

EFEITOS DO ALUMÍNIO NO SORGO GRANÍFERO

(*Sorghum bicolor* L. Moench)

FRANCISCO DIAS NOGUEIRA

Orientador: Dr. E. Malavolta

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Solos e Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Junho, 1979

OFEREÇO

À memória de meu pai José

À minha mãe Ana

À minha esposa Cleire

Aos meus filhos Henderson,

Rodrigo, Maria Beatriz e

Ricardo

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos:

- À Escola Superior de Agricultura de Lavras e Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela oportunidade concedida para a realização do Curso de Pós-Graduação.
- Ao Professor Titular Dr. E. Malavolta, pela orientação deste trabalho e incentivos recebidos durante o curso.
- Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Luiza Igarashi Nakayama e à Acadêmica Isabel Eimori pela colaboração no desenvolvimento de todos os trabalhos.
- À Srta. Cleuza Cabral, funcionária do CENA, pela colaboração nos trabalhos preliminares.
- Ao Dr. Magno Antonio Patto Ramalho, pela colaboração nas análises estatísticas e apresentação de resultados.
- Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Paulo César Lima pela execução dos trabalhos de estatística, inclusive programação para computador.
- À Dra. Alaides P. Ruschel pelo empréstimo de aparelhos e instrumentos de Laboratório.
- Ao Dr. José Carlos Alcarde e Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Maria Emília Mattiazo pelo uso do laboratório de química analítica.
- Ao Professor Francisco José Krug pelas análises químicas.
- Ao Professor Henrique Viana de Amorim pelo apoio e estímulo recebido.
- Ao BNDE Funtec 293 e à FAPESP pelo financiamento da pesquisa.
- Às Empresa AGROCERES S/A e CONTIBRASIL S/A pelo fornecimento de sementes.

Aos professores do Setor de Tecnologia de Sementes da ESALQ, pelo uso da câmara de germinação.

Ao CENA pelo acolhimento recebido.

Ao professor Dr. Joel Fallieri pela colaboração na redação do "Summary".

À D. Dirce A. Pellegrino pelas atenções recebidas.

Aos colegas de Departamento, pelo encargo de disciplina transferida durante o curso.

À Sra. Maria Gabriela de Abreu, pela execução da parte datilográfica.

Ao Sr. Mário Pierangeli pela impressão desta tese.

## ÍNDICE

	Página
1. RESUMO .....	1
2. INTRODUÇÃO .....	3
3. HIPÓTESES DE TRABALHO .....	6
4. REVISÃO DA LITERATURA .....	8
4.1. Importância e ocorrência do Al nos solos .....	8
4.2. Fatores do solo afetando a toxidez de Al .....	9
4.3. Efeitos benéficos do Al sobre o desenvolvimento da plan - ta .....	10
4.4. Efeitos prejudiciais do Al sobre o desenvolvimento das plantas .....	11
4.4.1. Sintomas gerais de toxidez de Al .....	11
4.4.2. Efeitos citológicos e morfológicos do Al sobre a planta .....	12
4.4.3. Efeitos fisiológicos e bioquímicos do alumínio ...	13
4.5. Tolerância diferencial do Al por espécies e variedades de plantas .....	15
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
5.1. Ensaio de germinação .....	20
5.1.1. Híbridos utilizados .....	20
5.1.2. Concentrações de alumínio .....	20
5.1.3. Desenvolvimento do ensaio .....	21
5.1.4. Delineamento experimental .....	21
5.2. Ensaio de tolerância de híbridos transplantados para solu ção nutritiva contendo níveis crescentes de alumínio ....	21
5.2.1. Híbridos testados .....	21

	Página
5.2.2. Obtenção de mudas .....	22
5.2.3. Tratamentos .....	22
5.2.4. Condução do ensaio .....	23
5.2.5. Parâmetros de desenvolvimento .....	23
5.2.6. Aspectos de fitotoxidez .....	24
5.2.7. Delineamento experimental .....	24
5.2.8. Determinação química .....	24
5.3. Ensaio de absorção de $^{32}\text{P}$ por plantas híbridas de sorgo granífero ( <u>Sorghum bicolor</u> L. Moench) .....	25
5.3.1. Obtenção das mudas .....	25
5.3.2. Soluções .....	25
5.3.3. Raízes destacadas .....	25
5.3.4. Planta inteira .....	26
5.3.5. Arejamento das soluções .....	26
5.3.6. Retirada do material das soluções .....	26
5.3.7. Incineração do material .....	26
5.3.8. Preparo do extrato radioativo .....	27
5.3.9. Avaliação de absorção de $^{32}\text{P}$ .....	27
5.3.10. Delineamento experimental .....	27
6. RESULTADOS .....	28
6.1. Ensaio de germinação .....	28
6.2. Ensaio de plantas cultivadas em solução nutritiva con- tendo concentrações crescentes de alumínio .....	30
6.2.1. Sintomas de toxidez observados nas plantas .....	30
6.2.2. Melhor parâmetro de desenvolvimento obtido por correlação .....	32
6.2.3. Primeiro experimento .....	36

	Página
6.2.4. Segundo experimento .....	37
6.2.5. Terceiro experimento .....	38
6.2.6. Quarto experimento .....	39
6.2.7. Quinto experimento .....	40
6.2.8. Sexto experimento .....	41
6.3. Determinações químicas .....	42
6.4. Experimentos de absorção de $^{32}\text{P}$ por raízes destacadas e plantas inteiras .....	44
6.4.1. Absorção de $^{32}\text{P}$ por raízes destacadas - 1º experimento .....	44
6.4.2. Absorção de $^{32}\text{P}$ por raízes destacadas - 2º experimento .....	46
6.4.3. Absorção de $^{32}\text{P}$ por raízes destacadas - 3º experimento .....	47
6.4.4. Absorção de $^{32}\text{P}$ por raízes destacadas - 4º experimento .....	48
6.4.5. Absorção de $^{32}\text{P}$ por raízes destacadas - 5º experimento .....	50
6.4.6. Absorção de $^{32}\text{P}$ por raízes destacadas - 6º experimento .....	51
7. DISCUSSÃO .....	53
7.1. Ensaio de germinação de semente de sorgo granífero em substrato contendo concentrações crescentes de alumínio ..	53
7.2. Desenvolvimento de sorgo granífero cultivado em solução nutritiva contendo concentrações crescentes de alumínio ..	55
7.3. Determinações químicas .....	60
7.4. Absorção de $^{32}\text{P}$ por híbridos de sorgo granífero .....	64

	Página
7.5. Comparação entre os métodos de avaliação da tolerância ao alumínio .....	66
8. CONCLUSÕES .....	69
9. SUMMARY .....	71
10. LITERATURA CITADA .....	73



## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento de nascediças de sorgo granífero germinadas em concentrações crescentes de alumínio .....	82
2	Resumo das análises de variância dos parâmetros de crescimento de nascediças de sorgo granífero germinadas em substrato contendo 0, 3, 6, 12 e 24 ppm de Al .....	83
3	Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento em 4 repetições, de sorgo granífero, 1º experimento .....	84
4	Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento em 4 repetições, de sorgo granífero, 2º experimento .....	85
5	Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento em 4 repetições, de sorgo granífero, 3º experimento .....	86
6	Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento em 4 repetições, de sorgo granífero, 4º experimento .....	87
7	Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento em 4 repetições, de sorgo granífero, 5º experimento .....	88
8	Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento em 4 repetições, de sorgo granífero, 6º experimento .....	89
9	Resumo da análise de variância dos parâmetros de desenvolvimento de sorgo granífero, cultivado em solução nutritiva contendo níveis crescentes de alumínio. Piracicaba, 1978 .....	90
10	Resumo das análises de variância dos parâmetros de desenvolvimento de sorgo granífero, cultivado em solução nutri	

Tabela		Página
	tiva, contendo níveis crescentes de alumínio, Piracicaba, 1978 .....	91
11	Resumo das análises de variância dos parâmetros de desenvolvimento de sorgo granífero, cultivado em solução nutritiva contendo níveis crescentes de alumínio. Piracicaba, 1978 .....	92
12	Coeficientes de correlação entre os parâmetros utilizados nos ensaios de avaliação de genótipos de sorgo tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978 .....	93
13	Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca da parte aérea dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 1, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978 .....	94
14	Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca da parte aérea dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 2, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978.....	95
15	Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca da parte aérea dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 3, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978 .....	96
16	Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca da parte aérea dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 4, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978 .....	97

Tabela		Página
17	Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca da parte aérea dos diferentes híbridos de sorgo granífero obtidos no experimento 5, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978 ..	98
18	Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca da parte aérea dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 6, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978 .....	99
19	Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca das raízes dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 1, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978 .....	100
20	Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca das raízes dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 2, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978 .....	101
21	Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca das raízes dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 3, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978 .....	102
22	Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca das raízes dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 4, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978. ....	103
23	Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca das raízes dos diferentes híbridos de	

Tabela	Página
sorgo obtidos no experimento 5, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978 .....	104
24 Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca das raízes dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 6, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978 .....	105
25 Valores de "r" obtidos em correlações entre a produção de matéria seca da parte aérea e sua concentração em P, K, Ca, Mg e Al .....	106
26 Valores de "r" obtidos em correlações entre a produção de matéria seca das raízes e sua concentração em P, K, Ca, Mg e Al .....	107
27 Contagens médias por minuto (CPM) obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ - 1º experimento - Piracicaba, 1978 ...	108
28 Contagens médias por minuto (CPM) obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ - 2º experimento - Piracicaba, 1978 ...	109
29 Contagens médias por minuto (CPM) obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ - 3º experimento - Piracicaba, 1978 ...	110
30 Contagens médias por minuto (CPM) obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger	

Tabela	Página
Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ - 4º experimento - Piracicaba, 1978 ...	111
31 Contagens médias por minuto (CPM) obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ - 5º experimento - Piracicaba, 1978 ...	112
32 Contagens médias por minuto (CPM) obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ - 6º experimento - Piracicaba, 1978 ...	113
33 Experimento 1: Resumo da análise de variância das contagens por minuto obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ - Piracicaba, 1978 .....	114
34 Experimento 2: Resumo da análise de variância das contagens por minuto obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ - Piracicaba, 1978 .....	115
35 Experimento 3: Resumo da análise de variância das contagens por minuto obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ - Piracicaba, 1978 .....	116
36 Experimento 4: Resumo da análise de variância das contagens por minuto obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ - Piracicaba, 1978 .....	117

## Tabela

## Página

	gens por minuto obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ - Piracicaba, 1978 .....	117
37	Experimento 5: Resumo da análise de variância das contagens por minuto obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ - Piracicaba, 1978 .....	118
38	Experimento 6: Resumo da análise de variância das contagens por minuto obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ - Piracicaba, 1978 .....	119
39	Coefficientes de correlação entre valores de absorção de $^{32}\text{P}$ expressos em cpm detectadas em raízes destacadas, raízes de plantas inteiras e parte aérea de sorgo granífero tratado com $^{32}\text{P}$ e concentrações crescentes de alumínio - Piracicaba, 1978 .....	120
40	Tolerância relativa (%) acima de 100,0 de híbridos de sorgo granífero cultivado em solução nutritiva, contendo alumínio. Piracicaba, 1978 .....	56
41	Diferenciação de comprimento de híbridos de sorgo granífero tratados com $^{32}\text{P}$ em soluções com pH normal e pH 2,9 na ausência de alumínio .....	66

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	1º experimento: peso relativo de matéria seca de planta inteira de sorgo granífero. Piracicaba, 1978 .....	33
2	2º experimento: peso relativo de matéria seca de planta inteira de sorgo granífero. Piracicaba, 1978 .....	33
3	3º experimento: peso relativo de matéria seca de planta inteira de sorgo granífero. Piracicaba, 1978 .....	34
4	4º experimento: peso relativo de matéria seca de planta inteira de sorgo granífero. Piracicaba, 1978 .....	34
5	5º experimento: peso relativo de matéria seca de planta inteira de sorgo granífero. Piracicaba, 1978 .....	35
6	6º experimento: peso relativo de matéria seca de planta inteira de sorgo granífero. Piracicaba, 1978 .....	35

## 1. RESUMÓ

Treze experimentos foram conduzidos em delineamento experimental de parcelas subdivididas para estudar os efeitos de toxidez de alumínio no desenvolvimento de sorgo granífero (Sorghum bicolor L. Moench).

Um experimento foi realizado para observar o desenvolvimento de nascediças germinadas em substrato de quartzo moído contendo cinco concentrações crescentes de alumínio, na forma de  $Al_3.6H_2O$ .

Outros seis experimentos foram planejados para estudar o desenvolvimento de sorgo granífero germinado em substrato de vermiculita, transplantado posteriormente para vasos contendo solução nutritiva com cinco concentrações crescentes de alumínio.

Os últimos seis experimentos foram conduzidos para testar a absorção de  $^{32}P$  na ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e na presença de três concentrações crescentes de alumínio.

Os parâmetros usados para avaliar os resultados foram: comprimento de raízes, altura da planta, matéria seca, composição química da planta e a absorção de  $^{32}P$  em raízes destacadas e não destacadas, em medidas de cpm. Foi também avaliada a atividade de  $^{32}P$  na planta através da translocação de  $^{32}P$  das raízes para a parte aérea.



Todos os três tipos de experimento desenvolvidos no presente trabalho permitiram estudar os híbridos de sorgo granífero sob dois aspectos: (I) Comportamento de um híbrido dentro de concentrações crescentes de alumínio (0, 3, 6, 12 e 24 ppm comuns nas metodologias relativas aos dois primeiros tipos de experimentos e 0, 0 pH 2,9, 12, 24 e 72 ppm adotadas no 3º tipo). (II) A comparação dos híbridos dentro de qualquer concentração de alumínio testada. As seguintes conclusões puderam ser tiradas da pesquisa:

O ensaio de germinação mostrou ser promissor pela rapidez do resultado e facilidade do manuseio.

Os resultados dos experimentos de híbridos de sorgo granífero cultivados em solução nutritiva e aqueles obtidos nos experimentos de absorção de  $^{32}\text{P}$  apresentaram correspondência parcial. A melhor característica para avaliar a toxidez de alumínio em sorgo granífero, cultivado em solução nutritiva, foi a matéria seca da planta inteira enquanto no trabalho de absorção de  $^{32}\text{P}$  as raízes destacadas tratadas com este isótopo representaram melhor parâmetro do que a planta inteira. Ocorreu diferença de comportamento entre os híbridos avaliados com relação à tolerância ao alumínio nos diferentes métodos utilizados. As determinações químicas sugerem efeitos do alumínio de natureza metabólica, sobre o desenvolvimento de sorgo granífero cultivado em solução nutritiva; o alumínio reduziu a absorção de cálcio e magnésio tanto nas raízes como na parte aérea, em todas as concentrações utilizadas. A determinação de fósforo sugere interação P-Al e uma redução de sua translocação das raízes para a parte aérea, de um modo geral, devido à presença do alumínio.

O pH em si não foi o fator mais limitante da absorção de fósforo para alguns híbridos o que indica diferença de resposta aos efeitos das concentrações de alumínio e hidrogeniônica.

## 2. INTRODUÇÃO

A escassez de alimentos é uma preocupação contemporânea e a provisão das gerações futuras se torna cada vez mais ameaçada pelo desequilíbrio entre a baixa produção e o alto consumo. Apesar da realidade do incremento da fome em todos os países, os cientistas têm procurado minimizar a tetricidade de uma situação assim configurada pelas previsões estatísticas.

O sorgo granífero (Sorghum bicolor L. Moench) que é uma planta de ciclo fotossintético mais eficiente seria uma opção para modificar este quadro ainda no presente.

A cultura do sorgo granífero já ocupa o 5º lugar em área plantada no mundo e a sua importância como fonte de alimentos, direta ou indireta, tem sido confirmada por pesquisas desenvolvidas em muitas partes do mundo.

Trata-se de um cereal que pode tolerar climas áridos ou úmidos, solos de diversos níveis de fertilidade permitindo, desse modo, alternativas para o aproveitamento de terras marginalizadas para muitas culturas tradicionais. Sua implantação como cultura econômica, proporcionou, em muitos países, o crescimento da pecuária e o desenvolvimento da indústria de

moagem, evidenciando-se como uma alternativa para gerar alimentos e divisas para muitos países.

A maior parte das culturas de sorgo granífero são híbridos que mostram superioridade de produção e melhor adaptação em determinados solos e climas. Todavia, como reserva de material genético, inúmeras variedades são conservadas na coleção mundial.

Há cerca de duas décadas foram feitas as primeiras tentativas para a introdução do sorgo granífero no Brasil, através de estações experimentais de órgãos públicos, sem lograr êxito imediato porque não havia suporte bastante para pesquisa e difusão da cultura em maior dimensão.

As condições de clima e solo, no Brasil, são potencialmente favoráveis à expansão desta cultura porém há necessidade de identificar cultivares de constituição genética compatível com os problemas ecológicos regionais, principalmente aqueles relacionados com a nutrição mineral.

A literatura brasileira disponível sobre a nutrição mineral do sorgo granífero e outros para finalidades diversas é ainda restrita em termos de pesquisa realizadas, publicadas e difundidas pelos serviços de extensão rural. São poucos os trabalhos publicados visando o encontro de cultivares adaptados aos solos com fertilidade baixa e altas concentrações de alumínio. Também o pH do solo exerce efeitos no crescimento das plantas mas é necessária uma distinção dos efeitos dos íons  $H_3O^+$  e dos íons  $Al^{3+}$  sobre a nutrição e desenvolvimento das plantas.

