

# REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) DE SEQUEIRO AO ALUMÍNIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

VANIA MODA-CIRINO

Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>

Orientador: Prof. Dr. AKIHIKO ANDO

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

Dezembro, 1984

Aos meus pais

Enge e Miriam

OFEREÇO

Ao Carlos,

e aos nossos filhos,

Samuel e Samia

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

- Ao Professor Doutor Akihiko Ando, pela orientação, apoio, estímulo e amizade;

- Ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsas de estudos;

- Aos funcionários, Benedita Inês Possignolo, Cleusa Pereira Cabral e Ariovaldo Miguel Carvalho do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, pela solicitude nos trabalhos prestados;

- Aos professores, Dr. Claudio Lopes de Souza Junior, Dr. Natal Antonio Vello e Dr. Roland Vencovsky, do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelo auxílio e valiosas sugestões na análise estatística dos dados;

- A Eng.<sup>a</sup> Agr.<sup>a</sup> Ms. Maria Isabel de Oliveira Penteado, pela ajuda, amizade e companheirismo durante a realização deste trabalho;

- A Deus pela vida e forças concedidas para

realização deste trabalho:

- A todos que, de uma maneira ou outra, colaboraram para que este trabalho fosse realizado.



3.3. Solução nutritiva .....	46
3.4. Procedimento experimental .....	47
3.5. Procedimento estatísticos .....	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	62
4.1. Comportamento médio dos caracteres .....	62
4.2. Análise da variância .....	65
4.3. Variabilidade genética .....	66
4.4. Correlação fenotípica, genotípica e de ambiente .....	67
4.5. Determinação da melhor concentração para "screening" .....	69
4.6. Caracterização dos genótipos quanto as suas reações à toxidez de alumínio .....	70
5. CONCLUSÕES .....	81
6. LITERATURA CITADA .....	83
7. TABELAS .....	109
8. FIGURAS .....	157

LISTA DE TABELAS

página

TABELA 1. Esquema de análise conjunta de variância considerando-se $v$ variedades, ensaiadas em $r$ repetições e $c$ concentrações de Al, e respectivas esperanças dos quadrados médios .....	50
TABELA 2. Esquema da análise de covariância entre os pares de caracteres avaliados em $v$ variedades, ensaiadas em $r$ repetições e $c$ concentrações de Al, e respectivas esperanças dos produtos médios .....	53
TABELA 3. Análise da variância fornecendo as respostas linear e não linear de cada uma das $v$ variedades, ensaiadas em $r$ repetições de Al (modelo adaptado de EBERHART e RUSSEL, 1966) .....	58

TABELA 4. Resultados médios do comprimento máximo de raiz (cm) obtidos para os noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al .....	110
TABELA 5. Resultados médios do peso da matéria seca das raízes (g), obtidos para os noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al .....	115
TABELA 6. Resultados médios da altura de plantas (cm), obtidos para os noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al .....	120
TABELA 7. Resultados médios do peso da matéria seca da parte aérea (g), obtidos para os noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro submetidos a cinco concentrações diferentes de Al .....	125



- TABELA 8. Resumo das análises de variância conjunta de todos os caracteres, avaliados nos noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al ..... 130
- TABELA 9. Estimativas dos coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ) e de ambientes ( $CV_e$ ) e sua razão  $B = CV_g/CV_e$  dos caracteres estudados nos noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro submetidos a cinco concentrações diferentes de Al .... 131
- TABELA 10. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade no sentido amplo, dos caracteres avaliados nos noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro submetidos a cinco concentrações diferentes de Al... 132
- TABELA 11. Resumo das análises de covariância com os respectivos produtos médios, entre os pares de caracteres avaliados em noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al ..... 133

- TABELA 12. Estimativas das correlações genotípicas ( $r_g$ ), fenotípicas ( $r_f$ ) e de ambientes ( $r_e$ ), entre os pares de características avaliadas em noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al .. 134
- TABELA 13. Valores médios das estimativas de correlação fenotípica ( $r_f$ ), dos pares de caracteres avaliados em noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al ..... 135
- TABELA 14. Coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ) e de ambientes ( $CV_e$ ) e sua razão  $B = CV_g / CV_e$ , do caráter comprimento máximo de raiz, avaliado em noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al ..... 136

- TABELA 15. Análise da variância de dados médios do comprimento máximo de raiz, avaliados em noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al ..... 137
- TABELA 16. Médias do comprimento máximo de raiz ( $\bar{X}$ ), coeficientes de regressão linear ( $b_1$ ), variância dos desvios de regressão ( $s^2_d$ ) e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) de noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, ensaiados em cinco concentrações diferentes de Al ..... 147
- TABELA 17. Resumo do comportamento relativo dos noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro à toxidez de Al em solução nutritiva ..... 152

LISTA DE FIGURAS

	<u>página</u>
FIGURA 1. Relação entre comprimento máximo de raiz e coeficientes de regressão ( $b_i$ ) dos noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al .....	158
FIGURA 2. Linhas de regressão (índice ambiental x comprimento máximo de raiz) para os genótipos AUS-75 (nº 29), AUS-8 (nº 30), e Preto cultivado (nº 64), que comportaram-se como sensíveis a ambientes com toxidez de Al .....	159
FIGURA 3. Linhas de regressão (índice ambiental x comprimento máximo de raiz) para os genótipos B-9-34-8 (nº 68), IAC-25 (nº 14), Pratao (nº 9) e IAC-120 (nº 17) que comportaram-se como medianamente tolerantes a ambientes com toxidez de Al .....	160

FIGURA 4. Linhas de regressão (Índice ambiental x comprimento máximo de raiz) para os genótipos IAC Médio (nº 72), Guaíra (nº 2), IAC-1246 (nº 15) e Paraíba (nº 91) que comportaram-se como bem adaptadas a ambientes com toxidez de Al ..... 161

FIGURA 5. Linhas de regressão (Índice ambiental x comprimento máximo de raiz) dos genótipos IAC-1246 (nº 15), IAC-25 (nº 14) e Preto Cultivado (nº 64), de tolerância alta, média e baixa, respectivamente a ambientes com toxidez de Al ..... 162

REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) DE  
SEQUEIRO AO ALUMÍNIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

Autora: VANIA MODA-CIRINO

Orientador: Prof. Dr. AKIHIKO ANDO

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar a reação de genótipos brasileiros de arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) à toxidez de Al em solução nutritiva.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Setor de Radiogenética do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo, em Piracicaba, no período de 1981 a 1982.

Foram avaliados 91 genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a 5 concentrações diferentes de Al (0, 15, 30, 45 e 60 ppm), sendo que cada concentração foi considerada um experimento isolado. Os caracteres utilizados para classificar os genótipos em relação à tolerância ao Al foram: comprimento máximo de raiz, altura de plântula, peso da matéria seca das raízes e parte aérea. Das

características avaliadas, o comprimento máximo de raiz mostrou-se o mais eficiente para avaliar a tolerância à toxidez de Al em arroz de sequeiro.

Baseado no coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ) do estudo da análise de estabilidade fenotípica de acordo com a metodologia de EBERHART e RUSSEL (1966), os diversos genótipos foram classificados em tolerância alta, média e baixa.

Verificou-se que 14 genótipos, correspondendo a 15,4% do total avaliado, comportaram-se como de baixa tolerância, 62 genótipos, 68,1%, como de tolerância média e finalmente os 15 restantes, 16,5% do total, como altamente tolerantes.

Ocorreu acentuada variabilidade genética entre os 91 genótipos avaliados, para suas respostas aos níveis crescentes de Al, tendo-se destacado como mais tolerantes IPSL-2070, Guaíra, IAC-1246, Pérola x Pratão e Paraíba, e como as mais sensíveis AUS-75, AUS-8, AUS-61, Patnai-6 e Rechoro.

REACTION OF GENOTYPES OF UPLAND RICE  
(*Oryza sativa* L.) TO ALUMINUM IN NUTRIENT SOLUTION

Author: VANIA MODA-CIRINO

Adviser: Prof. Dr. AKIHIKO ANDO

SUMMARY

The present work was carried out in order to identify the reaction of Brazilian genotypes of upland rice (*Oryza sativa* L.) to aluminum toxicity in nutrient solution.

The experiment was conducted in green house of the Section of Radiation Genetics of Center of Nuclear Energy for Agriculture (CENA), University of São Paulo, Piracicaba, during the period from 1981 to 1982.

Ninety one Brazilian genotypes of upland rice were evaluated in 5 different Al concentrations (0, 15, 30, 45 and 60 ppm), where every concentration was considered as an isolated experiment. The traits used for the classification of differential tolerance to aluminum toxicity were: maximum root length, seedling height, and dry weight of root and aerial part. Of these traits, maximum root



length was the most efficient to evaluate differential tolerance to aluminum toxicity.

Based on the linear regression coefficient ( $b_i$ ) calculated from the analysis of phenotypic stability by the method of EBERHART & RUSSELL(1966), the tolerance to aluminum toxicity of these genotypes were classified as high, medium and low.

It was observed that 14 genotypes, corresponding to 15.4% of total evaluated, were classified as low tolerance, 62 genotypes that correspond to 68.1% of total, as medium tolerance and finally the rest of 15, 16.5% of total, as high tolerance.

Large genetic variability was observed among ninety one genotypes analysed, for their reaction to increasing level of Al. The most tolerant were IPSL-2070, Guaira, IAC-1246, Perola x Pratão, and Paraiba, the most sensitive were AUS-75, AUS-8, AUS-61, Patnai-6 and Rechoro.

## 1. INTRODUÇÃO

Os solos ácidos são frequentes nas áreas tropicais do mundo, sendo que, em muitos deles, a presença de teores relativamente elevados de alumínio (Al) permutável é uma constante.

No Brasil, 1,8 milhões de km<sup>2</sup> ou cerca de 20% do território nacional é ocupado por uma espécie de vegetação denominada cerrado, e muitos destes solos sob vegetação de cerrado são extremamente ácidos e com altos teores de Al livre.

A região de cerrados no Brasil, inserida totalmente nos trópicos, tem sido um dos componentes mais importantes na expansão da fronteira agrícola brasileira, tornando-se um potencial agrícola incontestável. Entretanto a incidência de Al permutável, em níveis tóxicos, constitui um

dos principais fatores que limitam o aumento da produção agrícola nesta região.

Em plantas, o excesso de Al inibe a formação normal das raízes, interfere nas reações enzimáticas, regula a deposição de polissacarídeos nas paredes celulares, e interfere na absorção, transporte e uso de vários nutrientes, principalmente Ca, P e Mg (FOY, 1976).

A redução do sistema radicular, de plantas não tolerantes, restringe a absorção de água e nutrientes, afetando consideravelmente o rendimento, principalmente em solos secos e inférteis.

A aplicação de corretivos para insolubilizar o Al, é limitada por fatores de ordem técnica e econômica, especialmente quando se considera a toxidez deste elemento nos horizontes mais profundos. Por outro lado, tem sido feitas várias referências sobre a existência de diferenças marcantes entre espécies e mesmo entre genótipos de uma mesma espécie, com relação a toxidez de Al e outros elementos tóxicos no solo. Sob estas condições, a seleção de genótipos tolerantes à toxidez de Al constitui uma estratégia altamente eficaz e válida para o aumento da produtividade.

O arroz é uma das espécies que tem sido empregada como uma das melhores alternativas na exploração dos

cerrados, porém a sua produtividade pode ser aumentada, utilizando-se genótipos mais adaptados a essas condições. Entretanto as pesquisas sobre o comportamento de germoplasmas brasileiros de arroz de sequeiro à toxidez de Al é ainda bastante escassa.

O presente trabalho teve por objetivos: 1) Avaliar o comportamento de 91 germoplasmas brasileiros de arroz de sequeiro à toxidez de Al em solução nutritiva, contendo diferentes níveis de Al; 2) Analisar as correlações fenotípicas, genotípicas e de ambientes entre os caracteres altura de plantas, comprimento máximo de raiz e peso seco da parte aérea e das raízes.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Alumínio no solo

O Al é o terceiro elemento químico em abundância na litosfera, vindo após o oxigênio e o silício. Ele nunca ocorre na forma metálica, mas é um constituinte de todos os solos, aparecendo como fragmentos de rochas aluminosilicatadas e na solução do solo.

Há unanimidade na literatura no que tange o fato de ser o Al um dos principais elementos que, acumulando-se exageradamente nos solos ácidos, causam danos às plantas (MALAVOLTA *et alii*, 1977).

A solubilidade do Al e a severidade de sua toxicidade para as plantas são afetadas por muitos fatores do solo, como por exemplo, pH, tipo do mineral de argila predominante, concentração de outros cátions, concentração de sais

e teor de matéria orgânica (FOY, 1974). O grau de toxidez em plantas pode ser usualmente manifestado em um dado genótipo, pela variação de um ou mais destes fatores (EVANS e KAMPRATH, 1970; BRENES e PEARSON, 1973; REID, 1976).

o pH é o fator mais importante para o controle do Al solúvel e trocável dos solos. Geralmente a toxidez não ocorre em solos de pH acima de 5,5 (MAC-CAR e KAMPRATH, 1965), mas é bastante severa abaixo de 5,0, onde a solubilidade do Al aumenta consideravelmente (Magistad, 1925, citado por FOY, 1974).

Nas condições ácidas, o Al é tóxico como cátion mas nas condições alcalinas de depósitos de cinzas, como ocorre na Inglaterra, a toxidez de alumínio (ânion) também tem sido registrada (JONES, 1961).

Adubações pesadas, principalmente as que contêm fertilizantes de resíduo ácido, agravam o problema de toxidez de Al, provocando o deslocamento deste para a solução do solo (RAGLAND e COLEMAN, 1962). Por outro lado, os compostos húmicos podem complexar o Al e diminuir consideravelmente sua ação tóxica (MALAVOLTA *et alii*, 1977).

No Brasil, 1,8 milhões de km<sup>2</sup> é ocupado por uma vegetação de savana chamada cerrado. A maioria dos solos sob vegetação de cerrado é tóxica para as plantas por

conterem quantidades excessivas de Al livre, JACOMINE (1969) concluiu que o Al pode chegar a 3,5 meq/100 g de solo no cerrado e que muitos solos do cerrado tem mais de 100 ppm. BEAR (1957) relata que 10 a 20 ppm de Al no solo já é prejudicial a muitas espécies vegetais.

GOODLAND (1971) verificou que, em 110 amostras de solos de cerrado do triângulo mineiro, a média do teor de Al foi de 75 ppm.

O Al presente no solo diminui a disponibilidade dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, como fósforo, cálcio, magnésio, potássio e possivelmente outros. Os íons de Al se combinam com os dos nutrientes causando sua precipitação ou uma diminuição na sua solubilidade. Esse efeito do Al, imobilizando os nutrientes, é tão marcante que frequentemente os sintomas de deficiência nutricional são realmente síndrome de toxicidade de Al (FOY, 1974).

Para reduzir a concentração de Al ativo no solo, POLLE *et alii* (1978a) sugeriram dois processos: o uso de fosfatagem ou calagem, tendo como princípios comuns, a precipitação do Al, e o aumento da disponibilidade de fósforo para as plantas.

O uso de corretivos com o objetivo de diminuir o teor de Al a níveis não prejudiciais ao desenvolvimento das plantas, tem sido empregado com certas restrições, fa

ce a problemas econômicos e técnicos que oneram os custos de produção. Assim, mesmo em solos tratados com calcário, o excesso de Al livre no sub-solo pode restringir as raízes às camadas superficiais, tornando as plantas mais sensíveis a seca (FOY *et alii*, 1965a).

Sob estas condições, uma maneira de resolver o problema do estabelecimento de certas culturas em solos ácidos, constitui-se na seleção de plantas que sejam mais tolerantes ao Al, conseguindo ter um bom crescimento radicular e conseqüentemente uma boa produtividade.

## 2.2. Efeitos biológicos do alumínio em plantas

### 2.2.1. Efeitos benéficos

Os efeitos do Al no crescimento das plantas são vários. Embora o Al seja considerado um elemento não esencial, durante os últimos anos tem sido feitas várias referências sobre os seus efeitos nas plantas, quando usado em baixas concentrações. Devemos lembrar, porém, que o efeito benéfico de pequenas concentrações de Al não indica que o mesmo seja um elemento essencial para o desenvolvimento das plantas.

Stoklasa (1911), citado por FOY (1974), veri-



ficou que pequenas quantidades de Al são benéficas às plantas, e acreditou que este seria um agente catalítico na fotossíntese e que concentrações mais altas coagulam as proteínas das plantas e causam perdas de Ca e K das células afetadas.

LIBIEG *et alii* (1942), trabalhando com plantas de citros em solução nutritiva, observaram que as plantas que não receberam Al tiveram um menor desenvolvimento, apresentando suas raízes com uma coloração marrom-avermelhada e que suas folhas perderam o brilho, adquirindo uma coloração bronzeada. As que receberam 0,5 a 5 ppm de Al apresentavam um bom desenvolvimento do sistema radicular e partes aéreas.

Paterson (1965), citado por FOY (1974), verificou que concentrações de Al de 0,25 a 0,5 ppm estimularam o crescimento de plantas jovens de milho crescidas em solução nutritiva de Hoagland, contendo 5 ppm de P e pH ajustado a 4,1. BERTRAND e WOLF (1968) concluíram que o Al é realmente requerido pelo milho e especificaram a dose ótima de 0,25 a 0,30 ppm para a cultura em solução.

GOODLAND (1971) cita que muitas espécies de sorgo tiveram suas produções de sementes aumentadas com a aplicação de 1 ppm de Al.

A coloração das flores de algumas espécies é relacionada com o teor de Al nos tecidos florais. Em *Hydrangea macrophylla*, flores azuis contêm sempre mais Al do que as flores cor-de-rosa. A adição de compostos de Al solúveis a solos em que se cultiva esta planta, ocasiona uma mudança na coloração das flores, de cor-de-rosa para azul (ASEM *et alii*, 1963).

Em experimentos realizados com arroz, KONZAK *et alii* (1976) observaram que muitas variedades de arroz mostraram um marcante estímulo do crescimento radicular em solução nutritiva contendo 1,25 mM de Al. Efeitos tóxicos ocorreram em concentrações acima de 2,5 mM de Al. Resultados semelhantes foram encontrados por HOWELER e CADAVID (1976), onde o crescimento máximo de arroz ocorreu em solução contendo 3 ppm de Al. Por outro lado, FAGÉRIA e ZIMMERMANN (1979) observaram que algumas cultivares de arroz produziram maior quantidade de matéria seca da parte aérea e das raízes, em soluções contendo 10 ppm de Al.

Vários outros pesquisadores relataram os efeitos benéficos da pequena quantidade de Al em meio de crescimento; HACKET (1962), MAC-LEOD e JACKSON (1965) e ANDREW *et alii* (1973) em leguminosas e THAWORWONG e DIEST (1974) em arroz irrigado.

O mecanismo pelo qual pequenas quantidades de

Al beneficiam o crescimento das plantas não é claro. Uma possível explicação seria o aumento da solubilidade e disponibilidade do ferro no meio de crescimento, resultante da hidrólise do Al e pH mais baixo (FOY, 1974).

### 2.2.2. Efeitos prejudiciais

O Al é o principal agente da acidez dos solos, e muitos pesquisadores consideram que a concentração de 1 ppm já é tóxica para a maioria das plantas cultivadas (MUNNS, 1965; GOODLAND, 1971; FOY, 1974).

O mecanismo pelo qual o Al causa efeitos nocivos no desenvolvimento da planta ainda é pouco conhecido, e até agora somente um pequeno número de espécies economicamente valiosas foram estudadas sobre esses efeitos.

#### 2.2.2.1. Sintomas gerais da toxidez de Al

Em muitos cereais, os sintomas da toxidez de Al manifestam-se primeiramente nas raízes. As raízes afetadas pelo Al são curtas, grossas, de aparência espatulada, com as extremidades tornando-se marrom. O sistema radicular como um todo tem seu crescimento reduzido e apresenta-se de cor amarelada (FLEMING e FOY, 1968; CLARKSON, 1969; REID *et*

*alii*, 1971, FOY, 1974; REID, 1976 e MALAVOLTA *et alii*, 1977). O limitado crescimento das raízes em plantas não tolerantes à toxidez de Al, restringe a absorção de água e nutrientes, o que afeta consideravelmente a produtividade em solos secos e inférteis.

Os sintomas na parte aérea manifestam-se em estágio mais avançado do desenvolvimento e assemelham-se a deficiência de fósforo (P) - (atrofiamento, folhas anormais e pequenas, e coloração púrpura nos colmos, folhas e nervuras) ou deficiência de cálcio (Ca) (enrolamento das folhas jovens e colapso do ápice da planta ou dos colmos) (FOY, 1974).

#### 2.2.2.2. Efeitos morfológicos e citológicos da toxidez de alumínio

Vários mecanismos foram sugeridos para explicar os efeitos deletérios do Al no desenvolvimento das plantas.

O Al interfere nas funções biológicas do sistema radicular, inibindo o seu crescimento e provocando sua morte (PRATT, 1966). Para justificar a paralização no crescimento radicular, KLIMASHEVSKII e DEDOV (1975) afirmaram que o Al é absorvido pelas paredes celulares, formando pontos

junto a macromoléculas, provocando um decréscimo na elasticidade e plasticidade da parede celular e a conseqüente gradual ou total parada na elongação.

KESSER *et alii* (1975, 1977), trabalhando com beterraba açucareira, demonstraram a ocorrência de graves anomalias morfológicas nas zonas de crescimento radicular em variedades sensíveis. Observaram que células corticais cultivadas em 8 a 12 ppm de Al eram grandes, anormais e divididas irregularmente, e apresentavam desintegração na região da coifa e do córtex, tornando a região apical indistinguível. Houve precipitação de  $Al_3PO_4$  nas regiões lesadas, principalmente no ápice, ocorrendo também a paralização da divisão celular.

O Al em altas concentrações pode causar severas anormalidades citológicas. LEVAN (1945) observou que o Al e alguns sais causaram anomalias citológicas na divisão celular de raízes de cebola, incluindo a formação de cromossomas viscosos e ponte na anáfase. Já CLARKSON (1965) verificou que o Al, em concentração de 5,4 e 54 ppm adicionados na forma de  $Al_2(SO_4)_3$ , inibiu completamente o alongamento de raízes em cebola, 6 a 8 horas após o tratamento. A inibição do alongamento das raízes estava intimamente correlacionada com o desaparecimento das figuras mitóticas típicas. Entretanto outros íons trivalentes como o gálio produziram efei-

tos semelhantes. RIOS e PEARSON (1964) também observaram que as concentrações de Al acima de 0,5 ppm impediram o crescimento de raízes de plântulas de algodoeiro, e estas não se recuperaram quando colocadas em soluções livres de Al. O aparecimento de células binucleadas na região meristemática da ponta das raízes indicaram que a divisão celular foi inibida; fato semelhante foi relatado por HUCK (1972) que, após tratamento de raízes de algodoeiro numa solução com 1 ppm de Al, pH 4,3, por 12 horas, observou um colapso de células no periciclo e alta frequência de células binucleadas.

WUTKE (1972) admite que o efeito deletério do Al seja devido à inibição da divisão celular dos tecidos meristemáticos da raiz por ligação deste elemento com ácidos nucleicos. A associação do Al com ácidos nucleicos tem sido bem evidenciada nos trabalhos de SAMPSON *et alii* (1965), CLARKSON (1969), MATSUMOTO *et alii* (1976) e NAIDOO *et alii* (1978).

O Al não inibe a síntese de DNA, porém o ácido nucleico adquire uma configuração espacial diferente da normal, acarretando uma perda de sua capacidade de molde durante a duplicação do DNA, o que provoca a paralização da divisão celular (CLARKSON, 1969).

### 2.2.2.3. Efeitos fisiológicos e bioquímicos do alumínio

O Al pode afetar os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas. Muitos pesquisadores tem demonstrado que o Al aumenta a viscosidade do protoplasma nas células das raízes e provoca um decréscimo na permeabilidade para sais e água (FOY, 1974). CLARKSON e SANDERSON (1969) sugeriram que esses efeitos são devidos à ligação do Al com moléculas de proteínas adjacentes.

RORISON (1958) atribui a inibição do desenvolvimento de pelos radiculares à reação entre o Al e substâncias pecticas das paredes de células jovens, causando perda da plasticidade e inibição na elongação.

O Al interfere no funcionamento dos metabólitos fosforilados, inibe a enzima hexoquinase e interfere na produção de DNA (CLARKSON, 1969). RORISON (1965) verificou que a esterificação de fosfato inorgânico nos nucleotídeos foi diminuída pelo Al nas raízes. A fosforilação dos açúcares também foi diminuída, mas não tanto como nos nucleotídeos.

A toxicidade causada pelo Al em arroz tem sido associada com a interferência na síntese de amido, proteína e redução na translocação de açúcares (OTA, 1968).

Vários trabalhos tem demonstrado a precipita-

ção do Al como fosfato insolúvel de Al nas superfícies das raízes, na parede celular e nos espaços intracelulares livres ou no interior das células, provavelmente nas mitocôndrias, interferindo na fosforilação de açúcares e na respiração (CLARKSON, 1966; RASMUSSEN, 1968; MAC-CORMICK e BORDEN, 1972 e 1974; NAIDOO *et alii*, 1978).

Além dos efeitos já citados, o excesso de Al causa efeitos indiretos, afetando a absorção, translocação e utilização de vários nutrientes, principalmente Ca, P e Mg.

Redução na absorção de Ca é comumente observada em plantas afetadas pelo Al. JOHNSON e JACKSON (1964) verificaram que o Al reduziu tanto a absorção como o acúmulo de Ca em plantas de trigo. Peterson (1965), citado por FOY (1974), mostrou que o Al reduziu a absorção de Ca em milho, mas o seu transporte para a parte aérea das plantas não foi inibido. LANCE e PEARSON (1969) observaram que 0,3 ppm de Al em solução nutritiva reduziu a absorção de Ca pelas raízes de plântulas de algodão. Esta inibição foi evitada pelo aumento da concentração de Ca na solução nutritiva para 60 ppm. Ao que parece, a interferência do Al na absorção de Ca e Mg é um caso de inibição competitiva, pois pode ser anulada pela elevação na concentração dos dois cátions bivalentes no meio (MALAVOLTA *et alii*, 1977).

