T-25	2	0	0	4	5 [b/]
T-26	3	3	0	2	0
T-28	2	1	2	4	2
T-29	6	3	1	0	0
T-30	4	2 [b/]	4	7	9

a/ Nº de plantas testadas foi igual a doze, a menos que haja indicação em contrário.
b/ Nº de plantas testadas = 11.
c/ Nº de plantas testadas = 10.

Tabela 16 - Médias (N_1) das 29 populações de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter comprimento da parte aérea, padronizadas para cada concentração de Al. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÃO	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	+0,482	+0,701	-0,093	+0,548	+0,008
T-2	+0,529	+0,187	+0,836	+0,334	+0,102
T-3	+0,231	+0,127	+0,199	+1,044	+0,478
T-4	-0,991	-1,512	-0,944	-0,695	-0,390
T-5	-0,312	-0,193	+0,033	-0,350	-0,273
T-6	+0,702	+0,668	+0,836	+0,855	+0,717
T-7	+0,287	+0,685	-0,153	-0,421	+0,191
T-8	-0,988	-1,421	-0,797	-1,225	-1,000
T-9	-0,720	-0,368	-1,102	-0,563	-0,766
T-10	-0,076	+0,363	+0,449	+0,429	-0,531
T-11	+0,356	+0,445	+0,512	+0,524	+0,173
T-12	-1,019	-1,331	-0,869	-1,000	-1,094
T-13	+0,553	+0,001	+0,787	+0,536	+0,841
T-14	+0,231	+0,763	+0,559	+0,760	+0,947
T-15	+0,199	-0,103	+0,777	+0,713	+0,067
T-16	-0,202	+0,207	-0,331	-0,397	-0,484
T-17	+0,278	+1,617	+0,915	+0,524	+1,264
T-18	+0,301	+0,182	-0,924	-0,846	-0,648
T-19	+0,091	-0,232	-0,034	-0,279	+0,513
T-20	+0,482	+0,156	+0,104	+0,429	+0,173
T-21	+0,297	+0,001	+0,500	+0,193	+0,008
T-22	-0,949	-0,982	-0,657	-1,024	-0,203
T-23	-0,162	-0,087	+0,045	+0,004	-0,461
T-24	-0,162	+0,466	+0,243	+0,217	+0,572
T-25	+0,259	+0,246	+0,290	+0,099	+0,114
T-26	-0,673	-0,852	-1,280	-0,728	-0,156
T-28	+0,341	+0,195	+0,085	-0,303	-0,531
T-29	+0,168	-0,090	+0,223	+0,359	-0,484
T-30	+0,468	+0,158	-0,212	+0,264	+0,853

Tabela 17 - Médias (N_2) das 29 populações de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter comprimento da maior raiz, padronizadas para cada concentração de Al. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÃO	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	-0,018	+0,142	+0,558	+0,473	+1,366
T-2	-0,165	+0,621	+0,299	-0,053	+0,059
T-3	+0,315	+0,212	+0,224	+0,623	+0,185
T-4	-0,728	-0,433	-0,438	-0,995	-0,670
T-5	-0,427	-0,035	-0,257	-0,947	-0,419
T-6	+0,998	+0,855	+0,212	+0,067	+0,984
T-7	+0,236	+0,048	+0,540	+1,069	+0,692
T-8	-0,753	-0,425	-0,088	-0,705	-0,871
T-9	-0,445	-0,098	+0,224	-0,126	+0,109
T-10	-0,610	-0,383	-0,146	-0,392	-0,494
T-11	+0,390	+0,102	-0,225	-0,428	+0,486
T-12	-0,588	-0,761	-0,383	-0,204	-0,519
T-13	+0,032	-0,130	-0,437	+0,363	-0,142
T-14	-0,735	-0,232	+0,071	+0,502	+0,813
T-15	-0,094	-0,270	+0,134	+0,091	+0,185
T-16	+0,006	+0,179	-0,082	-0,597	-0,846
T-17	-0,212	+0,399	+0,137	+0,043	-0,506
T-18	+0,386	+0,450	+0,074	+0,405	-0,368
T-19	+0,397	+0,128	+0,032	+0,200	+1,353
T-20	+0,863	+0,423	+0,167	+0,888	+0,737
T-21	+0,833	-0,205	+0,179	-0,247	-0,192
T-22	-0,742	-0,703	-0,182	+0,140	-0,670
T-23	+0,225	-0,080	-0,227	+0,623	-0,042
T-24	-0,527	-0,223	-0,094	-0,005	-0,368
T-25	+0,067	+0,539	-0,103	-0,500	-0,419
T-26	-0,388	-0,422	-0,263	+0,297	+0,260
T-28	+0,533	-0,098	-0,122	-0,754	-0,645
T-29	+0,128	+0,286	-0,025	-0,066	-0,770
T-30	+1,024	+0,115	+0,224	+0,236	+0,712