É conhecida a grande variabilidade genética para tolerância em relação ao alumínio quando este se apresenta em elevadas concentrações, podendo seus efeitos tóxicos serem sentidos por um grande número de plantas. O mecanismo de tolerância ainda não está bem caracterizado, sabe-se porém que existe uma grande interação entre o alumínio e o fósforo quando o primeiro se encontra em altas concentrações. Acumulação de fósforo nas raízes de plantas cultivadas em solos ácidos e os sintomas acentuados de deficiências de fósforo na parte aérea tem sido associadas com aquelas interações.

O alumínio catiônico é conhecido por afetar o desenvolvimento das plantas de dois modos: primeiramente através de uma inibição da divisão celular nas raízes e, em segundo lugar pela redução do transporte de fósforo das raízes para a parte aérea. Alumínio catiônico e fósforo acumulam nas raízes de plantas cultivadas e tem sido sugerido que alguma forma de precipitação interna de fosfato de alumínio contribue para uma redução observada no transporte do fósforo das raízes para a parte aérea. Por outro lado há, na literatura, especializada no assunto, resultados mostrando que raízes tratadas com alumínio parecem ter uma absorção aumentada de fósforo.

O presente trabalho foi conduzido tendo por objetivo conhecer efeitos do alumínio no sorgo granífero como tentativa de explicar respostas biológicas e bioquímicas através de alguns estudos:

- Comportamento de híbridos de sorgo granífero em relação ao alumínio em condições controladas.
- Efeitos das concentrações crescentes de alumínio na composição mineral do sorgo.
- Influência do alumínio na absorção de fósforo por plantas mantidas em substratos contendo concentrações crescentes de alumínio.
- Estabelecimento de técnica simples e rápida para seleção de cultivares de sorgo tolerantes ao alumínio.

### 3. HIPÓTESES DE TRABALHO

Muitos métodos já foram utilizados para diferenciar plantas cultivadas dentro de um gradiente de tolerância às concentrações crescentes de alumínio em determinados substratos. Todavia os resultados encontrados na literatura são específicos para cada metodologia adotada, sendo questionável a validade da extrapolação de resultados quando se verifica alterações na metodologia experimental e, ou na constituição genética das cultivares que devem ser testadas. Foram formuladas, então, hipóteses de trabalho que permitissem destacar melhores parâmetros em estádios diferentes, por técnicas também diversas, considerando-se:

- a) Respostas de plantas nascidas às concentrações crescentes de alumínio, avaliadas por medidas de comprimento de raízes e altura da parte aérea.
- b) Respostas de plantas germinadas em determinado substrato e transplantadas para solução nutritiva, com concentrações crescentes de alumínio, avaliadas por medidas de comprimento de raízes, altura da parte aérea e pelo peso da matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira.
- c) Respostas avaliadas pela determinação da composição química de plantas cultivadas nas condições descritas em b.
- d) Respostas de plantas mantidas por determinado período em solução con-

tendo  $^{32}\text{P}$  e concentrações crescentes de alumínio, avaliadas pela maior ou menor absorção de  $^{32}\text{P}$ .

#### 4. REVISÃO DA LITERATURA

##### 4.1. Importância e ocorrência do Al nos solos

O Al é o terceiro elemento em abundância na litosfera, devido à sua participação nos minerais primários, aparecendo, também em alta proporção nos minerais de argila, com predominância sobre o silício, nos solos tropicais. A participação do Al, na acidez do solo, pode ser entendida do seguinte modo:

- 1) Os protons,  $H^+$  ou  $H_3O^+$ , resultantes da água carregada de gás carbônico provocam reações no mineral secundário X (um alumínio silicato essencialmente), liberando iônios Al que permanecem em forma trocável;
- 2) Através de uma série de reações reversíveis, os iônios monômeros do Al (ou os dímeros, trímeros e polímeros dele resultantes) libertam  $H_3O^+$  sucessivamente;
- 3) O aumento do pH causa diminuição na carga dos iônios de Al e a redução do primeiro tem efeito oposto.

Há unanimidade, na literatura no que tange ao fato de ser o Al um dos elementos apontados que, acumulando-se exageradamente, nos solos ácidos, causam dano às plantas, conforme tem sido demonstrado pela experimentação (MALAVOLTA et alii).

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

A demanda de maiores safras agrícolas e a necessidade do aumento da produtividade, implica no uso de adubações pesadas, agravando os problemas de toxidez do Al com adição dos fertilizantes de resíduo ácido (ABRUNA et alii, 1958) ao solo, o que provoca o deslocamento do elemento para a solução deste (RAGLAND & COLEMAN, 1962).

#### 4.2. Fatores do solo afetando a toxidez de Al

A solubilidade do Al e a severidade de sua toxidez para as plantas são afetadas por muitos fatores do solo, incluindo pH, tipo do mineral de argila predominante, concentrações de outros cátions, concentrações totais de sais e teor de matéria orgânica (FOY, 1974).

Em geral, a toxidez de Al não ocorre em solos de pH acima de 5,5 mas é comum, em valores de pH mais baixos e particularmente abaixo de 5,0 quando a solubilidade do Al aumenta expressivamente (MAGISTAD, 1925) e mais da metade dos sítios de troca podem estar ocupados por Al (EVANS & KAMPFRATH, 1970).

Para um determinado solo ácido, as respostas das culturas à calagem são, muitas vezes, bem correlacionados com Al trocável, extraído por KCl (FOY et alii, 1965; MORSCHLER et alii, 1960); o pH do solo no qual o Al fica solúvel, em concentrações tóxicas é diferente nos diversos solos, dependendo também da relação sílica/sesquióxido existente (ADAMS & LUND, 1966). Segundo estes autores, o fato de uma menor concentração de Al, na camada subsuperficial de um solo apresentar maior toxidez que a concentração mais alta da camada homóloga de outro solo, sugere grande influência dos fatores e processos pedogêni-



cos bem como do estágio de intemperização.

#### 4.3. Efeitos benéficos do Al sobre o desenvolvimento da planta

Embora o Al não seja considerado um elemento essencial muitos autores concordam que baixas concentrações de Al seriam benéficas para um grupo de plantas cultivadas. Por exemplo, MAC LEOD & JACKSON (1965) encontraram resposta favorável de alfafa (Medicago sativa) à concentração de 0,1 a 0,2 ppm de Al em soluções nutritivas. Para o chá (Thea sinensis) são citados efeitos positivos de Al em concentrações não muito elevadas (WUTKE, 1972; BEAR, 1964; PEARSON e ADAMS et alii, 1967).

Outras citações de efeitos benéficos do Al para as plantas são encontrados na literatura mas algumas são discutíveis, como no caso daquelas cuja reprodução se faz pelo método de enxertia. Plantas de citrus, em solução nutritiva, sem receber Al, tiveram menor desenvolvimento; as raízes apresentaram coloração marrom avermelhada, as folhas perderam o brilho e adquiriram uma coloração bronzada. Nas plantas que receberam 0,5 e 5 ppm o desenvolvimento das raízes foi muito mais vigoroso, a parte aérea se manteve verde e desenvolveu-se bem (LIEBIG, VANSELOV e CHAPMAN, 1942). Quando porém, plantas de citrus são reproduzidas assexuadamente, pelo método de enxertia, supõe-se ser necessário um conhecimento de afinidade comum do porta enxerto e do próprio enxerto para determinadas concentrações de Al no solo.

Os mecanismos pelos quais pequenas quantidades de Al seriam favoráveis ao desenvolvimento das plantas não são claros. Uma possível explicação seria o efeito da hidrólise do Al e abaixamento do pH no aumento da solubilidade do Fe e de sua disponibilidade no substrato (FOY, 1974); tal explicação dificilmente serviria, entretanto, para o efeito notado em solução nutritiva.

#### 4.4. Efeitos prejudiciais do Al sobre o desenvolvimento das plantas

A toxidez do Al é comumente considerada como o principal e feito pernicioso da acidez dos solos, admitindo-se que a concentração de 1 ppm de Al solúvel, seja tóxico para a maioria das plantas cultivadas. As funções biológicas das raízes são mais afetadas; o desenvolvimento das mesmas é limitado de maneira drástica. Supõe-se que este efeito se deva à inibição da divisão celular, por ligação de Al com ácidos nucleicos (WU TKE, 1972; BEAR, 1964; PEARSON e ADAMS, 1967).

Os efeitos prejudiciais do Al podem ser avaliados diretamente por observações visuais do sistema radicular e parte aérea ou indiretamente, comparando-se disponibilidade e absorção de nutrientes nos substratos e em plantas, respectivamente, cultivadas em substratos com baixas e altas concentrações de Al (LANCE & PEARSON, 1969, WRIGHT, 1943).

##### 4.4.1. Sintomas gerais de toxidez de Al

A toxidez, nas partes aéreas é muitas vezes, caracterizada por sintomas semelhantes àqueles de deficiência de P (atrofiamento, folhas anormais, pequenas de coloração púrpura nos colmos, folhas e nervuras) ou deficiência de Ca (enrolamento das folhas jovens, colapso do ápice da planta ou dos pecíolos (FOY, 1974, MALAVOLTA et alii, 1974).

As raízes danificadas por Al são caracterizadas por um engrossamento e atrofiamento; as extremidades são inibidas no seu desenvolvimento e adquirem uma cor marrom. O sistema radicular, como um todo, fica com aparência coralóide, tendo muitas raízes laterais inibidas e grossas mas faltando as finas ramificações (FLEMING & FOY, 1968; REID et alii, 1971).

#### 4.4.2. Efeitos citológicos e morfológicos do Al sobre a planta

Resultados de trabalho de pesquisa mostraram que o Al causa severas anormalidades citológicas, considerando-se a divisão celular das raízes da cebola (Allium cepa): formação de cromossomos "viscosos" e pontes de anáfase (LEVAN, 1945).

Em trabalhos com algodoeiro, observou-se que concentrações de Al acima de 0,5 ppm (pH não especificado) impediam o desenvolvimento das raízes de platinhas e que as mesmas não se recuperavam quando colocadas em soluções livres de Al. O aparecimento de células binucleadas nas regiões meristemáticas, das extremidades das raízes, indicaram que a divisão celular foi inibida (RIDS & PEARSON, 1964). A exposição de raízes do algodoeiro a 1 ppm de Al (pH 4,3) por 12 horas, produziu uma desordem celular no periciclo e maior ocorrência de células binucleadas ficando o tecido danificado, mole e necrótico (HUCK, 1972).

Células corticais de beterraba açucareira, cultivadas com 8 a 12 ppm de Al eram grandes, anormais divididas irregularmente e apresentaram desintegração na região da coifa e do cortex, tornando-se a região apical indistinguível (KESER, NEUBAUER & HUTCHINSON, 1975).

Estudos sobre a influência de íons  $Al^{3+}$  no desenvolvimento da morfologia das raízes de beterraba açucareira mostraram que a alongação da raiz axial primária foi inibida logo após o transplante para soluções nutritivas, contendo concentrações de Al iguais ou superiores a 4 ppm. Um atrofiamento significativo da raiz e hipocotilo foi observado nestas plantas. As raízes mudaram de cor clara para marrom avermelhada o que se iniciou na região apical, depois de 5 dias em níveis tóxicos de Al, em 4 ppm para cima. As raízes das plantas de 15 e 20 dias de idade, ficaram pretas. Nessas concentrações tóxicas as raízes laterais foram emitidas pela raiz primária, atrofiadamente; a raiz primária exibiu formas de torção. Cinco dias após o cultivo das plantas, na presença de 4 ppm de Al, inici-

ou-se a formação de raízes laterais, desorganizadamente. O promeristema e xibiu crescimento e organização normais embora uma substância colorida de vermelho tenha sido observada na região cortical da raiz primária e da su perfície das camadas celulares das raízes laterais, em emergência. A mi-cro análise revelou que as áreas cobertas pela substância colorida de vermelho ("red-staining-substance" ou "RSS") continham grandes concentrações de  $AlPO_4$ . A coifa da raiz principal era compacta e a "RSS" se acumulou nas suas células e nas camadas celulares do cortex.

#### 4.4.3. Efeitos fisiológicos e bioquímicos do alumínio

Grande parte do Al solúvel se acumula nas raízes, como já se verificou que a quantidade de Al deslocada para as extremidades superiores das plantas, não é muito maior do que aquela encontrada pelas plantas normais. Além do efeito prejudicial direto, o Al solúvel tem afinidade pelo fósforo, formando fosfatos insolúveis de Al, diminuindo, consequentemente, a disponibilidade do P no solo. De maneira análoga, o Al afeta a translocação do P na planta. A concentração de Al não considerada prejudicial é de 0,5 e.mg/100 g de solo (GARGANTINI et alii, 1970).

Uma pequena fração do Al total, encontrado nas raízes de cevada, pareceu estar dentro das células onde teve um efeito inibidor da fosforilação das hexoses. A redução de tamanho do reservatório de hexose-fosfato e o aumento no ATP e outro nucleotídeo trifosfato sugerem que o Al inibe a hexoquinase ou se combina com o substrato para torná-lo indisponível para a reação. Experimentos preliminares, "in vitro" com levedura purificada de hexoquinase e extratos crus de mitocôndrios de raízes de cevada, confirmam que a presença do Al inibe a enzima em concentrações semelhantes àsquelas de outros inibidores metálicos. Nas raízes contendo Al ocorre redução da atividade específica do P em RNA (CLARKSON, 1966).

Estudos sobre a interação Al e P nas superfícies das raízes, desenvolvidas com material da parede celular mostraram que o Al é também firmemente adsorvido a esse material. Os grupos carboxílicos livres das cadeias de ácidos poligalacturônicos, na lamela média, parecem provavelmente, sítios para esta adsorção. Sabe-se que o Al se liga fortemente com pectina e, de fato, é usado em química coloidal para recuperação de pectina da solução, por recuperação (JOSLYN & LUCA, 1957).

Contudo, a falta de altas concentrações de Ca e Na para remover Al adsorvido e a resistência deste elemento à quelação por EDTA, sugerem que, mais do que uma simples reação de troca seja envolvida. É possível que o Al possa ser precipitado sobre a raiz ou sobre a superfície celular como  $Al(OH)_3$  por hidrólise dos íons  $Al(OH)_2^{2+}$  e  $Al(OH)_2^+$  por grupos carboxílicos livres. A adição de íon hidróxido a uma solução de sal de Al resulta na precipitação de uma série de polímeros carregados positivamente pela ligação do primeiro elemento. Superfícies de hidróxido de Al, amorfo, são carregadas, positivamente, abaixo do pH 5, frequentemente, abaixo do pH 6,5. Tais superfícies são conhecidas no fenômeno da adsorção e precipitação do P da solução, resultando na formação de  $Al(OH)_2H_2PO_4$  (HSU & BATES, 1964, citados por CLARKSON, 1967). Nas superfícies das células onde o hidróxido de alumínio está presente, seria esperada adsorção de P e o ponto correspondente poderia ser considerado como sítio para a fixação do P. Nas condições de solo, onde os íons de Al e fosfato estão em contato com as raízes permanentemente, esse processo reduziria, efetivamente a concentração de P disponível, para a absorção ativa, isto é, metabólica (HSU, 1966).

Estudos de toxidez de Al em raiz de cevada, com P radioativo como traçador, revelaram que houve precipitação de P nessas raízes quando tratadas com Al (WRIGHT & DONAHUE, 1953).

#### 4.5. Tolerância diferencial ao Al por espécies e variedades de plantas

As maiores dificuldades na prática da calagem nos horizontes subsuperficiais dos solos, têm orientado os melhoristas de plantas para a seleção de variedades tolerantes às adversidades do meio. Os trabalhos preliminares neste sentido vêm sendo desenvolvidos tendo como parâmetros de avaliação o crescimento das raízes em função das concentrações de Al e P disponíveis em substrato de pH conhecido (FOY *et alii*, 1974).

A adaptação das culturas às condições ácidas é de interesse prático e o processo que conduz ao encontro deste objetivo tem sido lento, através do cultivo de plantas admitidas a priori como "resistentes" à toxidez de Al, diretamente no solo. Seleções de plantas tem mostrado através de gerações sucessivas, cultivadas persistentemente em solos ácidos, que a resistência pode ser manifestada na quarta geração, e pode ser associada à baixa CTC (capacidade de troca de cátions), do sistema radicular. A menor CTC de seleções resistentes à toxidez de Al seria efetiva possivelmente porque aumentando-se a absorção de cátions monovalentes diminui-se a de cátions polivalentes de Al e Mn (VOSE & RANDAL, 1962).

A toxidez do Al não pode ser sempre diagnosticada visualmente nas condições normais de culturas conduzidas no campo ou pela determinação do teor desse elemento nas partes aéreas da planta. O desenvolvimento das plantas é inibido, frequentemente, por altas concentrações de Al, mas isto não acarreta sintoma específico da toxidez do elemento. Quando, porém, as plantas são cultivadas em solução nutritiva, a aparência das raízes e o teor de Al nelas contido podem ser usados para uma diagnose mais rápida e mais exata; porém, quando cultivadas no solo, a colheita e lavagem das raízes tornam este método menos eficiente (PRATT, 1966).

Existem resultados experimentais que permitiram uma classificação de grupos de plantas de acordo com sua resposta a maiores e menores concentrações de Al. O sorgo foi considerado uma planta intermediária

ou tolerante, relativamente; é danificado, porém quando a concentração de Al no substrato atinge 7 ppm (McLEAN & GILBERT, 1927).

Assim, o comportamento das plantas na presença de determinada concentração de Al, não é, necessariamente, o mesmo. Sua mudança, não ocorre somente entre as espécies diferentes de plantas mas acontece também, entre variedades da mesma espécie. Plantas de girassol foram cultivadas em soluções contendo 0, 2, 4, 6 ppm de Al, na forma de  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ , em pH inicial de 4,6. Os genótipos testados comportaram-se diferentemente e, sintomas de deficiência de Ca, induzidos por Al, vistos antes em plantas cultivadas no solo, não se repetiram quando cultivadas em solução nutritiva. Isto foi explicado devido à presença de 50 ppm de Ca na solução nutritiva, representando maior disponibilidade deste elemento em relação ao Al (FOY et alii, 1974).