De WARD e SUTTON (1960) associaram a toxidez



de Al em pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) com redução na absorção de Ca e Mg. Sintomas de deficiência desses elementos, como por exemplo morte das raízes, murchamento das folhas e aumento na absorção de K e Al foram observados. Os mesmos autores sugeriram que a taxa de K : Ca mais Mg na parte aérea das plantas pode ser utilizada como índice da injúria de Al. Pimenta-do-reino foi pouco afetada com um índice de 1,29, mas foi severamente afetada com um índice de 3,89.

Plantas de pessegueiro, cultivadas inicialmente em areia e transferidas para solução nutritiva a níveis de 222, 666 e 2000  $\mu\text{M}$  de Al na forma de  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$  com pH 4,0, tiveram suas concentrações de nutrientes nas folhas diminuídas a medida que a concentração de Al aumentava, exceto a de K cuja concentração se elevava nas folhas de plantas tratadas com 666  $\mu\text{M}$  de Al (EDWARDS *et alii*, 1976).

A toxidez de Al em arroz também tem sido caracterizada pela baixa concentração de Ca, Mg, K e Si, e altas concentrações de N e P na parte aérea das plantas (OTA, 1968). Plantas injuriadas foram positivamente correlacionadas com o teor de Al nas raízes. WALLACE e ROMNEY (1977), por sua vez, mostraram, em arroz, que o tratamento com Al diminuiu o teor de Fe, Cu e Mn na parte aérea das plantas e cresceu Fe, Cu e Zn nas raízes.

### 2.3. Tolerância diferencial entre espécies e variedades de plantas

As plantas comportam-se diferentemente em presença de determinadas concentrações de Al. Este comportamento diferencial ocorre entre espécies e também entre variedades dentro de uma mesma espécie.

Respostas diferenciais entre espécies e entre variedades de uma mesma espécie, ao Al e ou baixo pH, foram obtidas em várias situações.

MC-LEAN e GILBERT (1927) classificaram 12 espécies de acordo com sua tolerância ao Al em solução nutritiva nas seguintes três categorias.

Sensíveis - crescimento diminuído com 2 ppm - cevada, beterraba, alface e grama timótio;

Intermediárias - crescimento diminuído com 7 ppm - repolho, aveia, rabanete, centeio e sorgo;

Tolerantes - crescimento diminuído com 14 ppm - milho, nabo e topo vermelho (*Agrostis alba*).

O tomateiro é planta muito sensível ao Al e tem sido sugerido como indicador da disponibilidade de Al nos solos (REES e SIDRAK, 1961; MERCADO e VELASCO, 1961). Em

tomateiro, o nível de 6 ppm de Al em solução nutritiva, tem sido suficiente para identificar as cultivares tolerantes (FOY *et alii*, 1973).

Espécies e variedades de trigo diferem amplamente em sua tolerância à toxidez de Al (PAIVA, 1942 e 1976; BECKMAN, 1945 e 1976; NEEMAN, 1960; FOY e BROWN, 1964; FOY *et alii*, 1965a; FLEMING e FOY, 1968; MESDAG e SLOOTMAKER, 1969; SOUZA e GOMES, 1970; GALLO *et alii*, 1972; SILVA, 1974; FOY *et alii*, 1974; MARTINI *et alii*, 1977; MUZILLE *et alii*, 1978; LEITE, 1978).

Em cevada, a variabilidade para a tolerância à toxidez de Al também foi determinada por numerosos pesquisadores (FOY *et alii*, 1965a; Mc-LEAN e CHIASSON, 1966; Mac-LEOD e JACKSON, 1967; REID *et alii*, 1969; SLOOTMAKER e ARZADUN, 1969; STOLEN e ANDERSEN, 1978).

Muitos experimentos tem sido conduzidos para determinar a variabilidade genética da tolerância ao Al em milho. A influência do Al no crescimento das raízes parece ser mais complexa do que em outras espécies estudadas (LUTZ *et alii*, 1971; CLARK e BROWN, 1974; RHUE e GROGAN, 1976; BAHIA Fº *et alii*, 1978; RHUE, 1979; GARCIA *et alii*, 1979; NASPOLINI *et alii*, 1980; EMBRAPA, 1980).

Em solos ácidos, KAMPRATH (1970) verificou que

o milho cresceu bem até 44% de saturação de Al, mas a soja não suportou índices superiores a 20%. EVANS e KAMPRATH (1970) relataram que o milho respondeu a calagem quando o solo continha mais de 0,4 meq Al/100 g e a soja acima de 0,2 meq/100 g, correspondendo a uma concentração de Al de 3,6 a 1,8 ppm na solução do solo.

Cultivares ou linhagens de soja tem sido extensivamente avaliadas quanto a sua tolerância à toxidez de Al. ARMIGER *et alii* (1968) avaliaram 48 cultivares em solos ácidos e observaram uma significativa variabilidade entre elas. MUZILLI *et alii* (1978), procurando identificar graus de tolerância à acidez do solo através da produção de grãos, obtidos em diferentes níveis de calagem, e tendo por base a porcentagem de saturação em Al, puderam classificar cultivares de soja em muitos sensíveis (limite de saturação de Al = 10%) até tolerantes (limite de saturação de Al = 21 e 25%).

FURLANI *et alii* (1979), avaliando a tolerância das cultivares de soja Santa Rosa, Davis e Biloxi ao Al em solução nutritiva a concentração de 0, 3, 5 e 8 ppm, observaram que a cultivar Biloxi foi a mais tolerante, Santa Rosa intermediária e Davis a menos tolerante. MELO *et alii* (1980), testando o comportamento de 50 genótipos de soja a 3 níveis de saturação de Al (3,5; 12,5 e 63%), verificaram que os genótipos TK-5, Majos e Biloxi apresentaram maior tolerân

cia à alta saturação de Al, enquanto que PI 157-413 e PI 180-445 foram as mais sensíveis.

Relativamente poucos trabalhos tem sido publicados sobre diferenças varietais à tolerância ao Al em sorgo. NOGUEIRA (1979), trabalhando com 30 híbridos de sorgo granífero submetidos a concentrações de 0, 3, 6, 12 e 24 ppm de Al em colução nutritiva, estabeleceu quatro grupos de tolerância, considerando como nível crítico 12 ppm de Al.

HERNANI (1980) e OLIVEIRA (1980) observaram que genótipos de feijão diferem marcadamente em sua tolerância a altos níveis de Al em solução nutritiva. SPAIN (1976) relata que genótipos com feijões pretos geralmente são mais tolerantes a acidez dos solos que os genótipos com feijões coloridos. O mesmo autor ainda relata que outros grupos de plantas, incluindo tabaco, sésamo e algumas frutíferas como citros, manga e cajú, mostraram-se muito promissoras em solos ácidos.

YAMADA (1980) detectou variabilidade genética para tolerância à toxidez de Al em cultivares de batata (*Solanum tuberosum*). Em seus experimentos, classificou as cultivares Univita, Ilona, CXHY 114, Anosta e Achat como menos influenciáveis a altas concentrações de Al, enquanto as cultivares Bintje, Bintje Sueca e Nicola mostraram-se as mais sensíveis.

Muitas espécies de forrageiras tropicais são adaptadas a solos ácidos. Contudo, algumas espécies tropicais mais produtivas são muito sensíveis a condições de acidez, necessitando portanto de mais pesquisas entre ecotipos dessas espécies para obtenção de cultivares mais adaptadas. MALUF (1984) verificou a existência de variabilidade genética intra- e inter-populacional para tolerância ao Al em 20 populações da leguminosa forrageira *Leucaena leucocephala*, cultivadas em solução nutritiva e submetidas a 5 diferentes concentrações de Al (0, 3, 9 e 12 ppm).

Para o caso específico do arroz, resultados experimentais tem demonstrado que as variedades diferem acentuadamente em sua tolerância a altos níveis de Al, com as plantas comportando-se de maneira semelhante em solos ácidos ou solução nutritiva.

HOWELER e CADAVID (1976) avaliaram o comportamento de 850 cultivares de arroz à toxidez de Al em solução nutritiva, onde procuraram estudar o efeito de várias concentrações de Al no crescimento das raízes, e também a nível de campo, em solos ácidos com aplicação de níveis crescentes de calcário, para obtenção de vários graus de saturação de Al. Para eliminar diferenças varietais no crescimento radicular, um valor de comprimento radicular relativo foi calculado, dividindo-se a média do comprimento radicular a 30 ppm de Al pela média do comprimento radicular a 3 ppm de

Al (o baixo nível de Al em solução estimula o crescimento das raízes em arroz). Seus resultados mostraram que as cultivares de arroz diferem acentuadamente em suscetibilidade a altos níveis de Al tanto em solos ácidos como em solução nutritiva. Seus experimentos de campo mostraram que muitas cultivares semi-anãs, recentemente desenvolvidas em programas de melhoramento, não foram tão tolerantes ao Al como as de porte alto cultivadas tradicionalmente em áreas de solos ácidos. As cultivares de porte alto exigiram pequenas aplicações de calcário, enquanto as semi-anãs exigiram grandes quantidades. Os mesmos autores detectaram boa correlação entre o comprimento relativo das raízes das plantas cultivadas em 30 e 3 ppm de Al, e o rendimento de grãos, obtidos a níveis baixos de calcário no campo.

Spain *et alii* (1975), citado por SPAIN (1976), compararam o comportamento à toxidez de Al de duas variedades tradicionais de porte alto, 'Monolaya' e 'Blue Bonet 50', com duas das novas variedades semi-anãs, derivadas do "International Rice Research Institute" (IRRI), Cica 4 e IR 8. Foi observado que as variedades de porte alto não mostraram respostas a calagem, ao passo que Cica 4 e IR 8 não produziram grãos na ausência de calagem, mas responderam acentuadamente quando foram aplicados aos solos 4 t/ha de calcário. Foi clara a correlação entre altura de plantas e tole-

rância a solos ácidos.

Uma das implicações óbvias destes resultados é a necessidade de se incorporar o caráter tolerância à toxicidade de Al em variedades semi-anãs que são altamente produtivas, as quais devem ser usadas na produção de arroz de sequeiro nas regiões úmidas e sub-úmidas dos trópicos.

Respostas diferenciais ao efeito do Al foram obtidas por KONZAK *et alii* (1976), baseadas no comprimento de raízes de 110 variedades de arroz testadas, utilizando-se a técnica da solução nutritiva, contendo um tratamento sem Al e outro com 3,75 mM de Al. As cultivares Brazos, Ci 7179 e 9593/NV 66 mostraram-se mais tolerantes quando comparadas com CICA 4, IR 8 e CA 110.

FAGÉRIA e ZIMMERMANN (1979) avaliaram 30 cultivares de arroz de sequeiro à toxicidade de Al, observando o efeito deste elemento na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, no comprimento máximo das raízes e na altura de plantas. Os tratamentos de Al foram de 0, 10, 20, 40 e 60 ppm na forma de  $AlCl_3$  com pH  $4,0 \pm 0,2$ . Baseando-se na equação de regressão dos dados de comprimento de raízes, as cultivares foram agrupadas em três categorias, adotando-se o seguinte critério: a) cultivares com equação de regressão linear negativa foram classificadas no grupo de baixa tolerância; b) cultivares com equação de regressão quadrati-



ca ou de quarto grau foram classificadas no grupo de alta tolerância; e c) cultivares com equação de regressão cúbica tanto positiva como negativa foram classificadas no grupo de tolerância média.

FAGÉRIA (1982), avaliando o comportamento de quatro cultivares de arroz irrigado (EEA 304, Suvale 1, IRGA 408 e CICA 4) para tolerância ao Al em solução nutritiva com concentração de 0, 10, 20, 40 e 60 ppm de Al, observou uma tolerância diferencial ao Al entre as mesmas. A cultivar EEA 304 foi a mais tolerante ao Al, enquanto que as outras apresentaram a seguinte ordem decrescente de suscetibilidade: Suvale 1 < IRGA 408 < CICA 4.

SILVA (1982) observou acentuada variabilidade entre cinquenta cultivares de arroz quanto a suas respostas a diferentes níveis de saturação de Al em solos sob vegetação de cerrado. As cultivares Khao-Keo, Kanan, IR 30, NQ 79, Guyana, Pusur e CICA 4 destacaram-se como as mais tolerantes. Num segundo experimento, o mesmo autor avaliou o comportamento de cinco cultivares, selecionadas a partir de seu comportamento no experimento anterior. Nesta avaliação, as cultivares tradicionais de porte alto, tais como Prató Precoce e IAC-1246, apresentaram um melhor desempenho em detrimento às cultivares Salumpikit, CICA 4 e IR 30. Nestes resultados evidenciaram mais uma vez a correlação positiva

existente entre altura de plantas e tolerância a níveis tóxicos de Al.

NELSON (1983), avaliando o comportamento de 20 variedades de arroz de sequeiro para tolerância a 0,5 e 80  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$  de Mn e a 3 e 30  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$  de Al em solução nutritiva, encontrou grandes diferenças entre as variedades para tolerância ao Al e Mn. A correlação entre tolerância ao Al e Mn, detectada usando comprimento relativo das raízes para Al e peso relativo da parte aérea para Mn, não foi significativa.

Vários outros pesquisadores também tem avaliado o comportamento de plantas e toxidez de Al (CATE e SUKHAI, 1964; ADAMS e PEARSON, 1970; LEE, 1971a; LEE, 1971b; FREIRE, 1976), mostrando a existência de variabilidade genética para o caráter tolerância. Essas diferenças em tolerância ao Al entre variedades de uma mesma espécie sugerem a possibilidade de se aumentar a tolerância em variedades comerciais, através do melhoramento de plantas. Deve-se lembrar porém, que a tolerância ao Al não significa indiferença no crescimento. Possivelmente estas plantas cresceriam melhor em solos com menos Al, mas elas possuem uma vantagem sobre o grupo sensível, em solos com alta saturação de Al.

#### 2.4. Mecanismos de tolerância

O mecanismo exato de tolerância ao Al, através do qual certas plantas toleram altos níveis de Al em seu meio de crescimento, ainda não está bem esclarecido.

A tolerância diferencial das espécies e variedades à toxidez de Al está associada às propriedades morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e enfim genéticas das próprias plantas.

FLEMING e FOY (1968), comparando duas variedades de trigo, cultivadas em solução nutritiva, verificaram que a tolerância ao Al estava associada com a capacidade das raízes continuar a alongação e resistir a danos morfológicos em suas extremidades e com a maior capacidade de enraizamento lateral na presença deste elemento. Observaram ainda que variedades tolerantes diferiam das suscetíveis pela morfologia radicular.

Outra característica das espécies ou variedades, que está associada com maior ou menor tolerância ao Al, referem-se a capacidade das plantas em alterar o pH, ao redor de suas raízes. Muitas plantas tolerantes ao Al tendem a aumentar o pH de sua solução nutritiva, diminuindo a solubilidade do Al, enquanto que plantas não tolerantes tendem a decrescer, ou não tendem a aumentar o pH da solução

(FOY *et alii*, 1965b; FOY *et alii*, 1978; FOY e FLEMING, 1978). Em trigo, a mudança de pH em regiões próximas às suas raízes foi estritamente correlacionada com tolerância ao Al (FOY *et alii*, 1965b, FOY *et alii*, 1978). Mudanças de pH em regiões próximas às raízes foram observadas em cultivares tolerantes de triticale e trigo, cultivadas em solos com pH inferior a 4,5. A presença do Al foi necessária para induzir a mudança de pH pelas raízes (FOY e FLEMING, 1978). Um estreito relacionamento entre alteração do pH da solução nutritiva e tolerância ao Al foi verificado em genótipos de sorgo crescidos em altas concentrações de Al. Genótipos tolerantes não reduziram o pH, como muitos dos não tolerantes o fizeram (FURLANI e CLARK, 1981).

Certas linhagens de trigo, cevada, arroz, centeio e milho, tolerantes ao Al, são capazes de elevar o pH ao redor do sistema radicular, e assim reduzir a solubilidade do Al e conseqüentemente sua toxidez. Por outro lado as plantas sensíveis destas espécies diminuem ou mantem o pH da solução, permanecendo assim expostos a altas concentrações de Al (FOY, 1974; CLARK e BROWN, 1974; HOWELER e CADAVID, 1976).

Resultados de pesquisas conduzidas por diversos autores sugerem que a baixa CTC (capacidade de troca catiônica) das raízes é associada com tolerância ao Al. De

acordo com a teoria de Donnan, a baixa CTC das raízes favorece a absorção de cátions mono- e bivalentes (VOSE e RANDALL, 1962). Como consequência disso, plantas tolerantes ao Al poderiam ter uma CTC menor que as plantas sensíveis, o que favorece a absorção de cátions monovalentes em detrimento aos polivalentes, como é o caso do Al, minimizando assim os efeitos indesejáveis deste elemento quando presente em excesso.

Raízes de cultivares mais sensíveis de aveia possuem maior CTC e absorvem mais Al que cultivares tolerantes (VOSE e RANDALL, 1962). FOY *et alii* (1967c) mostraram que variedades de trigo, cevada e aveia tolerantes à toxicidade de Al, apresentaram menor CTC e acumularam menos Al nas raízes que as variedades sensíveis. FLEMING e FOY (1968) verificaram que a variedade de trigo Monon, sensível ao Al, apresentava uma maior CTC nas raízes que a tolerante Atlas. MUGWIRA e ELGAWHARY (1979) obtiveram resultados semelhantes, pois cultivares de trigo sensíveis apresentaram maior CTC que as tolerantes. Resultado similar foi obtido em ervilha por KLIMASHEVISII e BEREZOUSKII (1973).

Plantas com maior CTC absorvem mais Al, portanto elas tendem a acumular mais Al, que as plantas com menor CTC, e em geral esta acumulação é maior nas raízes que na parte aérea.

Alguns pesquisadores tem associado a tolerân-

cia com a concentração de Al na parte aérea das plantas. GALLO *et alii* (1972), cultivando 60 variedades de trigo em latossolo orto vermelho escuro (pH 4,7 e 1,20 meq Al<sup>+3</sup>/100 g), observaram que variedades tolerantes ao "crestamento" (toxicidade atribuída ao Al) mostraram, na parte aérea, 235 ppm de Al em média, as intermediárias possuíam 374 ppm e as sensíveis com menor desenvolvimento tinham 463 ppm, sendo significativas as diferenças.

Baseado em revisões com muitas espécies de plantas, MAGNAVACA (1982) relata que a tolerância de plantas associada a concentrações de Al na parte aérea, deve ser dividida em três grupos principais: No primeiro grupo, as concentrações de Al na parte aérea de plantas tolerantes e sensíveis seriam iguais, mas as raízes de plantas tolerantes contem menos Al. No segundo grupo, plantas tolerantes possuem um nível baixo de Al na parte aérea mas excessivo aumento nas raízes. No terceiro grupo, plantas tolerantes devem ter alta concentração de Al na parte aérea (plantas estrato-ras) do que plantas não tolerantes. Exemplos dentro de cada grupo são descritos por FOY *et alii* (1978).

Em muitas espécies de plantas, tolerância ao Al tem sido associada com absorção e translocação de P na presença de Al. FOY e BROWN (1964), estudando tolerância diferencial ao Al em várias espécies de plantas em solução nutritiva e em solos ácidos, concluíram que a tolerância ao Al

está associada com a habilidade das plantas absorver e utilizar P na presença de altos níveis de Al, no meio de crescimento, sem contudo mostrar sintomas de deficiência. A capacidade das plantas absorver e utilizar Ca na presença de altas concentrações de Al, sem sintomas de deficiência, também tem sido usada como uma indicação de tolerância ao Al.

Diferenças na tolerância à toxidez de Al também tem sido atribuída à interferência deste elemento na atividade enzimática, principalmente de ATPase e fosfatase. FURLANI e CLARK (1981) observaram decréscimo na atividade de fosfatase em raízes de sorgo tratadas com Al. Os genótipos não tolerantes tiveram maior decréscimo que os genótipos tolerantes. Os mesmos autores observaram uma correlação positiva entre atividade de fosfatase nas raízes e tamanho de raízes.

Outros mecanismos de tolerância ao Al também tem sido sugeridos. JONES (1961) admitiu que o Al pode formar quelatos com ácidos orgânicos, evitando a precipitação de fosfatos de Al. A ação de agentes quelantes no decréscimo dos efeitos tóxicos do Al em cultivares de cevada não tolerantes foi reportada por FOY e BROWN (1964). A adição de EDDHA (etileno diamino di-*o*-hidroxifenil acetato) aumentou a solubilidade e absorção de P pelas plantas. Resultados similares foram obtidos em milho por BARTLETT e RIEGO (1972).

KLIMASHEVISKII e CHERNYSHEVA (1980) determinaram o teor de ácido orgânico em raízes de algumas variedades

de milho tolerantes e sensíveis ao Al. A variedade sensível Dnepropetrovskaya decresceu 68% do teor de ácido cítrico e 51% do ácido málico quando o Al estava presente na solução. O decréscimo observado na variedade tolerante Moskoviskaya 3 foi de 19% e 20%, respectivamente, para ácidos cítrico e málico. Ocorrendo portanto um grande aumento no teor de ácidos orgânicos nas variedades tolerantes.

## 2.5. Mecanismos de herança

Os mecanismos de herança da tolerância à toxicidade de Al tem sido estudado por um número limitado de pesquisadores em diversas culturas, e seus resultados muitas vezes tem sido conflitantes.

Um bom entendimento do controle genético da tolerância ao Al é necessário para estabelecer a estratégia de melhoramento ou melhorar a eficiência dos métodos de melhoramento empregados, visando a solução da baixa produtividade em solos ácidos.

KERRIDGE e KRONSTAD (1968) foram os primeiros a relatarem o número de genes que controlam o caráter de tolerância a toxidez de Al. Cruzando a variedade de trigo Druchamp, moderadamente tolerante, e Brevor sensível, e avaliando as gerações oriundas deste cruzamento, concluíram que a tolerância era controlada por um gene, sendo o primeiro geni



tor portador de alelos dominantes para a tolerância. Devido a reação intermediária do segundo genitor utilizado, os autores admitiram a possibilidade de outros genes principais e alguns genes modificadores estarem envolvidos.

Resultados de cruzamento, entre cultivares de trigo brasileiras tolerantes e sensíveis, indicaram que a tolerância parece ser dominante, mas na geração  $F_2$  alguns tipos intermediários foram encontrados (BECKMAN, 1976).

A herança monogênica também tem sido observada por outros pesquisadores. LAFEVER e CAMPBELL (1978), baseados no cruzamento de trigo sensível e tolerante, concluíram que a sensibilidade ao Al foi condicionada por um único gene recessivo: contudo seleção de plantas moderadamente tolerantes ou tolerantes, baseada na média da família  $F_3$ , não foi muito eficiente, indicando que um sistema mais complexo do que um único gene deve estar envolvido na herança do caráter. Os mesmos autores observaram que os efeitos de dominância foi muito superior aos efeitos aditivos, sendo os efeitos epistáticos de menor importância.

Estudos com outras populações de trigo indicaram que a tolerância em trigo não é simplesmente herdada, e que dois ou mais genes podem estar envolvidos. NODARI (1980), cruzando genótipos tolerantes (BH-1146, Catiporã, Lagoa Vermelha, Maringá e Nobre) com sensíveis (Anza, Siete

Cierros, e Toquifém) e avaliando o comportamento ao Al das populações segregantes ( $F_2$ ,  $RC_1F_1$ ,  $RC_2F_1$ ) observou que a sensibilidade ao Al foi condicionada por dois genes recessivos. As estimativas dos efeitos de aditividade e da herdabilidade foram expressivas, indicando que a seleção de genótipos tolerantes podem ser simples e rápida.

Em cevada, um único gene também está envolvido na expressão do caráter. REID (1971) chegou a esta conclusão quando cruzou variedades tolerantes (Dayton, Smooth Awn 86 e Colonial) com uma variedade sensível (Kearney). Resultados semelhantes foram obtidos por STOLEM e ANDERSON (1978) que evidenciaram que a tolerância em cevada é controlada por um gene dominante. A tolerância neste caso pode ser transferida para variedades sensíveis através de retrocruzamentos.

Houve preocupação por parte de alguns pesquisadores na localização dos genes que controlam o caráter tolerância à toxidez de Al. PRESTES *et alii* (1975) localizaram no cromossomo 5D da variedade de trigo Atlas 66 um gene que controla a resposta ao Al. Entretanto, POLLE *et alii* (1978a) localizaram um gene no cromossoma 4D na cultivar Chinese Spring. Também SLOOTMAKER (1974) atribuiu ao genoma D a tolerância a toxidez de Al, salientando que as espécies de trigo hexaplóides foram as mais tolerantes do gênero Triti-

cum. Este autor observou que a tolerância em triticales é proveniente do genoma do centeio.

RHUE *et alii* (1978), STOCKMEYER *et alii* (1978) e RHUE (1979) estudaram o mecanismo genético da tolerância ao Al em linhagens de milho americanas, e concluíram que a tolerância é controlada por um único locus com uma série de alelos múltiplos.

GARCIA e SILVA (1979) e SILVA (1979), usando linhagens brasileiras para análise genética de tolerância, concluíram que a tolerância em milho é controlada por um único gene dominante, com possíveis alterações por modificadores. GALVÃO e SILVA (1978) estimaram os componentes da variância genética para tolerância ao Al em população de milho, e concluíram que a variância de dominância foi o componente mais importante da variabilidade genética. MAGNAVACA (1982), avaliando a tolerância ao Al em gerações ( $F_2$ ,  $RC_1F_1$ ,  $RC_1F_2$ ) derivadas de cruzamentos entre linhagens de milho tolerantes e não tolerantes, observou que os efeitos genéticos aditivos explicaram melhor a variação genética que os efeitos de dominância, embora este tenha sido estatisticamente significativo. Os efeitos de epistasia foram pequenos quando comparados com outros efeitos genéticos. A distribuição de frequência das plantas  $F_2$  foi contínua, unimodal e típica para herança quantitativa com uma tendência geral para sensi

bilidade ser dominante sobre tolerância.