Tabela 18 - Médias (N_3) das 29 populações de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter peso seco da parte aérea, padronizados para cada concentração de Al. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÃO	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	+1,303	+0,989	+0,987	+2,126	+1,213
T-2	+0,704	+1,014	+0,570	+1,417	+0,759
T-3	+0,503	+0,876	+0,138	+1,731	+0,994
T-4	-0,859	-0,817	-0,696	-0,789	-0,605
T-5	-0,642	+0,477	-0,585	-0,216	-0,255
T-6	+1,356	+1,328	+0,502	+0,629	+1,237
T-7	+0,830	+0,451	+0,181	+0,700	+1,614
T-8	-1,201	-1,038	-1,081	-0,970	-1,459
T-9	-0,864	-0,829	-0,454	-0,378	-0,669
T-10	-0,605	-0,608	-0,434	-0,494	-0,675
T-11	+0,329	-0,292	+0,158	-0,545	-0,004
T-12	-1,024	-1,162	-1,243	-1,089	-1,027
T-13	+0,299	-0,052	+0,136	+0,154	+0,280
T-14	+0,423	+0,804	+1,771	+0,878	+1,397
T-15	+0,254	-0,301	+0,729	-0,060	-0,038
T-16	-0,429	-0,073	-0,328	-0,368	-0,187
T-17	+0,191	+0,876	+1,317	+0,344	+0,288
T-18	+0,340	+0,197	-0,151	-0,177	-0,393
T-19	+0,442	+0,408	+0,020	+0,007	+0,660
T-20	+0,297	+0,565	+0,310	+0,315	+0,641
T-21	+0,538	-0,166	+0,838	+0,323	+0,554
T-22	-0,915	-1,121	-0,813	-0,977	-1,146
T-23	+0,005	-0,337	-0,039	-0,248	-0,450
T-24	-0,356	-0,237	-0,383	-0,319	-0,358
T-25	-0,293	+0,082	+0,264	-0,548	-0,527
T-26	-1,162	-0,932	-1,275	-0,533	-1,111
T-28	+0,103	+0,091	-0,587	-0,667	-0,069
T-29	-0,030	-0,135	-0,081	-0,539	-0,521
T-30	+0,464	-0,058	+0,230	+0,295	+0,857

Tabela 19 - Médias (N_4) das 29 populações de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter peso seco das raízes, padronizadas para cada concentração de Al. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÃO	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	+1,456	+0,387	+1,166	+0,533	+0,580
T-2	+0,296	+0,437	+0,567	+0,030	+0,111
T-3	+0,310	+0,417	+0,650	+0,164	+0,519
T-4	-0,499	-0,407	-0,313	-0,240	-0,557
T-5	-0,503	+1,023	+0,082	-0,188	-0,161
T-6	+1,739	+0,775	+1,046	+1,010	+1,610
T-7	+0,814	+0,006	+0,476	+0,510	+0,620
T-8	-1,228	-0,891	-0,813	-0,908	-0,753
T-9	-0,912	-0,794	-0,061	-0,151	-0,079
T-10	-0,793	-0,802	-0,458	-0,758	-0,215
T-11	-0,082	-0,412	-0,329	-0,629	-0,121
T-12	-0,923	-1,080	-0,906	-0,845	-0,394
T-13	+0,381	-0,105	-0,314	+0,539	+0,006
T-14	-0,050	-0,120	+0,368	+0,989	+0,381
T-15	+0,077	-0,454	+0,142	-0,176	+0,197
T-16	-0,252	+0,321	-0,391	-0,555	-0,127
T-17	-0,192	+0,438	+0,453	+1,491	-0,200
T-18	+0,606	+0,308	+0,182	+0,426	-0,118
T-19	+0,701	+0,791	+0,156	+0,740	+0,775
T-20	+0,655	+0,871	+0,412	+0,573	+0,422
T-21	+0,767	-0,338	+0,336	+0,217	-0,138
T-22	-0,923	-1,123	-0,688	-1,002	-0,674
T-23	-0,166	-0,280	-0,404	-0,353	-0,078
T-24	-0,574	-0,272	-0,385	-0,501	-0,017
T-25	-0,422	+0,709	+0,252	+0,120	-0,394
T-26	-1,196	-0,662	-0,721	+0,016	-0,432
T-28	+0,257	+0,556	-0,425	-0,905	-0,500
T-29	-0,196	+0,178	-0,393	-0,439	-0,344
T-30	+0,853	+0,522	+0,314	+0,292	+0,081