Plantinhas de pessegueiro foram tratadas com concentrações de 222, 666 e 2000  $\mu M$  de Al na forma de  $KAl(SO_4)_2$ , cultivadas em areia, com solução nutritiva e após 23 a 24 dias transferidas para concentrações variáveis de Al; foram observados efeitos de toxidez do elemento. Em pH 4, 90% do Al estava na forma de  $Al^{3+}$  e foi assim mantido trocando-se a solução a cada 3 dias. A concentração de nutrientes nas folhas diminuía quando a concentração de Al aumentava, exceto a de K cuja concentração se elevava nas folhas de plantas tratadas com 666  $\mu M$ . Não se detectou Ca em raízes cultivadas na concentração mais alta de Al (EDWARDS et alii, 1976).

O efeito de pH sobre absorção e concentração de cobre, boro, zinco, manganês, molibdênio, alumínio e ferro, em plantas de milho tem sido pesquisado em vários países produtores deste cereal e alguns resultados, no que tange aos efeitos relacionados entre a planta e Al, indicam que a absorção e a concentração deste elemento na planta são reduzidas significativamente quando o pH do solo é aumentado (LUIZ, GENTER & HAWKINS, 1972). Estes resultados são concordantes com outros traba-

lhos que estabelecem solubilidade mínima do Al, na faixa de pH compreendida entre 5 e 7 (MAGISTAD, 1925; PIERRE et alii, 1932).

Resultados experimentais obtidos em solos com variação de pH entre 5,2 e 7,1 indicaram baixa produção de sorgo forrageiro quando o pH era baixo; uma redução na acidez do solo, através da calagem nos solos ácidos exerceu efeito favorável para melhorar a qualidade da forragem (WALKER et alii, 1975).

Respostas diferenciais de plantas de trigo mostram que as variedades podem ser selecionadas com relativa facilidade, para tolerância ao Al, cultivando-as em solução nutritiva. Diferenças na tolerância são rapidamente evidentes, após a germinação e podem ser medidas dentro de poucos dias (KERRIDGE et alii, 1971; MOORE, 1974).

O cunho prático da técnica reside no fato de que a tolerância diferencial observada em solução nutritiva foi relativamente igual quando as plantas foram cultivadas no solo, variando as concentrações de Al trocável. Outra aplicação prática sugerida pelos resultados obtidos seria o controle de Al, através da concentração de P e do controle do pH. A ênfase do uso de solução nutritiva, como técnica para a seleção de plantas tolerantes ao Al tem sido bem recebida, pela sua rapidez e fácil reprodutibilidade, sendo, ainda adequada aos estudos de genética, permitindo distinguir, claramente, os graus de tolerância ao Al.

Medidas do comprimento de raiz e da parte aérea são incontestáveis como parâmetros representativos de desenvolvimento de plantas e depois da seleção por este processo, as plantas jovens de uma população segregante podem ser transplantadas para o solo, submetendo-se a posterior avaliação no programa de melhoramento (KERRIDGE et alii, 1971 ; KERRIDGE & KRONSTAD, 1968; MUNNS, 1965).

Resultados de pesquisas conduzidas em épocas diferentes e por autores diversos sugerem que baixa CTC de raiz é associada com tolerância ao alumínio e manganês, em algumas variedades de Lolium perene



(VOSE & RANDAL, 1962; FOY et alii, 1967).

Plantas selecionadas, resistentes e susceptíveis às toxidez de alumínio e manganês foram cultivadas em solução nutritiva com e sem alumínio por um período de 8 semanas, após o qual determinou-se a CTC de raízes cujos resultados foram os seguintes:

Variedade	CTC média de raízes em 4 determinações	
	m.e/100 g de peso seco	
	Sol. controle	Sol. com 15 ppm Al
Danish (susceptível ao Al)	23,0	18,7
Ba 7486 (intermediária)	18,5	16,0
Ba 7485 (resistente ao Al)	14,9	12,0
Danish (susceptível ao Mn)	23,0	21,7
Ba 8200 (resistente ao Mn)	16,2	19,7

Por esta tabela torna-se claro que resistência à toxidez de alumínio e manganês é associada com baixa capacidade de troca catiônica. É possível que a associação de toxidez de alumínio e manganês com baixa capacidade de troca catiônica seja uma condição natural de plantas mais adaptadas aos solos de baixa fertilidade (VOSE & RANDAL, 1962).

De acordo com a teoria de Donnan, confirmada por HUFFAKER & WALLACE (1958), a baixa CTC favorece a absorção de cátions mono e divalentes. Então, seleções de plantas com baixa CTC poderiam ser efetivas no aumento de absorção de cátions monovalentes, em detrimento daqueles polivalentes, ou seja, do alumínio e manganês, minimizando assim efeitos indesejáveis destes elementos quando presentes em excesso,

Os efeitos de íons metálicos sobre a atividade fosfatase foram medidos em amostras de extremidades de raízes de ecotipos edáficos de

Agrostis tenuis, medindo-se a hidrólise de p-nitrophenil fosfato em função da concentração de alumínio. Os três ecotipos testados em concentrações de Al tiveram comportamento semelhante; observou-se que, nas concentrações mais baixas de alumínio a atividade enzimática diminui em todos os três ecotipos mas a inibição é maior, em concentrações mais baixas de alumínio, no caso dos ecótipos edáficos designados por "calcareous soil race" e "lead spoil heap race". A curva de resposta mostrou inicialmente, redução da atividade enzimática devido ao aumento da concentração do íon metálico seguida por uma segunda elevação da atividade, havendo novo declínio em concentrações mais altas de  $Al^{3+}$ .

Este estímulo aparente da enzima é devido mais provavelmente ao fato de que, em determinada concentração do metal, a semipermeabilidade das membranas da célula da raiz é quebrada permitindo a penetração das moléculas do substrato dentro das células e tomando contato com a fosfatase interna associada com o mitocôndrio e outros componentes celulares (WOOLHOUSE, 1968).

Estudos feitos com plantas superiores, em cultura estéril, mostraram que, na ausência de microorganismos elas são capazes de utilizar fitatos e outros compostos organo-fosforados como fontes de fósforo para o crescimento, em virtude provavelmente de enzimas fosfatases associadas com a superfície da raiz (ROGERS et alii, 1940).

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Ensaio de germinação

Instalou-se um ensaio envolvendo 3 híbridos de sorgo granífero (Sorghum bicolor L. Moench) e 5 concentrações de alumínio, na forma de cloreto de alumínio hexahidratado ( $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), para estudar o efeito desse elemento sobre o desenvolvimento de plantas nascidas, cujos detalhes são descritos abaixo.

#### 5.1.1. Híbridos utilizados

Tey 101, ContiBrasil 102 e Dekalb. E-59

#### 5.1.2. Concentrações de alumínio

0, 3, 6, 12 e 24 ppm de alumínio.

### 5.1.3. Desenvolvimento do ensaio

Em condições de câmara de germinação, os três híbridos supra mencionados foram semeados em parcelas representadas por caixas plásticas, contendo 250 cm<sup>3</sup> de quartzo moído, de diâmetro médio de 2 mm, tratado com HCl 0,1 N e lavado com água destilada, em volumes iguais. As sementes foram desinfetadas com solução de hipoclorito de sódio a 10%, segundo MALAVOLTA (1975) e, em seguida, lavadas com água destilada, semeadas e recobertas com camada de quartzo de 0,25 cm, umedecido com 50 cm<sup>3</sup> de solução para cada tratamento, sendo as caixas tampadas. Estas foram colocadas no germinador, à temperatura de 30°C e 99% de umidade relativa e assim mantidas durante todo o ensaio. As nascediças que apresentaram a emissão do coleoptilo foram consideradas germinadas e a colheita procedeu-se com 4 e 7 dias após a semeadura, sendo utilizadas 10 nascediças tiradas ao acaso, para medida do comprimento de raiz e altura da parte aérea.

### 5.1.4. Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso segundo o esquema de parcelas subdivididas, com 10 repetições, considerando-se uma planta por repetição, sendo os níveis de Al o tratamento das parcelas e os híbridos nas subparcelas.

## 5.2. Ensaio de tolerância de híbridos transplantados para solução nutritiva contendo níveis crescentes de alumínio.

### 5.2.1. Híbridos testados

Foram testados 30 híbridos de sorgo granífero (Sorghum bicolor L. Moench), fornecidos pela Empresa Agrocereis S.A., distribuídos em

6 experimentos, conforme relação abaixo:

1º experimento	2º experimento	3º experimento
1. Tey 101	6. Ag 75395	11. Ag 76003
2. Ag 75009	7. Ag 74101	12. Ag 1010
3. Ag 77004	8. Ag 75125	13. Ag 77008
4. Ag 75051	9. Ag 75373	14. Ag 77007
5. Ag 75017	10. Ag 74129	15. Ag 75073
4º experimento	5º experimento	6º experimento
16. Ag 74111	21. Ag 77012-2	26. Ag 77012-3
17. ContiBrasil 102	22. Ag 77977	27. Ag 1011
18. Ag 74193	23. Ag 1003	28. Ag 77018-2
19. Ag 77010	24. Ag 77603	29. Ag 77873
20. Ag 1002	25. Ag 77579	30. Ag 77019

#### 5.2.2. Obtenção das mudas

As mudas foram obtidas fazendo germinar as sementes em substrato de vermiculita, umidecida com solução de sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4$   $10^{-4}$  M), de acordo com MALAVOLTA (1975).

#### 5.2.3. Tratamentos

São representados pelos híbridos acima descritos e por 5 soluções de concentrações crescentes de alumínio, aplicado na forma de cloreto de alumínio hexahidratado ( $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) as quais são discriminadas a seguir:

Nível	Concentração de Al (ppm)
0	0
1	3
2	6
3	12
4	24

#### 5.2.4. Condução do ensaio

Os experimentos foram conduzidos em 20 minitanques de material plástico, colocados dentro de casa de vegetação, com o volume útil de 30 litros cada, tendo as seguintes dimensões: 70 cm x 46,5 cm (nos bordos superiores) x 20 cm de profundidade. As plantas foram cultivadas em solução nutritiva de HOAGLAND & ARNON nº 1 (1950), modificada no que tange à concentração de fósforo na forma de fosfato bi-ácido de potássio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) que foi reduzida para 0,5 M, para evitar precipitação de alumínio conforme indicações obtidas em teste preliminar. Os micronutrientes foram fornecidos utilizando-se a solução "a" e solução de Fe-EDTA (etileno diamino tetra acetato disódico) de acordo com MALAVOLTA (1975).

#### 5.2.5. Parâmetros de desenvolvimento

Determinou-se o peso da matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira tendo medido, também, o comprimento de raiz, procurando estabelecer correlações entre estes parâmetros.

#### 5.2.6. Aspectos de fitotoxidez

Nas soluções de diversas concentrações de alumínio, procurou-se visualizar, também, aspectos de fitotoxidez causada pelo alumínio.

#### 5.2.7. Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso segundo o esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições, sendo os níveis de Al o tratamento das parcelas e os híbridos os da subparcela. De cada subparcela contendo 16 plantas foram retiradas aleatoriamente 8 para a obtenção de dados.

#### 5.2.8. Determinação química

As amostras do material colhido, compreendendo-se raízes e parte aérea foram analisados no Laboratório de Rádio-Química do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, seguindo as metodologias abaixo citadas.

As amostras coletadas, após lavagem e moagem, de acordo com técnicas descritas por SARRUGE e HAAG (1974) foram submetidas à digestão nítrica perclórica, utilizando bloco digestor BD 40 da Technicon JORGENSEN (1977). Nos extratos obtidos foram feitas as seguintes determinações:

- Fósforo total por colorimetria em sistema de injeção em fluxo contínuo, segundo RUZICKA e STEWART (1975).

- Alumínio por colorimetria em sistema de injeção em fluxo contínuo, conforme REIS *et alii* (1978).

- Cálcio e Magnésio por espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com JORGENSEN (1977).

- Potássio por fotometria de chama de emissão, conforme JORGENSEN, 1977.

### 5.3. Ensaio de absorção de $^{32}\text{P}$ por plantas híbridas de sorgo granífero (Sorghum bicolor L. Moench)

#### 5.3.1. Obtenção das mudas

As mudas foram obtidas em substrato de vermiculita, umedecida com  $\text{CaSO}_4$   $10^{-4}\text{M}$  e transplantadas para solução nutritiva nº 1 de HOAGLAND e ARNON nº 1 (1950), diluída a 1/5, com arejamento, de acordo com MALAVOLTA (1975). As mudas foram mantidas nestas condições por um período de 20 dias quando atingiam um desenvolvimento satisfatório.

#### 5.3.2. Soluções

Em frascos de 200 ml foram colocadas 100 ml de água destilada, 1 ml de  $\text{NaH}_2^{32}\text{PO}_4$ , com atividade de 2,5  $\mu\text{Ci/ml}$  e concentrações crescentes de alumínio, com e sem controle de pH, compreendendo-se:

<u>Concentração de Al (ppm)</u>	<u>Ausência de Al</u>
0 - 12 - 24 - 72	pH normal - pH 2,9

O pH 2,9 na ausência de alumínio, é um valor obtido pela adição de HCl e corresponde ao valor obtido para a solução cuja concentração de alumínio foi 72 ppm.

#### 5.3.3. Raízes destacadas

As raízes destacadas a 1 cm do eixo hipocotilo foram coloca



das nas soluções supra mencionadas onde foram mantidas por duas horas.

#### 5.3.4. Planta inteira

Plantas inteiras, germinadas e conduzidas em condições idênticas às aquelas descritas no item 5.3.1., foram colocadas com o sistema radicular submerso nas soluções e, também, mantidas por duas horas nestas condições.

#### 5.3.5. Arejamento das soluções

O arejamento das soluções, nos dois itens anteriores, foi feito com agitação de frascos durante 1 minuto, em intervalos de 15 minutos, manualmente.

#### 5.3.6. Retirada do material das soluções

Tanto raízes destacadas como raízes de plantas inteiras, foram retiradas da solução radioativa, sendo lavadas uma vez com água de torneira e três vezes com água destilada. As raízes das plantas inteiras foram então cortadas e separadas da parte aérea, sendo ambas colocadas em estufa, para secagem à temperatura de 70°C, acondicionadas em sacos de papel.

#### 5.3.7. Incineração do material

Tanto a parte aérea como as raízes foram pesadas e incineradas

jas em mufla, à temperatura de 550°C, em cadinhos de porcelana que foram depois, mantidos dentro de um dessecador.

#### 5.3.8. Preparo do extrato radioativo

As cinzas do material incinerado foram tratadas com 5 ml de HCl 1 + 9 formando-se o extrato que, depois de vertido para as cubetas de vidro, foi evaporado à temperatura de 70°C.

#### 5.3.9. Avaliação da absorção de $^{32}\text{P}$

Utilizou-se um escalímetro Nuclear Chicago Corp., modelo 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para registrar as contagens por minuto, das desintegrações radioativas, as quais foram convertidas em cpm/g de matéria seca, por minuto.

#### 5.3.10. Delineamento experimental

Seis experimentos, envolvendo 5 soluções e 5 híbridos por experimento, foram conduzidos. O delineamento experimental utilizado foi também inteiramente ao acaso segundo esquema de parcelas subdivididas com 4 repetições. Os tratamentos das parcelas foram os níveis de Al e das subparcelas os híbridos.

Foram utilizados os mesmos híbridos do ensaio anterior e os níveis de Al utilizados foram: ausência de alumínio (com e sem controle de pH) 12, 24 e 72 ppm de alumínio.

## 6. RESULTADOS

Os dados obtidos nos diferentes ensaios foram submetidos à análise de variância, ao teste de Tukey e os resultados são apresentados a seguir.

### 6.1. Ensaio de germinação

O desenvolvimento de nascediças de 3 híbridos de sorgo granífero, germinadas em concentrações crescentes de alumínio e avaliado por medidas de comprimento de raízes, altura da parte aérea, em duas colheitas, é apresentado na tabela 1 e o resumo da análise de variância na tabela 2.

Na primeira colheita, avaliando-se o desenvolvimento de nascediças pelo crescimento radicular, entre níveis de alumínio dentro do mesmo híbrido (tabela 1), observa-se para este parâmetro o seguinte:

O híbrido ContiBrasil 102 comportou-se igualmente nos tratamentos 0, 3 e 6 ppm de alumínio; nas concentrações de 12 e 24 ppm comportou-se diferentemente, apresentando uma tolerância relativa respectivamente de 100,00; 86,75; 86,17; 66,79 e 17,72%.

O híbrido Dekalb, embora tenha tido um desenvolvimento menor teve a mesma seqüência de diferenciação de comportamento do híbrido ante-

riormente citado. Seu desenvolvimento foi ligeiramente maior na concentração de 6 ppm do que em 3 ppm mas a diferença não foi significativa; a tolerância relativa exibida nas concentrações de 0, 3, 6, 12 e 24 ppm foi, respectivamente, de 100,00; 87,08; 93,37; 59,38 e 21,52%.

O híbrido Tey 101 teve um crescimento de raízes mais acentuado na concentração de 6 ppm do que em 3 ppm mas, também, não foi significativo. A sequência de sua diferenciação nas diversas concentrações de alumínio não foi a mesma obtida para os outros dois híbridos testados e sua tolerância relativa nas concentrações de 0, 3, 6, 12 e 24 ppm foi, respectivamente, de 100,00; 73,43; 83,59; 56,25 e 23,00%.

Na segunda colheita o efeito acumulado da concentração de 3 ppm de alumínio, durante maior período, modificou a sequência de diferenciação dos híbridos ContiBrasil 102 e Dekalb. O híbrido Tey 101 manteve, na segunda colheita, a mesma sequência de diferenciação antes apresentada na primeira colheita.