A resposta de populações de soja a três ciclos de seleção para tolerância à toxidez de Al indicou que o caráter deve ser de natureza quantitativa, ficando óbvio que a tolerância não é devida a efeitos de um único gene (HANSON e KAMPRATH, 1979). Em sorgo, FURLANI e CLARK (1981) relatam que o controle genético para tolerância ao Al parece ser de natureza complexa.

Em arroz, uma única pesquisa no sentido de esclarecer o mecanismo de controle genético da tolerância a toxidez de Al foi desenvolvida por CUTRIM (1979). Estudando a tolerância ao Al em 4 variedades brasileiras de arroz de sequeiro; duas tolerantes (Pratão e IAC-25) e duas sensíveis (Pérola e Bico Ganga), o autor observou que a tolerância comportou-se como um caráter quantitativo. A soma de quadrados de genótipos foi decomposta em capacidade geral e específica de combinação, e foi observado que o efeito da capacidade específica é mais importante que o efeito da capacidade geral de combinação, evidenciando assim maior variabilidade genética não aditiva.

Não há evidências nos resultados obtidos por diversos pesquisadores que a tolerância ao Al é necessariamente associada com baixa produtividade na ausência de Al. SILVA (1973) obteve elevadas produções com variedades de tri

go, com o fator para tolerância quando cultivadas em solos sem toxidez de Al.

## 2.6. Métodos de avaliação

Alguns métodos tem sido utilizados para avaliar a reação de plantas à toxidez de Al.

Entre numerosos trabalhos que foram conduzidos, duas alternativas básicas, isto é, a cultura em solos ácidos (tanto em casa de vegetação como em parcelas no campo) e em solução nutritiva, têm sido muito utilizadas como métodos de "screening" para determinar tolerância ao Al.

Em solos ácidos, vários níveis de calcário são aplicados para estabelecer diferentes valores de pH, obtendo-se assim diferentes níveis de saturação de Al. No entanto, esta metodologia possui várias limitações como método de avaliação. Por exemplo, é muito difícil manter um mesmo nível de toxidez de Al no solo, devido a mudanças químicas contínuas que ocorrem no sistema do solo, e conseqüentemente as concentrações de Al não podem ser repetidas de experimento para experimento ou de local para local. Além da toxicidade de Al, também pode existir em solos ácidos toxicidade de Mn e Fe, tornando-se às vezes difícil de separar os efeitos destes elementos com toxicidade de Al.

Outro fator que limita o uso do solo no processo de avaliação é a dificuldade de se observar o crescimento das raízes, que é o parâmetro mais importante para diagnosticar a toxicidade de Al, (KERRIDGE *et alii*, 1971 e MOORE, 1976).

Diversos pesquisadores utilizaram solo para avaliar a tolerância diferencial de plantas à toxidez de Al (FOY *et alii*, 1965a; FOY *et alii*, 1967a; FOY *et alii*, 1967b; ARMIGER, 1968; SLOTMAKER e ARZADUM, 1969; SARTAIN e KAMPRATH, 1977; MUZILII *et alii*, 1978; MELLO *et alii*, 1980; SILVA, 1982). Entretanto, devido as limitações que este método tem apresentado, os trabalhos iniciais de melhoramento tem sido realizados mais a nível de condições controladas.

A avaliação em solução nutritiva é mais precisa, pois as variáveis são mais facilmente controladas e permite o estudo de um grande número de genótipos ao mesmo tempo, possibilitando a observação de um dos primeiros efeitos de toxidez de Al, que é a inibição do crescimento radicular.

KERRIDGE *et alii* (1971) enfatizaram o uso da solução nutritiva como uma técnica rápida e reproduzível em "screening" de plantas para tolerância ao Al. Além disso, segundo esses autores, este método é útil em estudos genéticos, pois possibilita distinguir claramente os diferentes graus de tolerância.

As principais desvantagens deste método são o gasto excessivo de água destilada e o cuidado para manter o pH da solução baixo (menor que 4,5), pois acima deste nível o Al pode precipitar-se e deixar de ser tóxico às plantas.

A avaliação da reação das plantas à toxidez de Al em solução nutritiva tem sido extensivamente utilizada por vários pesquisadores: FOY e BROWN, 1964; FOY *et alii*, 1969; HERRIDGE *et alii*, 1971; REID *et alii*, 1971; HOWELER e CADAVID, 1976; MUGWIRA *et alii*, 1978; LEITE, 1978; NOGUEIRA, 1979; FAGÉRIA e ZIMMERMANN, 1979; CUTRIM, 1979; HERNANI, 1980; OLIVERIA, 1980; YAMADA, 1980; FURLANI e CLARK, 1981; MAGNAVACA, 1982; MALUF, 1984).

A utilização de solução nutritiva tem mostrado bons resultados, além de ser rápida e de fácil execução.

A resposta de variedades de cevada ao Al em solução nutritiva e em solo ácidos, tanto em casa de vegetação como em parcelas de campo, tem mostrado uma boa concordância (Mac-LEOD e JACKSON, 1967; REID *et alii*, 1971).

Diversos trabalhos com solução nutritiva confirmaram as respostas obtidas em solos ácidos, em condições de campo, como foi observado por FOY *et alii* (1969), HOWELER e CADAVID (1976), REID (1976), e HANSON e KAMPRATH (1979).

Há grande variabilidade de tipos de solução, de técnicas e de equipamentos utilizados.

Um procedimento mais comum é a utilização de recipientes de polietileno com bandejas perfuradas em sua superfície, contendo orifícios onde as plantas ficam suspensas.

Um outro procedimento adotado é a utilização de areia de rio. Nesta técnica, as sementes são plantadas em recipientes contendo areia lavada de rio, previamente seca e irrigada periodicamente com solução nutritiva, contendo determinadas concentrações de Al. Esta técnica é mais econômica devido a menor quantidade de solução empregada. GARCIA *et alii* (1979) empregaram esta técnica para avaliar a tolerância ao Al em diversos genótipos de milho. De acordo com os autores, linhagens que foram selecionadas em solução nutritiva comportaram-se de maneira idêntica em cultura com areia.

Existem outras técnicas mais versáteis e também seguras, para avaliar tolerância ao Al em diversas espécies de plantas. Tais técnicas têm sido desenvolvidas, considerando a facilidade do controle do pH, simplicidade para manuseio e rapidez para avaliação.

Uma delas é o método da solução nutritiva em



papel absorvente. Essa técnica foi utilizada por KONZAK *et alii* (1976) para avaliar a tolerância em trigo, cevada, arroz, sorgo e soja. O método baseia-se no crescimento da planta em solução nutritiva em papel absorvente. As sementes, neste caso, são colocadas nos bordos superiores de uma dupla camada de papel absorvente saturado com a solução nutritiva. Uma segunda camada de papel é posta sobre as sementes, e o papel é enrolado formando um tipo de "boneco de papel" que é então colocado verticalmente num suporte de polietileno. Existem dois tipos de suportes que são utilizados para o desenvolvimento das plantas e são chamados de "lucite holders" e "rag doll" (KONZAK *et alii*, 1976; POLLE, 1978a).

Recentemente, os pesquisadores vem empregando a técnica de cultura de tecidos para obter variedades tolerantes a altos níveis de Al. Grupos de células de diversos órgãos das plantas são cultivadas asséticamente em meio líquido ou sólido, contendo relativamente alto nível de auxina e uma concentração padronizada de íons e vitaminas. A composição do meio é ajustada para permitir a proliferação das células até tornar-se uma massa de células não diferenciadas, denominada calos. Todas as células são geneticamente idênticas pois originaram-se de uma mesma planta. Entretanto mutação espontânea ocorre em tecidos em cultura, ou a taxa de mutação pode ser aumentada através dos processos de indução existentes. Genótipos tolerantes poderão ser sele-

cionados através da exposição de calos a um aumento gradual da concentração de Al. Os calos mutantes tolerantes são selecionados, pois sua divisão celular não é afetada.

Esta metodologia deve ser adotada quando se trata de uma espécie altamente sensível à toxidez de Al, e a tolerância genética dentro dela é baixa ou inexistente. Este método foi empregado com muito sucesso por MEREDITH (1978a). Esse autor demonstrou que diferenças na tolerância ao Al em tomate foram expressas em calos cultivados em 200 e 400  $\mu\text{M}$  de Al. MEREDITH (1978b) também selecionou variantes de células de tomate tolerantes ao Al, por submeter os calos a 200  $\mu\text{M}$  de Al durante vários meses. A origem das variantes foi atribuída a mutação gênica.

As principais características avaliadas na seleção de plantas tolerantes ao Al são as de raiz (comprimento, número e peso seco), e da parte aérea (altura e peso seco). Muitas vezes, as análises do teor de minerais, principalmente de P nos diferentes órgãos das plantas, são utilizadas como parâmetros na identificação de tolerância ao Al. Entretanto, diversos pesquisadores tem observado que as características do sistema radicular são mais correlacionadas com a toxidez de Al (KERRIDGE *et alii*, 1971; REID *et alii*, 1971; ANDREW *et alii*, 1973; LEITE, 1978; HOWELER e CADAVID, 1976; MUGWIRA *et alii*, 1978; HERNANI, 1979; CUTRIM, 1979;

GARCIA *et alii*, 1979; MAGNAVACA, 1982).

O comprimento relativo das raízes, que é obtido pela divisão do comprimento da raiz em solução nutritiva com Al pelo comprimento da raiz em solução nutritiva sem Al, tem sido utilizado quando o crescimento radicular na ausência de Al varia substancialmente de uma variedade para outra. Este parâmetro teve boa correspondência com resultados obtidos no campo (LAFEVER *et alii*, 1977; HOWELER e CADAVID, 1976).

POLLE *et alii* (1978a) e POLLE *et alii* (1978b) utilizaram um outro parâmetro para avaliar a tolerância ao Al em trigo. Este baseia-se na habilidade de coloração pela hematoxilina, das extremidades das raízes de plântulas jovens expostas a uma solução nutritiva contendo Al, por poucas horas. O padrão de coloração é calibrado com variedades sabidamente tolerantes ao Al. O padrão de coloração desenvolvido pelas raízes de trigo correlacionou-se muito bem com o nível de tolerância ao Al, estimado pelo comprimento da raiz e julgamento no campo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Genótipos

Foram utilizados 91 genótipos , brasileiros de arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) oriundos do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), que serão mencionadas a seguir:

1 - Bico Ganga	8 - Pratão Precoce	15 - IAC-1246
2 - Guaíra	9 - Pratão	16 - IAC-1131
3 - Dourado Precoce	10 - Matão	17 - IAC-120
4 - 4 Meses	11 - Fernandez	18 - IAC-47
5 - Guedes	12 - Iguape Redondo	19 - IAC-5032
6 - Catalão	13 - IAC-5544	20 - IPSL-462
7 - Amarelão	14 - IAC-25	21 - IPSL-970

22 - IPSL-2060	47 - Procópio	72 - IAC Médio
23 - IPSL-270	48 - Santa América	73 - Prata
24 - IPSL-165	49 - Guapinha	74 - Mangaba
25 - Kinka BC	50 - Brejeiro	75 - Enche Tulha
26 - Linha 24-59	51 - Caqui	76 - Lageado
27 - H 10/V7	52 - Corte	77 - Pérola x Prata
28 - KT-29	53 - Agulha Branco	78 - Mimoso
29 - AUS-75	54 - Ourinho	79 - Híbrido C-12
30 - AUS-8	55 - Bico Preto	80 - Tres Potes
31 - AUS-61	56 - Palha Murcha	81 - Pingo de Ouro
32 - DV-88	57 - Canela de Aço	82 - Cateto Seda
33 - HBJ-Boro II	58 - Agulhão	83 - Bico Roxo
34 - IPSL-1869	59 - Batatais	84 - Cútião Branco
35 - IPSL-162	60 - Zebú	85 - Rechoro
36 - IPSL-1070	61 - Cartuna	86 - Mogi
37 - IPSL-469	62 - E-425	87 - Serra Azul
38 - IPSL-2270	63 - PI-160-638	88 - Bacaba-2
39 - Iguapão	64 - Preto Cultivado	89 - Branquinho
40 - Iguape	65 - Agulha Esav	90 - Jaguari
41 - IAC-416	66 - IPSL-1770	91 - Paraíba
42 - Montanha Liso	67 - Patnai-6	
43 - Nuglin-24	68 - B-9-34-8	
44 - IPSL-2070	69 - IPSL-163	
45 - P-69-205	70 - IAC-66-5154	
46 - Bacaba-1	71 - IPSL-362	

### 3.2. Equipamentos

Utilizaram-se 10 tanques de plástico com capacidade de 32 litros, tendo nos bordos superiores as dimensões de 55 x 35,5 cm e profundidade de 16,5 cm. As laterais foram pintadas externamente de preto para evitar o desenvolvimento de algas na solução nutritiva.

Para manter as plantas suspensas na solução nutritiva, utilizaram-se bandejas de isopor de 2,5 cm de espessura, removíveis e encaixáveis na superfície dos tanques, contendo 135 orifícios igualmente espaçados com 1,5 cm de diâmetro. Na face inferior de cada bandeja, foi costurada uma tela de "nylon" de malhas largas, para proporcionar um eficiente suporte para as sementes.

Cada tanque recebeu aeração através de um tubo de plástico, sustentado no fundo do tanque por um suporte de louça. Este sistema estava conectado a um compressor de ar. Um relógio de tempo ligava e desligava o compressor a cada 30 minutos. Este sistema proporcionou uma aeração suficiente, para um bom desenvolvimento das plantas e também uma circulação adequada da solução nutritiva, que resultou em pH e uma temperatura uniforme para todos os tanques.

### 3.3. Solução nutritiva

A solução nutritiva utilizada foi a nº 2 de HOAGLAND e ARNON (1950), modificada em relação a concentração de fosfato de amônio monobásico ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) reduzida a 0,5 M, para evitar precipitação de Al. A solução nutritiva foi preparada com a seguinte composição (MALAVOLTA, 1975):

*ml/litro de solução nutritiva*

$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 0,5 M .....	1
$\text{KNO}_3$ 1 M .....	3
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 M .....	3
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1 M .....	1
Solução de micronutrientes .....	1
Fe-EDTA .....	1

A solução de micronutrientes teve a seguinte composição:

*g/litro d'água*

$\text{H}_3\text{BO}_3$ .....	2,86
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .....	1,81
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .....	0,22
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .....	0,08
$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .....	0,02

Estes sais foram dissolvidos separadamente e

em seguida misturados com volume completado para 1 litro, com água destilada.

A solução de Fe-EDTA foi preparada dissolvendo-se em 700 ml de água destilada 26,1 g de EDTA ácido, 268 ml de NaOH 1N e 24,9 g de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; arejou-se por uma noite no escuro (embrulhar em papel alumínio) e completou o volume a 1 litro.

A solução nutritiva foi preparada com água destilada. Foram utilizadas cinco concentrações de Al (0, 15, 30, 45 e 60 ppm) adicionado na solução na forma de cloreto de alumínio hexahidratado ( $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).

O pH da solução nutritiva foi ajustado inicialmente para 4,0 com solução 1N de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ou NaOH. O fósforo e o pH das soluções foram mantidos baixos para minimizar a precipitação do Al, que deixaria de ser tóxico.

O nível da solução nutritiva foi mantido constante no decorrer do experimento com a adição de água destilada quando necessário.

#### 3.4. Procedimento experimental

Os experimentos foram conduzidos em casa-de--vegetação do Setor de Radiogenética do Centro de Energia Nu



clear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo, em Piracicaba, durante o período de 1981 a 1982.

O delineamento experimental utilizado foi semelhante ao inteiramente casualizado, sendo que cada concentração de Al (0, 15, 30, 45 e 60 ppm) foi considerada um experimento isolado, contendo 91 tratamentos e três repetições, utilizando-se 10 plantas por parcela.

As sementes sofreram uma assepsia superficial, através de uma solução de hipoclorito de sódio a 10%, e a seguir foram semeadas diretamente nos orifícios individuais das bandejas. Após a germinação, efetuou-se um desbaste deixando apenas 10 plantas por parcela. Após 21 dias de crescimento nas soluções nutritivas, as plantas foram coletadas e realizadas as seguintes mensurações:

a. Altura de plantas em cm (medida tomada do colo da planta à extremidade da folha mais alta).

b. Comprimento máximo de raiz em cm (medida tomada do colo da planta à extremidade da raiz mais comprida).

c. Peso da matéria seca das raízes em g (as raízes foram lavadas com água destilada e colocadas em saco

de papel perfurado em estufa a 70°C até obter peso constante).

d. Peso da matéria seca da parte aérea em g (medida tomada após secagem do material em estufa a 70°C até obter peso constante).

### 3.5. Procedimento estatísticos

Os procedimentos estatísticos foram os mesmos para todos os caracteres avaliados. Inicialmente foi feita uma análise de variância individual para cada concentração de Al. Em seguida, obtiveram-se as análises conjuntas das 5 concentrações. O modelo matemático considerado foi:

$$Y_{ijk} = m + v_i + c_j + (v \times c)_{ij} + e_{ijk}$$

onde:

$Y_{ijk}$  = média observada da variedade  $i$  na concentração  $j$   
e na repetição  $k$ ;

$m$  = média geral do caráter;

$v_i$  = efeito genético da variedade  $i$ ;

$c_j$  = efeito da concentração  $j$ ;

$(v \times c)_{ij}$  = efeito da interação da variedade  $i$  com a concentração  $j$ ;

$e_{ijk}$  = efeito residual associado as parcelas.

Considerando o efeito de variedades como fixo e o de concentrações aleatório, observa-se na Tabela 1 o esquema geral para a análise de variância conjunta, ao nível de médias de parcelas. Nesta tabela, as esperanças matemáticas dos quadrados médios foram obtidos pelo método de BENNETT e FRANKLIN (1963).

TABELA 1. Esquema da análise conjunta da variância considerando-se  $v$  variedades, ensaiadas em  $r$  repetições e  $c$  concentrações de Al, e respectivas esperanças dos quadrados médios.

Fontes de Variação	GL	E (QM)	QM	F
Variedades (v)	v-1	$\sigma_e^2 + r\sigma_{vc}^2 + rcV_v$	Q <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub> :Q <sub>3</sub>
Concentrações (c)	c-1	$\sigma_e^2 + rvc_c^2$	Q <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub> :Q <sub>4</sub>
v x c	(v-1)(c-1)	$\sigma_e^2 + r\sigma_{vc}^2$	Q <sub>3</sub>	Q <sub>3</sub> :Q <sub>4</sub>
Resíduo médio	v c (r-1)	$\sigma_e^2$	Q <sub>4</sub>	

Sendo:

v = número de variedades

$c$  = número de concentrações;

$r$  = número de repetições;

$\sigma_e^2$  = variância do erro experimental;

$V_v = V_g$  = componente quadrático das diferenças entre variedades;

$\sigma_c^2$  = variância entre concentrações;

$\sigma_{vc}^2$  = variância correspondente a interação variedades por concentrações.

A partir da análise de variância conjunta para cada caráter estimaram-se os componentes da variância da seguinte maneira:

$$V_v = V_g = \frac{Q_1 - Q_3}{rc}$$

Estimou-se os coeficiente de variação genética ( $CV_g$ ), coeficientes de variação de ambiente ( $CV_e$ ) e o Índice B, para as características avaliadas, através das seguintes equações:

$$CV_g = \frac{\sqrt{V_g}}{\bar{x}} \times 100$$

$$CV_e = \frac{\sigma_e}{\bar{x}} \times 100$$

$$B = \frac{CV_g}{CV_e}$$

sendo:

$CV_g$  = coeficiente de variação genética (%);

$CV_e$  = coeficiente de variação de ambiente (%);

$\sqrt{V_g}$  = desvio padrão genotípico entre as variedades;

$\sigma_e$  = desvio padrão ambiental;

$\bar{x}$  = média geral do caráter.

Determinou-se também para cada caráter avaliado, o coeficiente de herdabilidade no sentido amplo. Eles foram calculados baseados na seguinte fórmula:

$$h^2 = \frac{V_g}{\sigma_f^2}$$

sendo:  $\sigma_f^2 = V_g + \sigma_e^2 + \sigma_{vc}^2$

Visando estabelecer as correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre os caracteres, realizou-se as análises de covariância. O esquema utilizado para a análise da covariância entre os caracteres estudados, foi o proposto por STEEL e TORRIE (1960), apresentado na Tabela 2.

TABELA 2. Esquema da análise de covariância entre os pares de caracteres avaliados em  $v$  variedades ensaiadas em  $r$  repetições e  $c$  concentrações de Al, e respectivas esperanças dos produtos médios.

Fonte de Variação	GL	E (PM)	PM
Variedades ( $v$ )	$(v-1)$	$cov_e + rc \ cov_v$	PM <sub>1</sub>
Concentrações ( $c$ )	$(c-1)$	$cov_e + r \ cov_{vc} + rv \ cov_c$	PM <sub>2</sub>
$v \times c$	$(v-1).(c-1)$	$cov_e + r \ cov_{vc}$	PM <sub>3</sub>
Resíduo médio	$v.c(r-1)$	$cov_e$	PM <sub>4</sub>

sendo:

$v$  = número de variedades;

$c$  = número de concentrações;

$r$  = número de repetições;

$cov_v$  = covariância genética entre variedades ao nível de médias de parcelas.

$cov_c$  = covariância entre concentrações;

$cov_{vc}$  = covariância devido à interação variedades por concentração;

$cov$  = covariância do erro experimental.

As correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre os caracteres, foram estimadas de acordo com

o procedimento relatado por KEMPTHORNE (1957), FALCONER (1964) e VENCOSKY (1969), onde:

$$a) r_{F_{xy}} = \frac{\text{cov}_F(xy)}{\sigma_{F_x} \cdot \sigma_{F_y}}$$

sendo:

$r_{F_{xy}}$  = coeficiente de correlação fenotípica entre dois caracteres x e y;

$\text{cov}_F(x,y)$  = covariância fenotípica entre dois caracteres

x e y  $\text{cov}_F = \text{cov}_e + \text{cov}_g + \text{cov}_{vc}$

$\sigma_{F_x}, \sigma_{F_y}$  = desvio padrão fenotípico do caráter x e y respectivamente.

$$\sigma_{F_x} = \sqrt{V_{g_x} + \sigma_{vc_x}^2 + \sigma_{e_x}^2} \quad \sigma_{F_y} = \sqrt{V_{g_y} + \sigma_{vc_y}^2 + \sigma_{e_y}^2}$$

$$b) r_{E_{xy}} = \frac{\text{cov}_e(x,y)}{\sigma_{e_x} \cdot \sigma_{e_y}}$$

sendo:

$r_{E_{xy}}$  = coeficiente de correlação entre caracteres x e y, devido a efeitos ambientais;

$\text{cov}_e(x,y)$  = covariância ambiental entre dois caracteres x e y;

$\sigma_{e_x}, \sigma_{e_y}$  = desvio padrão ambiental do caráter x e y, respectivamente.

$$c) \quad r_{G_{xy}} = \frac{\text{cov}_G(x,y)}{\sqrt{V_{g_x}} \cdot \sqrt{V_{g_y}}}$$

sendo:

$r_{G_{xy}}$  = coeficiente de correlação genotípica entre caracteres x e y;

$\text{cov}_G(x,y)$  = covariância genotípica entre os caracteres x e y;

$\sqrt{V_{g_x}}, \sqrt{V_{g_y}}$  = desvio padrão genotípico do caráter x e y respectivamente.

A covariância genotípica foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{cov}_G(x,y) = \frac{PM_1 - PM_3}{rc}$$

Foi testada a significância dos coeficientes de correlação fenotípica, pelo teste "t" com n-2 graus de liberdade a níveis de 5 e 1% de probabilidade (PIMENTEL GOMES, 1978).



$$t = \frac{r}{1 - r^2} \sqrt{n - 2}$$

O procedimento estatístico, adotado para avaliar o comportamento dos genótipos à toxidez de Al, obedeceu ao modelo de estabilidade fenotípica proposto por EBERHART e RUSSELL (1966), utilizando-se os dados do comprimento máximo das raízes.

Considerou-se cada concentração de Al como um ambiente diferente, sendo as análises efetuadas a partir das médias das variedades em cada concentração. Em consequência disso, os quadrados médios do resíduo de cada experimento foram divididos pelo número de repetições, antes de serem incluídos na análise de estabilidade. O modelo de regressão adotado foi:

$$Y_{ij} = u_i + \beta_i I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

onde:  $Y_{ij}$  = média observada da variedade  $i$  no ambiente  $j$ ;

$u_i$  = média da variedade  $i$  em todos os ambientes;

$\beta_i$  = coeficiente de regressão que mede a resposta da variedade  $i$  à variação de concentração;

$I_j$  = índice ambiental obtido pela diferença entre a média de todas as variedades na concentração  $j$  e a média geral de todas as variedades em todas as concentrações;

$\delta_{ij}$  = desvio da regressão da variedade  $i$  no ambiente  $j$ ;

$\bar{\epsilon}_{ij}$  = erro residual associado a média.

A análise de variância foi desenvolvida a partir do modelo proposto por EBERHART e RUSSELL (1966) e da maneira apresentada por BONATO (1978), SANTOS (1980) e SOARES FILHO (1984). Esta análise permite decompor a soma de quadrados de concentrações dentro de variedades [concentrações + (concentrações x variedades)] nos efeitos lineares e desvios da linearidade. Esses efeitos foram novamente decompostos para cada variedade, permitindo um estudo detalhado do comportamento das mesmas. O modelo da análise de estabilidade é fornecido na Tabela 3.