Tabela 20 - Médias (N_5) das 29 populações de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter comprimento da primeira folha, padronizadas para cada concentração de Al. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÃO	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	+0,342	-0,396	+1,152	+0,306	+0,111
T-2	+0,393	-0,475	+0,721	+1,353	+0,058
T-3	+0,304	-0,298	+0,126	+0,334	-0,049
T-4	-0,691	-1,304	-0,833	-0,722	-1,085
T-5	-0,538	-0,791	-0,276	-0,740	+0,058
T-6	-0,232	-0,130	-0,097	-0,036	+0,004
T-7	-0,270	-0,150	+0,527	-0,388	+0,456
T-8	-1,022	-1,334	-0,246	-1,000	-0,819
T-9	+0,125	+0,245	-0,291	+0,408	+0,908
T-10	-1,150	-1,166	-0,521	-0,852	-0,952
T-11	-0,002	-0,663	-0,261	-0,407	+0,376
T-12	-0,378	-0,939	-0,543	-0,490	-0,022
T-13	+1,223	+0,072	-0,171	+0,306	+0,376
T-14	+0,763	+0,146	-0,529	-0,351	+0,576
T-15	+0,508	-0,002	-0,097	+0,297	-0,088
T-16	-0,321	-0,002	-0,469	-0,444	-0,952
T-17	+1,018	+1,331	+1,799	+1,409	+1,373
T-18	+0,393	+0,344	-0,369	+0,019	-0,155
T-19	-0,066	+0,640	-0,097	-0,259	+0,044
T-20	+0,700	+0,936	+1,241	+1,223	+0,775
T-21	+0,368	+0,985	+0,647	+0,019	-0,420
T-22	-0,589	+0,393	-0,618	-0,398	+0,111
T-23	-0,640	-0,416	-0,171	-0,166	-0,553
T-24	-0,385	+0,541	+0,423	+1,038	+1,306
T-25	-0,410	+0,393	-0,246	-0,166	-0,420
T-26	+0,125	+0,886	-0,543	+0,019	+0,111
T-28	-0,193	+0,368	-0,781	-0,351	-1,483
T-29	+0,062	+0,146	+0,200	-0,444	+0,111
T-30	+0,559	+0,640	+0,423	+0,482	+0,244

Tabela 21 - Médias (N_6) das 29 populações de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter número de folhas, expresso em $\sqrt{\text{número de folhas} + 1/2}$, padronizadas para cada concentração de Al. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÃO	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	+0,308	+0,064	+0,498	+0,466	-0,717
T-2	+0,017	+0,164	+0,407	+0,293	+0,276
T-3	-0,176	-0,203	+0,260	+0,412	+0,384
T-4	-0,409	-0,071	+1,469	+0,699	+0,361
T-5	-0,457	+0,417	-0,049	-0,346	-1,099
T-6	+0,682	+0,880	+0,485	+0,293	+0,825
T-7	+0,308	-0,178	-0,412	-0,011	+0,384
T-8	-1,493	-0,706	-0,562	-0,681	-0,717
T-9	-0,036	+0,346	+0,296	+0,125	+0,164
T-10	+0,228	+0,538	+0,075	-0,330	-0,276
T-11	+0,292	+0,053	-0,061	-0,641	+0,384
T-12	-0,951	-0,681	-0,654	-0,617	+0,164
T-13	+0,501	+0,298	+0,374	+0,851	+0,495
T-14	+0,518	+0,406	+0,075	+0,986	+0,825
T-15	+0,212	-0,046	+0,407	+0,428	+0,825
T-16	+0,301	+0,275	-0,159	+0,293	+0,384
T-17	-0,539	+0,064	+1,026	+0,141	-0,827
T-18	+0,468	+0,175	-0,654	-0,816	-1,412
T-19	+0,122	-0,157	-0,641	-0,238	-0,310
T-20	+0,405	+0,085	-0,393	+0,293	+0,164
T-21	-0,207	-0,538	-0,035	+0,293	+0,547
T-22	-0,686	-0,570	-0,344	-0,238	+0,054
T-23	+0,414	-0,046	-0,159	+0,444	+0,164
T-24	-0,310	+0,064	-0,393	-0,641	-0,399
T-25	+0,017	+0,649	+0,296	+0,783	-0,143
T-26	-0,696	-0,780	-0,907	+0,293	-0,056
T-28	+0,666	-0,078	-0,159	-2,018	+0,251
T-29	+0,369	-0,036	-0,049	-0,027	-0,310
T-30	+0,132	-0,388	-0,035	+0,444	+0,164