Com respeito ao parâmetro altura da parte aérea, na primeira colheita (tabela 1) para três híbridos testados, não se registraram diferenças significativas entre níveis de alumínio dentro do mesmo híbrido.

O híbrido Tey 101 apresentou maior desenvolvimento na concentração de 24 ppm de alumínio do que nas concentrações menores, exibindo uma tolerância relativa de 106,99% nesta concentração. Os efeitos do alumínio sobre o desenvolvimento da parte aérea das nascediças, na primeira colheita, foram brandos do ponto de vista de tolerância relativa e, por outro lado, em termos médios, o alumínio foi até favorável ao desenvolvimento da parte aérea do híbrido Tey 101.

Na segunda colheita (tabela 1) os híbridos apresentaram sensibilidade mais acentuada aos efeitos acumulados das concentrações de alumínio, considerando-se ainda diferenças entre níveis de alumínio dentro do mesmo híbrido. Dentro deste aspecto, houve diferenciação de comportamento dos híbridos ContiBrasil 102 e Dekalb. O híbrido Tey 101 comportou igual --

mente nas diversas concentrações e respondeu favoravelmente, mas de modo não significativo à concentração de 12 ppm de alumínio, mostrando uma tolerância relativa de 102,78%.

O comportamento dos diversos híbridos dentro de uma concentração testada pode, também, ser observado na tabela 1 e na concentração de 12 ppm de alumínio houve a seguinte ocorrência:

Híbrido	Comprimento de raízes		Altura da parte aérea	
	1ª Colheita	2ª Colheita	1ª Colheita	2ª Colheita
ContiBrasil 102	6,860a	8,700a	4,090a	4,370a
Tey 101	6,480ab	9,350a	3,560a	4,800a
Dekalb	5,380 b	7,160 b	4,110a	4,870a

Portanto, híbridos diferentes para um mesmo nível de alumínio mostraram diferenças de desenvolvimento do sistema radicular na primeira e segunda colheita mas não mostraram diferenças de desenvolvimento em relação à parte aérea.

Entre híbridos dentro do mesmo nível (tabela 1), na concentração intermediária de alumínio (12 ppm) o híbrido ContiBrasil 102 mostrou tolerância relativa mais alta, de 66,790 e 51,32% respectivamente na 1ª e 2ª colheita, quando se mediu comprimento de raízes. Por outro lado, o híbrido Tey 101 apresentou tolerância relativa mais elevada, na mesma concentração, quando se mediu a altura da parte aérea, 95,18% e 102,780% respectivamente na 1ª e 2ª colheita.

## 6.2. Ensaios de plantas cultivadas em solução nutritiva contendo concentrações crescentes de alumínio

### 6.2.1. Sintomas de toxidez observados nas plantas

#### a) Sistema Radicular

Na concentração de 3 ppm o sistema radicular desenvolveu me-

nos comparando-se com a testemunha e as raízes secundárias também se encurtaram e adquiriram maior diâmetro. No interior das raízes ocorreram manchas de cor marron avermelhadas e no exterior das mesmas notaram-se aderências esparsas de substância de aspecto ligeiramente gelatinoso, de cor marron avermelhada. As raízes adventícias desenvolveram relativamente bem.

Na concentração de 6 ppm a traumatização das raízes foi maior que no tratamento anterior, com atrofiamento mais severo em relação ao tratamento anterior. As pontuações ou manchas de cor marron avermelhadas foram mais intensas; a presença de substância marron avermelhada no exterior das raízes foi ainda mais evidente. As raízes adventícias desenvolveram cerca de 50% a menos que na concentração de 3 ppm.

Na concentração de 12 ppm, além de maior grau de injúria observado, houve uma tendência de enrolamento das raízes mais longas, ainda com maior encurtamento das raízes adventícias.

Na concentração de 24 ppm os sintomas foram os mesmos descritos para os tratamentos anteriores porém se apresentaram com severidade mais avançada.

#### b) Parte Aérea

Na concentração de 3 ppm não houve danos, aparentemente, da parte aérea mas o porte das plantas foi ligeiramente reduzido, de modo geral.

Na concentração de 6 ppm manifestaram-se brandos sintomas de toxidez: requeima do ápice das folhas, mais acentuadamente nas folhas mais velhas.

Na concentração de 12 ppm a requeima descrita anteriormente foi ainda mais intensa e o porte das plantas ainda mais reduzido.

Na concentração de 24 ppm a requeima que se iniciou no ápice avançou pelos bordos das folhas e tecidos adjacentes, e ainda em direção à nervura principal.

### 6.2.2. Melhor parâmetro de desenvolvimento obtido por correlação

Os parâmetros de desenvolvimento de 30 híbridos de sorgo graminífero germinadas em sustrato de vermiculita e transplantados posteriormente para minitanques contendo concentrações crescentes de alumínio foram expressos em gramas de matéria seca da parte aérea, das raízes, da planta inteira e medidas do comprimento das raízes e da parte aérea. Os resultados médios obtidos em cada experimento são apresentados nas tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 sendo que os resumos das respectivas análises de variância são apresentados nas tabelas 9, 10 e 11, reunindo-se dois experimentos analisados por tabela.

Procurando identificar a característica que melhor avaliasse a tolerância ao alumínio foi estimada a correlação ( $\bar{r}$ ) entre elas duas a duas (tabela 12). Como foram vários experimentos estimou-se também o valor médio para todas as correlações envolvendo uma dada característica. Os resultados médios foram os seguintes:

<u>Parâmetro comum por grupo de correlações</u>	<u>"<math>\bar{r}</math>"</u>
1. matéria seca da planta inteira .....	0,7545
2. matéria seca da parte aérea .....	0,7047
3. matéria seca das raízes .....	0,6226
4. altura média das plantas .....	0,6116
5. comprimento médio das raízes .....	0,5962

A maior estimativa de  $\bar{r}$  foi obtida para a matéria seca da planta inteira, sugerindo que esta característica pode ser utilizada uma vez que, em média, ela apresenta boa correlação com todas as outras. Em função deste fato os resultados e discussão a serem apresentados serão enfocados para esta característica. Nas figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6 estão apresentados o comportamento dos diferentes híbridos em presença dos diferentes níveis de alumínio. Observa-se que ocorre acentuada variação bem como interação entre híbridos e níveis utilizados.

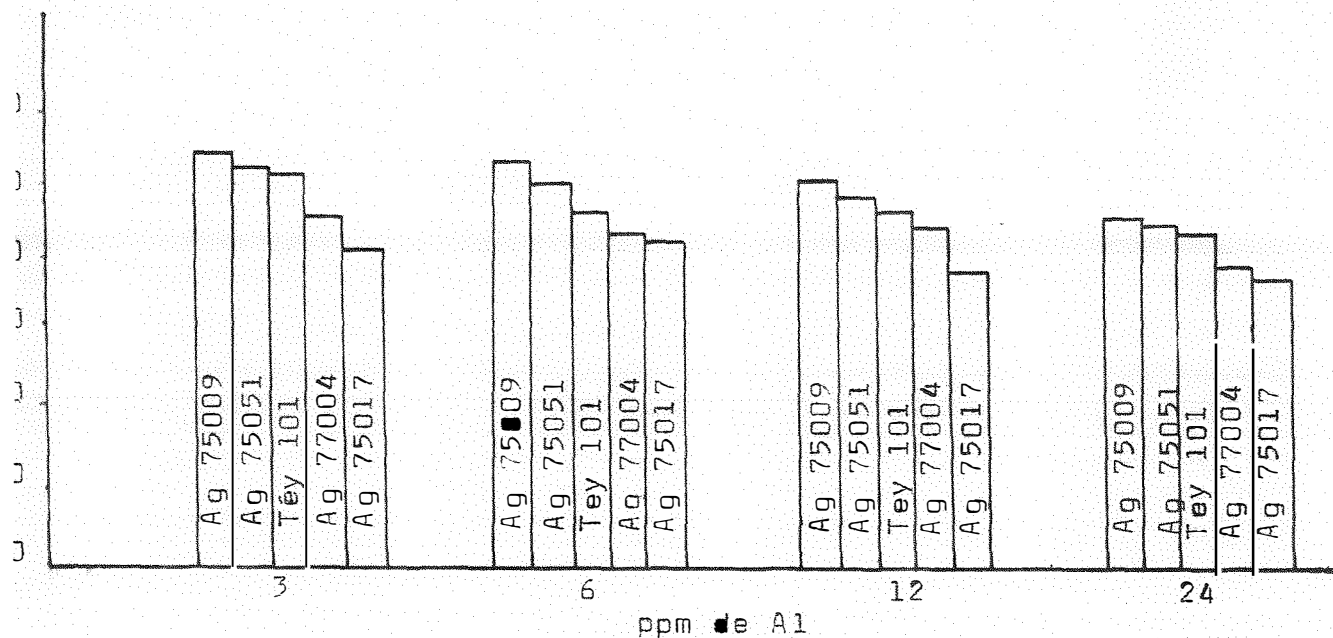


FIG. 1 - 1º experimento : peso relativo de matéria seca da planta inteira de sorgo granífero. Piracicaba, 1978.

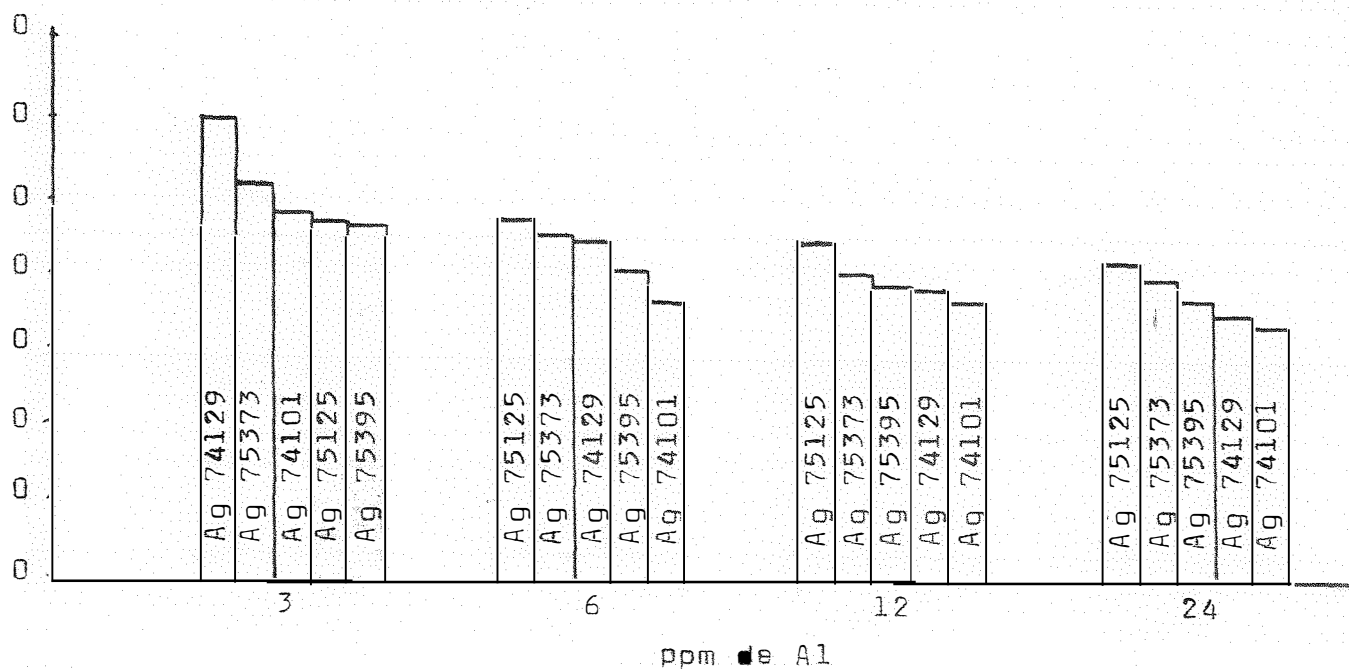


FIG. 2 - 2º experimento : peso relativo de matéria seca da planta inteira de sorgo granífero. Piracicaba, 1978.



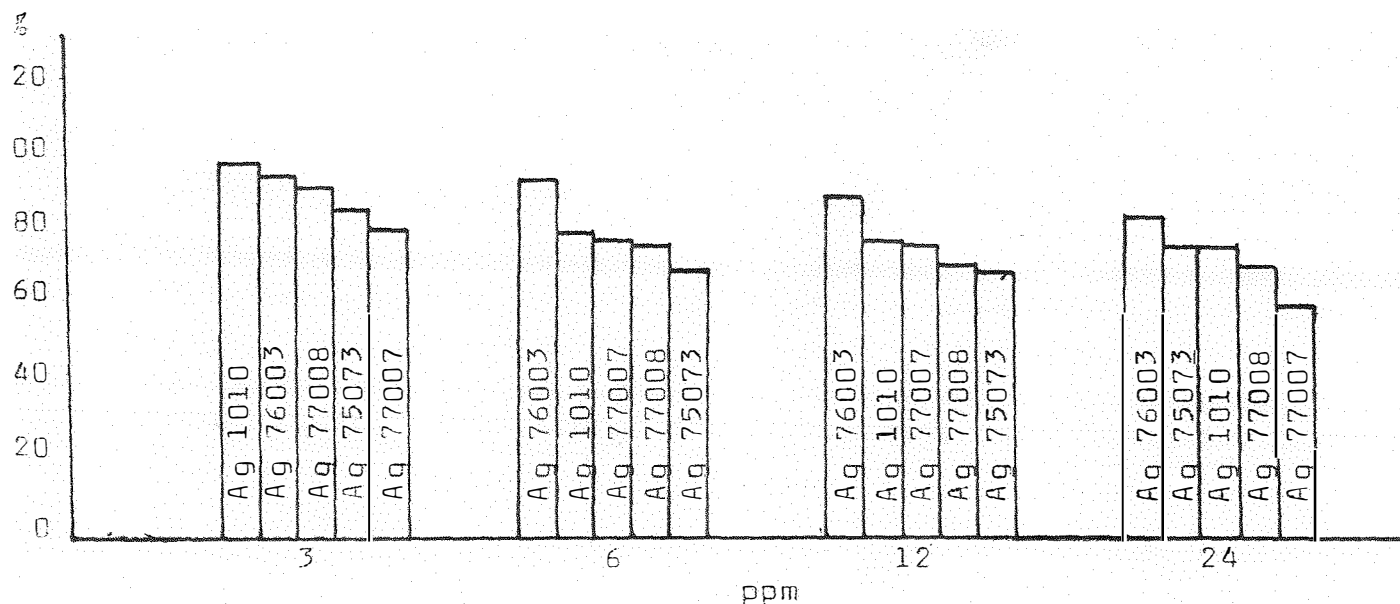


FIG. 3 - 3º experimento : peso relativo de matéria seca da planta inteira de sorgo granífero. Piracicaba, 1978.

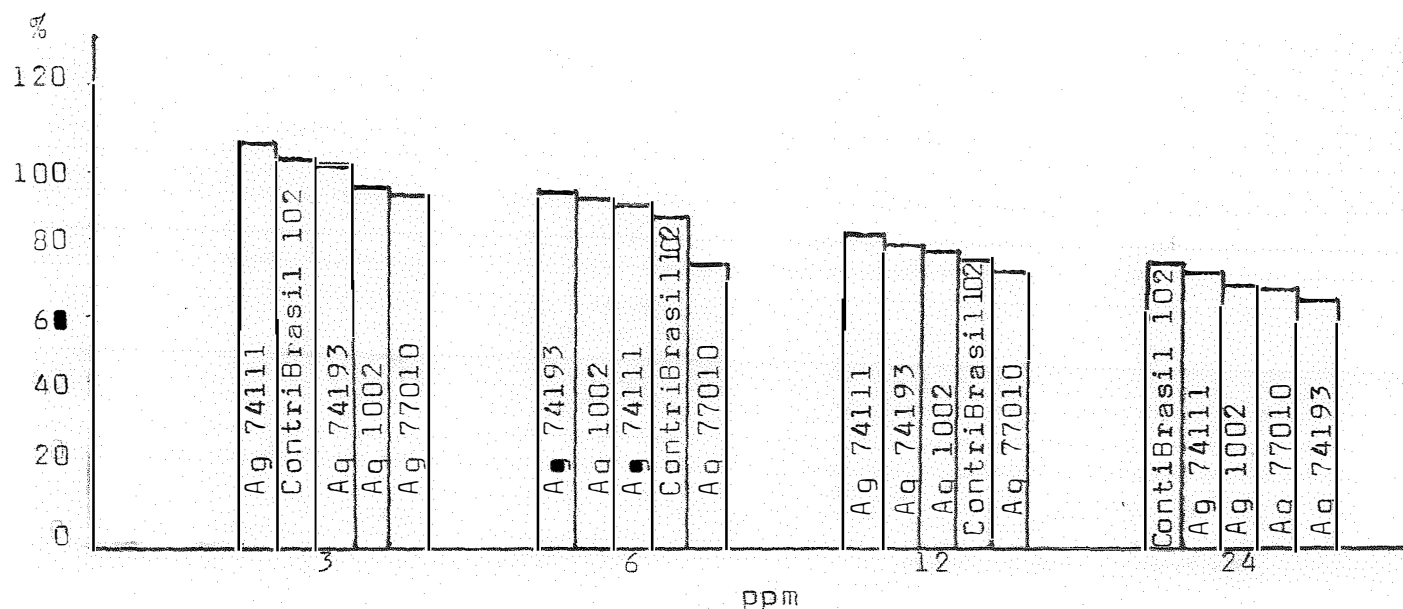


FIG. 4 - 4º experimento : peso relativo de matéria seca da planta inteira de sorgo granífero. Piracicaba, 1978.