Os coeficientes de regressão linear ( $b_i$ ), seus respectivos erros  $s(b_i)$  e os coeficientes de determinação  $R^2$  foram estimados pelas seguintes expressões:

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^c Y_{ij} (1/v Y_{.j} - 1/vc Y_{..})}{\sum_{j=1}^c (1/v Y_{.j} - 1/vc Y_{..})^2} = \frac{\sum_{j=1}^c Y_{ij} (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})}{\sum_{j=1}^c (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})^2}$$

$$s(b_i) = \frac{\text{QM desvios da regressão de } (V_i)}{\sqrt{\sum_{j=1}^c (1/v Y_{.j} - 1/vc Y_{..})^2}} = \frac{\text{QM desvios da regressão de } (V_i)}{\sqrt{\sum_{j=1}^c (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})^2}}$$

TABELA 3. Análise da variância fornecendo as respostas linear e não linear de cada uma das V variedades, estudadas em r repetições e C concentrações de A1 (modelo adaptado de EBERHART e RUSSELL, 1966).

Fontes de variação	GL	SQ	QM	P.
Variedades	V-1	$\frac{1}{C} \left( \sum_{i=1}^V y_{i.}^2 \right) - \frac{1}{V.C} Y^2$	Q <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub> /Q <sub>5</sub>
Concentrações dentro de variedades	V(C-1)	$\sum_{i=1}^V \left[ \left( \sum_{j=1}^C y_{ij}^2 \right) - \frac{1}{C} (y_{i.})^2 \right]$	Q <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub> /Q <sub>6</sub>
Concentrações (linear)	1	$\frac{1}{V} \left[ \sum_{j=1}^C y_{.j} \left( \frac{1}{V} y_{.j} - \frac{1}{V.C} Y \right) \right]^2$	Q <sub>3</sub>	Q <sub>3</sub> /Q <sub>5</sub>
Concentrações (linear) x Variedades	V-1	$\sum_{i=1}^V \left\{ \left[ \sum_{j=1}^C y_{ij} \left( \frac{1}{V} y_{.j} - \frac{1}{V.C} Y \right) \right]^2 - \sum_{j=1}^C \left( \frac{1}{V} y_{.j} - \frac{1}{V.C} Y \right)^2 \right\}$	Q <sub>4</sub>	Q <sub>4</sub> /Q <sub>5</sub>
Desvios da regressão	V(C-2)	$\sum_{i=1}^V \left( \sum_{j=1}^C y_{ij}^2 - \sum_{j=1}^C \left( \frac{1}{V} y_{.j} - \frac{1}{V.C} Y \right)^2 \right)$	Q <sub>5</sub>	Q <sub>5</sub> /Q <sub>6</sub>
Concentrações dentro de variedades V(C-1)				
Efeito linear:			Q <sub>2</sub>	
Variedade 1	1	$\left[ \sum_{j=1}^C y_{1j} \left( \frac{1}{V} y_{.j} - \frac{1}{V.C} Y \right) \right]^2$	Q <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub> /Q <sub>1</sub>
Variedade 2	1		Q <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub> /Q <sub>2</sub>
:	:		:	:
:	:		:	:
Variedade V	1		Q <sub>V</sub>	Q <sub>V</sub> /Q <sub>V</sub>
Desvios da regressão:				
Variedade 1	C-2	$\left[ \sum_{j=1}^C y_{1j}^2 - \frac{1}{C} (y_{1.})^2 \right] - \left\{ \left[ \sum_{j=1}^C y_{1j} \left( \frac{1}{V} y_{.j} - \frac{1}{V.C} Y \right) \right]^2 \right.$	Q <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub> /Q <sub>6</sub>
		$\left. - \sum_{j=1}^C \left( \frac{1}{C} y_{.j} - \frac{1}{V.C} Y \right)^2 \right\}$	Q <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub> /Q <sub>6</sub>
Variedade 2	C-2		:	:
:	:		:	:
:	:		:	:
Variedade V	C-2		Q <sub>V</sub>	Q <sub>V</sub> /Q <sub>6</sub>
Resíduo Médio	V x C (r-1)		Q <sub>6</sub>	

$$R^2 = \frac{\text{SQ efeito linear de } V_i}{\text{SQ efeito linear de } V_i + \text{SQ desvios de regressão de } V_i}$$

sendo:

$\bar{Y}_{ij}$  = média da variedade  $i$  no ambiente  $j$ ;

$\bar{Y}_{.j}$  = médias de todas as variedades no ambiente  $j$ ;

$\bar{Y}_{..}$  = média de todas as variedades em todos os ambientes;

$v$  = número de variedades;

$c$  = número de concentrações de Al;

$V_i$  = variedade  $i$ .

O coeficiente de determinação  $R^2$  presta-se para avaliar quanto da variação total de cada genótipo é devido a efeitos lineares. Os  $R^2$  obtidos foram testados com base no teste "t", visando verificar se os mesmos diferem estatisticamente de zero. Para tanto, foi utilizada a seguinte formulação, apresentada por PIMENTEL GOMES (1978).

$$t = \frac{r}{1 - r^2} \cdot \sqrt{n - 2}$$

que corresponde ao teste "t" com  $n-2$  graus de liberdade.

Os coeficientes de regressão linear ( $b_i$ ) cons

tituem úteis indicadores da adaptabilidade de cultivares a ambientes particulares, além de permitirem predizer suas respostas aos diversos estímulos de um gradiente ambiental.

Baseados no coeficiente de regressão linear ( $b_1$ ) da análise de estabilidade e no comportamento fenotípico médio (comprimento máximo de raiz) de cada cultivar, os diversos genótipos foram agrupados em três categorias, adotando-se o seguinte critério:

1. *Tolerância baixa* - Cultivares com coeficiente de regressão linear estatisticamente maior que um ( $b > 1$ ). Estas cultivares são adaptadas a bons ambientes, em ambientes desfavoráveis, isto é, com altas concentrações de Al sua produção é baixa, a medida que as condições de ambiente melhoram sua produção aumenta notoriamente.
2. *Tolerância média* - Cultivares com coeficientes de regressão linear estatisticamente igual a um ( $b = 1$ ). Estas cultivares possuem adaptabilidade média a altas concentrações de Al.
3. *Tolerância alta* - Cultivares com coeficientes de regressão linear estatisticamente diferente de um e muito próximo a zero ( $b \approx 0$ ). Estas cultivares não sofrem altera-

ções muito significativas nas diversas concentrações de Al, e se sua média fenotípica for estatisticamente superior a média geral, tem-se uma variedade específica para ambientes com toxidez de Al.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Comportamento médio dos caracteres

Os efeitos das diferentes concentrações de Al no desenvolvimento das raízes, dos 91 genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, são apresentados na Tabela 4. O efeito prejudicial do Al é claramente evidenciado em genótipos tais como Pratão Precoce, AUS-75 e AUS-8 entre outros, pela severa redução no comprimento das raízes. Observa-se que o comprimento máximo diminuiu, nestes casos, com o aumento das concentrações de Al.

O principal efeito da toxidez de Al foi a inibição do sistema radicular das plantas, o qual pode ser visualizado logo nos primeiros dias de experimentação. As raízes afetadas não se desenvolveram normalmente tornando-se grossas e sem as finas ramificações, e suas extremidades

apresentaram o típico aspecto de corais. Não foi observado efeito tóxico do Al na germinação das sementes.

A análise da Tabela 4 ainda mostra que houve pouca variabilidade entre os genótipos, para o caráter comprimento máximo de raiz na ausência de Al, sendo que os efeitos para variedades na análise individual não foram significativos, indicando que este caráter pode ser utilizado para avaliar a tolerância dos genótipos nas diferentes concentrações de Al.

Os tratamentos com Al reduziram de modo geral o peso da matéria seca das raízes, como pode ser observado na Tabela 5. Contudo algumas plantas desenvolvidas na presença de Al, apresentaram peso superior do que aquelas desenvolvidas na ausência deste. Uma provável explicação para este fato, seria o engrossamento das raízes na presença de Al, o que proporcionou um aumento de peso em relação as raízes normais, desenvolvidas na ausência de Al.

De acordo com os esclarecimentos feitos anteriormente, pode-se verificar que este caráter comumente utilizado para avaliar tolerância diferencial à toxidez de Al, não manifesta fielmente o efeito da toxidez de Al, o que leva muitas vezes o melhorista a julgamentos errôneos da tolerância.

O desenvolvimento da parte aérea foi menos afetado pelo Al, em comparação com o desenvolvimento do sistema



radicular, como pode ser observado na Tabela 6. Resultados semelhantes foram observados em trigo por FOY *et alii* (1974) e LEITE (1978) que justificaram o fato de ser o Al comumente mais prejudicial ao desenvolvimento do sistema radicular do que à parte aérea e que a disponibilidade de água e nutrientes, principalmente Ca e P, são menos limitantes em solução nutritiva do que em solos. Assim, um sistema radicular redu zido ou pouco funcional pode manter um bom desenvolvimento da parte aérea. Portanto a altura de plantas não é um parâmetro muito eficiente para avaliar tolerância diferencial ao Al em solução nutritiva.

Os sintomas visuais, característicos da toxicidade de Al, ou seja o amarelecimento das plantas foram observados em algumas variedades, quando submetidas a concentrações de 60 ppm de Al.

De modo geral, houve uma redução no peso da matéria seca da parte aérea, na presença de Al, conforme se verifica na Tabela 7. Analisando esta tabela, observa-se que o peso seco da parte aérea sofreu uma redução significativa sob 60 ppm de Al, em comparação com os níveis menos elevados do elemento.

Em todas as características avaliadas, foram observados os efeitos prejudiciais do Al, mas respostas posi

tivas de algumas cultivares na presença de Al em relação a testemunha foram observadas.

Algumas variedades produziram maior quantidade de matéria seca na presença de Al em relação a testemunha (0 ppm). O estímulo do crescimento na presença de Al é difícil de se explicar. FOY (1974) relata que este estímulo é devido ao aumento da solubilidade e disponibilidade de Fe no meio de crescimento, resultante da hidrólise de Al e pH mais baixo. Outros pesquisadores também relataram os efeitos benéficos da pequena quantidade de Al no meio de crescimento (HACKET, 1962; THAWORWONG e DIEST, 1974; HOWELER e CADAVID, 1976; KONZAK *et alii*, 1976; FAGÉRIA e ZIMMERMANN, 1979; NOGUEIRA, 1979).

#### 4.2. Análise da variância

Um resumo da análise conjunta de variância, para os quatro caracteres estudados, encontra-se na Tabela 8. Observa-se que para todos os caracteres avaliados, houve alta significância para o efeito de variedades ao nível de 1% de probabilidade, o que indica a existência de considerável variabilidade genética entre as mesmas para a tolerância à toxidez de Al. Observa-se também que houve diferenças significativas entre níveis de Al e para a interação variedades x concentrações, indicando que há resposta diferencial das

variedades a níveis crescentes de Al.

#### 4.3. Variabilidade genética

As estimativas dos coeficientes de variação genética e dos coeficientes de variação de ambiente estão apresentados na Tabela 9. Observa-se que o maior coeficiente de variação genética ocorreu para o peso da matéria seca da parte aérea e o menor para a altura de plantas. De um modo geral pode-se considerar que existe variação genética entre os genótipos para todas as características consideradas.

Um parâmetro bastante interessante para ser observado nesta mesma tabela é o coeficiente B, o qual nos fornece uma indicação da variabilidade genética de um caráter sem a influência da média geral do mesmo. Os maiores índices se referem aos caracteres que apresentaram proporcionalmente maior variação genética e menor variação ambiental.

As estimativas da herdabilidade no sentido amplo, estão apresentadas na Tabela 10. Observa-se que a maior estimativa foi o caráter comprimento máximo de raiz (0,1758) e a menor para o peso da matéria seca das raízes (0,0323). De maneira geral, houve uma concordância perfeita entre estas estimativas e os coeficientes B es-

timados anteriormente.

Estes resultados mais uma vez indicam que a grande variabilidade existente entre os genótipos é devido aos efeitos genéticos e não ambientais.

#### 4.4. Correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente

Os coeficientes de correlações genotípicas, fenotípicas e de ambientes foram obtidos a partir dos produtos médios das análises de covariância entre os caracteres avaliados. Os produtos médios obtidos são apresentados na Tabela 11.

As estimativas das correlações genotípicas ( $r_g$ ), fenotípicas ( $r_f$ ) e de ambientes ( $r_e$ ) estão apresentadas na Tabela 12. Analisando esta tabela, observa-se que todos os coeficientes de correlação genotípica foram positivos e diferentes de zero, indicando que estes caracteres correlacionam-se geneticamente.

Os valores das correlações fenotípicas encontradas, apesar de baixos, foram altamente significativos. Esta situação é uma consequência do grande número de pares de observações usadas na computação destas estimativas, causando elevação do número de graus de liberdade e consequentemenu

te diminuindo o valor mínimo significativo. O maior valor encontrado 0,3480 foi para o comprimento máximo de raiz e altura de planta. Este resultado encontrado é devido ao fato dos dados serem tomados em plantas com 21 dias de idade, justamente no período em que ocorre maior desenvolvimento das raízes, o que proporciona um rápido crescimento inicial da planta, ocasionando portanto uma alta correlação entre estes dois caracteres avaliados. Estas correlações são apenas fenotípicas e podem estar mascaradas pelos efeitos ambientais.

Os coeficientes de correlação de ambiente foram todos positivos e diferentes de zero, evidenciando a influência do ambiente na correlação destes caracteres.

Para o caso onde existe correlação fenotípica alta e correlação de ambiente também alta, não se pode afirmar que estes dois caracteres se correlacionam geneticamente, como acontece com o comprimento máximo da raiz e altura de planta.

Procurando identificar a característica que melhor se correlaciona com a toxidez de Al, foi estimada a correlação fenotípica média ( $\bar{r}_f$ ) entre as mesmas duas duas. Como podemos observar na Tabela 13, a maior estimativa de  $\bar{r}_f$  foi obtido para o comprimento máximo de raiz

(0,7761), sugerindo que esta característica pode ser utilizada com certa precisão para avaliar a tolerância à toxidez de Al, uma vez que em média ela apresenta boa correlação com as outras. Em função deste fato, a reação dos genótipos à toxidez de Al será avaliada com base nesta característica.

#### 4.5. Determinação da melhor concentração para "screening"

Para determinar a concentração de Al que melhor discriminou os genótipos em estudo, determinou-se os coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ), os coeficientes de variação ambiental ( $CV_e$ ) e o índice B. Estes parâmetros foram estimados em função das concentrações de Al estudadas, para o caráter comprimento máximo de raiz, que foi considerado o caráter que melhor avalia a tolerância ao Al em arroz. Os resultados podem ser observados na Tabela 14 que ainda apresenta a média experimental geral. Observa-se que a média experimental apresenta uma tendência a decrescer a medida que as concentrações de Al aumentam. A concentração de 45 ppm de Al é a que apresenta o maior coeficiente de variação genética, o menor coeficiente de variação ambiental e o maior índice B. Disto se deduz que esta concentração é a que melhor discriminou os genótipos em estudo, podendo portanto ser usada como nível padrão para avaliar a tolerância de genótipos de arroz de sequeiro à toxidez de Al.

#### 4.6. Caracterização dos genótipos quanto as suas reações à toxidez de Al

Os resultados da análise conjunta de variância, para o caráter comprimento máximo de raiz (Tabela 8), evidenciaram a existência de diferenças altamente significativas para a interação variedades x concentrações, indicando haver um comportamento diferencial dos genótipos aos diferentes níveis de Al.

Tendo em vista estes resultados, foi efetuado o estudo da estabilidade fenotípica que permite predizer com mais detalhes o comportamento de cada variedade.

A análise da estabilidade apresentada na Tabela 15, revelou que a maior parte da variação devida a concentração dentro de variedades é explicada pela regressão linear. A variância dos efeitos lineares foi 600,92 vezes maior que a dos desvios de regressão reunidos. Esta grande parte da variação explicada pela regressão linear, corresponde a um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da ordem de 68,31% calculado com base na soma de quadrados. Trabalhos conduzidos com soja (BONATO, 1978), feijão (HERNANI, 1980; SANTOS, 1980); trigo (LEITE, 1978) e citros (SOARES, 1984) constituem igualmente exemplos de que a variação de variedades frente a flutuações ambientais, pode ser explicada através de linearidade.

A interação variedades x concentrações (linear) revelou a existência de diferenças genéticas entre os 91 genótipos avaliados quanto a seus comportamentos lineares, frente as concentrações de Al estudadas, o que significa, em outras palavras, que seus coeficientes de regressão linear ( $b_i$ ) não foram semelhantes. Desta maneira os coeficientes de regressão linear ( $b_i$ ) constituem-se nos parâmetros mais úteis para diferenciar a adaptação destas variedades à toxicidade de Al.

As variedades estudadas também apresentaram diferenças genéticas significativas para suas respostas não lineares, frente aos níveis de Al, indicando haver diferenças entre as mesmas quanto à predição de seus comportamentos em determinadas concentrações.

Pelo fato das variedades diferirem quanto aos seus comportamentos linear e não linear, os efeitos devidos a concentração (linear), interação de variedades x concentrações (linear) e também a variância dos desvios de regressão, foram decompostos nos efeitos linear e não linear para cada variedade (segunda parte da Tabela 15). Essa decomposição permite avaliar a resposta de cada variedade às diferentes concentrações de Al, em termos de regressão linear e seus desvios.

Pode-se observar que nem todas as variedades



apresentaram respostas significativas para o efeito linear. Essas respostas foram avaliadas, usando-se o quociente (teste F) entre as variâncias do efeito linear e não linear de cada variedade. O menor quociente (0,0286) foi apresentado pela variedade Guaíra e o maior (225,9096) pela variedade Batatais. Estes quocientes concordaram com os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) obtido para cada variedade, os quais variaram de 0,94% a 98,7% (Tabela 16). Esses limites correspondem respectivamente as mesmas variedades mencionadas anteriormente para a resposta ao efeito linear.

Na Tabela 15, observa-se ainda a não significância para os desvios de regressão linear para 79 variedades (87%). As cultivares Guedes, Catalão, Guapinha e Bacaba-2, apresentaram desvios intermediários, sendo significativos apenas ao nível de 5% de probabilidade. As demais variedades Amarelão, Prató Precoce, AUS-61, HBJ-Boro II, Procópio, Bico Preto, Patnai-6 e Rechoro, exibiram desvios da regressão significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Os coeficientes de regressão linear ( $b_i$ ) apresentados na Tabela 16, variaram de -0,16 na variedade IPSL-2070 até 2,67 na variedade Patnai-6, o que mostra uma tolerância diferencial das variedades à toxidez de Al.

EBERHART e RUSSELL (1966) consideram uma cultivar estável quando apresenta o coeficiente de regressão li

near igual a unidade ( $b = 1$ ) e variância dos desvios de regressão nula ( $s^2_d = 0$ ), associados a uma média fenotípica alta. De acordo com este conceito, uma variedade estável é aquela que apresenta respostas crescentes à medida que as condições de ambiente melhoram, além de apresentarem comportamentos previsível.

Quando o coeficiente de regressão linear de uma variedade é superior a unidade ( $b > 1$ ), indica uma elevada sensibilidade a mudanças de ambientes. Isto significa que esta variedade responde positivamente a melhoria das condições ambientais, indicando maior especificidade na adaptação a ambientes de alta produtividade, mas o seu desenvolvimento pode tornar-se bastante prejudicado em ambientes desfavoráveis, como aqueles com alta toxidez de Al. Por outro lado quando o coeficiente de regressão linear é inferior à unidade ( $b < 1$ ), indica baixa sensibilidade à troca de ambientes e maior especificidade na adaptação a ambientes de baixa produtividade, e esta variedade não responde satisfatoriamente as melhorias das condições ambientais, calagem por exemplo, mas também não sofre prejuízos sérios em ambientes desfavoráveis.

Dentro destas colocações, é fácil perceber que o coeficiente de regressão linear é útil para indicar a que tipos de ambientes se adapta uma determinada cultivar.

A variância dos desvios da reta de regressão ( $s^2_d$ ) é o parâmetro que avalia a estabilidade de resposta as várias condições ambientais. Os elevados desvios da linearidade revelam que o comportamento de uma cultivar sofre grandes oscilações em torno da resposta esperada nos diversos ambientes. O ideal seria uma variedade com um comportamento previsível, possuindo uma pequena variância dos desvios, isto é uma variedade que em condições ambientais semelhantes, tenha também um desenvolvimento similar.

No presente estudo, o que se deseja são aquelas variedades que tenham boa adaptação aos ambientes desfavoráveis, isto é, ambientes com toxidez de Al. Isto significa que a cultivar deve possuir um coeficiente de regressão linear menor que a unidade ( $b < 1$ ), desvios de regressão tão pequenos quanto possíveis ( $s^2_d = 0$ ) e médias do comprimento máximo de raiz altas, o que implica em um bom desenvolvimento do sistema radicular, que conseqüentemente corresponderá a um alto potencial produtivo.

Adotando este critério para avaliar a tolerância diferencial dos 91 genótipos brasileiros de arroz de sequeiro à toxidez de Al, observa-se na Figura 1 a relação entre médias do comprimento máximo de raiz e coeficientes de regressão linear ( $b_i$ ) das variedades, submetidas a cinco concentrações diferentes de Al. As linhas verticais são um des

vio padrão acima e abaixo da média geral ( $\bar{X}$ ) e as linhas horizontais são um desvio padrão acima e abaixo do coeficiente de regressão médio ( $b = 1$ ). Todas as estimativas de variância dos desvios de regressão diferentes de zero são simbolizadas por \*.

Com base nos coeficientes de regressão linear ( $b_i$ ), nas médias do comprimento máximo de raiz e considerando a zonificação feita na Figura 1 para interpretação destes parâmetros, os diversos genótipos foram agrupados em três categorias de acordo com sua tolerância a altos níveis de Al.

*Tolerância baixa* - Observa-se na Figura 1 que 14 genótipos, correspondendo cerca de 15,4% do total avaliado, apresentaram coeficiente de regressão linear superior à unidade ( $b > 1$ ). Estas variedades estão localizadas na região 1 do gráfico da Figura 1, e são específicas para ambientes sem toxidez de Al. Em ambientes com altas concentrações de Al, seu desenvolvimento é extremamente prejudicado e sua produtividade é baixa, e a medida que as concentrações diminuem seu desenvolvimento melhora notoriamente.

Na Figura 2, apresenta-se a linha de regressão (índice ambiental x médias do comprimento de raiz) para os genótipos AUS-75 (nº 29); AUS-8 (nº 30) e Preto Cultivado (nº 64), que comportaram-se como sensíveis à toxidez de

Al, em relação aos outros genótipos avaliados. Observa-se nesta figura que estes genótipos tiveram seu desenvolvimento sempre abaixo da linha média, em ambientes com altos níveis de Al. O ponto de encontro de suas linhas de regressão com a linha média indica aproximadamente o índice ambiental em que seus desenvolvimentos passam a ser maior que a média. Daí em diante segue afastando-se cada vez mais acima da média, melhorando cada vez mais seu desenvolvimento, a medida que os níveis de Al decrescem.

*Tolerância média* - Analisando a mesma Figura 1, observa-se que 62 genótipos, correspondendo cerca de 68,1% do total avaliado, tiveram seus coeficientes de regressão linear estatisticamente igual a unidade ( $b = 1$ ). Estes genótipos possuem uma adaptabilidade média a ambientes com toxidez de Al e estão localizados na região 2 do gráfico da Figura 1. Genótipos com médias fenotípicas superiores a média geral ( $\bar{X}$ ) possuem capacidade geral de adaptação. Na Figura 3, é apresentada a linha de regressão dos genótipos B-9-34-8 (nº 68), IAC-25 (nº 14), Pratão (nº 9) e IAC-120 (nº 17). Analisando esta figura, observa-se que os genótipos com médias fenotípicas inferiores a média geral, tem sua linha de regressão sempre abaixo da média em todos os índices ambientais. Genótipos com médias iguais a média geral, como o IAC-25, por exemplo, tem suas linhas

de regressão sempre acima ou abaixo da linha média, porém sempre próximo a ela. Por sua vez, os genótipos com médias superiores a média geral como os IAC-120 e Pratao tem suas linhas de regressão sempre acima da média, indicando sua capacidade geral de adaptação.

*Tolerância alta* - A análise da Figura 1 ainda mostra que 15 genótipos, cerca de 16,5% do total avaliado, tiveram seu coeficiente de regressão linear menor que a unidade e muito próximo a zero ( $b \approx 0$ ). Eles são bem adaptados a ambientes com alta toxidez de Al, e estão localizadas na região 3 do gráfico da Figura 1. Na Figura 4 é apresentada a linha de regressão dos genótipos IAC Médio (nº 72), Guaíra (nº 2), IAC-1246 (nº 15) e Paraíba (nº 91). Nesta figura, observa-se que em índices ambientais baixos (níveis de Al elevados) suas linhas de regressão estão acima da média, nos níveis inferiores estão abaixo dela. O ponto de encontro das duas retas indica até em que nível de Al sua produção é superior.

Na Figura 5 são apresentadas as linhas de regressão dos genótipos IAC-1246 (nº 15); IAC-25 (nº 14) e Preto Cultivado (nº 64) de tolerância alta, média e baixa, respectivamente, a ambiente como toxidez de Al. Observa-se que, em ambientes com alta saturação de Al (índice ambientais baixos), o genótipo com tolerância alta tem seu de-

desenvolvimento superior aos demais, a medida que os níveis de Al decrescem os demais genótipos passam a ter um desenvolvimento superior a ela. Esses resultados evidenciam a necessidade de se desenvolverem variedades adaptadas a cada ambiente específico.

Na Tabela 17 é apresentado um resumo do comportamento dos 91 genótipos brasileiros de arroz de sequeiro à toxidez de Al. Devemos lembrar porém que a avaliação da tolerância à toxidez de Al foi realizada em termos comparativos, dentro do conjunto de genótipos em estudo.