Tabela 22 - Médias (N_7) das 29 populações de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter relação peso seco da parte aérea/peso seco das raízes, padronizadas para cada concentração de Al. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÃO	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	-0,309	+0,729	-0,275	+0,786	-0,110
T-2	+0,498	+0,902	+0,334	+1,029	+0,069
T-3	+0,279	+0,659	-0,289	+1,021	+0,170
T-4	-0,912	-0,781	-0,115	-0,188	+0,252
T-5	-0,478	-0,926	-0,189	+0,056	+0,156
T-6	-0,528	+0,335	-0,524	-0,646	-0,657
T-7	-0,110	+0,651	-0,228	-0,115	-0,011
T-8	+0,058	+0,761	+0,272	+0,481	+0,082
T-9	+0,089	-0,007	-0,609	-0,455	-0,399
T-10	+0,555	+0,743	-0,064	+0,410	+0,163
T-11	+0,606	+0,297	+0,565	+0,195	+0,044
T-12	-0,161	+0,170	-0,118	+0,121	-0,339
T-13	-0,293	+0,004	+0,427	-0,129	+0,055
T-14	+1,149	+1,676	+0,743	-0,361	+0,205
T-15	+0,227	+0,503	+0,231	+0,000	-0,097
T-16	-0,450	-0,866	+0,168	+0,672	+0,026
T-17	+1,530	+0,359	+0,518	-1,014	+0,398
T-18	-0,415	-0,303	-0,536	-0,460	+0,114
T-19	-0,388	-0,858	-0,427	-0,807	-0,671
T-20	-0,619	-0,608	-0,423	-0,473	-0,393
T-21	-0,441	+0,227	+0,088	-0,125	+0,182
T-22	-0,057	+0,416	+0,248	+0,171	-0,075
T-23	+0,171	-0,112	+0,498	+0,343	+0,048
T-24	+0,639	+0,359	+0,194	+0,676	+0,578
T-25	+0,098	-1,001	-0,151	-0,722	+0,269
T-26	+0,001	-0,694	-0,452	-0,676	-0,465
T-28	-0,391	-0,897	-0,050	+0,640	+0,206
T-29	+0,232	-0,726	+0,496	-0,200	+0,042
T-30	-0,580	-1,012	-0,334	-0,229	+0,156

Tabela 23 - Médias (N_8) das 29 populações de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter número de plantas com persistência dos cotilédones, padronizadas para cada concentração de Al. Piracicaba, 1982.

POPULAÇÃO	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
T-1	+1,349	+2,004	+1,988	+1,893	+1,362
T-2	+2,051	+2,004	+1,691	+1,396	+1,830
T-3	+1,349	+1,103	+1,988	+1,917	+1,830
T-4	-0,054	-0,397	-0,684	-0,946	-0,978
T-5	+0,297	-0,097	-0,684	-0,686	-0,744
T-6	-0,405	-0,397	+0,800	+1,136	+1,596
T-7	+1,349	+1,704	+1,097	+1,396	+1,830
T-8	+0,297	+1,103	+0,503	+0,095	-0,276
T-9	+0,104	-0,670	-0,981	-0,946	-0,744
T-10	+0,297	-0,697	-0,981	-0,946	-0,744
T-11	-1,106	-0,397	-0,091	-0,686	-0,744
T-12	+0,648	-0,803	+0,503	-0,379	-0,978
T-13	-0,755	+0,203	+0,132	-0,946	-0,101
T-14	+0,999	+2,304	+2,285	+2,177	+1,575
T-15	+0,297	-0,097	-0,387	-0,686	-0,468
T-16	+0,297	-0,997	-0,981	-0,946	-0,744
T-17	-1,457	-0,997	-0,684	-0,946	-0,723
T-18	-0,405	-0,397	+0,206	-0,166	-0,276
T-19	-0,054	-0,697	-0,091	+0,188	+0,297
T-20	-1,106	-0,997	-0,387	+0,095	+0,426
T-21	-0,054	+0,203	+0,206	+0,355	-0,042
T-22	+0,297	-0,670	-0,658	-0,946	-0,417
T-23	-0,755	-0,997	-0,981	-0,166	-0,978
T-24	-1,808	-0,697	-0,981	-0,946	-0,744
T-25	-1,106	-0,997	-0,981	+0,095	+0,297
T-26	-0,755	-0,097	-0,981	-0,426	-0,978
T-28	-1,106	-0,697	-0,387	+0,095	-0,510
T-29	+0,297	-0,097	-0,684	-0,946	-0,978
T-30	-0,405	-0,343	+0,206	+0,875	+1,128