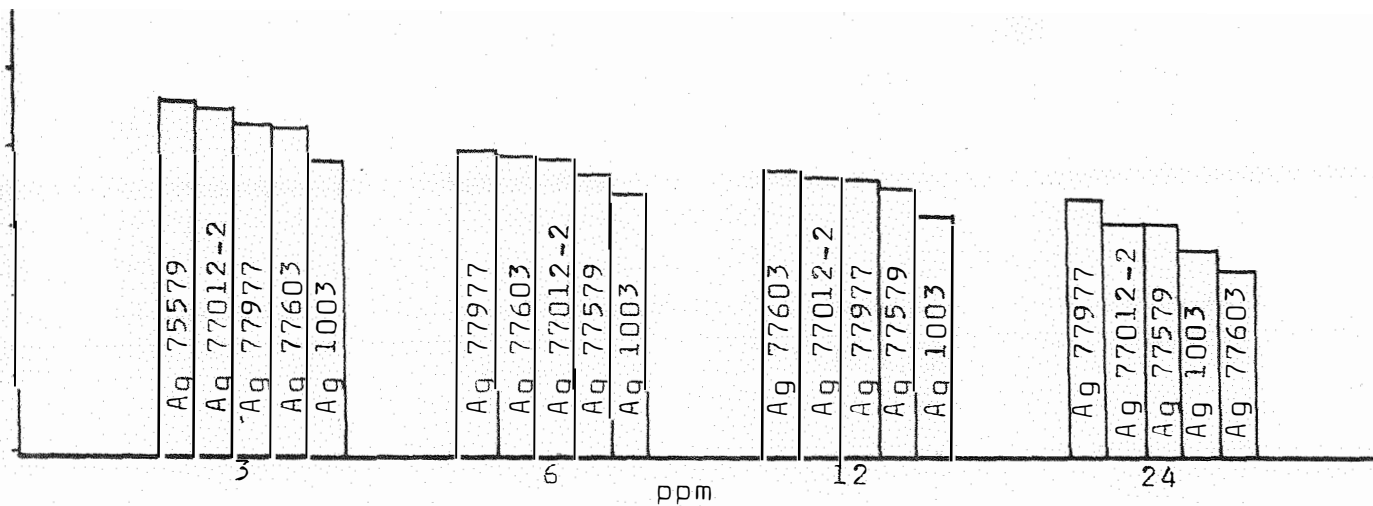


FIG. 5 - 5º experimento : peso relativo de matéria seca da planta inteira de sorgo granífero - Piracicaba, 1978.

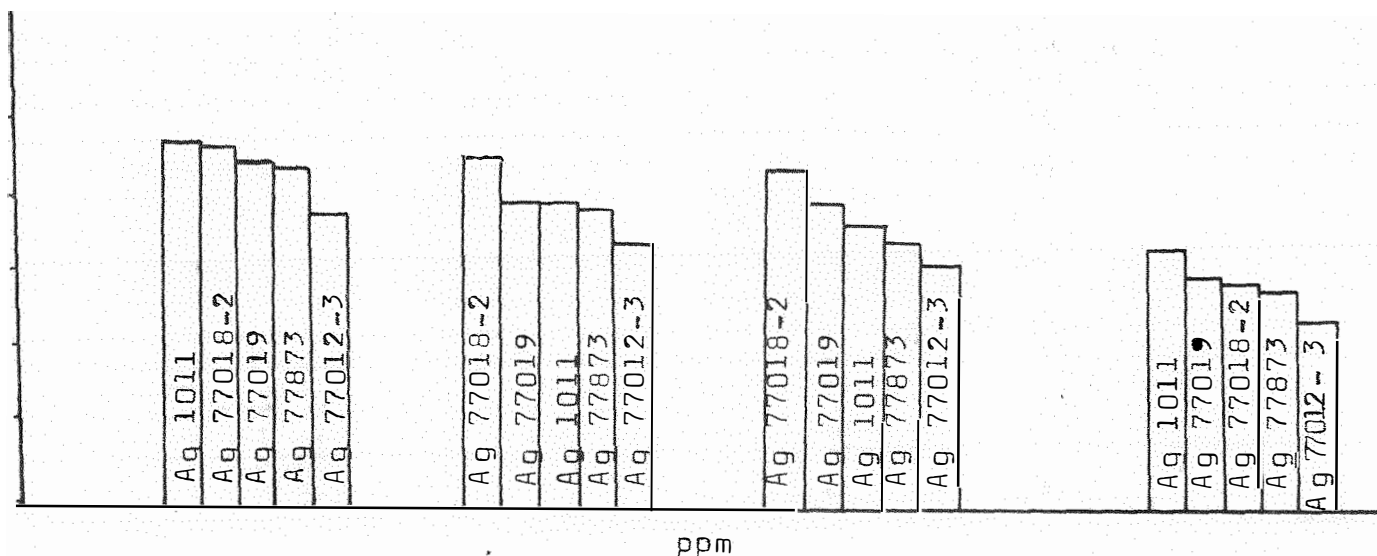


FIG. 6. 6º experimento : peso relativo de matéria seca da planta inteira de sorgo granífero. Piracicaba, 1978.

## 6.2.3. Primeiro experimento

Os efeitos entre níveis dentro de um mesmo híbrido, observados no parâmetro matéria seca da planta inteira caracterizam bem o comportamento dos híbridos dentro de uma faixa de concentrações como se pode ver na tabela 3.

O híbrido Tey 101 produziu mais matéria seca na concentração de 3 ppm de alumínio, exibindo uma tolerância relativa de 105,500%.

O híbrido Ag 75009 produziu mais matéria seca na concentração de 3 ppm de alumínio exibindo uma tolerância relativa de 109,300%. Este híbrido manteve tolerância relativa acima de 100% nas concentrações de 3,6 e 12 ppm de alumínio.

O híbrido Ag 75051 manteve tolerância relativa acima de 100% nas concentrações de 3 e 6 ppm de alumínio (106,2 e 102,6).

O híbrido Ag 77004 não teve comportamento de maior destaque, acontecendo o mesmo com o híbrido 75017. Ressalta-se apenas que este último teve comportamento comum nas concentrações mais altas de alumínio (12 e 24 ppm).

Também o comportamento de híbridos diferentes dentro do mesmo ambiente, ou seja, efeitos entre híbridos dentro do mesmo nível devem ser destacados. Por exemplo, ainda podem ser vistos na tabela 3 a diferença de comportamento entre os híbridos em uma determinada concentração de alumínio. Este aspecto é ressaltado aqui somente para concentração intermeddiária de alumínio (12 ppm).

<u>Híbrido</u>	<u>g mat. seca</u>
Ag 75051	0,414a
Ag 75009	0,386a
Ag 75017	0,380ab
Tey 101	0,313 c
Ag 77004	0,168 d

#### 6.2.4. Segundo experimento

A variação dos efeitos de concentrações crescentes de alumínio dentro de um mesmo híbrido é vista na tabela 4.

O comportamento do híbrido Ag 75395 foi diferente em todas as concentrações testadas. A tolerância relativa máxima (100%) foi obtida em solução isenta de alumínio.

O híbrido Ag 74101 teve comportamento comum nas concentrações de 0 e 3 ppm, 12 e 24 ppm de alumínio; a tolerância máxima obtida foi 100% na solução isenta de alumínio.

O híbrido Ag 75125 comportou igualmente nas concentrações de 0, 3 e 6 ppm de alumínio tendo mostrado uma tolerância relativa de 100, 96,5 e 98% para aquelas concentrações. Na concentração máxima de alumínio este híbrido mostrou uma tolerância relativa maior (85,9%).

O híbrido Ag 75373 teve uma tolerância relativa de 105,8% na concentração de 3 ppm de alumínio com um comportamento comum nas concentrações de 12 e 24 ppm de alumínio, exibindo, deste modo, uma tolerância não diferenciada nas concentrações intermediária e mais elevada (12 e 24 ppm).

O híbrido Ag 74129 mostrou a mais elevada tolerância relativa de 124,3%, na concentração de 3 ppm de Al, mesmo comparando com híbridos testados em outros experimentos. Todavia, dentro deste experimento foi o híbrido que exibiu a menor tolerância relativa na concentração mais alta de alumínio (24 ppm). Este híbrido teve comportamento diferente em todos os níveis de alumínio testados, mostrando sensibilidade gradativa em concentrações de alumínio superiores a 3 ppm.

Por outro lado, ainda na tabela 4, os efeitos entre híbridos dentro do mesmo nível de alumínio, ou seja, dentro da mesma concentração de alumínio evidenciam a capacidade de desenvolvimento de cada híbrido no mesmo ambiente. Para a concentração de 12 ppm de alumínio a ocorrência foi a seguinte:

<u>Híbrido</u>	<u>g de matéria seca</u>
Ag 75125	1,934a
Ag 75373	1,669 b
Ag 75395	1,611 b
Ag 74101	1,432 c
Ag 74129	1,423 c

### 6.2.5. Terceiro experimento

Os efeitos das concentrações crescentes de alumínio dentro do mesmo híbrido são apresentados na tabela 5 em que se observa o seguinte:

O híbrido Ag 76003 teve um comportamento igual nas concentrações de 0, 3 e 6 ppm sendo que seu comportamento na concentração de 12 ppm foi comum àquela observada nas concentrações de 3 e 6 ppm, mostrando, respectivamente, tolerância relativa de 100,0; 97,4; 92,1. Seu comportamento em 24 ppm diferenciou de outras situações testadas mostrando ainda mais alta tolerância relativa (86,9%) quando se compara com os demais híbridos envolvidos neste experimento.

O híbrido Ag 1010 apresentou uma tolerância relativa de 101,3% na concentração de 3 ppm de alumínio e mostrou igual comportamento nas concentrações superiores a esta (6, 12 e 24 ppm de Al) nas quais teve uma tolerância relativa de 83,1; 81,5; 78,0 respectivamente.

O híbrido Ag 77008 teve um comportamento igual nas concentrações de 0 e 3 ppm, 6 e 12 ppm mas em 24 diferiu dos demais híbridos.

O híbrido Ag 77007 comportou-se igualmente nas concentrações de 3, 6 e 12 ppm com tolerância relativa de 83,7; 80,1 e 80,3% respectivamente. Todavia, na concentração de 24 ppm de alumínio teve a menor tolerância relativa (61,3%) entre os híbridos envolvidos neste experimento.

O híbrido Ag 75073 teve um comportamento comum nas concentra-

ções de 6 e 12 ppm de alumínio e sua tolerância relativa oscilou entre 78,5 e 100% respectivamente entre 24 e 0 ppm de alumínio.

Na tabela 5 ainda pode ser observado o comportamento de híbridos dentro do mesmo nível sendo que na concentração intermediária de 12 ppm de Al houve a seguinte ocorrência:

<u>Híbrido</u>	<u>g de matéria seca</u>
Ag 76003	1,319a
Ag 77007	0,913 b
Ag 75073	0,839 c
Ag 1010	0,808 c
Ag 77008	0,751 cd

#### 6.2.6. Quarto experimento

Os efeitos entre níveis dentro do mesmo híbrido, no parâmetro matéria seca da planta inteira podem ser observados na tabela 6 cujos resultados de maior destaque foram:

O híbrido Ag 74111 teve uma tolerância relativa de 107,1% na concentração de 3 ppm de alumínio e comportou diferentemente nas demais concentrações apresentando uma redução de tolerância diferenciada nas concentrações de 6, 12 e 24 ppm de alumínio.

O híbrido ContiBrasil 102 apresentou uma tolerância relativa de 103,4% na concentração de 3 ppm de alumínio e teve um comportamento comum nas concentrações de 12 e 24 ppm de alumínio.

O híbrido Ag 74193 apresentou tolerância relativa de 103,1% na concentração de 3 ppm mas seu comportamento foi igual nas concentrações de 0 e 3 ppm, 3 e 6 ppm. Nas concentrações de 12 e 24 ppm teve uma tolerância relativa de 82,8 e 66,6%.

O híbrido Ag 77010 teve uma tolerância relativa entre 100 e

69,8% respectivamente na ausência de alumínio e em 24 ppm; comportou igualmente nas concentrações de 12 e 24 ppm de alumínio.

Na tabela 6 ainda se pode observar o comportamento de híbridos dentro do mesmo nível e, na concentração intermediária, de 12 ppm de alumínio houve a seguinte diferenciação:

<u>Híbrido</u>	<u>g de matéria seca</u>
Ag 74111	0,974a
Ag 77010	0,935a
Ag 74193	0,923a
ContiBrasil	0,833 b
Ag 1002	0,793 b

#### 6.2.7. Quinto experimento

Os efeitos entre níveis dentro do mesmo híbrido, no parâmetro matéria seca da planta inteira podem ser observados na tabela 7 cujos resultados de maior destaque foram:

O híbrido Ag 77012-2 teve comportamento igual nas concentrações de 6 e 12 ppm, com uma tolerância relativa de 79,6 e 74,3% respectivamente. A maior tolerância relativa foi na ausência de alumínio e a menor foi na concentração de 24 ppm de alumínio.

O híbrido Ag 77977 comportou-se diferentemente nas concentrações de 0, 3, 6 e 12 ppm e, igualmente, nas concentrações de 12 e 24 ppm de alumínio. As respectivas tolerâncias relativas em ordem decrescente foram: 100,0; 89,0; 81,6; 73,8 e 69,3%.

O híbrido Ag 1003 se comportou igualmente nas concentrações de 6 e 12 ppm de alumínio e, diferentemente nas demais. Sua menor tolerância relativa foi de 54,6% na concentração de 24 ppm e 100,0% na ausência de alumínio.

O híbrido Ag 77603 também se comportou igualmente nas concentrações de 6 e 12 ppm de alumínio e, diferentemente, nas demais. Sua tolerância relativa menor e maior foi, respectivamente, 49% na concentração de 24 ppm e 100% na ausência de alumínio.

O híbrido Ag 77579 também não se diferenciou nas concentrações de 6 e 12 ppm de alumínio mas comportou-se diferentemente nas demais. Sua tolerância relativa menor e maior foi, respectivamente, 61,7% na concentração de 24 ppm e 100,0% na ausência de alumínio.

Vê-se, ainda, na tabela 7, o comportamento de híbridos dentro do mesmo nível e, na concentração intermediária, de 12 ppm de Al, houve a seguinte diferenciação:

<u>Híbrido</u>	<u>g de matéria seca</u>
Ag 77579	1,618a
Ag 77603	1,206 b
Ag 77977	1,103 c
Ag 77012-2	1,015 c
Ag 1003	0,987 cd

#### 6.2.8. Sexto experimento

Os efeitos entre níveis dentro do mesmo híbrido, no parâmetro matéria seca da planta inteira podem ser observados na tabela 8 cujos resultados de maior destaque foram:

O híbrido Ag 77012-3 comportou-se igualmente nas concentrações de 6 e 12 ppm de alumínio e, desigualmente, nas demais concentrações. No gradiente de tolerância relativa as reduções percentuais mais acentuadas ocorreram nas concentrações de 3 e 24 ppm (78,3 e 49,4%). Sua tolerância relativa menor e maior foi, respectivamente, 49,4% e 100% respectivamente na concentração de 24 ppm e na ausência de alumínio.



O híbrido Ag 1011 comportou-se igualmente nas concentrações de 0 e 3 ppm; 12 e 24 ppm porém na concentração de 6 ppm seu comportamento diferenciou-se das demais concentrações de alumínio. Sua tolerância relativa menor e maior foi, respectivamente, 69,2% na concentração de 24 ppm e 100% na ausência de alumínio.

O híbrido Ag 77018-2 não teve diferenciação de comportamento nas concentrações de 0, 3 e 6 ppm; 3, 6 e 12 ppm. Seu comportamento em 24 ppm de alumínio foi diferente do que nas demais concentrações. Sua menor e maior tolerância relativa foi, respectivamente 60,0% na concentração de 24 ppm e 100% na ausência de alumínio.

O híbrido Ag 77873 apresentou um comportamento diferenciado em todas as concentrações de alumínio. Sua tolerância relativa menor e maior foi 58,3% na concentração de 24 ppm e 100% na ausência de alumínio.

O híbrido Ag 77019 também apresentou um comportamento diferenciado em todas as concentrações de alumínio. Sua tolerância relativa menor e maior foi 61,5% na concentração de 24 ppm e 100% na ausência de alumínio.

Na tabela 8 pode ser observado ainda o comportamento de híbridos dentro do mesmo nível e, na concentração intermediária, de 12 ppm de alumínio, houve a seguinte diferenciação:

<u>Híbrido</u>	<u>g de matéria seca</u>
Ag 77019	1,568a
Ag 77018-2	1,342 b
Ag 77873	1,333 b
Ag 1011	1,225 c
Ag 77012-3	1,210 c

### 6.3. Determinações químicas

As determinações químicas dos elementos P, K, Ca, Mg e Al

TABELA 42. Efeito da concentração de 12 ppm de alumínio na produção de matéria seca (g) de sorgo granífero e na medida (cpm) de  $^{32}\text{P}$  em raízes de plantas tratadas por este isótopo - Piracicaba, 1978.