Os resultados aqui apresentados confirmam mais uma vez as diferenças genéticas existentes entre variedades de arroz à toxidez de Al, conforme foi observado por HOWELER e CADAVID (1976), KONZAK *et alii* (1976), FAGÉRIA e ZIMMERMANN (1979), CUTRIM (1980), SILVA (1982) e NELSON (1983).

Os genótipos melhorados desenvolvidos pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC) como IAC-1246, IAC-1131, IAC-25, IAC-5544, IAC-5032, IAC-120 e IAC-47 parecem tolerar muito bem a toxidez de Al, pois seus coeficientes de regressão linear foram próximos ou inferiores a unidade, os desvios de regressão não diferiram estatisticamente de zero e suas médias fenotípicas sempre ficaram em torno da média geral. Esses resultados confirmaram os já obtidos anteriormente no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados

(CPAC) EMBRAPA (1976), que recomendam as variedades IAC-25 , IAC-1246 e IAC-47 para as condições de cerrado, devido apresentarem capacidade produtiva satisfatória em presença de Al tóxico e alto poder de absorção de fósforo do solo. Resultados semelhantes foram obtidos em solução nutritiva por FURLANI (1982) (comunicação pessoal). Esses resultados porém não concordaram com os obtidos por FAGÉRIA e ZIMMERMANN (1979) onde classificaram estas variedades como de tolerância baixa à toxidez de Al. Uma explicação possível para esta discordância é que estes autores classificaram as cultivares baseados no grau da equação de regressão, e admitiram como de tolerância baixa as cultivares com equação de regressão de primeiro grau negativas, entretanto os mesmos não levaram em consideração a declividade da reta, não observando os diferentes valores do coeficiente de regressão obtidos, para as diferentes cultivares avaliadas.

As variedades IAC-25 resultante do cruzamento dos progenitores Dourado Precoce e IAC-1246, e IAC-47 proveniente do cruzamento dos progenitores IAC-1246 e IAC-1391, classificadas como de tolerância média ao Al no presente estudo, provavelmente adquiriram os genes de tolerância do progenitor comum a ambas IAC-1246, que comportou-se como de tolerância alta no presente estudo.

As variedades IAC-5544 e IAC-5032 comporta-



ram-se como medianamente tolerantes à toxidez de Al, possuindo os mesmos valores para o coeficiente de regressão linear ( $b = 0,74$ ), sendo que ambas são originárias da hibridação dos progenitores Pérola e Pratão, que possuem uma tolerância média à toxidez de Al. Já o genótipo Pérola x Pratão (nº 77), desenvolvida pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), comportou-se como de tolerância alta à toxidez de Al.

Estes resultados sugerem que a tolerância à toxidez de Al é provavelmente controlada por poucos genes com dominância parcial, associada a poligenes, que constituem componentes poligênicos reguladores dos genes principais.

Pelos resultados obtidos no presente estudo, fica evidente a necessidade dos programas de melhoramento genéticos serem conduzidos nos locais onde as variedades serão cultivadas, e que os melhoristas brasileiros dispõem de excelentes genótipos para seus programas de melhoramento de arroz de sequeiro à toxidez de Al.

## 5. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos no presente trabalho po  
de-se concluir que:

- A metodologia empregada mostrou-se eficaz  
para avaliar a tolerância diferencial dos genótipos brasi  
leiros de arroz de sequeiro à toxidez de Al.

- Em altas concentrações foi observado o efeiu  
to tóxico do Al, para todas as características consideradas.

- O comprimento máximo de raiz foi a caracter  
ística que mostrou maior correlação com a toxidez de Al em  
arroz de sequeiro.

- A concentração de 45 ppm de Al foi consider  
rada como nível padrão para discriminar a tolerância diferenu

cial dos genótipos de arroz.

- Os noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro avaliados, diferiram marcadamente em sua tolerância a altos níveis de Al. A maioria deles, 62 variedades, correspondendo a 68,1% do total avaliado comportaram-se como de tolerância média, 14 genótipos, 15,4% comportaram-se como de tolerância baixa e os 15 restantes, 16,5% do total como altamente tolerantes à toxidez de Al.

- Os genótipos IPSL-2070, Guaíra, IAC-1246, Pérola x Pratão e Paraíba foram os mais tolerantes à toxidez de Al, enquanto que AUS-75, AUS-8, AUS-61, Patnai-6 e Recho-ro foram os mais sensíveis ao referido elemento..

## 6. LITERATURA CONSULTADA

ADAMS, F. e R.W. PEARSON, 1970. Differential response of cotton and peanuts to subsoil acidity. *Agronomy Journal*. Madison, 62: 9-12.

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.

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.

- ASEN, S., N.W. STUART e E.L. COX, 1963. Sepal color of *Hydrangea macrophylla* as influenced by the source of nitrogen available to plants. *Proceedings of the American society for Horticultural Science*, Michigan, 82: 504-507.
- BAHIA Fº, A.F.C., G.E. FRANÇA, G.U.E. PITTA, R. MAGNAVACA, J.F. MENDES, F.G.F.T.C. BAHIA e P. PEREIRA, 1978. Avaliação de linhagens e populações de milho em condições de elevada acidez. In: Anais XI Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, Piracicaba - SP, p. 51-58.
- BARTLETT, R.J. e D.C. RIEGO, 1972. Effect of chelation on the toxicity of aluminum. *Plant and Soil*. The Hague, 37: 419-423.
- BEAR, F.F., 1957. *Chemistry of the soil*. New York, Reinhold, 373 p.
- BECKMAN, I., 1945. O cultivo e melhoramento do trigo no sul do Brasil. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, 1 : 64-72.
- BECKMAN, I., 1976. Cultivation and breeding of wheat (*Triticum vulgare* Will) in the south of Brazil. In: WRIGHT, M. J. Ed. *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Beltsville, Maryland, p. 409-416.

BENNET, C.A. e N.L. FRANKLIN, 1963. *Statistical analysis in chemistry and the chemical industry*. 3ª ed., New York, John Wiley & Sons Inc., p. 402-427.

BERTRAND, D. e A. de WOLF, 1968. Aluminum, trace element necessary for corn? *Biology abstracts*, Menasha, 50: 133592.

BONATO, E.R., 1978. Estabilidade fenotípica da produção de grãos de dez cultivares de soja [*Glycine max* (L) Merrill] nas condições de Rio Grande do Sul. Piracicaba, ESALQ/USP. 75 p. (Dissertação de Mestrado)

BRENES, E. e R.W. PEARSON, 1973. Root responses of three gramineae species to soil acidity in an oxisol and an ultisol. *Soil Science*, Baltimore, 11: 295-302.

CATE, R.B. Jr. e A.P. SUKHAI, 1964. A study of aluminum in rice soils Britshi Guiana soil survey. *Soil Science*, Baltimore, 98: 85-93.

CLARK, R.B. e J.C. BROWN, 1974. Differential phosphorus uptake by phosphorus - stressed corn imbeds. *Crop Science*, Madison, 14: 505-508.

CLARKSON, D.T., 1965. The effect of aluminum and some other trivalent metal cations on cell division in the root of *Allium cepa*. *Annals of Botany*, London, 29: 309-315.

- CLARKSON, D.T., 1966. Effect of aluminum on the uptake and metabolism of phosphorus by barley seedlings. *Plant Physiology*, New York, 41: 165-172.
- CLARKSON, D.T., 1969. Metabolic aspects of aluminum toxicity and some possible mechanisms of resistance. In: RORISON, I.H., Ed. *Ecological aspects of the mineral nutrition of plants*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, p. 381-397.
- CLARKSON, D.T. e J. SANDERSON, 1969. The uptake of a polyvalent cation and its distribution in the root apices of *Allium cepa*: Tracer and autoradiographic studies. *Planta*, Berlim, 89: 136-157.
- CUTRIM, V. dos A., 1979. Herança da tolerância à toxidez causada pelo alumínio em arroz (*Oryza sativa* L.), Viçosa-Minas Gerais, 67 p. (Dissertação de Mestrado)
- DE WARD, P.W.F. e C.D. SUTTON, 1960. Toxicity of aluminum to black pepper (*Piper nigrum* L.) in Sarawak, *Nature*, London, 188: 1129-1130.
- EBERHART, S.A. e W.A. RUSSELL, 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, 6(1): 36-40.

EDWARDS, T.H., B.D. HORTON e H.C. KIRPATRICK, 1976. Aluminum toxicity symptoms in peach seedlings. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Michigan, 101: 133-142.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina. Relatório Técnico Anual, 1976-1977. 183 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1980. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas. Relatório Técnico Anual, 1979.

EVANS, C.E. e E.J. KAMPRATH, 1970. Lime response as related to percent aluminum saturation, solution aluminum and organic matter content. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 28: 381-386.

FAGÉRIA, N.K., 1982. Tolerância diferencial de cultivares de arroz ao alumínio em solução nutritiva. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 17(1): 1-9.

FAGÉRIA, N.K. e F.J.P. ZIMMERMANN, 1979. Seleção de cultivares de arroz para tolerância a toxidez de alumínio em solução nutritiva. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, 14: 141-147.



- FALCONER, D.S., 1964. Introducción a la genética cuantitativa. 5ª ed. Compañía Editorial Continental, S.A., México, p. 185-198.
- FLEMING, A.L. e C.D. FOY, 1968. Root structure reflects differential aluminum tolerance in wheat varieties. *Agronomy Journal*, Madison, 60: 172-176.
- FOY, C.D., 1974. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.W. Ed. *The plant root and its environment*. University Press of Virginia, Charlottesville, p. 601-642.
- 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. e J.C. BROWN, 1964. Toxic factor in acid soils: II. Differential aluminum tolerance of plant species. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 28: 27-34.
- FOY, C.D. e A.L. FLEMING, 1978. The physiology of plant tolerance to excess available aluminum and manganese in acid soils. In: JUNG, G.A. Ed. *Crops tolerance to sub optimal land conditions*. Amer. Soc. Agron., Madison, p. 301-328.

- FOY, C.D., W.H. ARMIGER, L.W. BRIGGLE e D.A. REID, 1965a.  
Differential aluminum tolerance of 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., R.L. CHANEY e M.C. WHITE, 1978. The physiology of metal toxicity in plants. *Annual Review of Plant Physiology*, New York, 29: 511-566.
- FOY, C.D., G.R. BURNS, J.C. BROWN e A.L. FLEMING, 1965b.  
Differential aluminum tolerance of two wheat varieties associated with plant induced pH changes around their roots. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 29(1): 64-67.
- 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 American Proceedings*, Madison, 31(4): 513-521.
- FOY, C.D., G.C. GERLOFF e W.H. GABELMAN, 1973. Differential effects of aluminum on the vegetative growth of tomato cultivars in acid soil and nutrient solution. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Michigan, 98(5): 427-432.
- 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(6): 751-758.
- FREIRE, J.R.J., 1976. Comportamento da soja e do seu rizóbio ao Al e Mn nos solos do Rio Grande do Sul. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 28(2): 169-170.
- FURLANI, P.R. e R.B. CLARK, 1981. Screening sorghum for aluminum tolerance in nutrient solution. *Agronomy Journal*, Madison, 73: 587-594.
- FURLANI, P., M.A.C. de MIRANDA, L.C. da S. RAMOS e O. BATALIA, 1979. Comportamento diferencial de três cultivares de soja em relação à toxidez de alumínio. Resumos da 31ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. p. 16.

GALLO, J.R., R. HIROCE, O.C. BATAGLIA e M. ALCOVER, 1972.

Teores de alumínio, manganês, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em sessenta variedades de trigo e sua reação com o "crestamento". *Bragantia*, Campinas, 31: XXXV-XLI.

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

GARCIA, O. Jr. e W.J. da SILVA, 1979. Análise genética da tolerância ao alumínio em milho. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 31: 585.

GARCIA, O. Jr., W.J. da SILVA e M.A.S. MASSEI, 1979. An efficient method for screening maize inbreds for aluminum tolerance. *Maydica*, Itália, 24: 75-82.

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

HACKET, C., 1962. Stimulative of aluminum on plant growth. *Nature*, London, 195: 471-472.

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

HERNANI, L.C., 1980. Metodologia de seleção de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao alumínio em solução nutritiva. Piracicaba, ESALQ/USP, 81 p. (Dissertação de Mestrado).

HOAGLAND, D.R. e D.I. ARNON, 1950. *The water culture method for growing plants without soil*. Cali. Agr. Exp. Sta. (Circ. 347).

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

HUCK, M.G., 1972. Impairment of sucrose utilization for cell wall formation in the roots of aluminum damaged cotton seedlings. *Plant and Cell Physiology*, Kyoto, 13: 7-14.

JACOMINE, P.K.T., 1969. Descrição das características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas de alguns perfis de solos sob vegetação de cerrado. Boletim Técnico. Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo nº 11. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, p. 1-126.

JOHNSON, R.E. e W.A. JACKSON, 1964. Calcium uptake and transport by wheat seedlings as affected by aluminum. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 28: 381-386.

- JONES, L.H., 1961. Aluminum uptake and toxicity in plants. *Plant and Soil*, The Hague, 13: 297-310.
- KAMPRATH, E.J., 1970. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 34: 252-254.
- KEMPTHORNE, O., 1957. *An introduction to genetic statistics*. Ames, Iowa, The Iowa University Press 545 p.
- KERRIDGE, P.C. e W.E. KRONSTAD, 1968. Evidence of genetic resistance to aluminum toxicity in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy Journal*, Madison, 60: 710-711.
- KERRIDGE, P.C., M.D. DAWSON e D.P. MOORE, 1971. Separation of degrees of aluminum in wheat. *Agronomy Journal*, Madison, 63: 586-591.
- KESER, M., B.F. NEUBAUER e F.E. HUTCHINSON, 1975. Influence of aluminum ions on development morphology of sugarbeet roots. *Agronomy Journal*, Madison, 67: 84-88.
- KESER, M., B.F. NEUBAUER, F.E. HUTCHINSON e D.B. VERRIL, 1977. Differential aluminum tolerance of sugarbeet cultivars, as evidenced by anatomical structure. *Agronomy Journal*, Madison, 69: 347-350.
- KLIMASHEVSKII, E.L. e K.K. BEREZOUSKII, 1973. Genetic Resistance of plants to ionic toxicity in the root zone. *Soviet plant Physiology*, New York, 20(2): 51-54.

- KLIMASHEVSKII, E.L. e N.F. CHERNYSHEVA, 1980. Content of organic acids and physiologically active compounds in plants differing in their susceptibility to the toxicity of  $Al^{+3}$ . *Soviet Agricultural Sciences*, New York, 2: 5-8.
- KLIMASHEVSKII, E.L. e V.M. DEDOV, 1975. Localization of the mechanism of growth inhibiting action of  $Al^{+3}$  in elongation cells walls. *Soviet Plant Physiology*, New York, 22(6): 1040-1047.
- KONZAK, C.F., E. POLLE e J.A. KITTRICH, 1976. Screening several crops for aluminum tolerance. In: WRIGHT, M.J. Ed. *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Beltsville, Maryland, p. 311-327.
- LAFEVER, H.N. e L.G. CAMPBELL, 1978. Inheritance of aluminum tolerance in wheat. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, Quebec, 20: 355-364.
- LAFEVER, H.N., L.G. CAMPBELL e C.D. FOY, 1977. Differential response of wheat cultivars to Al. *Agronomy Journal*, Madison, 69(4): 563-568.
- LANCE, J.C. e R.W. PEARSON, 1969. Effect of low concentrations of aluminum on growth and water and nutrient uptake by cotton roots. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 33: 95-98.

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

LEE, C.R., 1971b. Influence of aluminum on plant growth and tuber yield of potatoes. *Agronomy Journal*, Madison, 63: 363-364.

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).

LEVAN, A., 1945. Cytological reactions induced by inorganic solutions. *Nature*, London, 156: 751-752.

LIBIEG, G.F. Jr., A.P. VANSELOW e H.O. CHAPMAN, 1942. Effects of aluminum on copper toxicity, as revealed by solution-culture and spectrographic studies of citrus. *Soil Science*, Baltimore, 53: 341-351.

LUTZ, J.A. Jr., G.W. HAWKINS e C.F. GENTER, 1971. Differential response of corn inbreds and single crosses to certain properties of an acid soil. *Agronomy Journal*, Madison, 63: 803-805.



- Mac LEOD, L.B. e L.P. JACKSON, 1965. Effect of concentration of the aluminum ion on root development and establishment of legume seedlings. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, 45: 221-234.
- Mac LEOD, 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.
- MAGNAVACA, R., 1982. Genetic variability and inheritance of aluminum tolerance in maize (*Zea mays* L.). University of Nebraska, 135 p. (PhD Thesis).
- MALAVOLTA, E., 1975. *Práticas de Nutrição Mineral de Plantas*. Curso de Pós-Graduação de Solos e Nutrição de Plantas. Apostila mimeografada, 65 p.
- MALAVOLTA, E., J.R. SARRUGE e V.C. BITTENCOURT, 1977. Toxicidade de alumínio e manganês. In: IV Simpósio sobre o Cerrado, Brasília, 1976. p. 275-301.
- MALUF, A.M., 1984. Avaliação da variabilidade intra e inter populacional para tolerância ao alumínio em leucena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.]. Piracicaba, ESALQ/USP. 110 p. (Dissertação de Mestrado).
- MARTINI, J.A., R.A. KOCHHANN, E.P. GOMES e F. LANGER, 1977. Response of wheat cultivars to liming in some high Al. oxisols of Rio Grande do Sul. Brasil. *Agronomy Journal*, Madison, 69(4); 612-616.

MATSUMOTO, H., E. HIRASAWA, H. TORIKAI e E. TAKAHASHI, 1976.

Localization of absorbed aluminum in pea root and its binding to nucleic acids. *Plant and Cell Physiology*, Kyoto, 17: 127-137.

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

Mc CORMICK, L.H. e F.Y. BORDEN, 1974. The occurrence of aluminum phosphate precipitate in plant roots. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 38: 931-934.

Mc CART, G.D. e E.J. KAMPRATH, 1965. Suppling calcium and magnesium for cotton on sandy, low cation exchange capacity soils. *Agronomy Journal*, Madison, 57: 404-406.

Mc LEAN, F.T. e B.E. GILBERT, 1927. The relative aluminum tolerance of crops plants. *Soil Science*, Baltimore, 24: 163-175.

Mc LEAN, A.A. e T.C. CHIASSON, 1966. Performance of two barley varieties to varyng aluminum concentrations. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, 46: 147-153.

- MELO, B. de, P.M. de REZENDE e M.A.P. RAMALHO, 1980. Tolerância da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] à níveis de saturação de alumínio, em condições de casa de vegetação, para solo sob cerrado. *Ciência e Prática*, Lavras, 4(2): 109-118.
- MERCADO, B.T. e J.R. VELASCO, 1961. Effect of aluminum on the growth of coconut and other plants. *Philippine Agriculturist*, Laguna, 45: 268-274.
- MEREDITH, C.P., 1978a. Response of cultured tomato cells to aluminum. *Plant Science Letters*, Ireland, 12: 17-24.
- MEREDITH, C.P., 1978b. Selection and characterization of aluminum - resistant variants from tomato cultures. *Plant Science Letters*, Ireland, 12: 25-34.
- MESDAG, J. e L.A. SLOOTMAKER, 1969. Classifying wheat varieties for tolerance to high soil acidity. *Euphytica*. Wageningen, 18: 36-42,
- MOORE, D.P., 1976. Screening wheat for aluminum tolerance. In: Wright, M.J. Ed. *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Beltsville, Maryland, p. 287-296.
- MUGWIRA, L.M. e S.M. ELGAWHARY, 1979. Aluminum accumulation and tolerance of triticale and wheat in relation to root cation exchange capacity. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 33: 95-98.

- MUGWIRA, L.M., S.M. ELGANHARY e S.V. PATEL, 1978. Aluminum tolerance in triticale, wheat and rye as measured by root growth characteristics and aluminum concentration. *Plant and Soil*, Netherlands, 50: 681-690.
- MUGWIRA, L.M., V.T. SAPRA, S.V. PATEL e M.A. CHOUDRY, 1981. Aluminum tolerance of triticale and wheat cultivars developed in different regions. *Agronomy Journal*, Madison, 73: 470-475.
- MUNNS, D.N., 1965. Soil acidity and growth of a legume. II Reaction of aluminum and phosphate in solution and effects of aluminum, phosphate, calcium, and pH on *Medicago sativa* L. and *Trifolium subterraneum* L. in solution culture. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, 16: 743-755.
- 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. Mc D. STEWART e R.J. LEWIS, 1978. Accumulation sites of Al in snapbean and cotton roots. *Agronomy Journal*, Madison, 70: 489-492.

- NASPOLINI F., V., R.T. VIANA, E.E.G. GAMA e R. VENCOVSKY, 1980. Comportamento de progenies de milho sob condições de solo normal e de cerrado. In: Anais XIII Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, Londrina, PR, p. 18.
- NEENAN, M., 1960. The effects of soils acidity on the growth of cereals with particular reference to the differential reaction of varieties thereto. *Plant and Soil*. The Hague, 12: 324-328.
- NELSON, L.E., 1983. Tolerances of 20 rice cultivars to excess Al and Mn. *Agronomy Journal*, Madison, 75(1): 134-138.
- NODARI, R.O., 1980. Bases genéticas da herança do caráter tolerância ao crestamento em genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 90 p. (Dissertação de Mestrado).
- NOGUEIRA, F.D., 1979. Efeito do alumínio no sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], Piracicaba, ESALQ/USP, 120 p. (Tese de Doutorado).
- OLIVEIRA, I.P., 1980. Efeitos do alumínio e de micronutrientes no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 194 p. (Tese de Doutorado).

- OTA, Y., 1968. Studies on the occurrence of physiological disease of rice called "bronzing". *Bull. Nat. Inst. Agric. Sci.*, Nishigahara, Tokyo, Japan. Serie D (Plant physiology genetics and crops in general) nº 18.
- PAIVA, B.O., 1942. Notas sobre fisiologia e seleção de trigo. *Revista Agronômica*, Porto Alegre, 6: 535-536.
- PAIVA, B.O., 1976. Selection and fertilization. In: WRIGHT, M.J., Ed. *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Beltsville, Maryland, p. 401-407.
- PIMENTEL GOMES, F., 1978. Curso de Estatística Experimental, 7ª ed., Piracicaba, Livraria Nobel S.A, 430 p.
- POLLE, E., C.F. KONZAK e J.A. KITRICK, 1978a. *Rapid Screening of wheat for tolerance to Al in breeding varieties better adapted to acid soils, stain method*. Washington, office agriculture, development support bureau, Agency for International Development, 21 p. (Agriculture Technology for developing countries, Technical series Bulletin, nº 21).
- POLLE, E., C.F. KONZAK e J.A. KITTRICH, 1978b. Visual detection of aluminum tolerance levels in wheat by hematoxylin staining of seedlings roots. *Crop Science*, Madison, 18: 823-827.

- PRATT, P.F., 1966. Aluminum. In: CHAPMAN, H.D. Ed. *Diagnostic criteria for plants and soils*, University of California, Division of Agriculture Sciences, 761 p.
- PRESTES, A.M., C.F. KONZAK e J.W. HENDRIX, 1975. An improved seedling culture method for screening wheat for tolerance to toxic levels of aluminum. *Agronomy Abstracts*, Madison, p. 60.
- RAGLAND, J.L., e N.T. COLEMAN, 1962. Influence of aluminum on phosphorus uptake by snapbean roots. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 26: 88-90.
- RASMUSSEN, H.P., 1968. Entry and distribution of aluminum in *Zea mays*. The mode of entry and distribution of aluminum in *Zea mays*: Electron microprobe X ray analysis. *Planta*, Berlin, 81: 28-37.
- REES, W.J. e G.H. SIDRAK, 1961. Plant Nutrition on fly ash. *Plant and Soil*, The Hague, 8: 141-159.
- REID, D.A., 1971. Genetic control of reaction to aluminum in winter barley. In: NILAN, R.A., Ed. *2<sup>nd</sup> International Barley Genetics Symposium*. Pullman, Washington State University Press, p. 409-413.

REID, D.A., 1976. Genetic potentials for solving problems of soil mineral stress; Aluminum and manganese toxicities in the cereal grains. In: WRIGHT, M.J. Ed. *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Beltsville, Maryland, p. 55-64.

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; 600-603.

REID, D.A., G.D. JONES, W.H. ARMIGER, C.D. FOY, E.J. KOCH e T.M. STARLING, 1969. Differential aluminum tolerance of winter barley varieties and selections in associated greenhouse and field experiments. *Agronomy Journal*, Madison, 61(2): 218-222.

RHUE, R.D., 1979. Differential aluminum tolerance in crop plants. In: MUSSEL, H. e R.C. STAPLES, Eds. *Stress Physiology in crop plants*, John Wiley & Sons, New York, p. 61-80.

RHUE, R.D. e C.O. GROGAN, 1976. Screening for aluminum tolerance. In: WRIGHT, M.J. Ed. *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*, Beltsville, Maryland, p. 297-310.



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

RIOS, M.A. e R.W. PEARSON, 1964. The effect of some chemical environmental factors on cotton behavior. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 28: 232-235.

RORISON, I.H., 1958. The effect of aluminum on legume nutrition. In: HALLSWORTH, E.C. Ed. *Nutrition of the legumes*. Butteworth's Scientific Publications, London, p. 43-58.

RORISON, I.H., 1965. The effect of aluminum on the uptake and incorporation of phosphate by exciside sanfoin roots. *New Phytology*, Cambridge, 64: 23-27.

SANTOS, J.B. dos, 1980. Estabilidade fenotípica de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) nas condições do Sul de Minas Gerais. Piracicaba, ESALQ/USP, 110 p. (Dissertação de Mestrado).

SAMPSON, M., D. CLARKSON e D.D. DAVIES, 1965. DNA Synthesis in aluminum treated roots of barley. *Science*, Washington 148: 1476-1477.