Tabela 24 - Distância euclideana máxima dentro de conglomerados obtidos através do algorítmo 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

Tabela 25 - Valores do χ^2 referentes às tabelas de contingência 2x2 da comparação entre as classificações obtidas na análise multivariada e as obtidas na análise univariada para cada variável (Y_1 a Y_8), em cada concentração de Al utilizada.

CARACTERÍSTICA	CONCENTRAÇÃO (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
Y_1	11,627***	3,500^{ns}	0,444^{ns}	4,765*	16,000***
Y_2	0,336^{ns}	2,762^{ns}	15,238***	7,961**	7,603**
Y_3	13,684***	4,026*	18,627***	21,533***	21,533***
Y_4	14,981***	1,761^{ns}	12,735***	12,735***	18,366***
Y_5	5,804*	0,028^{ns}	5,618*	4,026*	2,030^{ns}
Y_6	1,213^{ns}	0,028^{ns}	2,585^{ns}	3,054^{ns}	0,044^{ns}
Y_7	0,336^{ns}	3,054^{ns}	0,060^{ns}	1,751^{ns}	0,639^{ns}
Y_8	0,028^{ns}	5,926*	5,598*	9,959**	7,603**

Tabela 26 - Análise de variância referente ao caráter comprimento da parte aérea (Y_1) medido em 18 progênies de plantas individuais de *Leucaena leucocephala* submetidas à concentração de 9 ppm de Al. Piracicaba, 1983.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	7,8976	2,6325	
Progênies	17	36,2573	2,1328	3,20**
Resíduo	51	34,0193	0,6670	
Total	71	78,1742		

Tabela 27 - Análise de variância referente ao caráter comprimento da maior raiz (Y_2) medido em 18 progênies de plantas individuais de *Leucaena leucocephala* submetidas à concentração de 9 ppm de Al. Piracicaba, 1983.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	138,9882	46,3294	
Progênies	17	236,9966	13,9410	8,16**
Resíduo	51	87,1475	1,7088	
Total	71	463,1323		

Tabela 28 - Análise de variância referente ao caráter peso seco da parte aérea (Y_3) medido em 18 progênies de plantas individuais de *Leucaena leucocephala* submetidas à concentração de 9 ppm de Al. Piracicaba, 1983.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	188,1839	62,7280	
Progênies	17	13.681,1503	804,7735	8,35**
Resíduo	51	4.916,2783	96,3976	
Total	71	18.785,6125		

Tabela 29 - Análise de variância referente ao caráter peso seco das raízes (Y_4) medido em 18 progênies de plantas individuais de *Leucaena leucocephala* submetidas à concentração de 9 ppm de Al. Piracicaba, 1983.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	98,7521	32,9174	
Progênies	17	1.317,0652	77,4744	3,52**
Resíduo	51	1.122,0800	22,0016	
Total	71	2.537,8973		

Tabela 30 - Estimativas das médias e variâncias dentro de cada uma das 18 progênies de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter comprimento da parte aérea (Y_1). Piracicaba, 1983.