Experimento	Híbridos	Matéria seca da planta inteira (g)	cpm
1º	Ag 75051	0,414a	= 54580,000a
	Ag 75009	0,386a	= 50046,000a
	Ag 75017	0,380ab	= 43221,750ab
	Ag 77004	0,404a	≠ 32730,000 b
	Tey 101	0,313 b	= 35409,000 b
2º	Ag 75125	1,934a	= 48953,500a
	Ag 75373	1,669 b	≠ 22806,000 d
	Ag 75395	1,611 b	≠ 28663,750 c
	Ag 74101	1,432 c	≠ 20219,000 d
	Ag 74129	1,423 c	≠ 40187,000 b
3º	Ag 76003	1,319a	= 60536,250a
	Ag 77007	0,913 b	≠ 32027,750 c
	Ag 75073	0,839 c	= 30043,750 c
	Ag 1010	0,808	≠ 37533,250 b
	Ag 77008	0,751 cd	~ 24985,750 d
4º	Ag 77010	0,935a	= 47102,250a
	Ag 74111	0,974a	≠ 30514,500 b
	Ag 74193	0,923a	≠ 26559,500 b
	ContiBrasil 102	0,833 b	≠ 46627,500a
	Ag 1002	0,793 b	= 29538,750 b
5º	Ag 77579	1,518a	≠ 29687,000 b
	Ag 77603	1,206 b	= 29334,250 b
	Ag 77977	1,103 c	≠ 35670,250 b
	Ag 77012-2	1,015 c	≠ 50597,000a
	Ag 1003	0,987 cd	≠ 25728,500 b
6º	Ag 77019	1,568a	≠ 25685,250 c
	Ag 77018-2	1,342 b	≠ 51319,000a
	Ag 77873	1,333 b	= 32201,250 b
	Ag 1011	1,225 c	≠ 54469,500a
	Ag 77012-3	1,210 c	= 25406,000 c

#### 6.4. Experimentos de absorção de $^{32}\text{P}$ por raízes destacadas e plantas inteiras

A atividade do material tratado com  $^{32}\text{P}$  foi medida no esca - límetro nuclear e as contagens por minuto detectadas nos extratos das cinzas, depois de evaporado, são apresentados nas tabelas 27, 28, 29, 30, 31, 32 e as respectivas análises de variância nas tabelas 33, 34, 35, 36, 37 e 38. A absorção de  $^{32}\text{P}$  em raízes destacadas foi sempre superior do que em raízes de plantas tratadas o que poderia ser explicado, parcialmente, pela translocação de  $^{32}\text{P}$  para a parte aérea. Os valores das contagens por minuto (cpm) obtidos em raízes destacadas, raízes de plantas inteiras e parte aérea foram correlacionados entre si; os coeficientes de correlação, ou seja, os valores de "r" são apresentados na tabela 39. Para estes experimentos procurou-se, também calcular o valor médio de "r" em agrupamentos de correlações que continham parâmetros comuns encontrando-se o seguinte resultado:

Parâmetro comum por grupo de correlação	Valor médio de "r"
Raízes destacadas	0,8531
Raízes tratadas de plantas inteiras	0,7933
Parte aérea de plantas cujas raízes foram tratadas	0,6583

Por este critério, o parâmetro mais representativo foi absorção de  $^{32}\text{P}$  por raízes destacadas sendo a mesma enfocada com mais detalhes como segue.

##### 6.4.1. Absorção de $^{32}\text{P}$ por raízes destacadas - 1º experimento

Considerando-se os efeitos dos diversos níveis de alumínio

dentro do mesmo híbrido (A/B), observa-se na tabela 27 o seguinte:

O híbrido Tey 101 comportou-se igualmente na ausência de alumínio em ambos os tratamentos, isto é, sem e com controle do pH. Nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm de alumínio comportou-se diferentemente. A tolerância relativa nos tratamentos ausência de alumínio sem e com controle de pH 12, 24 e 72 ppm de alumínio foi, respectivamente, 100; 93,34; 81,00 ; 64,78 e 25,38%.

O híbrido Ag 75009 comportou-se diferentemente em todos os tratamentos mostrando uma tolerância relativa de 100,00; 89,44; 78,74; 53,60; 23,76%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm de alumínio.

O híbrido Ag 77004 comportou-se igualmente nos tratamentos ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e 12 ppm de alumínio. Comportou-se diferentemente nas concentrações de 24 e 72 ppm. A tolerância relativa foi de 100,00 e 92,34% na ausência de alumínio (sem e com controle de pH); 89,66; 72,91; 37,03%, respectivamente, nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm de alumínio.

O híbrido Ag 75051 comportou-se diferentemente em todos os tratamentos mostrando uma tolerância relativa de 100,00; 90,57; 79,53; 42,79; 27,22%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH), nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm de alumínio.

O híbrido Ag 75017 também comportou-se diferentemente em todos os tratamentos mostrando uma tolerância relativa de 100,00; 90,70; 77,55; 49,55 e 26,96%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH), nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm de alumínio.

O comportamento dos híbridos dentro de uma concentração testada pode ser também examinado na tabela 27 e, para a concentração de 12 ppm de alumínio houve a seguinte ocorrência:

Híbrido	cpm
Ag 75051	68063,25 a
Ag 75009	54580,00 ab
Ag 75017	51051,50 b
Ag 77004	37033,00 c
Tey 101	36703,00 c

#### 6.4.2. Absorção de $^{32}\text{P}$ por raízes destacadas - 2º experimento

Considerando-se os efeitos dos diversos níveis de alumínio dentro de um mesmo híbrido observa-se na tabela 28 o seguinte:

O híbrido Ag 75395 comportou-se igualmente na ausência de alumínio (sem e com controle de pH) nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm de alumínio comportou-se diferentemente. Sua tolerância relativa foi de 100,00; 93,73, 82,28, 39,44. 19,30%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH), nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm de alumínio.

O híbrido Ag 74101 comportou-se igualmente na ausência de alumínio (sem e com controle de pH), comportou-se diferentemente nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm de alumínio. A tolerância relativa foi de 100,00; 93,64; 62,12; (sem e com controle de pH), nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm.

O híbrido Ag 75125 comportou-se diferentemente em todos os tratamentos e a sua tolerância relativa foi de 100,00; 89,30; 84,00; 46,30 e 38,24%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH), nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm.

O híbrido Ag 75373 comportou-se igualmente na ausência de alumínio (sem e com controle de pH), comportou-se diferentemente nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm de alumínio. Sua tolerância relativa foi 100,00 ; 96,71; 78,10; 68,78; 58,22%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem

e com controle de pH), nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm de alumínio.

O híbrido Ag 74129 comportou-se diferentemente em todos os tratamentos e a sua tolerância relativa foi de 100,00; 91,49; 82,52; 39,82; 20,05%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH), nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm de alumínio.

O comportamento dos diversos híbridos dentro de uma concentração testada pode, também ser examinado na tabela 28 e, para a concentração de 12 ppm, houve a seguinte ocorrência:

<u>Híbrido</u>	<u>cpm</u>
Ag 75125	61049,25a
Ag 74129	45404,50 b
Ag 75395	31579,25 c
Ag 75373	25553,75 d
Ag 74101	24639,00 d

#### 6.4.3. Absorção de $^{32}\text{P}$ por raízes destacadas - 3º experimento

Considerando-se os efeitos dos diversos níveis de alumínio dentro de um mesmo híbrido observa-se, na tabela 29 o seguinte:

O híbrido Ag 76003 comportou-se igualmente nos tratamentos: ausência de alumínio com pH reduzido a 2,9 e na concentração de 12 ppm; comportou-se diferentemente na ausência de alumínio sem controle de pH e nas concentrações de 24 e 72 ppm de alumínio. A tolerância relativa foi de 100,00; 91,33; 86,48; 42,32; 19,44%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm.

O híbrido Ag 1010 comportou-se diferentemente em todos os tratamentos e sua tolerância relativa foi de 100,00; 89,92; 80,90; 42,18 e 16,51%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm.

O híbrido Ag 77008 comportou-se diferentemente em todos os tratamentos e sua tolerância relativa foi de 100,00; 90,91; 87,29; 42,66; 21,52%, respectivamente, nos tratamentos ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações crescentes de alumínio.

O híbrido Ag 77007 comportou-se igualmente nos tratamentos ausência de alumínio (sem e com controle de pH), comportou-se diferentemente nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm de alumínio. A tolerância relativa foi de 100,00; 91,24; 80,18; 36,51; 14,46%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações crescentes de alumínio.

O híbrido Ag 75073 comportou-se igualmente nos tratamentos ausência de alumínio (sem e com controle de pH); ausência de alumínio com pH 2,9 e 12 ppm; comportou-se diferentemente nas concentrações de 24 e 72 ppm de alumínio. Sua tolerância relativa foi de 100,00; 90,96; 86,82; 37,70 ; 21,57%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações crescentes de alumínio.

O comportamento dos diversos híbridos dentro de uma concentração testada pode, também, ser examinado na tabela 29 e, para a concentração de 12 ppm houve a seguinte ocorrência:

<u>Híbrido</u>	<u>cpm</u>
Ag 76003	71484,50 a
Ag 1010	43533,25 b
Ag 75073	38858,25 bc
Ag 77007	34386,75 c
Ag 77008	33750,00 c

#### 6 4.4. Absorção de <sup>32</sup>P por raízes destacadas - 4º experimento

Considerando-se os efeitos dos diversos níveis de alumínio

sobre um mesmo híbrido, observa-se na tabela 30 o seguinte:

O híbrido Ag 74111 comportou-se igualmente nos tratamentos : ausência de alumínio (sem e com controle de pH); comportou-se diferentemente nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm e a sua tolerância relativa foi de 100,00; 93,65; 79,30; 72,53; 37,81%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações crescentes de alumínio.

O híbrido ContiBrasil 102 comportou-se igualmente nos tratamentos ausência de alumínio com pH 2,9 e 12 ppm de alumínio; comportou-se diferentemente na ausência de alumínio sem controle de pH e nas concentrações de 24 e 72 ppm. Sua tolerância relativa foi de 100,00; 90,72; 88,30; 41,06; 19,53%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações crescentes de alumínio.

O híbrido Ag 74193 comportou-se igualmente nos tratamentos ausência de alumínio (sem e com controle de pH), com pH 2,9 e 12 ppm de alumínio; comportou-se diferentemente nas concentrações de 24 e 72 ppm. Sua tolerância relativa foi de 100,00; 92,73; 82,29; 41,66 e 24,87%, respectivamente, nos tratamentos ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações crescentes de alumínio.

O híbrido Ag 77010 comportou-se igualmente nos tratamentos ausência de alumínio com pH 2,9 e 12 ppm de alumínio; comportou-se diferentemente na ausência de alumínio sem controle de pH e nas concentrações de 24 e 72 ppm. Sua tolerância relativa foi 100,00; 92,74; 86,23; 71,98; 53,83% respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações crescentes de alumínio.

O híbrido Ag 1002 comportou-se igualmente nos tratamentos ausência de alumínio sem e com controle de pH. Comportou-se diferentemente , nas concentrações crescentes de alumínio e sua tolerância relativa foi de 100,00; 97,43; 83,85; 62,73; 42,51%, respectivamente, nos tratamentos ausência de alumínio (sem e com controle de pH), nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm.



O comportamento dos diversos híbridos dentro de uma concentração testada pode, também, ser examinado na tabela 30 e, para a concentração de 12 ppm houve a seguinte ocorrência:

Híbrido	cpm
ContiBrasil 102	65897,50 a
Ag 77010	52371,50 b
Ag 74111	35785,75 c
Ag 1002	31796,50 c
Ag 74193	30646,25 c

#### 6.4.5. Absorção de $^{32}\text{P}$ por raízes destacadas - 5º experimento

Considerando-se os efeitos dos diversos níveis de alumínio sobre um mesmo híbrido observa-se na tabela 31 o seguinte:

O híbrido Ag 77012-2 comportou-se diferentemente em todos os tratamentos e sua tolerância relativa foi de 100,00; 90,59; 82,36; 44,41 e 23,65%, respectivamente, nos tratamentos ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm.

O híbrido Ag 77977 comportou-se igualmente na ausência de alumínio (sem e com controle de pH), nos tratamentos pH 2,9 e 12 ppm; comportou-se diferentemente nas concentrações de 24 e 72 ppm e sua tolerância relativa foi de 100,00; 94,29; 88,34; 64,72 e 48,90%, respectivamente nos tratamentos ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações crescentes de alumínio.

O híbrido Ag 1003 comportou-se diferentemente em todos os tratamentos e sua tolerância relativa foi de 100,00; 90,52; 57,97; 38,60%, respectivamente, nos tratamentos ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm.

O híbrido Ag 77603 comportou-se igualmente nos tratamentos ausência de alumínio (sem e com controle de pH); comportou-se diferentemente nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm e sua tolerância relativa foi de

100,00; 94,54; 81,60; 72,42; 39,82%.

O híbrido Ag 77579 comportou-se diferentemente em todos os tratamentos foi de 100,00; 91,98; 80,75; 45,60; 24,35%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm.

O comportamento dos diversos híbridos dentro de uma concentração testada pode, também, ser examinada na tabela 31 e, para a concentração de 12 ppm houve a seguinte ocorrência:

<u>Híbrido</u>	<u>cpm</u>
Ag 77012-2	56251,00 a
Ag 77977	39944,25 b
Ag 77603	34574,25 c
Ag 77579	33205,75 c
Ag 1003	27048,25 d

#### 6.4.6. Absorção de $^{32}\text{P}$ por raízes destacadas - 6º experimento

Considerando-se os efeitos dos diversos níveis de alumínio dentro de um mesmo híbrido, observa-se na tabela 32 o seguinte:

O híbrido Ag 77012-3 comportou-se igualmente nos tratamentos ausência de alumínio (sem e com controle de pH); comportou-se diferentemente nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm e sua tolerância relativa foi de 100,00; 95,68; 79,74; 53,34 e 40,98%, respectivamente.

O híbrido Ag 1011 comportou-se igualmente nos tratamentos ausência de alumínio com pH 2,9 e na concentração de 12 ppm de alumínio. Comportou-se diferentemente na ausência de alumínio sem controle de pH e nas concentrações de 24 e 72 ppm de alumínio.

O híbrido Ag 77018-2 comportou-se diferentemente em todos os

tratamentos e sua tolerância relativa foi de 100,00; 87,77; 79,80; 63,52 ; 43,47%, respectivamente, na ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm de alumínio.

O híbrido Ag 77873 comportou-se igualmente nos tratamentos ausência de alumínio (sem e com controle de pH), ausência de alumínio com pH 2,9 e 12 ppm; comportou-se diferentemente nas concentrações de 24 e 72 ppm e sua tolerância relativa foi de 100,00; 93,70; 77,06; 56,54; 37,65% , respectivamente.

O híbrido Ag 77019 comportou-se igualmente na ausência de alumínio (sem e com controle de pH), nas concentrações de 12, 24 e 72 ppm comportou-se diferentemente e sua tolerância relativa foi de 100,00; 95,26; 77,92; 63,67 e 46,14%, respectivamente.

O comportamento de diversos híbridos dentro de uma concentração testada, pode, também, ser examinada na tabela 32 e, para a concentração de 12 ppm houve a seguinte ocorrência:

<u>Híbrido</u>	<u>cpm</u>	
Ag 1011	55629,00	a
Ag 77018-2	44287,75	b
Ag 77873	36426,00	c
Ag 77012-3	28035,50	d
Ag 77019	27808,25	d

## 7. DISCUSSÃO

### 7.1. Ensaio de germinação de sementes de sorgo granífero em substrato contendo concentrações crescentes de alumínio

Os resultados indicaram que as sementes de sorgo granífero germinadas em substrato contendo alumínio não se desenvolveram normalmente, em virtude, provavelmente, de anomalias metabólicas, ou seja, de alterações bioquímicas no processo de germinação. A diferença de comportamento dos híbridos estabelecida entre níveis de alumínio dentro de um mesmo híbrido deu origem a um gradiente de tolerância relativa para o comportamento das plantas nas concentrações crescentes de alumínio. Este aspecto de análise permite, portanto, separar plantas mais ou menos resistentes aos efeitos prejudiciais do alumínio e tem sido um ponto de apoio aos programas de melhoramento de plantas.

O experimento envolvendo a germinação de sementes embebidas com soluções de  $AlCl_3 \cdot 6H_2O$  apresenta boas perspectivas, pois permite que um grande número de genótipos sejam testados em um período relativamente curto. Haja visto que apenas 7 dias é suficiente para a avaliação de genótipos testados.

Baseado no desenvolvimento absoluto o híbrido Tey 101, mostrou ser o mais tolerante neste ensaio de germinação.

A realização de duas ou mais colheitas no ensaio é importante porque permite a ratificação ou a reversibilidade dos resultados em outras fases do desenvolvimento. No presente caso, para o sistema radicular, a correlação obtida para os resultados médios da primeira e segunda época foi alta ( $r = 0,94$ ), mostrando que os resultados da primeira colheita foram confirmados na segunda. Constatou-se também que, na segunda colheita, o efeito do alumínio foi mais acentuado o que poderia ser explicado considerando que a planta desenvolve, inicialmente, à expensa das reservas da semente. A partir do momento em que as reservas se tornam escassas espera-se que o efeito do alumínio seja mais evidente, porque a demanda de nutrientes começa no fim do estágio inicial (estágio zero - VANDERLIP, 1972) de desenvolvimento.

O mesmo ocorreu em relação aos dados da parte aérea, uma vez que, neste caso, só ocorreu diferença a partir da segunda colheita. Tal resultado enfatiza que, em experimentos desta natureza é aconselhável esperar cerca de 7 dias para iniciar a tomada dos dados porque a partir deste momento os resultados serão mais marcantes e a avaliação dos genótipos mais precisa.

Comparando-se o comportamento dos híbridos na concentração de 12 ppm de alumínio, pelos parâmetros comprimento de raízes e ou altura de plantas ainda seria ratificada a indicação do híbrido Tey 101 com tolerância mais elevada se for levada em conta a variação percentual de desenvolvimento absoluto entre a 1ª e 2ª colheita. Dentro desta orientação, para comprimento de raízes, ter-se-ia tolerâncias relativas de 144,290; 133,085 e 126,822% respectivamente para os híbridos Tey 101, Dekalb e ContiBrasil 102. Para altura da parte aérea a tolerância relativa seria de 134,831; 118,491 e 106,845% respectivamente para os híbridos Tey 101, Dekalb e ContiBrasil 102. Portanto, na concentração de alumínio considerada foi ainda o híbrido Tey 101 o mais tolerante e, para ambos os parâmetros estudados aqui discutidas, a ordem decrescente de tolerância seria a seguinte: Tey >

Dekalb ContiBrasil 102.