- SARTAIN, J.B. e E.J. KAMPRATH, 1977. Effect of soil Al saturation on nutrient concentration of soybeans 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.
- SILVA, A.R. da, 1973. Trigo mexicano a falsa esperança de salvação. *A Granja*, Porto Alegre, 29: 44-53.
- SILVA, A.R., 1974. Uma pesquisa prioritária, criação de variedades de plantas cultivadas, resistentes à toxidez de manganês e alumínio nos solos. *A Lavoura*, Rio de Janeiro, 77: 11-13.
- SILVA, W.J. da, 1979. Seleção de milho tolerante ao alumínio. Anais da XIII Reunião da Sociedade de Genética, Jaboticabal, SP, p. 107-113.
- SILVA, A.F. da, 1982. Avaliação de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) à saturação de alumínio em solos sob vegetação de cerrado. Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 81 p. (Dissertação de Mestrado).

- SLOOTMAKER, L.A.J., 1974. Tolerance to high acidity in wheat related species, rye and triticale. *Euphytica*, Wageningen, 23(3); 505-513.
- SLOOTMAKER, L.A.J. e J.F. ARZADUN, 1969. Selection of young barley plants for tolerance to high soil acidity in relations with some agronomic characteristics of mature plants. *Euphytica*, Wageningen, 18; 157-162.
- SOARES Fº, V. dos S., 1984. Estabilidade fenotípica de porta enxertos para laranja natal [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] nas condições ecológicas do Recôncavo Baiano, Piracicaba, ESALQ/USP, 111 p. (Dissertação de Mestrado).
- SOUZA, C. e E.P. GOMES, 1970. Informações preliminares sobre a reação de variedades de trigo ao crestamento em condições de campo. Relatório de Pesquisa realizado na Estação Experimental de Passo Fundo, Pelotas, IPEAS.
- SPAIN, J.M., 1976. Field studies on tolerance of plant species and cultivars to acid soil conditions in Colombia. In: WRIGHT, M.J. Ed., *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Beltsville, Maryland, p. 213-222.
- STEEL, R.G.D. e J.H. TORRIE, 1960. Principles of procedures of statistics. Mc Graw Hill Book Co, Inc., New York, 481 p.

- STOLEN, O. e S. ANDERSEN, 1978. Inheritance of tolerance to low soil pH in barley. *Hereditas*, Sweden, 88(1): 101-105.
- STOCKMEYER, E.W., H.L. EVERETT e D. RHUE, 1978. Aluminum tolerance in maize seedlings as measured by primary root length in nutrient solutions. *Maize Genetics Cooperation NewsLetter*, Bloomington, 52: 15-16.
- THAWORWONG, N. e A. Van DIEST, 1974. Influences of high acidity and aluminum on the growth of lowland rice. *Plant and soil*. The Hague, 41: 141-159.
- VOSE, P.B. e P.J. RANDALL, 1962. Resistanceto aluminum and manganese toxicities in plants related to variety and cation-exchange capacity. *Nature*, London, 1966:85-86.
- VENCOVSKY, R., 1969. Genética Quantitativa. In: KERR, W.E. Ed, *Melhoramento e Genética*, São Paulo, Editora Melhoramentos, p. 17-37.
- WALLACE, A. e E.M. ROMNEY, 1977. Aluminum toxicity in plants grown in solution culture. *Communication in soil Science and Plant analysis*. New York, 8: 791-794.
- WUTKE, A.C.P., 1972. Acidez. In: MONIZ, A.C. Coord. *Elementos de Pedologia*. São Paulo, Editora Polígono, p. 149 - 168.

YAMADA, M.M., 1980. Estudos de métodos para testes de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) tolerantes ao alumínio. Viçosa-MG. 35 p. (Dissertação de Mestrado).

TABELAS

TABELA 4. Resultados médios <sup>1/</sup> do comprimento máximo de raiz (cm), obtidos para os noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al. Piracicaba, 1981/1982.

Variedades	Concentração de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
1. Bico Ganga	22,06	18,12	17,05	18,70	15,94
2. Guaíra	16,81	16,17	19,08	16,48	16,56
3. Dourado Precoce	24,61	20,93	17,19	21,08	15,45
4. 4 Meses	22,60	17,87	17,94	19,05	15,47
5. Guedes	20,35	22,10	18,50	18,57	11,00
6. Catalão	24,33	20,07	17,05	14,45	14,50
7. Amarelão	22,63	15,87	16,68	17,40	13,27
8. Prató Precoce	22,62	23,47	18,90	20,21	7,80
9. Prató	21,88	20,41	18,60	19,33	13,87
10. Matão	17,41	19,77	15,01	15,73	13,22
11. Fernandez	19,40	14,22	19,30	18,72	15,52
12. Iguape Redondo	19,80	17,63	18,37	18,31	15,22
13. IAC-5544	19,47	19,50	18,92	20,05	15,17
14. IAC-25	18,80	17,48	19,11	18,77	15,07
15. IAC-1246	18,37	20,03	17,12	18,11	16,48
16. IAC-1131	21,13	16,95	18,08	17,30	17,20
17. IAC-120	23,26	18,89	21,36	17,37	17,89
18. IAC-47	19,43	16,53	19,27	18,20	13,57

- continua -

<sup>1/</sup> Médias de 30 observações (3 repetições x 10 plantas por parcela).

TABELA 4. (continuação)

Variedades	Concentração de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
19. IAC-5032	20,06	15,64	17,93	19,48	15,03
20. IPSL-462	18,75	17,75	18,52	17,97	13,80
21. IPSL-970	22,78	16,20	19,22	18,97	17,90
22. IPSL-2060	20,17	19,65	19,72	15,65	16,80
23. IPSL-270	22,65	18,47	21,05	18,61	15,02
24. IPSL-165	22,90	17,10	17,44	19,61	15,03
25. Kinka BC	19,73	17,98	15,78	18,39	13,80
26. Linha 24-59	19,10	16,53	17,08	13,56	10,73
27. H 10/V7	18,36	18,27	20,08	18,70	14,18
28. KT-29	20,39	18,62	18,70	19,87	17,40
29. AUS-75	20,06	14,60	12,19	10,85	7,11
30. AUS-8	20,03	16,77	12,92	11,74	8,97
31. AUS-61	18,73	18,90	17,25	11,51	9,37
32. DV-88	22,00	20,02	17,38	18,12	14,92
33. HBJ Boro II	17,77	19,07	18,19	11,93	10,77
34. IPSI-1869	17,93	18,87	17,07	18,18	12,38
35. IPSL-162	19,40	16,80	19,32	18,12	14,62
36. IPSL-1070	21,27	18,32	17,57	17,78	15,30
37. IPSL-469	20,43	15,73	19,86	16,45	14,13
38. IPSL-2270	22,73	18,55	19,25	19,50	15,72
39. Iguapão	16,69	17,47	15,56	17,68	14,55

- continua -



TABELA 4. (continuação)

Variedades	Concentração de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
40. Iguape	19,14	19,45	18,97	19,52	15,35
41. IAC-416	19,37	15,58	15,99	17,27	15,88
42. Montanha Liso	25,30	20,05	17,77	20,42	15,47
43. Nuglin-24	20,36	19,25	19,47	19,80	16,20
44. IPSL-2070	14,90	17,29	18,92	18,00	16,32
45. P-96-205	23,77	18,67	18,25	16,21	16,70
46. Bacaba-1	18,08	19,20	18,85	19,23	15,60
47. Procópio	23,15	18,10	14,48	19,46	17,03
48. Santa América	16,68	17,89	18,30	18,57	13,28
49. Guapinha	17,03	17,83	17,67	20,05	13,02
50. Brejeiro	17,69	17,02	16,77	15,91	13,82
51. Caqui	18,55	18,03	16,82	16,20	12,07
52. Corte	18,55	15,50	18,87	19,36	13,82
53. Agulha Branco	22,07	19,10	20,68	18,12	18,26
54. Ourinho	20,50	19,19	17,45	19,59	17,74
55. Bico Preto	20,90	21,28	17,33	12,20	14,43
56. Palha Murcha	17,92	18,85	19,29	17,39	15,90
57. Canela de Aço	19,13	18,04	19,17	18,89	13,70
58. Agulhão	19,96	18,54	16,31	17,33	16,08
59. Batatais	22,08	19,90	19,93	19,02	15,31

- continua -

TABELA 4. (continuação)

Variedades	Concentrações de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
60. Zebú	20,08	18,85	16,12	19,72	11,43
61. Cartuna	25,04	19,30	18,47	19,14	15,29
62. E-425	23,51	18,53	18,90	18,41	16,30
63. PI-160-638	22,89	17,92	14,06	15,89	12,50
64. Preto Cultivado	24,05	16,98	19,75	19,19	13,03
65. Agulha Esav	19,41	18,97	18,11	16,61	14,47
66. IPSL-1770	18,15	17,70	17,52	16,92	14,74
67. Patnai-6	20,41	18,60	13,96	7,43	5,03
68. B-9-34-8	18,34	13,65	12,68	12,39	9,67
69. IPSL-163	19,38	17,53	16,37	16,60	15,20
70. IAC-66-5154	24,32	18,67	19,30	19,21	16,67
71. IPSL-362	22,18	16,76	18,36	18,51	14,82
72. IAC médio	16,83	16,77	16,63	15,22	14,07
73. Prata	18,45	18,24	15,35	17,73	14,61
74. Mangaba	19,85	16,72	19,33	19,21	16,37
75. Enche Tulha	22,55	17,88	19,05	18,61	14,02
76. Lageado	19,72	17,60	19,68	19,99	13,94
77. Perola x Pratao	19,43	20,26	17,87	20,03	17,37
78. Mimoso	20,25	17,29	19,68	17,17	14,77
79. Híbrido C-12	22,77	19,55	19,67	17,61	13,44

- continua -

TABELA 4. (continuação)

Variedades	Concentração de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
80. Três Potes	19,17	17,12	19,89	14,12	12,67
81. Pingo de Ouro	17,75	17,59	16,01	17,45	14,92
82. Cateto Seda	22,80	20,07	19,75	19,82	14,93
83. Bico Roxo	19,43	18,43	19,68	19,78	16,43
84. Cutiã Branco	22,10	20,44	18,52	18,39	15,65
85. Rechoro	23,20	17,33	12,88	8,61	6,73
86. Mogi	21,98	16,95	17,75	15,88	13,93
87. Serra Azul	20,82	18,73	17,03	18,87	13,46
88. Bacaba-2	15,37	18,69	18,56	19,41	15,17
89. Branquinho	20,27	16,73	16,28	13,40	10,90
90. Jaguari	21,30	18,83	16,00	15,94	13,63
91. Paraíba	20,70	18,45	18,83	20,10	17,57
Médias	20,37	18,17	17,83	17,49	14,29
DMS - Tukey 5%	9,20	8,57	6,88	6,81	11,81

TABELA 5. Resultados médios <sup>1/</sup> do peso da matéria seca das raízes (g), obtidos para os noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al. Piracicaba, 1981/1982.

Variedades	Concentração de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
1. Bico Ganga	0,0132	0,0072	0,0122	0,0081	0,0060
2. Guaira	0,0034	0,0141	0,0129	0,0075	0,0056
3. Dourado Precoce	0,0108	0,0087	0,0113	0,0087	0,0077
4. 4 Meses	0,0111	0,0057	0,0101	0,0031	0,0099
5. Guedes	0,0073	0,0107	0,0150	0,0082	0,0042
6. Catalão	0,0109	0,0047	0,0101	0,0077	0,0088
7. Amarelão	0,0056	0,0090	0,0100	0,0079	0,0072
8. Pratao Precoce	0,0076	0,0076	0,0150	0,0082	0,0067
9. Pratao	0,0072	0,0048	0,0123	0,0072	0,0079
10. Matão	0,0074	0,0086	0,0126	0,0067	0,0067
11. Fernandes	0,0075	0,0045	0,0131	0,0077	0,0075
12. Iguape Redondo	0,0092	0,0061	0,0076	0,0091	0,0093
13. IAC-5544	0,0070	0,0057	0,0132	0,0100	0,0089
14. IAC-25	0,0113	0,0038	0,0151	0,0101	0,0060
15. IAC-1246	0,0089	0,0112	0,0097	0,0092	0,0084
16. IAC-1131	0,0094	0,0047	0,0093	0,0094	0,0078
17. IAC-120	0,0115	0,0069	0,0101	0,0059	0,0069

- continua -

<sup>1/</sup> Médias de 30 observações (3 repetições x 10 plantas por parcela).

TABELA 5. (continuação)

Variedades	Concentração de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
18. IAC-47	0,0149	0,0042	0,0090	0,0083	0,0088
19. IAC-5032	0,0104	0,0042	0,0092	0,0074	0,0108
20. IPSL-462	0,0041	0,0089	0,0112	0,0086	0,0079
21. IPSL-970	0,0120	0,0075	0,0099	0,0078	0,0082
22. IPSL-2060	0,0112	0,0046	0,0079	0,0080	0,0023
23. IPSL-270	0,0108	0,0074	0,0102	0,0088	0,0070
24. IPSL-165	0,0072	0,0086	0,0144	0,0101	0,0097
25. Kinka BC	0,0080	0,0120	0,0069	0,0034	0,0049
26. Linha 24-59	0,0088	0,0038	0,0084	0,0074	0,0063
27. H 10/V7	0,0107	0,0070	0,0171	0,0076	0,0082
28. KT-29	0,0144	0,0102	0,0124	0,0101	0,0077
29. AUS-75	0,0078	0,0067	0,0068	0,0058	0,0044
30. AUS-8	0,0123	0,0062	0,0067	0,0091	0,0097
31. AUS-61	0,0107	0,0111	0,0059	0,0092	0,0079
32. DV-88	0,0079	0,0058	0,0129	0,0084	0,0080
33. HBJ-Boro II	0,0067	0,0095	0,0093	0,0062	0,0055
34. IPSL-1869	0,0085	0,0081	0,0071	0,0077	0,0084
35. IPSL-162	0,0078	0,0104	0,0072	0,0082	0,0094
36. IPSL-1070	0,0086	0,0059	0,0082	0,0032	0,0076
37. IPSL-469	0,0101	0,0062	0,0063	0,0086	0,0089
38. IPSL-2270	0,0091	0,0069	0,0078	0,0044	0,0064

- continua -

TABELA 5. (continuação)

Variedades	Concentração de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
39. Iguapão	0,0125	0,0062	0,0051	0,0089	0,0075
40. Iguape	0,0052	0,0048	0,0099	0,0094	0,0072
41. IAC-416	0,0075	0,0081	0,0168	0,0079	0,0088
42. Montanha Liso	0,0098	0,0053	0,0060	0,0105	0,0077
43. Nuglin-24	0,0066	0,0066	0,0059	0,0093	0,0056
44. IPSL-2070	0,0061	0,0052	0,0098	0,0082	0,0094
45. P-69-205	0,0058	0,0104	0,0069	0,0087	0,0075
46. Bacaba-1	0,0099	0,0079	0,0089	0,0088	0,0091
47. Procópio	0,0101	0,0086	0,0096	0,0089	0,0090
48. Santa América	0,0063	0,0073	0,0113	0,0034	0,0077
49. Guapinha	0,0101	0,0059	0,0116	0,0098	0,0082
50. Brejeiro	0,0118	0,0042	0,0047	0,0090	0,0086
51. Caqui	0,0087	0,0102	0,0085	0,0074	0,0083
52. Corte	0,0079	0,0065	0,0074	0,0082	0,0088
53. Agulha Branco	0,0118	0,0055	0,0094	0,0079	0,0089
54. Ourinho	0,0058	0,0071	0,0069	0,0089	0,0082
55. Bico Preto	0,0105	0,0081	0,0077	0,0092	0,0092
56. Palha Murcha	0,0108	0,0050	0,0078	0,0059	0,0082
57. Canela de Aço	0,0105	0,0082	0,0078	0,0099	0,0077
58. Agulhão	0,0057	0,0092	0,0099	0,0099	0,0081
59. Batatais	0,0095	0,0053	0,0104	0,0103	0,0097

- continua -

TABELA 5. (continuação)

Variedades	Concentração de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
60. Zebú	0,0094	0,0038	0,0063	0,0084	0,0069
61. Cartuna	0,0118	0,0073	0,0079	0,0081	0,0084
62. E-425	0,0133	0,0159	0,0073	0,0090	0,0093
63. PI-160-638	0,0094	0,0088	0,0065	0,0097	0,0093
64. Preto Cultivado	0,0049	0,0062	0,0037	0,0086	0,0079
65. Agulha Ezav	0,0072	0,0043	0,0092	0,0087	0,0088
66. IPSL-1770	0,0063	0,0056	0,0061	0,0093	0,0084
67. Patnai-6	0,0118	0,0047	0,0074	0,0094	0,0086
68. B-9-34-8	0,0082	0,0042	0,0075	0,0099	0,0082
69. IPSL-163	0,0076	0,0069	0,0077	0,0116	0,0088
70. IAC-66-5154	0,0114	0,0054	0,0091	0,0069	0,0079
71. IPSL-362	0,0081	0,0043	0,0099	0,0069	0,0086
72. IAC-médio	0,0069	0,0046	0,0084	0,0061	0,0092
73. Prata	0,0083	0,0034	0,0101	0,0085	0,0109
74. Mangaba	0,0106	0,0070	0,0071	0,0083	0,0090
75. Enche Tulha	0,0088	0,0056	0,0080	0,0091	0,0073
76. Lageado	0,0113	0,0079	0,0081	0,0093	0,0087
77. Pérola x Pratao	0,0064	0,0089	0,0104	0,0087	0,0099
78. Minoso	0,0072	0,0028	0,0104	0,0074	0,0069
79. Híbrido C-12	0,0115	0,0064	0,0107	0,0086	0,0089

- continua -

TABELA 5. (continuação).

Variedades	Concentração de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
80. Tres Potes	0,0063	0,0083	0,0078	0,0081	0,0077
81. Pingo de ouro	0,0067	0,0065	0,0045	0,0096	0,0059
82. Cateto Seda	0,0075	0,0062	0,0098	0,0096	0,0071
83. Rico Roxo	0,0076	0,0097	0,0032	0,0088	0,0065
84. Cutiã Branco	0,0109	0,0078	0,0105	0,0084	0,0092
85. Rechoro	0,0102	0,0043	0,0072	0,0084	0,0096
86. Mogi	0,0092	0,0071	0,0105	0,0081	0,0078
87. Serra Azul	0,0088	0,0066	0,0081	0,0085	0,0077
88. Bacaba-2	0,0108	0,0078	0,0063	0,0097	0,0086
89. Branquinho	0,0077	0,0082	0,0074	0,0075	0,0072
90. Jaquari	0,0098	0,0053	0,0083	0,0094	0,0077
91. Paraíba	0,0091	0,0107	0,0083	0,0098	0,0081
Médias	0,0090	0,0070	0,0091	0,0083	0,0079
DMS - Tuckey 5%	0,0167	0,0073	0,0077	0,0051	0,0058



TABELA 6. Resultados médios <sup>1/</sup> da altura da planta (cm), obtidos para os noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al. Piracicaba, 1981/1982.

Variedades	Concentrações de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
1. Bico Ganga	29,49	24,95	32,73	31,41	20,86
2. Guaira	27,35	27,90	29,24	29,87	26,69
3. Dourado Precoce	36,72	28,71	27,24	33,57	23,85
4. 4 Meses	34,03	26,40	28,05	32,22	26,97
5. Guedes	38,88	28,69	27,95	34,45	27,58
6. Catalão	37,70	29,92	27,72	36,81	21,67
7. Amarelão	33,66	28,85	26,59	29,45	22,88
8. Pratão Precoce	35,00	30,63	32,37	34,10	22,97
9. Pratão	38,53	29,63	31,63	35,50	26,93
10. Matão	32,58	27,28	25,51	35,90	24,00
11. Fernandes	29,77	26,42	30,52	33,27	23,57
12. Iguape Redondo	29,02	23,32	30,10	29,81	28,25
13. IAC-5544	31,00	30,43	31,97	31,11	24,28
14. IAC-25	30,40	28,37	31,43	33,35	25,27
15. IAC-1246	30,56	22,24	33,07	30,62	27,13
16. IAC-1131	28,32	26,51	29,70	30,80	28,33
17. IAC-120	37,18	29,37	34,27	31,87	24,96
18. IAC-47	35,20	25,55	34,17	31,97	26,08

- continua -

<sup>1/</sup> Médias de 30 observações (3 repetições x 10 plantas por parcela).

TABELA 6. (continuação)

Variedades	Concentrações de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
19. IAC-5032	33,10	26,42	32,33	32,27	24,29
20. IPSL-462	33,51	30,00	33,47	34,87	25,73
21. IPSL-970	33,10	24,98	33,98	30,58	24,91
22. IPSL-2060	30,44	24,74	38,87	31,24	25,05
23. IPSL-270	31,32	23,35	32,68	28,54	34,39
24. IPSL-165	29,95	26,33	33,37	31,76	24,83
25. Kinka BC	27,19	26,09	31,33	28,27	21,08
26. Linha 24-59	35,17	26,33	31,12	31,69	26,90
27. H 10/V7	28,87	28,68	32,97	31,40	23,24
28. KT-29	36,49	27,82	31,30	33,79	27,97
29. Aus-75	29,35	26,22	24,27	28,50	17,52
30. Aus-8	30,52	27,45	34,93	36,48	19,80
31. Aus-61	33,46	30,83	30,53	31,92	21,31
32. DV-88	34,22	26,77	32,37	30,59	24,35
33. HBJ Boro II	37,02	26,05	32,89	34,60	25,11
34. IPSL-1869	30,03	29,53	25,18	32,17	22,50
35. IPSL-162	34,00	26,77	32,60	31,33	23,67
36. IPSL-1070	38,00	30,00	28,69	34,21	26,37
37. IPSL-469	32,10	29,20	31,11	29,65	25,40
38. IPSL-2270	35,32	27,47	33,00	30,60	27,87
39. Iguapão	35,11	29,35	27,65	33,63	26,70

- continua -

TABELA 6. (continuação)

Variedades	Concentrações de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
40. Iguape	31,77	26,62	32,07	30,02	20,11
41. IAC-416	35,09	30,27	29,40	28,73	27,41
42. Montanha Liso	36,99	28,71	36,53	35,14	30,61
43. Nuglin-24	35,06	27,60	34,57	31,33	24,53
44. IPSL-2070	33,77	25,83	34,63	31,08	23,79
45. P-69-205	34,47	23,86	30,27	34,52	25,56
46. Bacaba-1	31,05	25,68	29,67	33,35	26,10
47. Procópio	35,37	26,62	34,98	33,37	27,27
48. Santa América	32,00	26,89	33,73	32,85	22,09
49. Guapinha	34,27	30,12	31,92	32,23	22,86
50. Brejeiro	30,84	28,90	28,73	29,74	24,74
51. Caqui	36,50	24,97	39,88	37,73	24,33
52. Corte	35,15	29,30	29,70	32,90	26,30
53. Agulha Branco	34,93	26,83	32,67	31,75	25,73
54. Ourinho	34,77	27,07	30,52	33,97	27,04
55. Bico Preto	32,89	25,17	32,30	29,35	22,58
56. Palha Murcha	27,54	25,56	33,60	27,06	21,43
57. Canela de Aço	30,45	28,02	28,12	30,04	20,68
58. Agulhão	28,91	29,17	31,58	32,93	25,97
59. Batatais	30,90	27,12	28,53	31,24	22,95
60. Zebú	29,77	22,61	26,63	30,31	17,84

- continua -

TABELA 6. (continuação)

Variedades	Concentrações de Al (ppm)				
	0	10	30	45	60
61. Cartuna	28,02	25,94	27,88	33,99	22,24
62. E-425	32,85	27,87	29,65	29,75	22,93
63. PI-160-638	34,91	31,18	36,55	39,91	26,85
64. Preto Cultivado	31,68	25,97	30,15	35,85	23,95
65. Agulha Esav	30,62	27,12	31,23	37,10	26,37
66. IPSL-1770	30,83	27,97	31,20	31,76	20,56
67. Patnai-6	36,82	32,52	32,80	35,20	23,38
68. B-9-34-8	26,69	27,59	27,48	28,71	20,27
69. IPSL-163	32,70	23,38	31,53	36,34	25,93
70. IAC-66-5154	35,00	27,32	30,85	35,88	24,22
71. IPSL-362	35,00	28,36	29,77	35,91	27,15
72. IAC médio	28,74	27,30	27,20	28,27	25,90
73. Prata	31,83	20,57	24,53	30,90	25,38
74. Mangaba	35,63	26,55	30,88	32,32	25,93
75. Enche Tulha	37,10	29,47	35,50	37,55	25,80
76. Lageado	33,87	24,14	34,57	32,46	24,17
77. Perola x Pratao	32,24	27,55	29,87	35,05	25,42
78. Mimoso	32,48	26,04	35,23	34,73	25,87
79. Híbrido C-12	32,27	27,37	31,64	33,37	23,55
80. Tres Potes	34,07	27,38	47,00	29,75	24,00
81. Pingo de Ouro	26,29	22,69	24,76	27,01	24,27

- continua -

TABELA 6. (continuação)

Variedades	Concentrações de Al (ppm)				
	0	10	30	45	60
82. Cateto Seda	32,67	24,67	36,53	35,09	26,87
83. Bico Roxo	34,87	25,28	32,02	34,15	26,38
84. Cutiãõ Branco	32,05	28,31	27,73	29,48	25,02
85. Rechoro	28,85	23,22	27,93	31,87	18,40
86. Mogi	33,28	29,91	32,20	28,13	23,12
87. Serra Azul	36,37	29,71	33,07	34,90	24,69
88. Bacaba-2	27,82	26,37	32,40	34,07	24,73
89. Branquinho	29,50	34,20	28,55	29,57	20,54
90. Jaguari	31,83	25,37	29,93	27,42	19,97
91. Paraíba	34,28	28,15	32,55	33,91	25,90
Médias	32,72	27,21	31,29	32,35	24,51
DMS $\alpha$ Tuckey $\alpha$ 5%	15,99	13,42	12,02	10,56	21,14

TABELA 7. Resultados médios <sup>1/</sup> do peso da matéria seca da parte aérea (g), obtidos para noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro submetidos a cinco concentrações diferentes de Al. Piracicaba 1981/1982.