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

Tabela 30 - continuação

PROGÊNIES		REPETIÇÕES 1ª	2ª	3ª	4ª	Média das repetições	$F^{b,c/}$
P-11	$\bar{X}$	10,05	6,65	8,70	8,25	8,41	
	$\hat{\sigma}^2$	1,4139	3,6694	0,5111	1,1806	1,6938	F = 3,350*
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	
	$\hat{\sigma}^2$	2,7889	0,8222	2,2889	1,1000	1,7500	F = 3,461*
P-14	$\bar{X}$	7,90	8,35	7,55	6,70	7,63	
	$\hat{\sigma}^2$	0,8222	1,3361	0,4694	1,1778	0,9514	F = 1,882*
P-15	$\bar{X}$	8,05	8,50	8,90	7,00	8,11	
	$\hat{\sigma}^2$	0,6361	0,6667	0,3222	0,6111	0,5590	F = 1,106^{ns}
P-16	$\bar{X}$	9,60	9,30	8,90	7,35	8,79	
	$\hat{\sigma}^2$	0,3778	1,4000	0,3778	2,6139	1,1924	F = 2,358*
P-17	$\bar{X}$	8,45	9,10	8,70	9,55	8,95	
	$\hat{\sigma}^2$	1,1917	2,5444	1,7333	1,7472	1,8042	F = 3,568*
P-18	$\bar{X}$	10,25	8,70	8,80	9,20	9,24	
	$\hat{\sigma}^2$	0,1806	1,5667	1,1778	2,4556	1,3452	F = 2,661*

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 (α = 0,05).

Tabela 31 - Estimativas das médias e variâncias dentro de cada uma das 18 progênies de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter comprimento da maior raiz (Y_2). Piracicaba, 1983.

PROGÊNIES		REPETIÇÕES 1ª	2ª	3ª	4ª	Média das repetições	F[b,c/]
P-1	$\bar{X}$	14,90	16,75	15,30	14,65	15,40	
	$\hat{\sigma}^2$[a/]	2,4889	7,1806	4,4556	7,2806	5,3514	$F = 1,347^{ns}$
P-2	$\bar{X}$	17,80	15,50	12,85	13,20	14,84	
	$\hat{\sigma}^2$	2,7333	12,0556	17,4472	3,0111	8,8118	F = 2,218*
P-3	$\bar{X}$	15,50	13,40	12,00	12,90	13,45	
	$\hat{\sigma}^2$	7,8889	5,2667	7,2222	4,5444	6,2305	$F = 1,568^{ns}$
P-4	$\bar{X}$	16,35	16,10	13,85	13,25	14,89	
	$\hat{\sigma}^2$	2,5583	4,9889	2,8917	6,2361	4,1687	$F = 1,049^{ns}$
P-5	$\bar{X}$	13,20	15,15	13,15	12,50	13,50	
	$\hat{\sigma}^2$	16,1222	14,7250	13,3361	9,7778	13,4903	F = 3,395*
P-6	$\bar{X}$	14,85	14,05	12,95	11,95	13,45	
	$\hat{\sigma}^2$	2,9472	5,1917	5,0806	9,5250	5,6861	$F = 1,431^{ns}$
P-7	$\bar{X}$	15,55	14,35	11,30	10,00	12,80	
	$\hat{\sigma}^2$	4,9694	8,2806	8,5667	6,1667	6,9958	F = 1,761*
P-8	$\bar{X}$	14,05	12,80	10,50	7,15	11,12	
	$\hat{\sigma}^2$	10,5806	4,4556	7,5556	4,1139	6,6764	$F = 1,680^{ns}$
P-9	$\bar{X}$	16,05	13,85	12,45	11,80	13,54	
	$\hat{\sigma}^2$	9,3583	4,1139	1,4694	9,1222	6,0159	$F = 1,514^{ns}$
P-10	$\bar{X}$	12,75	13,75	12,60	8,20	11,82	
	$\hat{\sigma}^2$	2,8472	2,2361	3,3778	9,4000	4,4653	$F = 1,124^{ns}$

Tabela 31 - continuação

PROGÊNIES		REPETIÇÕES 1ª	2ª	3ª	4ª	Média das repetições	$F^{b,c/}$
P-11	$\overline{X}$	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	$\overline{X}$	12,90	11,85	11,90	8,45	11,27	
	$\hat{\sigma}^2$	2,7667	3,1139	8,2111	9,5250	5,9042	$F = 1,486^{ns}$
P-13	$\overline{X}$	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	$\overline{X}$	9,25	8,30	6,25	6,05	7,46	
	$\hat{\sigma}^2$	8,8472	4,1778	1,7361	3,0250	4,4465	$F = 1,119^{ns}$
P-15	$\overline{X}$	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	$\overline{X}$	12,85	13,25	11,90	10,25	12,06	
	$\hat{\sigma}^2$	2,8361	4,5139	7,1000	6,1250	5,1432	$F = 1,294^{ns}$
P-17	$\overline{X}$	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	$\overline{X}$	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 progênies.

c/ Limite de significância de F = 1,76 (α = 0,05).