## 7.2. Desenvolvimento de sorgo granífero cultivado em solução nutritiva contendo concentrações crescentes de alumínio

Como o parâmetro matéria seca da planta inteira revelou-se o mais representativo para se estudar a tolerância de híbridos de sorgo granífero, aos efeitos do alumínio, a discussão dos demais parâmetros seria de pouco interesse para chegar às conclusões finais.

Em todos os experimentos registraram-se, predominantemente, os efeitos prejudiciais do alumínio mas algumas respostas positivas de alguns híbridos cultivados no intervalo de concentração de 0 a 12 ppm de alumínio foram observadas.

Considerando-se que o pH das soluções nutritivas foi mantido na faixa de 4 a 4,5, eram, então, esperadas condições adequadas à solubilidade do alumínio e, conseqüentemente a sua presença numa forma disponível para as plantas. Maior e menor desenvolvimento destas dentro de disponibilidades comuns de alumínio tornam evidente a existência não somente de uma tolerância de alguns híbridos a este elemento mas, talvez, haja necessidade de uma moderada concentração de alumínio no meio de cultivo, para seu pleno desenvolvimento.

Este tipo de resposta foi encontrado nos experimentos 1, 2, 3 e 4 sendo mostrada pelos híbridos Tey 101, Ag 75009, Ag 75051 do primeiro experimento; Ag 75373 e Ag 74129 do segundo experimento; Ag 1010 do 3º experimento; Ag 74111, ContiBrasil 102 e Ag 74193 do 4º experimento, conforme se vê nas figuras 1, 2, 3 e 4. O maior desenvolvimento relativo (acima de 100,00) foi uma resposta do híbrido Ag 75009, observada nas concentrações de 3, 6 e 12 ppm de alumínio. O híbrido Ag 75051 teve desenvolvimento relativo acima de 100 nas concentrações de 3 e 6 ppm; outras respos-

tas positivas dos demais híbridos envolvidos nos experimentos de 1 a 4, já supra citados foram observados somente na concentração de 3 ppm de alumínio.

A tolerância relativa, ou seja, o desenvolvimento percentual maior que aquele observado para a testemunha (0 ppm), nos experimentos de 1 a 4 teve a seguinte sequência:

TABELA 40. Tolerância relativa (%) acima de 100,0 de híbridos de sorgo graminífero cultivado em solução nutritiva, contendo alumínio. Piracicaba, 1978

Híbridos	Experimento	Concentração de Al (ppm)		
		3	6	12
Ag 74129	2º	124,3		
Ag 75009	1º	109,3	107,7	102,9
Ag 74111	4º	107,1		
Ag 75051	1º	106,2	102,6	
Ag 75373	2º	105,8		
Tey 101	1º	105,5		
ContiBrasil 102	4º	103,4		
Ag 74193	4º	103,1		
Ag 1010	3º	101,3		

Portanto, a tolerância relativa acima de 100,0 foi representada por 9 híbridos na concentração de 3 ppm, 2 híbridos na concentração de 6 ppm e 1 híbrido na concentração de 12 ppm.

Se houve uma resposta positiva de plantas ao efeito do alumínio então este foi benéfico e aquelas chegariam a depender de sua presença, dentro de condições especiais, para atingirem sem maior desenvolvi-

to. Contudo, outros estudos complementares seriam necessários para confirmar a dependência de alumínio, por alguns híbridos, para alcançarem um desenvolvimento relativo acima de 100 quando se compara com aquele alcançado por plantas cultivadas na ausência de alumínio (MAC LEOD e JACKSON, 1965 ; MALAVOLTA, 1976).

Os resultados obtidos nos experimentos 5 e 6, apresentados também em figuras de mesma numeração, evidenciam apenas respostas negativas dos híbridos às concentrações crescentes de alumínio.

Considerando como nível crítico 12 ppm de Al foi estimado um índice de tolerância para os diversos híbridos avaliados. Baseado neste índice foram estabelecidos quatro grupos, ou seja:

Grupo I - (mais tolerante - média de matéria seca total em 12 ppm acima de 90%)

Grupo II - (tolerante - média compreendida entre 80 e 90%)

Grupo III - (medianamente tolerante - média compreendida entre 70-80%)

Grupo IV - (baixa tolerância - média abaixo de 70%)

A classificação obtida foi a seguinte:

#### Grupo I

Híbrido	Tolerância (%)
Ag 75009	102,9
Ag 75051	98,8
Tey 101	93,2
Ag 76003	92,1
Ag 75125	90,0



## Grupo II

Híbrido	Tolerância (%)
Ag 77018-2	89,4
Ag 77004	89,2
Ag 74111	83,6
Ag 74193	82,8
Ag 75373	82,3
Ag 1010	81,5
Ag 77007	80,3
Ag 77019	80,3

## Grupo III

Híbrido	Tolerância (%)
Ag 1002	79,4
Ag 75395	78,5
ContiBrasil 102	78,0
Ag 75017	77,7
Ag 77603	77,3
Ag 74129	77,2
Ag 74101	74,4
Ag 77008	74,3
Ag 77012-2	74,3
Ag 1011	74,2
Ag 77010	74,0
Ag 77977	73,8
Ag 75073	73,7
Ag 77579	72,3

## Grupo III

Híbrido	Tolerância (%)
Ag 1002	79,4
Ag 75395	78,5
ContiBrasil 102	78,0
Ag 75017	77,7
Ag 77603	77,3
Ag 74129	77,2
Ag 74101	74,4
Ag 77008	74,3
Ag 77012-2	74,3
Ag 1011	74,2
Ag 77010	74,0
Ag 77977	73,8
Ag 75073	73,7
Ag 77579	72,3

## Grupo IV

Híbrido	Tolerância (%)
Ag 77873	69,6
Ag 1003	64,9
Ag 77012-3	64,7

Os melhores híbridos na concentração de 12 ppm de alumínio são aqueles que se situaram no Grupo I, com tolerância relativa acima de 90%. Estes híbridos continuariam inseridos ainda na mesma classe (acima de 90%) quando se considera as concentrações de 3 e 6 ppm. Na concentração de

## Grupo IV

Híbrido	Tolerância (%)
Ag 77873	69,6
Ag 1003	64,9
Ag 77012-3	64,7

Os melhores híbridos na concentração de 12 ppm de alumínio são aqueles que se situam no Grupo I, com tolerância relativa acima de 90%. Estes híbridos continuariam inseridos ainda na mesma classe (acima de 90%) quando se considera as concentrações de 3 e 6 ppm. Na concentração de 24 ppm os cinco híbridos de maior tolerância são os mesmos representantes do Grupo I e ainda continuam na mesma ordem alcançada na concentração de 12 ppm.

Portanto, os híbridos do Grupo I se evidenciam em todas as concentrações de alumínio, dotados de maior tolerância relativa e o quadro em geral oferece uma consistência das respostas obtidas.

## 7.3. Determinações químicas

As determinações químicas feitas tanto para raízes como para parte aérea, com o fim de estudar os efeitos do alumínio sobre a absorção de P, K, Ca, Mg e Al mostram respostas muito variáveis dos híbridos testados. Todavia, muitas inferências tiradas dentro desta gama de variações naturalmente orientam a discussão para o envolvimento de alterações mais ou menos acentuadas, no metabolismo causando uma reação das plantas que seria a manifestação de resistência genética, provavelmente, (KERRIDGE e KRONSTAD, 1968). Portanto, a resposta dos híbridos expressa em termos de absorção de nutrientes sob a influência de efeitos das concentrações crescentes

de alumínio e em função da capacidade de cada híbrido constituem um volume de dados muito grande. Na presente discussão dar-se-á maior ênfase aos resultados de determinações obtidas na concentração de 12 ppm de alumínio (intermediária entre 0 e 24).

Fósforo: O teor de fósforo nas plantas aumentou, virtualmente, na presença de alumínio, quando a concentração deste elemento não excedeu a 12 ppm. Isto sugere que a presença de alumínio para alguns híbridos testados e dentro de uma concentração moderada, pode contribuir, eventualmente, para maior absorção do fósforo e para sua translocação para parte aérea.

A grande afinidade química existente entre P e Al, para a formação de fosfatos, a variação da constituição genética dos híbridos, a possibilidade de adaptação do mecanismo de absorção da planta a um meio ligeiramente adverso seriam as hipóteses de explicação destas eventualidades. Assim, o maior teor de fósforo observado, de um modo geral, nas raízes, poderia representar maior precipitação de P-Al (GARGANTINI *et alii*, 1970) no interior das mesmas.

Potássio: A maior amplitude entre teores de nutrientes absorvidos pelos híbridos foi verificada para a absorção de potássio, na concentração de 12 ppm, cujos teores máximo e mínimo foram 6,360% e 2,480%, na parte aérea dos híbridos Ag 75073 e Ag 77977, respectivamente; nas raízes os teores encontrados foram de 4,310 e 0,720 para os híbridos Ag 75073 e Ag 77977 respectivamente. Sorgo tem sido considerada uma gramínea ávida por potássio e a alta disponibilidade deste nutriente em solução nutritiva bem como um efeito competitivo entre íons mono e trivalentes por parte do alumínio, talvez tenha ocorrido, de modo a facilitar maior acumulação do potássio. O fato é que não se evidenciou uma influência do alumínio como um controle do teor de K na planta, considerando-se raízes e parte aérea. A função do mecanismo de absorção de K não dependeu, aparentemente, dos e-

feitos causados pela presença de alumínio na solução nutritiva. Também, as correlações entre teores de nutrientes e produção de matéria seca da planta inteira não mostraram maior dependência da absorção dos mais altos teores de K. A teoria do "consumo de luxo" deste nutriente verificado para outras culturas poderia ser válida para os híbridos de sorgo granífero testados nas condições do presente trabalho. Outra alternativa para uma explicação mais detalhada seria através do estudo de CTC de raízes (HUFFAKER & WALLACE, 1958) relacionado com a absorção de nutrientes (SMITH & WALLACE, 1956 a, b, c); VOSE & RANDAL, 1962; FOY *et alii*, 1967).

**Cálcio:** Os teores de cálcio encontrados foram, também, muito variáveis dentro da concentração de 12 ppm de alumínio, nas raízes e parte aérea dos híbridos testados. Os teores de cálcio, máximo e mínimo, observados em raízes, foram de 1,500% e 0,970% para os híbridos Ag 75009 e Ag 77012-3, respectivamente; na parte aérea, os teores de maior amplitude encontrados foram de 1,500% e 0,880% para os híbridos Ag 75009 e Ag 74129, respectivamente. Os efeitos negativos do alumínio sobre a absorção de cálcio pelos híbridos se evidenciaram em todas as concentrações de alumínio, tendo sido observada uma redução gradativa no teor de cálcio, tanto nas raízes como na parte aérea, à medida que se aumentava a concentração de alumínio. Provavelmente o efeito observado seja devido à pouca mobilidade de cálcio na planta, e ainda a uma competição entre íons bi e trivalentes para a ocupação de sítios nas paredes celulares ou, também, a adsorção de alumínio aos grupos carboxílicos livres das cadeias de ácidos poligalacturônicos na lamela média (JOSELYN & LUCA, 1957; MALAVOLTA *et alii*, 1976).

**Magnésio:** A produção de matéria seca da planta inteira foi mais dependente do teor de magnésio determinado nas raízes e parte aérea, de acordo com a frequência e valores dos coeficientes de correlação (valores de "r") então obtidos. Analogamente, como ocorreu a absorção de cálcio, também os teores de magnésio foram sempre reduzidos nas raízes e par-

te aérea, à medida que se aumentou a concentração de alumínio.

O magnésio faz parte da estrutura das fosfatases e quinases (CONN & STUMPF, 1975) mas a presença de alumínio no substrato orgânico reduz a atividade das enzimas havendo, portanto, uma interferência bioquímica no metabolismo da planta (ROGERS *et alii*, 1940).

Os teores de magnésio, máximo e mínimo, observados em raízes foram de 1,000% e 0,370% para os híbridos Ag 77007 e Ag 77010, respectivamente; na parte aérea, os teores de magnésio de maior amplitude encontrados foram de 0,560% e 0,220% para os híbridos Ag 1002 e Ag 1002 e Ag 75395 respectivamente.

Alumínio: Os teores de alumínio nas raízes e parte aérea aumentaram progressivamente de acordo com os incrementos de sua concentração na solução nutritiva. Todavia os teores de alumínio encontrados nas raízes são muito superiores àqueles encontrados na parte aérea, fazendo lembrar o trabalho seletivo das membranas (NELSON, 1956), explicado no estudo de CTC de raízes e ainda um bloqueio no transporte de um ou mais nutrientes devido à precipitação de P-Al, talvez mais intensa nas raízes. Respostas favoráveis às concentrações moderadas de alumínio (3, 6 e raramente 12 ppm) representadas pela produção de matéria seca da planta inteira e ainda os diferentes teores de alumínio observados nas raízes e parte aérea poderiam ser explicados considerando que estas plantas possuem algum mecanismo geneticamente controlado, que permite o crescimento e mesmo absorção de Al quando este está presente em altas concentrações no substrato. Os teores máximo e mínimo de alumínio observados nas raízes foram de 5500,000 ppm e 1260,000 ppm para os híbridos Ag 75017 e Ag 76003, respectivamente; na parte aérea dos teores de alumínio de maior amplitude encontrados foram de 265,000 ppm e 40,000 ppm para os híbridos Ag 75009 e Ag 77007 respectivamente.

#### 7.4. Absorção de $^{32}\text{P}$ por híbridos de sorgo granífero

Como o parâmetro raízes destacadas revelou-se mais representativo no ensaio de absorção de  $^{32}\text{P}$  por plantas tratadas em solução contendo este isótopo, serão enfocados os resultados relativos às respostas obtidas na ausência de alumínio (sem e com controle de pH) e na concentração de 12 ppm de alumínio que é uma concentração intermediária entre 0 e 24 ppm.

A absorção de  $^{32}\text{P}$  por híbridos na ausência de alumínio, com pH reduzido a 2,9 foi inferior àquela registrada para o tratamento ausência de alumínio sem o controle de pH mas não houve uma diferença significativa em todos os casos estudados. Isto mostra que, nem sempre, a redução do pH em si, representa o fator mais limitante da absorção de fósforo e outros nutrientes, ratificando, deste modo as observações já citadas (MALA-VOLTA, 1970). Considerando apenas o parâmetro raízes destacadas tratadas então relacionados, a seguir, os híbridos que foram sensíveis, significativamente, à redução do pH da solução para 2,9 com as respectivas cpm detectadas (tabela 41).

Por esta tabela de respostas discriminadas na ausência de alumínio, sem e com controle de pH observa-se que dentro de 30 híbridos testados, 14 mostraram sensibilidade significativa aos efeitos do pH os quais representam uma parcela de 46,7% dos híbridos testados. A outra parcela de 53,4% representaria um material genético útil para orientação em trabalhos de melhoramento de plantas.

Além da retenção do pH a 2,9 pela adição de HCl uma parte do hidrogênio trocável seria provavelmente um produto do metabolismo da planta adsorvido às raízes e que poderia ser trocado por outro cation (se houvesse disponibilidade) passando este a ocupar a posição do hidrogênio na superfície da raiz (HELMY & ELGABALY, 1958). Analogamente os ânions teriam

TABELA 41. Diferenciação de comprimento de híbridos de sorgo granífero tratados com  $^{32}\text{P}$  em soluções com pH normal e pH 2,9 na ausência de alumínio.

Experimento	Híbrido solúvel ao pH 2,9	cpm	
		0 ppm Al c/ pH normal	0 ppm c/ pH 2,9
1º	Ag 75009	69316,25 a	61996,75 b
	Ag 75051	85584,25 a	77517,25 b
	Ag 75017	65826,75 a	59706,50 b
2º	Ag 75125	72678,75 a	64968,25 b
	Ag 74129	55022,75 a	50341,50 b
3º	Ag 76003	82660,00 a	75491,50 b
	Ag 1010	53809,50 a	48385,25 b
4º	ContiBrasil 102	74628,50 a	67700,50 b
	Ag 77010	60737,00 a	56327,25 b
5º	Ag 77012-2	68301,25 a	61874,75 b
	Ag 1003	46655,50 a	42234,00 b
	Ag 77579	41122,75 a	37826,25 b
6º	Ag 1011	63892,00 a	58518,25 b
	Ag 77018-2	55497,25 a	48708,75 b



uma movimentação semelhante àquela dos cations, facilitando o acesso do anion  $PO_4^-$  à superfície e ao interior da raiz (BARTLETT, 1964).

A amplitude das concentrações de alumínio utilizadas nestes experimentos (0, 12, 24 e 72 ppm) foi muito superior àquelas em que se testou o desenvolvimento dos parâmetros de crescimento de híbridos cultivados em solução nutritiva (0, 3, 6, 12 e 24 ppm). Foi muito diferente também o período de duração dos dois ensaios cada um com uma metodologia peculiar.

Nos ensaios de absorção de  $^{32}P$  não se observou quaisquer efeitos positivos das concentrações de alumínio favorecendo a absorção deste isótopo e, talvez isto seja devido a concentrações muito mais altas e a limitação do ensaio em 2 horas apenas. Também, nas soluções com altas concentrações de alumínio não era de se esperar um pH mais elevado que favorecesse a precipitação de P-Al, na superfície das raízes porque o pH 2,9, correspondia àquele medido na solução cuja concentração de alumínio era 72 ppm.