Variedades	Concentrações de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
1. Bico Ganga	0,0927	0,0211	0,0473	0,0299	0,0326
2. Guaíra	0,0315	0,0192	0,0419	0,0261	0,0321
3. Dourado Precoce	0,0497	0,0294	0,0299	0,0342	0,0437
4. 4 Meses	0,0452	0,0186	0,0325	0,0343	0,0334
5. Guedes	0,0489	0,0267	0,0486	0,0468	0,0299
6. Catalão	0,0405	0,0340	0,0288	0,0512	0,0262
7. Amarelão	0,0329	0,0254	0,0404	0,0242	0,0262
8. Pratao Precoce	0,0423	0,0256	0,0469	0,0375	0,0296
9. Pratao	0,0421	0,0312	0,0463	0,0320	0,0325
10. Matão	0,0303	0,0179	0,0379	0,0357	0,0403
11. Fernandes	0,0269	0,0204	0,0415	0,0407	0,0459
12. Iguape Redondo	0,0310	0,0247	0,0460	0,0276	0,0247
13. IAC-5544	0,0341	0,0233	0,0509	0,0380	0,0286
14. IAC-25	0,0336	0,0239	0,0331	0,0307	0,0199
15. IAC-1246	0,0356	0,0253	0,0434	0,0438	0,0276
16. IAC-1131	0,0303	0,0186	0,0426	0,0309	0,0281
17. IAC-120	0,0421	0,0276	0,0629	0,0398	0,0319

- continua -

<sup>1/</sup> Médias de 30 observações (3 repetições x 10 plantas por parcela).

TABELA 7. (continuação).

Variedades	Concentrações de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
18. IAC-47	0,0380	0,0188	0,0445	0,0349	0,0301
19. IAC-5032	0,0345	0,0204	0,0459	0,0352	0,0348
20. IPSL-462	0,0289	0,0215	0,0437	0,0400	0,0232
21. IPSL-970	0,0427	0,0206	0,0455	0,0368	0,0197
22. IPSL-2060	0,0314	0,0326	0,0454	0,0364	0,0212
23. IPSL-270	0,0290	0,0294	0,0536	0,0335	0,0217
24. IPSL-165	0,0304	0,0214	0,0435	0,0349	0,0207
25. Kinka BC	0,0217	0,0179	0,0277	0,0345	0,0197
26. Linha-24-59	0,0388	0,0185	0,0352	0,0329	0,0173
27. H 10/V7	0,0408	0,0294	0,0232	0,0263	0,0223
28. KT-29	0,0335	0,0293	0,0369	0,0355	0,0199
29. AUS-75	0,0249	0,0275	0,0244	0,0341	0,0199
30. AUS-8	0,0387	0,0277	0,0349	0,0387	0,0188
31. AUS-61	0,0365	0,0310	0,0352	0,0321	0,0199
32. DV-88	0,0506	0,0306	0,0518	0,0336	0,0184
33. HBJ-Boro II	0,0299	0,0174	0,0437	0,0271	0,0247
34. IPSL-1869	0,0253	0,0285	0,0239	0,0417	0,0257
35. IPSL-162	0,0328	0,0252	0,0541	0,0403	0,0321
36. IPSL-1070	0,0366	0,0174	0,0320	0,0336	0,0297
37. IPSL-469	0,0352	0,0304	0,0266	0,0343	0,0348
38. IPSL-2270	0,0385	0,0235	0,0456	0,0263	0,0138

- continua -

TABELA 7. (continuação).

Variedades	Concentrações de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
39. Iguapão	0,0438	0,0191	0,0471	0,0359	0,0298
40. Iguape	0,0374	0,0355	0,0329	0,0354	0,0285
41. IAC-416	0,0239	0,0264	0,0322	0,0351	0,0268
42. Montanha Liso	0,0478	0,0436	0,0257	0,0369	0,0339
43. Nuglin-24	0,0472	0,0299	0,0561	0,0419	0,0202
44. IPSL-2070	0,0421	0,0261	0,0542	0,0382	0,0231
45. P-69-205	0,0484	0,0303	0,0452	0,0377	0,0342
46. Bacaba-1	0,0429	0,0239	0,0446	0,0445	0,0266
47. Procópio	0,0507	0,0336	0,0473	0,0317	0,0356
48. Santa América	0,0410	0,0262	0,0474	0,0425	0,0193
49. Guapinha	0,0379	0,0270	0,0584	0,0419	0,0234
50. Brejeiro	0,0387	0,0160	0,0355	0,0275	0,0280
51. Caqui	0,0445	0,0313	0,0547	0,0481	0,0309
52. Corte	0,0389	0,0245	0,0549	0,0379	0,0312
53. Agulha Branco	0,0439	0,0336	0,0546	0,0242	0,0317
54. Ourinho	0,0505	0,0383	0,0425	0,0373	0,0274
55. Bico Preto	0,0368	0,0292	0,0465	0,0341	0,0263
56. Palha Murcha	0,0158	0,0262	0,0346	0,0263	0,0278
57. Canela de Aço	0,0367	0,0269	0,0375	0,0316	0,0315
58. Agulhão	0,0289	0,0259	0,0454	0,0472	0,0279
59. Batatais	0,0372	0,0241	0,0395	0,0390	0,0182

- continua -



TABELA 7. (continuação).

Variedades	Concentração de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
60. Zebú	0,0269	0,0211	0,0258	0,0415	0,0342
61. Cartuna	0,0265	0,0277	0,0275	0,0361	0,0365
62. E-425	0,0463	0,0221	0,0418	0,0385	0,0273
63. PI-160-638	0,0345	0,0252	0,0347	0,0434	0,0296
64. Preto Cultivado	0,0357	0,0254	0,0424	0,0424	0,0216
65. Agulha Esav	0,0280	0,0183	0,0497	0,0243	0,0285
66. IPSL-1770	0,0284	0,0265	0,0289	0,0262	0,0235
67. Patnai-6	0,0358	0,0282	0,0313	0,0455	0,0276
68. B-9-34-8	0,0399	0,0326	0,0249	0,0470	0,0208
69. IPSL-163	0,0365	0,0230	0,0420	0,0431	0,0251
70. IAC-66-5154	0,0525	0,0145	0,0413	0,0273	0,0576
71. IPSL-362	0,0417	0,0166	0,0529	0,0413	0,0292
72. IAC-médio	0,0322	0,0141	0,0384	0,0327	0,0271
73. Prata	0,0365	0,0177	0,0343	0,0392	0,0561
74. Mangaba	0,0498	0,0247	0,0354	0,0413	0,0356
75. Enche Tulha	0,0418	0,0267	0,0396	0,0463	0,0451
76. Lageado	0,0399	0,0263	0,0435	0,0465	0,0347
77. Pérola x Pratao	0,0279	0,0286	0,0233	0,0447	0,0328
78. Mimiso	0,0374	0,0274	0,0418	0,0344	0,0319
79. Híbrido C-12	0,0462	0,0244	0,0446	0,0437	0,0353

- continua -

TABELA 7. (continuação).

Variedades	Concentração de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
80. Tres Potes	0,0499	0,0309	0,0407	0,0289	0,0389
81. Pingo de Ouro	0,0327	0,0203	0,0383	0,0449	0,0403
82. Cateto Seda	0,0320	0,0251	0,0515	0,0447	0,0339
83. Bico Roxo	0,0341	0,0304	0,0372	0,0439	0,0317
84. Cutiã Branco	0,0307	0,0333	0,0363	0,0399	0,0334
85. Rechoro	0,0289	0,0245	0,0343	0,0311	0,0323
86. Mogi	0,0367	0,0243	0,0505	0,0280	0,0311
87. Serra Azul	0,0408	0,0259	0,0433	0,0365	0,0315
88. Bacaba-2	0,0370	0,0271	0,0471	0,0467	0,0346
89. Branquinho	0,0306	0,0231	0,0251	0,0204	0,0276
90. Jaguari	0,0378	0,0262	0,0471	0,0332	0,0424
91. Paraíba	0,0321	0,0359	0,0533	0,0401	0,0344
Médias	0,0375	0,0256	0,0409	0,0364	0,0294
DMS-Tukey 5%	0,0251	0,0165	0,0169	0,0146	0,0159

TABELA 8. Resumo das análises de variância conjunta de todos os caracteres avaliados nos noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al. Piracicaba, 1981/1982.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		Comprimento máximo da raiz	Altura de Plantas	Peso da Matéria seca das raízes	Peso da Matéria seca parte aérea
Variedades (v)	90	33,2924**	46,4226**	0,0000182**	0,0002257**
Concentrações (c)	4	1347,4571**	3539,0735**	0,0001859**	0,0109278**
v x c	360	9,9187**	18,3815**	0,0000132**	0,0001383**
Resíduo	910	5,9961	17,7721	0,0000070	0,0000258

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 9. Estimativas dos coeficiente de variação genética ( $CV_g$ ) e de ambiente ( $CV_e$ ) e sua razão  $B = CV_g/CV_e$  dos caracteres estudados nos noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al. Piracicaba, 1981/1982.

Estimativas	Parte aérea		Sistema radicular	
	Altura	Peso matéria seca	Comprimento	Peso matéria seca
$CV_g$ (%)	4,61	7,08	7,07	6,63
$CV_e$ (%)	14,23	14,95	13,88	31,94
$B = CV_g/CV_e$	0,32	0,47	0,51	0,21

TABELA 10. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade no sentido amplo, dos caracteres avaliados em noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al. Piracicaba, 1981/1982.

Caráter	$h_a^2$
Comprimento máximo de raiz	0,1758
Altura de planta	0,0942
Peso da matéria seca das raízes	0,0323
Peso da matéria seca da parte aérea	0,0839

TABELA 11. Resumo das análises de covariância com os respectivos produtos médios, entre os pares de caracteres avaliados em noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações de Al. Piracicaba, 1981/1982.

Fontes de variação	GL	Produto médio							
		(CMR) x (Alt)	(CMR) x (PMSR)	(CMR) x (PMSPA)	(Alt) x (PMSPA)	(Alt) x (PMSR)	(Alt) x (PMSPA)	(PMSR) x (PMSPA)	
Variedades	90	12,2954	0,006537	0,036302	0,046323	0,004628	0,000007		
Concentrações	4	1707,6861	0,214529	1,455523	4,985199	0,606443	0,001341		
v x c	360	3,3958	0,001533	0,005240	0,013819	0,000254	0,000005		
Resíduo	910	4,2382	0,001355	0,002814	0,005398	0,001206	0,000003		

CMR - Comprimento máximo de raiz

Alt - Altura de planta

PMSR - Peso da matéria seca das raízes

PMSPA - Peso da matéria seca da parte aérea

TABELA 12, Estimativas das correlações genotípicas ( $r_g$ ), fenotípicas ( $r_f$ ) e de ambientes ( $r_e$ ), entre as quatro características estudadas na avaliação de noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, submetidos a cinco concentrações diferentes de Al. Piracicaba, 1981/1982.

Características	Estimativas das correlações		
	$r_g$	$r_f$	$r_e$
CMR x Alt.	0,3876	0,3430**	0,4106
CMR x PMSR	0,5352	0,1926**	0,2092
CMR x PMSPA	0,6886	0,2304**	0,2262
Alt x PMSPA	0,6578	0,2805**	0,2521
Alt x PMSR	0,4242	0,0868**	0,1081
PMSR x PMSPA	0,0833	0,1462**	0,2313

CMR - Comprimento máximo de raiz

Alt - Altura de plântulas

PMSR - Peso da matéria seca das raízes

PMSPA - Peso da matéria seca da parte aérea

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 13. Valores médios da estimativa da correlação fenotípica ( $r_f$ ), entre os caracteres avaliados em noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro submetidos a cinco concentrações diferentes de Al. Piracicaba, 1981/1982.

---

Caracteres	$\bar{r}_f$
Comprimento máximo de raiz	0,7661
Altura de planta	0,7103
Peso da matéria seca das raízes	0,4257
Peso da matéria seca da parte aérea	0,6571

---



TABELA 14. Coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ) e de ambiente ( $CV_e$ ) e sua razão  $B = (CV_g)/(CV_e)$ , do caráter comprimento máximo de raiz, avaliados em noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro submetidos a 5 concentrações diferentes de Al. Piracicaba, 1981/1982.

Estimativas	Concentrações de Al (ppm)				
	0	15	30	45	60
$\bar{X}$	20,37	18,17	17,83	17,49	14,29
$V_g$	2,58	0,78	2,27	5,84	2,59
$CV_g$ (%)	7,87	4,86	8,46	13,82	11,27
$CV_e$ (%)	12,59	13,18	10,78	10,77	23,09
$B = CV_g/CV_e$	0,63	0,37	0,78	1,28	0,49

TABELA 15. Análise da variância de dados médios do comprimento máximo de raiz de noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, ensaiados em cinco concentrações diferentes de Al (adaptação do modelo de EBERHART e RUSSELL, 1966). Piracicaba, 1981/1982.

Fontes de variação	GL	QM
Variedades	90	10,8322**
Concentrações dentro de variedades	364	8,1729**
Concentrações (linear)	1	1733,9391**
Concentrações (linear) x Variedades	90	5,0111**
Desvios da regressão reunidos	273	2,8938**
Resíduo Médio	910	1,9987
Concentrações dentro de variedades		
Efeito linear das variedades;		
1. Bico Ganga	1	16,6317*
2. Guaíra	1	0,0521
3. Dourado Precoce	1	40,0732*
4. 4 Meses	1	22,8180*
5. Guedes	1	53,9100
6. Catalão	1	48,8317
7. Amarelão	1	38,8157
8. Pratão Precoce	1	128,8748*

- continua -

TABELA 15. (continuação)

Fontes de variação	GL	QM
Efeito linear das variedades:		
9. Pratao	1	34,5866**
10. Matão	1	11,8288
11. Fernandez	1	10,3755
12. Iguape Redondo	1	10,5565**
13. IAC-5544	1	7,3300
14. IAC-25	1	2,5591
15. IAC-1246	1	6,1464*
16. IAC-1131	1	5,5291
17. IAC-120	1	13,5364
18. IAC-47	1	17,3191
19. IAC-5032	1	10,4147
20. IPSL-462	1	13,5426*
21. IPSL-970	1	8,3385
22. IPSL-2060	1	6,9839
23. IPSL-270	1	28,9990*
24. IPSL-165	1	26,6906
25. Kinka-BC	1	17,5051*
26. Linha-24-59	1	38,1792*
27. H 10/V7	1	10,6005
28. KT-29	1	4,0368
29. AUS-75	1	84,2619*
30. AUS-8	1	64,1210*

- continua -

TABELA 15. (continuação)

Fontes de variação	GL	QM
Efeito linear das variedades:		
31. AUS-61	1	54,0664
32. DV-88	1	25,8922*
33. HBJ-BORO II	1	32,8101
34. IPSL-1869	1	18,6095
35. IPSL-162	1	11,4055
36. IPSL-1070	1	17,2214**
37. IPSL-469	1	18,9168
38. IPSL-2270	1	23,0074*
39. Iguapão	1	2,7145
40. Iguape	1	8,5108
41. IAC-416	1	4,4857
42. Montanha Liso	1	44,7567*
43. Nuglin-24	1	9,1444*
44. IPSL-2070	1	0,5044
45. P-69-205	1	22,8278
46. Bacaba-1	1	4,1303
47. Procópio	1	14,3120
48. Santa América	1	7,6317
49. Guapinha	1	9,5876
50. Brejeiro	1	8,3806**

- continua -

TABELA 15, (continuação)

Fontes de variação	GL	QM
Efeito linear das variedades:		
51. Caqui	1	23,9318*
52. Corte	1	10,4551
53. Agulha Branco	1	6,8467
54. Ourinho	1	3,3830
55. Bico Preto	1	26,1827
56. Palha Murcha	1	3,0284
57. Canela de Aço	1	16,2429
58. Agulhão	1	7,3419
59. Batatais	1	24,1497**
60. Zebú	1	39,6468
61. Cartuna	1	44,1820*
62. E-425	1	23,6274*
63. PI-160-638	1	51,3038*
64. Preto Cultivado	1	56,6554*
65. Agulha Esav	1	14,1223*
66. IPSL-1770	1	6,5799**
67. Patnai-6	1	136,3490
68. B-9-34-8	1	35,9196*
69. IPSL-163	1	8,5465*
70. IAC-66-5154	1	25,9762*
71. IPSL-362	1	24,1201*

- continua -

TABELA 15. (continuação)

Fontes de variação	GL	QM
Efeito linear da variedades:		
72. IAC Médio	1	4,6140*
73. Prata	1	7,7964
74. Mangaba	1	5,1790
75. Enche Tulha	1	35,0742**
76. Lageado	1	17,2399
77. Pérola x Pratao	1	2,5131
78. Mimoso	1	15,2521*
79. Híbrido C-12	1	45,8485**
80. Tres Potes	1	24,2308
81. Pingo de Ouro	1	4,3041
82. Cateto Seda	1	31,8575**
83. Bico Roxo	1	4,7201
84. Cutiã Branco	1	21,9887**
85. Rechoro	1	141,2952*
86. Mogi	1	30,7830*
87. Serra Azul	1	27,7114*
88. Bacaba-2	1	0,3296
89. Branquinho	1	45,9379*
90. Jaguari	1	30,2193*
91. Paraiba	1	4,0754

- continua -

TABELA 15. (continuação)

Fontes de variação	GL	QM
Desvios da regressão das variedades		
1. Bico Ganga	3	1,6010
2. Guaira	3	1,8204
3. Dourado Precoce	3	3,8998
4. 4 Meses	3	1,3830
5. Guedes	3	5,9811*
6. Catalão	3	7,0817*
7. Amarelão	3	9,8113**
8. Pratão Precoce	3	10,1082**
9. Pratão	3	0,7054
10. Matão	3	4,2979
11. Fernandez	3	4,1895
12. Iguape Redondo	3	0,2307
13. IAC-5544	3	2,7348
14. IAC-25	3	2,8809
15. IAC-1246	3	0,4019
16. IAC-1131	3	2,1399
17. IAC-120	3	3,7465
18. IAC-47	3	2,1215
19. IAC-5032	3	3,2409
20. IPSL-462	3	0,9776
21. IPSL-970	3	5,0161

- continua -

TABELA 15. (continuação)

Fontes de variação	GL	QM
Desvios da regressão das variedades		
22. IPSL-2060	3	3,1921
23. IPSL-270	3	1,5571
24. IPSL-165	3	2,9969
25. Kinka BC	3	1,4921
26. Linha 24-59	3	1,6015
27. H 10/V7	3	2,9924
28. KT-29	3	0,4822
29. AUS-75	3	2,7015
30. AUS-8	3	3,8169
31. AUS-61	3	7,9602**
32. DV-88	3	0,9609
33. HBJ Boro II	3	9,1437**
34. IPSL-1869	3	2,8097
35. IPSL-162	3	1,5234
36. IPSL-1070	3	0,3619
37. IPSL-469	3	3,5560
38. IPSL-2270	3	0,6888
39. Iguapão	3	1,4279
40. Iguape	3	1,3281
41. IAC-416	3	1,7765
42. Montanha Liso	3	2,9367

- continua -



TABELA 15, (continuação)

Fontes de variação	GL	QM
Desvios da regressão das variedades		
43. Nuglin-24	3	0,4891
44. IPSL-2070	3	3,0339
45. P-69-205	3	4,4262
46. Bacaba-1	3	1,7091
47. Procópio	3	9,8993**
48. Santa América	3	3,7468
49. Guapinha	3	5,4067*
50. Brejeiro	3	0,1922
51. Caqui	3	0,7637
52. Corte	3	4,3781
53. Agulha Branco	3	1,5487
54. Ourinho	3	1,0617
55. Bico Preto	3	12,2799**
56. Palha Murcha	3	1,3541
57. Canela de Aço	3	3,1504
58. Agulhão	3	1,0497
59. Batatais	3	0,1069
60. Zebú	3	4,0573
61. Cartuna	3	1,8169
62. E-425	3	1,4991
63. PI-160-638	3	4,5849

continua

TABELA 15. (continuação)

Fontes de variação	GL	QM
Desvios de regressão das variedades		
64. Preto Cultivado	3	2,7890
65. Agulha Esav	3	0,6769
66. IPSL-1770	3	0,2056
67. Patnai-6	3	15,1165**
68. B-9-34-8	3	1,3278
69. IPSL-163	3	0,3982
70. IAC-66-5154	3	1,9961
71. IPSL-362	3	1,7709
72. IAC Médio	3	0,4507
73. Prata	3	1,5781
74. Mangaba	3	1,7779
75. Enche Tulha	3	0,6891
76. Lageado	3	2,9906
77. Perola x Pratao	3	1,4179
78. Mimoso	3	1,3725
79. Híbrido C-12	3	0,3977
80. Tres Potes	3	5,0213
81. Pingo de Ouro	3	0,5959
82. Cateto Seda	3	0,7306
83. Bico Roxo	3	1,0509
84. Cutiã Branco	3	0,5093

- continua -

TABELA 15. (continuação)

Fontes de variação	GL	QM
Desvios da regressão das variedades		
85. Rechoro	3	12,4269**
86. Mogi	3	1,6059
87. Serra Azul	3	0,9486
88. Bacaba-2	3	5,2687*
89. Branquinho	3	1,5017
90. Jaguari	3	1,6674
91. Paraíba	3	1,6855
Resíduo Médio	910	1,9987

\* e \*\* significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 16. Médias do comprimento máximo de raiz ( $\bar{X}$ ), coeficientes de regressão linear ( $b_i$ ), variâncias dos desvios de regressão ( $s^2_d$ ) e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) de noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro, ensaiados em cinco concentrações de Al. Piracicaba, 1981/1982.

Variedades	$\bar{X}$ (cm)	$b_i$	$s^2_d$	$R^2$ (%)
1. Bico Ganga	18,37	0,93	1,60	77,59**
2. Guaira	17,02	0,05	1,82	0,94
3. Dourado Precoce	19,85	1,45	3,89	77,40**
4. 4 Meses	18,59	1,09	1,38	84,61**
5. Guedes	18,10	1,68	5,98*	75,02**
6. Catalão	18,08	1,60	7,08*	69,68*
7. Amarelão	17,17	1,42	9,81**	56,87
8. Prató Precoce	18,60	2,60	10,10**	80,95**
9. Prató	18,82	1,35	0,70	94,23**
10. Matão	16,23	0,79	4,29	47,85
11. Fernandes	17,43	0,54	4,19	45,22
12. Iguape Redondo	17,87	0,73	0,23	93,84**
13. IAC-5544	18,62	0,74	2,73	47,18
14. IAC-25	17,85	0,62	2,88	22,84
15. IAC-1246	18,02	0,37	0,40	83,59**
16. IAC-1131	18,13	0,57	2,14	46,27

- continua -

TABELA 16. (continuação).

Variedades	$\bar{X}$ (cm)	$b_1$	$s^2_d$	$R^2$ (%)
17. IAC-120	19,75	0,84	3,75	54,63
18. IAC-47	17,40	0,95	2,12	73,13*
19. IAC-5032	17,63	0,74	3,24	51,72
20. IPSL-462	17,36	0,84	0,98	82,19**
21. IPSL-970	19,01	0,66	5,02	35,65
22. IPSL-2060	18,39	0,60	3,19	42,17
23. IPSL-270	19,16	1,23	1,56	86,13**
24. IPSL-165	18,42	1,18	2,99	74,80*
25. Kinka-BC	17,14	0,95	1,49	79,63*
26. Linha 24-59	15,46	1,41	1,60	88,82**
27. H 10/V7	17,92	0,74	2,99	54,14
28. KT-29	18,99	0,46	0,48	73,62*
29. AUS-75	12,96	2,10	2,70	91,23**
30. AUS-8	14,68	1,83	3,82	84,85**
31. AUS-61	15,15	1,68	7,96**	69,36*
32. DV-88	18,49	1,16	0,96	89,98**
33. HBJ-Boro II	15,55	1,31	9,14**	54,46
34. IPSL-1869	16,88	0,98	2,81	68,83*
35. IPSL-162	17,65	0,77	1,52	71,39*
36. IPSL-1070	18,04	0,95	0,36	94,07**
37. IPSL-469	17,32	0,99	3,56	63,94*

- continua -

TABELA 16. (continuação).

Variedades	$\bar{X}$ (cm)	$b_i$	$s^2_d$	$R^2$ (%)
38. IPSL-2270	19,15	1,09	0,69	91,76**
39. Iguapão	16,39	0,37	1,43	38,79
40. Iguape	18,49	0,67	1,33	68,11*
41. IAC-416	16,82	0,49	1,78	45,70
42. Montanha Liso	19,80	1,53	2,94	83,55**
43. Muglin-24	19,02	0,69	0,49	86,17**
44. IPSL-2070	17,09	-0,16	3,03	5,25
45. P-69-205	18,72	1,09	4,43	63,22*
46. Bacaba-1	18,19	0,46	1,71	44,62
47. Procópio	18,44	0,87	9,89**	34,89
48. Santa América	16,94	0,63	3,75	40,44
49. Guapinha	17,12	0,71	5,41*	36,58
50. Brejeiro	16,24	0,66	0,19	93,56**
51. Caqui	16,33	1,12	0,76	91,26**
52. Corte	17,22	0,74	4,38	44,32
53. Agulha Branco	19,65	0,59	1,55	59,57*
54. Ourinho	18,89	0,42	1,06	51,50
55. Bico Preto	17,23	1,17	12,28**	41,54
56. Palha Murcha	17,87	0,39	1,35	42,71
57. Canela de Aço	17,79	0,92	3,15	63,23*
58. Agulhão	17,64	0,62	1,05	69,98**

- continua -

TABELA 16. (continuação).