Tabela 32 - Estimativas das médias e variâncias dentro de cada uma das 18 progênies de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter peso seco da parte aérea (Y_3). Piracicaba, 1983.

PROGÊNIES		REPETIÇÕES 1ª	2ª	3ª	4ª	Média das repetições	$F^{b,c/}$
P-1	$\bar{X}$	93,20	110,38	98,02	98,83	75,11	
	$\hat{\sigma}^2$ a/	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*
P-7	$\bar{X}$	96,56	87,49	76,05	69,78	82,47	
	$\hat{\sigma}^2$	518,83	368,80	311,14	397,67	399,11	F = 4,255*
P-8	$\bar{X}$	102,30	93,40	83,06	58,99	84,44	
	$\hat{\sigma}^2$	401,45	385,03	465,04	208,71	365,06	F = 3,892*
P-9	$\bar{X}$	109,56	118,64	101,97	114,74	111,23	
	$\hat{\sigma}^2$	81,88	197,29	436,21	222,98	234,59	F = 2,501*
P-10	$\bar{X}$	95,83	104,20	94,52	77,41	92,99	
	$\hat{\sigma}^2$	85,56	397,00	717,47	199,66	349,92	F = 3,731*

Tabela 32 - continuação

PROGÊNIES		REPETIÇÕES 1ª	2ª	3ª	4ª	Média das repetições	$F^{b,c/}$
P-11	$\overline{X}$	93,06	89,74	80,49	79,95	85,81	
	$\hat{\sigma}^2$	320,35	1663,53	43,12	167,90	548,73	F = 5,851*
P-12	$\overline{X}$	94,68	88,44	101,85	86,41	92,85	
	$\hat{\sigma}^2$	280,26	167,60	491,13	661,89	400,22	F = 4,267*
P-13	$\overline{X}$	83,85	89,62	90,88	92,19	89,14	
	$\hat{\sigma}^2$	444,50	405,84	257,55	156,96	316,21	F = 3,371*
P-14	$\overline{X}$	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	$\overline{X}$	77,08	66,19	69,23	94,37	76,72	
	$\hat{\sigma}^2$	181,57	61,84	34,46	171,89	112,44	$F = 1,199^{ns}$
P-16	$\overline{X}$	84,51	75,45	74,89	76,39	77,81	
	$\hat{\sigma}^2$	282,47	287,91	115,90	283,94	242,56	F = 2,586*
P-17	$\overline{X}$	107,65	87,91	88,15	87,85	92,89	
	$\hat{\sigma}^2$	188,07	596,56	202,01	232,70	304,84	F = 3,250*
P-18	$\overline{X}$	90,41	98,79	82,04	95,35	91,65	
	$\hat{\sigma}^2$	253,12	649,89	219,11	219,37	335,37	F = 3,576*

Obs.: $\overline{X}$: 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 da $\hat{\sigma}^2$ estimado entre as 18 progênies.

c/ Limite de significância de F = 1,76 (α = 0,05).

Tabela 33 - Estimativas das médias e variâncias dentro de cada uma das 18 progênies de *Leucaena leucocephala* referentes ao caráter peso seco das raízes (Y_4). Piracicaba, 1983.

PROGÊNIES		REPETIÇÕES 1ª	2ª	3ª	4ª	Média das repetições	$F^{b,c/}$
P-1	$\bar{X}$	23,76	33,66	28,03	26,90	28,09	
	$\hat{\sigma}^2$ a/	14,08	45,50	48,81	41,29	37,42	F = 2,534*
P-2	$\bar{X}$	29,63	34,91	27,23	27,62	29,85	
	$\hat{\sigma}^2$	18,02	91,42	63,47	26,39	49,83	F = 3,374*
P-3	$\bar{X}$	24,33	19,34	22,71	23,93	22,58	
	$\hat{\sigma}^2$	14,85	15,11	21,28	17,65	17,22	F = 1,166^{ns}
P-4	$\bar{X}$	31,67	27,48	30,50	34,52	31,04	
	$\hat{\sigma}^2$	47,79	84,84	3,48	27,36	40,87	F = 2,767*
P-5	$\bar{X}$	22,92	32,93	38,76	32,71	31,83	
	$\hat{\sigma}^2$	26,62	26,20	15,16	40,72	27,18	F = 1,840*
P-6	$\bar{X}$	21,49	36,86	31,90	30,11	30,09	
	$\hat{\sigma}^2$	55,08	49,47	26,37	64,97	48,97	F = 3,316*
P-7	$\bar{X}$	31,27	27,78	20,48	18,51	24,51	
	$\hat{\sigma}^2$	68,51	47,47	43,38	43,28	50,66	F = 3,430*
P-8	$\bar{X}$	30,99	24,62	21,89	11,85	22,34	
	$\hat{\sigma}^2$	41,14	53,61	53,85	20,38	42,25	F = 2,861*
P-9	$\bar{X}$	24,43	33,59	26,29	30,33	28,66	
	$\hat{\sigma}^2$	23,24	48,61	31,76	43,95	36,89	F = 2,498*
P-10	$\bar{X}$	18,39	29,27	24,67	18,86	22,80	
	$\hat{\sigma}^2$	6,68	58,36	93,68	23,36	45,52	F = 3,082*