Variedades	$\bar{X}$ (cm)	$b_i$	$s^2_d$	$R^2$ (%)
59. Batatais	19,25	1,12	0,11	98,69**
60. Zebū	17,24	1,44	4,06	76,51**
61. Cartuna	19,45	1,52	1,82	89,02**
62. E-425	19,13	1,11	1,49	84,00**
63. PI-160-638	16,65	1,64	4,58	78,86**
64. Preto Cultivado	18,60	1,72	2,78	87,13**
65. Agulha Esav	17,51	0,86	0,68	87,42**
66. IPSL-1770	17,06	0,59	0,21	91,43**
67. Patnai-6	13,08	2,67	15,12**	75,04**
68. B-934-8	13,34	1,37	1,33	90,01**
69. IPSL-163	17,02	0,67	0,39	87,74**
70. IAC-66-5154	19,63	1,17	1,99	81,27**
71. IPSL-362	18,13	1,12	1,78	81,95**
72. IAC médio	15,98	0,49	0,45	77,33**
73. Prata	16,88	0,64	1,58	62,22*
74. Mangaba	18,29	0,52	1,78	49,26
75. Enche Tulha	18,42	1,36	0,69	94,43**
76. Lageado	18,19	0,95	2,99	65,77*
77. Pérola x Pratóo	18,99	0,36	1,42	37,14
78. Mimiso	17,83	0,89	1,37	78,74**
79. Híbrido C-12	18,61	1,55	0,39	94,46**

- continua -

TABELA 16. (continuação)

Variedades	$\bar{X}$ (cm)	$b_i$	$s^2_d$	$R^2$ (%)
80. Três Potes	16,59	1,13	5,02	61,66*
81. Pingo de Ouro	16,74	0,47	0,59	70,65*
82. Cateto Seda	19,47	1,29	0,73	93,56**
83. Bico Roxo	18,75	0,49	1,06	59,95*
84. Cutiãõ Branco	19,02	1,07	0,51	93,50**
85. Rechoro	13,75	2,72	12,43**	79,12**
86. Mogi	17,29	1,27	1,61	86,47**
87. Serra Azul	17,78	1,20	0,95	90,69**
88. Bacaba-2	17,44	0,13	5,27*	2,04
89. Branquinho	15,52	1,55	1,50	91,07**
90. Jaguari	17,14	1,25	1,67	85,79**
91. Paraiba	19,33	0,46	1,68	44,63
Médias	17,64	1,00		
DMS = Tukey 5%	3,81			

\* e \*\* - significativo ao nível de 5% e 1%, de probabilidade respectivamente.



TABELA 17. Resumo do comportamento relativo dos noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro à toxidez de Al em solução nutritiva. Piracicaba, 1981/1982.

Variedades	Classificação da tolerância
1. Bico Ganga	Média
2. Guaíra	Alta
3. Dourado Precoce	Média
4. 4 Meses	Média
5. Guedes	Baixa
6. Catalão	Baixa
7. Amarelão	Média
8. Pratão Precoce	Baixa
9. Pratão	Média
10. Matão	Média
11. Fernandez	Média
12. Iguape Redondo	Média
13. IAC-5544	Média
14. IAC-25	Média
15. IAC-1246	Alta
16. IAC-1131	Média
17. IAC-120	Média
18. IAC-47	Média
19. IAC-5032	Média

TABELA 17. (continuação).

Variedades	Classificação da tolerância
20. IPSL-462	Média
21. IPSL-970	Média
22. IPSL-2060	Média
23. IPSL-270	Média
24. IPSL-165	Média
25. Kinka BC	Média
26. Linha 24-59	Média
27. H 10/V7	Média
28. KT-29	Alta
29. AUS-75	Baixa
30. AUS-8	Baixa
31. AUS-61	Baixa
32. DV-88	Média
33. HBJ-Boro-II	Média
34. IPSL	Média
35. IPSL-162	Média
36. IPSL-1070	Média
37. IPSL-469	Média
38. IPSL-2270	Média
39. Iguapão	alta
40. Iguape	Média

- Continua -

TABELA 17. (continuação)

Variedades	Classificação da tolerância
41. IAC-416	Alta
42. Montanha Liso	Baixa
43. Nuglin-24	Média
44. IPSL-2070	Alta
45. P-69-205	Média
46. Bacaba-1	Alta
47. Procôpio	Média
48. Santa América	Média
49. Guapinha	Média
50. Brejeiro	Média
51. Caqui	Média
52. Corte	Média
53. Agulha Branco	Média
54. Ourinho	Alta
55. Bico Preto	Média
56. Palha Murcha	Alta
57. Canela de Aço	Média
58. Agulhão	Média
59. Batatais	Média
60. Zebú	Média
61. Cartuna	Baixa

- continua -

TABELA 17. (continuação)

Variedades	Classificação da tolerância
62. E-425	Média
63. PI-160-638	Baixa
64. Preto Cultivado	Baixa
65. Agulha Esav	Média
66. IPSL-1770	Média
67. Patnai-6	Baixa
68. B-9-34-8	Média
69. IPSL-163	Média
70. IAC-66-5154	Média
71. IPSL-362	Média
72. IAC-Médio	Alta
73. Prata	Média
74. Magaba	Média
75. Enche Tulha	Média
76. Lageado	Médio
77. Pérola x Pratão	Alta
78. Mimoso	Média
79. Híbrido C-12	Baixa
80. Tres Potes	Média
81. Pingo de Ouro	Alta
82. Cateto Seda	Média
83. Bico Roxo	Alta

- continua -

TABELA 17.(continuação)

Variedades	Classificação da tolerância
84. Cutiã Branco	Média
85. Rechoro	Baixa
86. Mogi	Média
87. Serra Azul	Média
88. Bacaba-2	Alta
89. Branquinho	Baixa
90. Jaguari	Média
91. Paraiba	Alta

FIGURAS

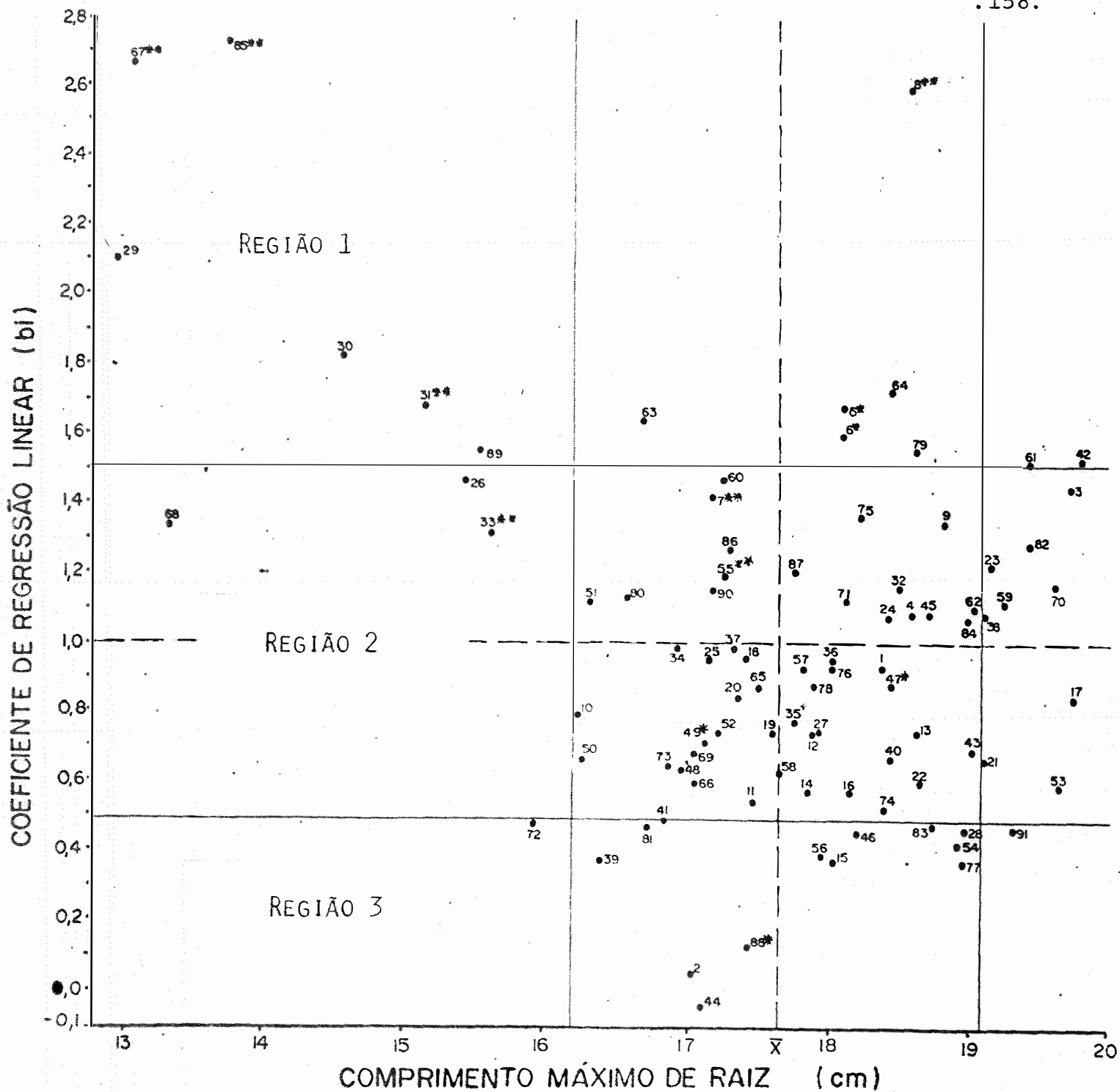


FIGURA 1. Relação entre médias do comprimento máximo de raiz e coeficientes de regressão linear (b<sub>1</sub>) dos noventa e um genótipos brasileiros de arroz de sequeiro submetidos a cinco concentrações diferentes de Al.

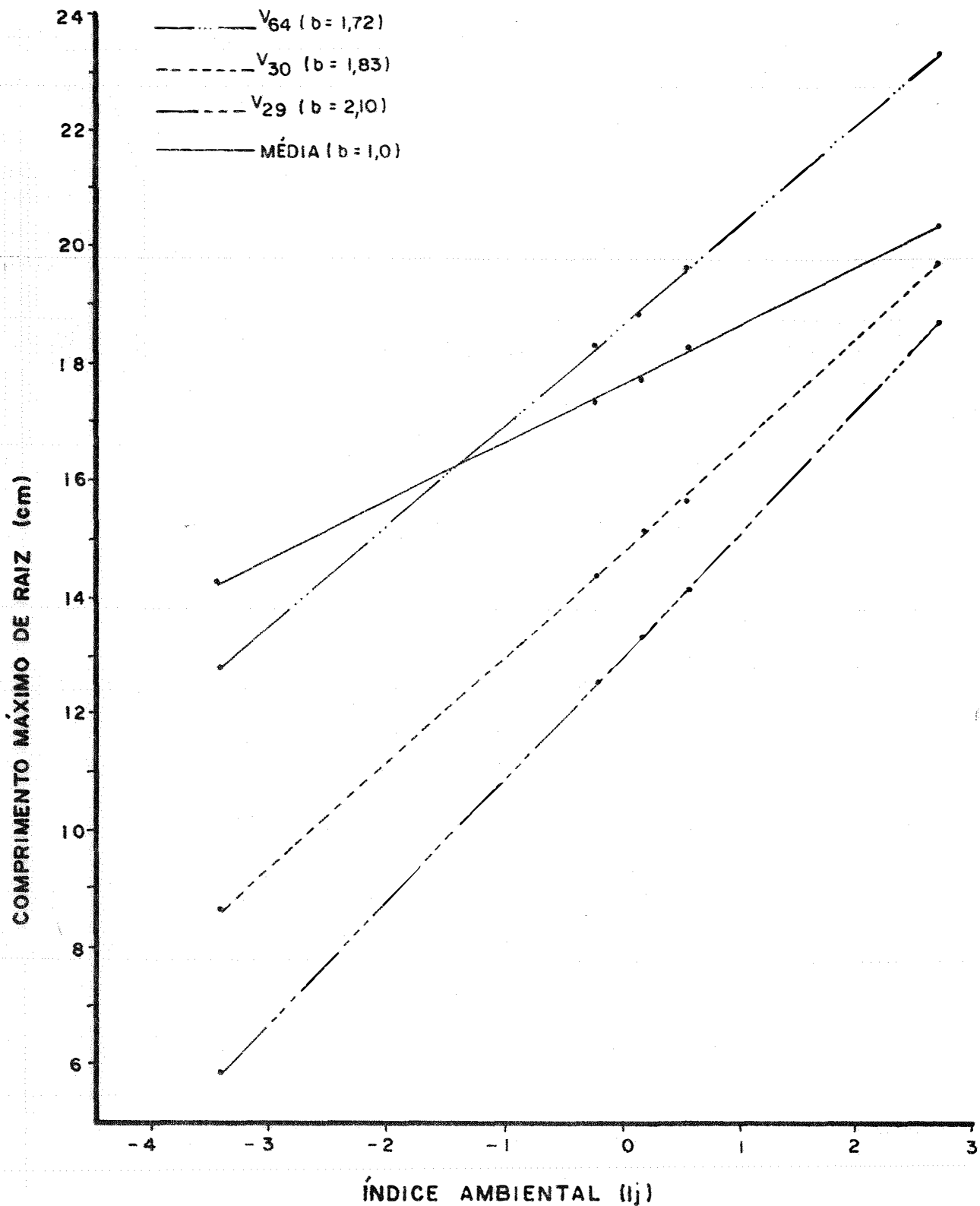


FIGURA 2. Linhas de regressão (índice ambiental x comprimento máximo de raiz) para os genótipos 29 (AUS-75), 30 (AUS-8) e 64 (Preto cultivado) que comportaram-se como sensíveis a ambientes com toxidez de Al.



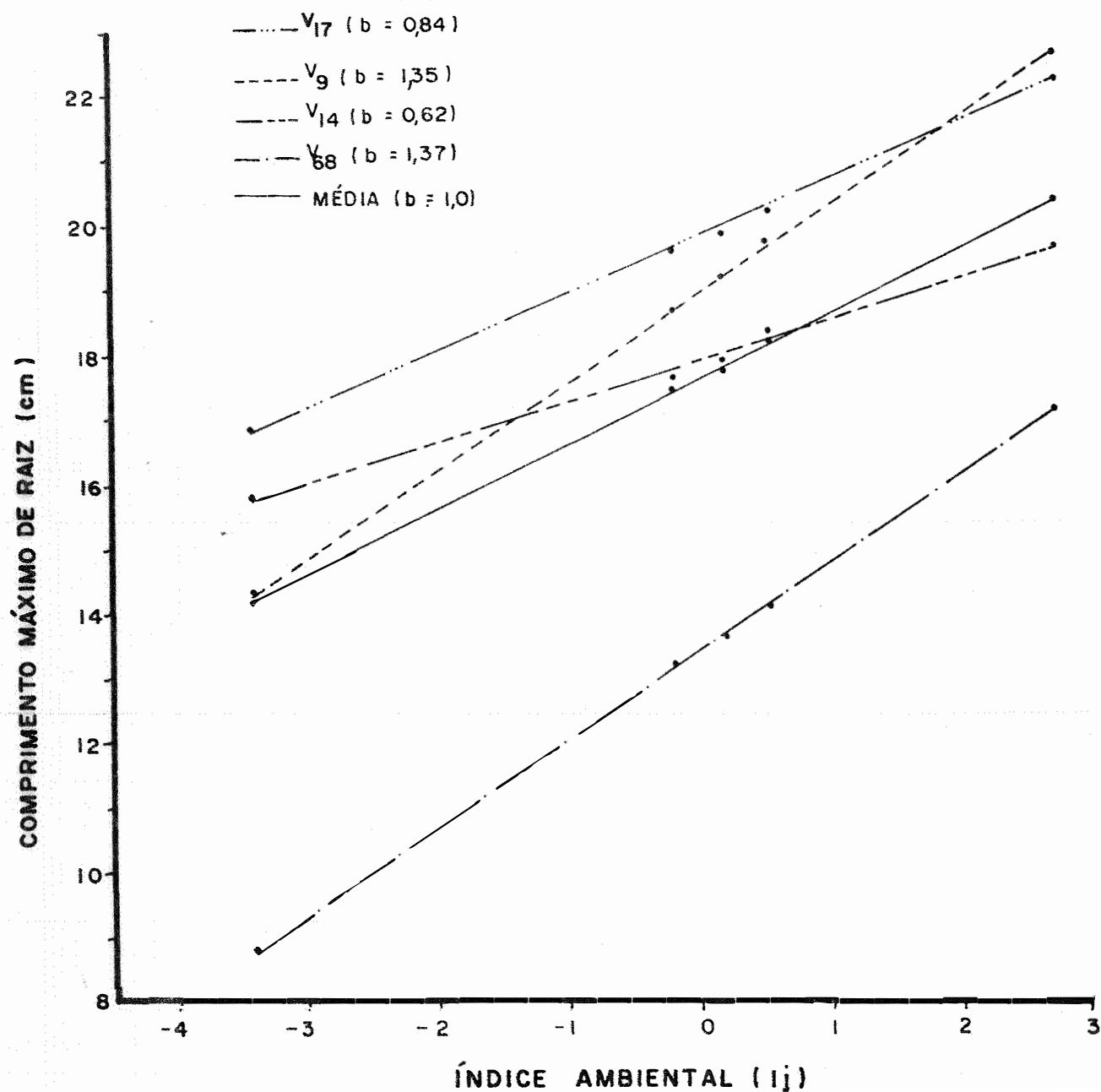


FIGURA 3. Linhas de regressão (índice ambiental x comprimento máximo de raiz) para os genótipos 68 (B-9-34-8), 14 (IAC-25), 9 (Pratão) e 17 (IAC-120) que comportaram-se como medianamente tolerantes a ambientes com toxidez de Al.

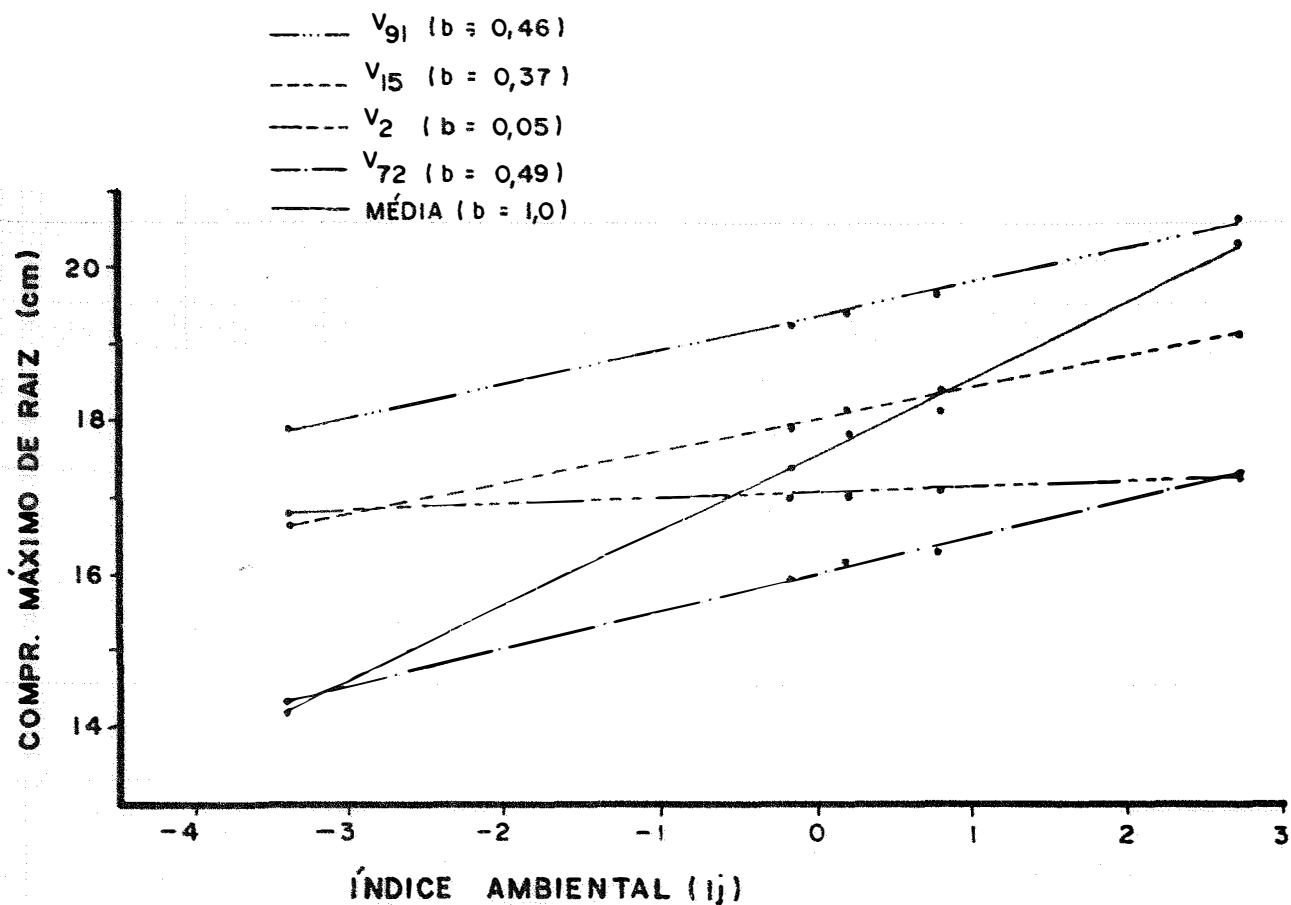


FIGURA 4. Linhas de regressão (índice ambiental x comprimento máximo de raiz) para os genótipos 72 (IAC-médio), 2 (Guaira), 15 (IAC-1246) e 91 (Paraiba) que comportaram-se como bem adaptadas aos ambientes com toxidez de Al.

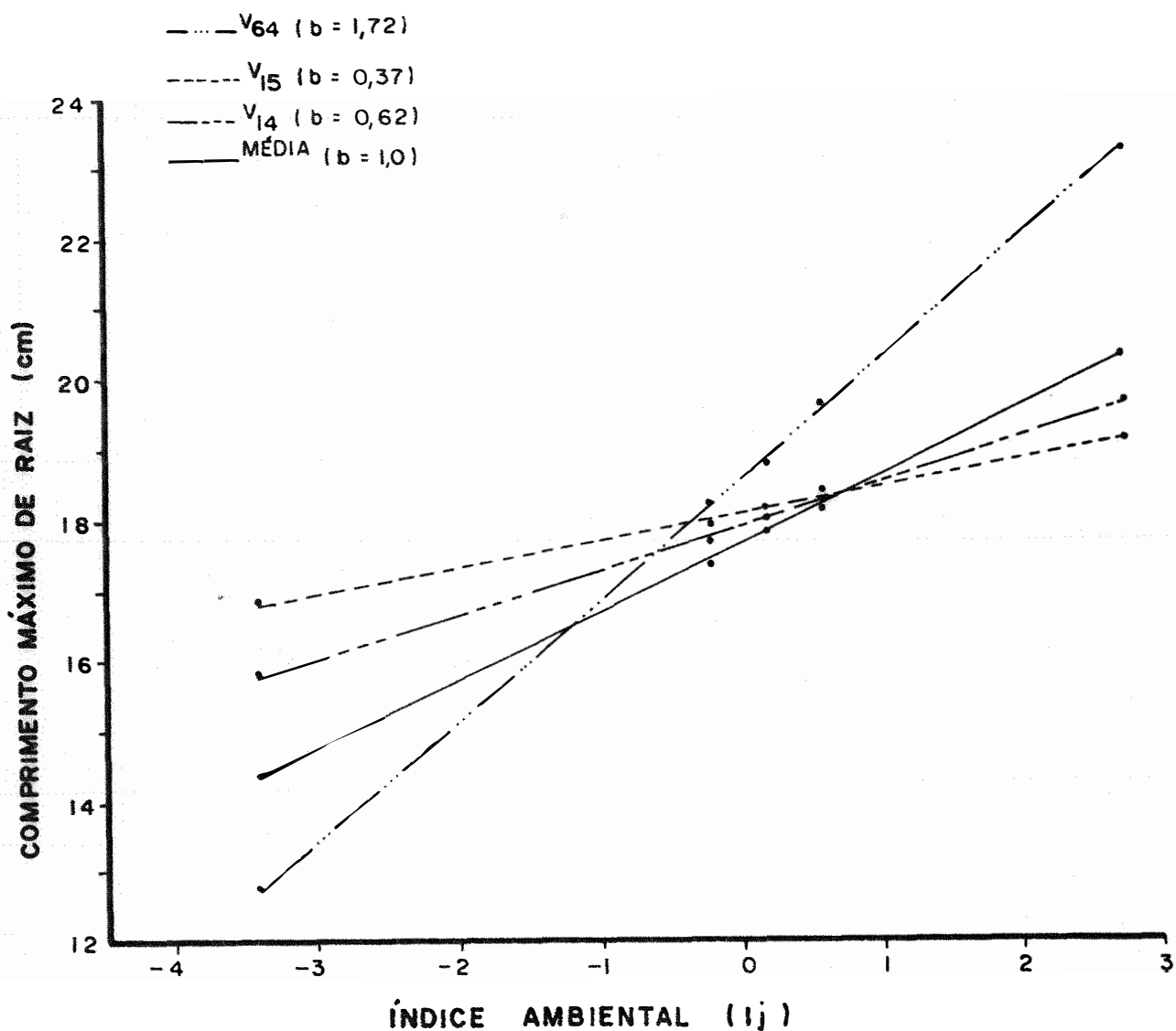


FIGURA 5. Linhas de regressão (índice ambiental x comprimento máximo de raiz) dos genótipos 15 (IAC-1246), 14 (IAC-25) e 64 (Preto Cultivado) de tolerância alta, média e baixa, respectivamente, a ambientes com toxidez de Al.