Tabela 33 - continuação

PROGÊNIES		REPETIÇÕES 1ª	2ª	3ª	4ª	Média das repetições	$F^{b,c/}$
P-11	$\overline{X}$	19,05	26,82	19,84	19,47	21,30	
	$\hat{\sigma}^2$	36,40	190,32	4,11	30,70	65,38	F = 4,427*
P-12	$\overline{X}$	26,64	25,43	28,87	20,10	25,01	
	$\hat{\sigma}^2$	16,10	21,49	49,93	78,52	41,51	F = 2,810*
P-13	$\overline{X}$	16,70	26,09	21,46	22,34	21,65	
	$\hat{\sigma}^2$	35,97	88,48	44,41	31,08	49,99	F = 3,385*
P-14	$\overline{X}$	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	$\overline{X}$	23,46	15,55	15,44	25,88	20,08	
	$\hat{\sigma}^2$	26,43	34,55	8,72	25,86	23,89	$F = 1,617^{ns}$
P-16	$\overline{X}$	20,62	20,96	19,34	18,48	19,85	
	$\hat{\sigma}^2$	20,39	51,80	8,02	24,71	26,23	F = 1,776*
P-17	$\overline{X}$	34,83	21,52	24,94	23,12	26,10	
	$\hat{\sigma}^2$	43,64	114,60	46,07	36,72	60,26	F = 4,080*
P-18	$\overline{X}$	26,14	30,64	19,21	26,89	25,72	
	$\hat{\sigma}^2$	53,38	124,35	24,04	28,74	57,63	F = 3,902*

Obs.: $\overline{X}$: 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 (α = 0,05).

Tabela 34 - 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 progênies de *Leucaena leucocephala* testadas sob a concentração de 9 ppm de Al. Piracicaba, 1983.

PROGÊNIES	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

Tabela 35 - Esperanças matemáticas dos quadrados médios da análise de variância em blocos ao acaso, para a obtenção de estimativas de parâmetros genéticos.

Fontes de Variação	G.L.	Q.M.	E(Q.M.)
Blocos	r-1		
Progênies	p-1	Q_2	$\sigma_e^2 + r\ \sigma_p^2$
Erro	(r-1)(p-1)	Q_1	σ_e^2

onde:

G.L. = graus de liberdade;

Q.M. = quadrado médio;

E(Q.M.) = esperança matemática dos quadrados médios;

r = número de repetições (blocos);

p = número de progênies;

Q_1 = quadrado médio do erro entre parcelas;

Q_2 = quadrado médio entre progênies, ao nível de parcelas;

σ_e^2 = variância do erro entre parcelas;

σ_p^2 = variância genética entre progênies de *Leucaena leucocephala*, ao nível de parcelas.

Tabela 36 - Coeficientes de variação genética (CV_g) e ambiental (CV_e), e sua razão $b = CV_g/CV_e$, entre progênies 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). Piracicaba, 1983.

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 37 - Estimativas dos limites mínimos do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo, dentro de cada uma das 18 progênies 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). Piracicaba, 1983.

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 38 - Valores de χ^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 progênies de *Leucaena leucocephala* testadas sob 9 ppm de Al. Piracicaba, 1983.

	N_1	N_2	N_3
N_2	$0,9351^{ns}$	-	-
N_3	8,4156**	$0,8889^{ns}$	-
N_4	$3,7403^{ns}$	$3,5556^{ns}$	8,0000**