A redução progressiva da atividade isotópica do material tratado com  $^{32}P$  em altas concentrações de alumínio se eliminada a hipótese de precipitação P-Al, corresponderia a uma dificuldade do transporte do ion  $PO_4^-$  no interior da planta e poderia ser explicada por desordens causadas pelo alumínio no mecanismo de transporte de nutrientes.

#### 7.5. Comparação entre os métodos de avaliação da tolerância ao alumínio

No ensaio de germinação foram testados apenas 3 híbridos dos quais Tey 101 e ContiBrasil 102 foram testados nos outros tipos de ensaios. O envolvimento de menor número de híbridos no ensaio de germinação, dos quais 1 não foi testado nos demais ensaios, impossibilitou estabelecimento de correlações.

Embora não fosse estimada uma correlação entre os métodos da solução nutritiva e da absorção de P, observou-se que 12 entre os 30 híbridos testados se classificaram na mesma ordem de tolerância aos efeitos da concentração de 12 ppm de alumínio a qual foi comum nos dois tipos de ensaio, conforme se observa na tabela 42.

Por outro lado verificou-se no ensaio de desenvolvimento de plantas em solução nutritiva menor dependência de fósforo para a produção de matéria seca o que, provavelmente, poderia explicar a ausência de correlação entre a absorção de  $^{32}\text{P}$  (cpm) e a produção de matéria seca (g). Provavelmente a absorção de  $^{32}\text{P}$  por um tempo mais prolongado poderá contribuir para uma maior correspondência entre os métodos.

## 8. CONCLUSÕES

1. O ensaio de germinação em substrato contendo níveis de alumínio mostrou ser promissor pela rapidez do resultado e facilidade do manuseio.
2. A melhor característica para avaliar a toxidez de alumínio em sorgo granífero, cultivado em solução nutritiva, foi a matéria seca da planta inteira e, por outro lado, as raízes destacadas representam melhor parâmetro para medida de absorção de  $^{32}\text{P}$ , do que a planta inteira.
3. Ocorreu diferença entre os híbridos avaliados com relação a tolerância ao alumínio nos diferentes métodos utilizados.
4. Houve, parcialmente, correspondência na classificação de tolerância apresentada no método de cultivo em solução nutritiva e no de absorção de  $^{32}\text{P}$ .
5. As determinações químicas sugerem efeitos do alumínio de natureza metabólica, sobre o desenvolvimento de sorgo granífero cultivado em solução nutritiva; o alumínio reduziu absorção de cálcio e magnésio nas raízes e na parte aérea, em todas concentrações utilizadas. Resultados da determinação de fósforo sugerem interação P-Al e uma redução de sua translocação das raízes para a parte aérea, de um modo geral, devido à pre-

sença de alumínio.

6. O pH em si não foi o fator mais limitante da absorção de fósforo para alguns híbridos o que indica diferença de resposta aos efeitos das concentrações de alumínio e hidrogeniônica.

## 9. SUMMARY

Thirteen trials were conducted in split plot design to study the effect of aluminium toxicity in grain sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) development.

One experiment was carried out to check seedling development in the presence of 5 increasing levels of aluminium ( $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).

Six other experiments were planned to study the influence of grain sorghum seeds germinated on vermiculit substract and then planted in pots with a culture solution plus five levels of aluminium.

The last six trials were conducted to test the  $^{32}\text{P}$  uptake in the aluminium absence with and without pH control and in the presence of three increasing levels of aluminium.

The parameters used to evaluate the results were: root lenght, plant height dry weight, chemical composition of the plant, and the  $^{32}\text{P}$  uptake, by excised and no excised roots, in cpm measurements. It was also evaluated the  $^{32}\text{P}$  activity in the whole plant through the translocation of  $^{32}\text{P}$  from the roots to the shoot.

All the trials developed in this work allowed to study the hibrids grain sorghum under two points of view: (I) hibrid behavior into

increasing aluminium concentrations (0, 3, 6, 12, 24 ppm for the first and second trials types; aluminium absence without and with pH control 12, 24, 72 ppm for the third trial type). (II) The hybrids comparison into each aluminium concentration tested.

The following conclusions could be drawn from the research :

(I) Grain sorghum germinating test in a substratum containing several aluminium chloride ( $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) levels was promising due to easiness of handling and short time required for results obtaintion. (II) Dry matter of the whole plant was the best parameter to evaluate aluminium toxicity in grain sorghum when cultivated in a solution culture. On the other hand excised roots showed be the best material to measure  $^{32}\text{P}$  uptake as compared to the whole plant. (III) Aluminium tolerance was different among the hybrids tested under growth in both solution culture and  $^{32}\text{P}$  uptake. (IV) Chemical analysis suggest that aluminium affected grain sorghum metabolism when cultivated in solution culture. Calcium plus Magnesium uptake was reduced by aluminium both in the roots and upper parts of the plants in all concentration tested. Phosphorus determination showed a P-Al interaction and its translocation from roots to the upper parts of the plants was reduced by presence of aluminium. (VI) The pH by itself was not the main limiting factor in phosphorus uptake for some of hybrids studied. This result indicates different genotypes response to both hydrogenionic and aluminium concentrations.

## 10. LITERATURA CITADA

- ABRUÑA, F.R., W. PEARSON e C.B. ELKINS, 1958. Quantitative evaluation of soil reaction and base status changes resulting from field application of residually acid-forming nitrogen fertilizers. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 22:539-542.
- ADAMS, F. e LUND, Z.F., 1966. Effects of chemical activity of soil solution aluminium on cotton root penetration of acid subsoils. Soil Sci., Baltimore, 101(3):193-8.
- BARTLETT, R.J., 1964. Measurement of cation and anion-exchange capacities of roots using NaCl change. Soil Sci., Baltimore, 98:351-357, 1964.
- BEAR, F.E., 1964. Chemistry of the soil. 2ª edição. New York, Reinhold Publishing Corps. 515 p.
- CLARKSON, D.T., 1966. Effect of aluminium on uptake and metabolism of phosphorus by barley seedlings. Plant Physiol., Washington, 41:165-172.
- CLARKSON, T.D., 1967. Interactions between aluminium and phosphorus on

- root surfaces and cell wall material. Plant and Soil, Tha Baque, 27  
(3):347-56.
- CONN, E.E. e P.K. STUMPF, 1975. Introdução à Bioquímica. Tradução Lelia Menucci (e outros) supervisão, José Reinaldo Magalhães. São Paulo, Edgard Blöcher, 447 p.
- EDWARDS, J.H., B.D. HORTON e H.C. KIRKPATRICK, 1976. Aluminium toxicity symptoms in peach seedlings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. Byron, 101  
(2):139-142.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 1977. O Programa Nacional de Pesquisa de Sorgo. In: Iº Simpósio Brasileiro de Sorgo. Brasília, DF. p. 1-11.
- EVANS, C.E. e KAMPRATH, E.J., 1970. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al and Organic matter content. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 34(6):893-6.
- FLEMING, A.L. e C.D. FOY, 1968. Root structure reflects differential aluminium tolerance in wheat varieties. Agron. J., Madison, 60:172-176.
- FOY, C.D., 1974. Effects of aluminium on plant growth. In: The Plant Root and Its Environment. Charlottesville, Virginia, U.S.A. Ed. by E. W. CARSON, Virginia Polytechnic Institute and State University. 691 p.
- FOY, C.D., G.R. BURNS e W.H. ARMINGER, 1967. Characterization of differential aluminium tolerance among varieties of wheat and barley. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 31:513-521.



- FOY, C.D., R.G. ORRELLANA, J.W. SCHWARTZ e A.L. FLEMING, 1974. Responses of sunflower genotypes to aluminium in acid soil and nutrient solution. Agron. J., Madison, 66:293-296.
- FOY, C.D., W.H. ARMINGER, L.W. BRIGGLE e D.A. REID, 1965. Differential aluminium tolerance of wheat and barley varieties in acid soils. Agron. J., Madison, 57(5):413-17.
- GARGANTINI, H., F.A.S. COELHO, F. VERLENGIA e E. SOARES, 1970. Levantamento de fertilidade dos solos do Estado de São Paulo. Bol. do Inst. Agro-nômico, Campinas.
- HELMY, A.K. e M.M. ELGABALY, 1958a. Exchange capacity of plant roots - 1. Factors affecting the cation exchange capacity. Plant and Soil, The Hague, 10:93-100.
- HOAGLAND, D.R. e D.I. ARNON, 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Expt. Sta. (Circ., 347).
- HSU, P.H., 1965. Fixation of phosphate by aluminium and iron in acid soils. Soil Sci., Baltimore, 99:398-402.
- HUCK, M.G., 1972. Impairment sucrose utilization for cell wall formation in the roots of aluminium damaged cotton seedlings. Plant and Cell Physiol. Kyoto, 13:7-14.
- HUFFAKER, R.C. e WALLACE, A., 1958. Possible relationship of cation-exchange capacity of plant roots to cation uptake. Soil Sci. Amer. Proc., Madison, 22:392.

- JONES, L.H., 1961. Aluminium uptake and toxicity in plants. Plant and soil, The Hague, 13:297-310.
- JORGENSEN, S.S., 1977. Guia Analítico; Metodologia utilizada para análises químicas de rotina. Piracicaba. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 23 p. (mimeografado).
- JOSLYN, M.A. e G. de LUCA, 1957. The formation and properties of aluminium pectinates. J. Colloid Sci., New York, 12:108.
- KERRIDGE, P.C. e W.E. KONSTAD, 1968. Evidence of genetic to aluminium toxicity in wheat (Triticum aestivum Vill., Host). Agron. J., Madison, 60:710-711.
- KERRIDGE, P.C., M.D. DAWSON e D.P. MOORE, 1971. Separation degrees of aluminium tolerance in wheat. Agron. J., Madison, 63:586-591.
- KESER, M., B.F. NEUBAUER e F.E. HUTCHINSON, 1975. Influence of aluminium ions of sugarbeet roots. Agron. J., Madison, 67:84-88.
- LANCE, J.C. e R.W. PEARSON, 1969. Effect of low concentrations of aluminium on growth and water and nutrient uptake by cotton roots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 33:95-98.
- LEVAN, A., 1945. Cytological reactions induced by inorganic solutions. Nature., London, 156:751-752.
- LIEBIG, G.F. Jr., A.P. VANSELOW e H.D. CHAPMAN, 1942. Effects of aluminium on copper toxicity, as revealed by solution culture and spectrographic studies of citrus. Soil Sci., Baltimore, 53:341-351.

LUTZ Jr., J.A., C.F. GENTER e G.W. HAWKINS, 1972. Effect of soil pH on element concentration and uptake by maize: II. Cu, B, Zn, Mn, Mo, Al and Fe. Agron. J., Madison, 64:583-585.

MacLEOD, L.B. e L.P. JACKSON, 1965. Effect of concentration of the Al ion on root development and establishment of legume seedlings. Can.J. Soil Sci., Ottawa, 45:221-34.

MAGISTAD, O.C., 1925. The aluminium content of the soil solution and its relation to soil reaction and plant growth. Soil Sci., Baltimore, 20: 181-225.

MALAVOLTA, E., 1970. Nutrição mineral de plantas; Curso Pós-Graduação de Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba, S. Paulo, ESALQ. 234 p. (mimeografado).

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., H.P. HAAG, F.A.F. MELLO e M.O.C. BRASIL SOBR<sup>o</sup>, 1974. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. Pioneira Editora, São Paulo, 727 p.

MALAVOLTA, E., SARRUGE, J.R., BITTENCOURT, V.C. Toxidez de alumínio e de manganês. In: FERRI, M.G., Coord. SIMPOSIO SOBRE O CERRADO; BASES PARA UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA, 4. Brasília, 1976. Belo Horizonte, USP/Itatiaia, 1977. p. 275-301. (Coleção Reconquista do Brasil, 38).

McLEAN, F.T. e B.E. GILBERT, 1927. The relative aluminium tolerance of

- crop plants. Soil Sci., Baltimore, 24:163-175.
- MOORE, D.P., 1974. Physiological effects of pH on roots. In: The Plant Roots and Its Environment. Charlottesville. University Press of Virginia, U.S.A., p. 135-151.
- MOSCHLER, W.W., E.D. JONES e G.W. THOMAS, 1960. Lime and soil acidity effects on alfafa growth in red-yellow polzolic soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 24:507-9.
- MUNNS, D.N., 1965. Soil acidity and growth of a legume. II. Reaction of aluminium and phosphate in solution and effects of aluminium, phosphate, calcium and pH on Medicago sativa L. and Trifolium subterraneum L. in solution culture. Aust. J. Agric. Res., Victoria, 16:743-756.
- PEARSON, R.W. e F. ADAMS, 1967. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy. 274 p. (Agronomy, 12).
- PIERRE, W.H., G.G. POHLMAN e T.C. McILVAINE, 1932. Soluble aluminium studies. I. The concentration of aluminium in the displaced soil solution of naturally acid soils. Soil Sci., Baltimore, 34:145-160.
- PRATT, F.P., 1966. Aluminium. In: CHAPMAN, H.D. Diagnose Criteria for Plant and Soils University of California, U.S.A. 761 p.
- RAGLAND, J.L. e N.T.C. COLEMAN, 1962. Influence of aluminium on phosphorus uptake by snapbean roots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 26:88-90.
- REID, D.A., A.L. FLEMING e C.D. FOY, 1971. A method for determining alumi

- mium response of barley in nutrient solution in comparison to response in Al-Toxic Soil. Agron. J., Madison, 63:600-603.
- REIS, B.F., H. BERGAMIN F<sup>o</sup>, E.A.G. ZAGATTO e F.J. KRUG, 1978. Merging zones in flow injection analysis. Part III. Spectrophotometric determination of aluminium in plant and soil material with sequential addition of pulsed reagents. Anal. Chim. Acta (no prelo).
- RIDS, M.A. e R.W. PEARSON, 1964. Some chemical factors in cotton root development. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 28:232-235.
- ROGERS, H.T., R.W. PEARSON e N.H. PIERRE, 1940. Absorption of organophosphates by corn and tomato plants and the mineralizing action of exoluzy me systems of growing roots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 5: 285-291.
- RUZICKA, J. e J.W.B. STEWART, 1975. Flow injection analysis. Part II. U1trafast determination of phosphorus in plant material by continuous flow spectrophotometry. Anal. Chim. Acta. 79:79-91.
- SARRUGE, J.R. e P.H. HAAG, 1974. Análises Químicas em Plantas; ESALQ/USP. Piracicaba, 56 p.
- VANDERLIP, R.L., 1972. How a sorghum plant develops. Manhattan. Kansas State University. 19 p.
- VOSE, P.B. e P.J. RANDALL, 1962. Resistance to aluminium and manganese to xicities in plants related to variety and cation exchange capacity. Nature, London, 196(4849):8586.

- WALKER, E.M., W.H. MARCHANT e W.J. ETHREDGE, 1975. Effects of soil pH on forage yields, and chemical composition of sorghum and millet. Agron. J., Madison, 67:191-193.
- WOOLHOUSE, H.W., 1968. Differences in the properties of the acid phosphatases of plant roots and the significance in the evolution of edaphic ecotypes. p. 357-80. In: I.H. Rorison (ed.) Ecological aspects of the mineral nutrition of plants. Brit. Ecol. Soc. Symp. 9, Black - well Scientific Publ., Oxford, England.
- WRIGHT, K.E., 1943. The internal precipitation of phosphorus in relation to aluminium toxicity. Plant Physiol., Washington, 18:708-712.
- WRIGHT, K.E. e B.A. DONAHUE, 1953. Aluminium toxicity studies with radio active phosphorus. Plant Physio., Washington, 28:674-680.
- WUTKE, A.C.P., 1972. Acidez. In: MONIZ, A.C., Coord. Elementos de Pedologia. São Paulo, USP/Pentágono. p. 149-68.

## APÊNDICE

Tabela 1. Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento de nascidões de sorgo granífero germinadas em conc. crescentes de Al.

Híbrido	ppm Al	Comprimento de raízes				Altura da parte aérea			
		1ª colheita	%	2ª colheita	%	1ª colheita	%	2ª colheita	%
	CaSO <sub>4</sub> 10 <sup>-4</sup> M								
	0	10,270	100,00	16,950	100,00	4,150	100,00	5,830	100,00
	3	8,910	86,75	11,120	65,60	4,130	99,51	4,970	85,24
Conti- Brasil	6	8,850	86,17	9,950	68,70	3,700	89,15	4,620	79,24
	12	6,860	66,79	8,700	51,32	4,090	98,65	4,370	74,95
	24	1,820	17,72	2,490	14,69	4,140	99,75	4,230	72,55
	$\bar{M}$	7,340	71,47	9,842	58,06	4,040	97,34	4,800	82,33
	CaSO <sub>4</sub> 10 <sup>-4</sup> M								
	0	11,520	100,00	20,350	100,00	3,740	100,00	4,670	100,00
	3	8,460	73,43	12,970	63,73	3,630	97,05	4,290	91,86
Tey-101	6	9,630	83,59	11,660	57,29	3,890	104,01	4,320	92,60
	12	6,480	56,25	9,350	45,94	3,560	95,18	4,800	102,78
	24	2,650	23,00	3,250	15,97	4,000	106,95	4,060	86,93
	$\bar{M}$	7,750	62,27	11,516	56,58	3,760	100,53	4,430	94,86
	CaSO <sub>4</sub> 10 <sup>-4</sup> M								
	0	9,060	100,00	14,870	100,00	4,580	100,00	5,470	100,00
	3	7,890	87,08	10,700	71,95	4,540	99,12	4,810	87,93
	6	8,460	93,37	9,780	65,77	4,330	94,54	4,870	89,03
Dekalb	12	5,380	59,38	7,160	48,15	4,110	89,73	4,870	89,03
	24	1,950	21,52	2,340	15,73	4,110	89,73	4,100	74,95
	$\bar{M}$	6,55	72,29	8,970	60,32	4,380	95,63	4,820	88,11
	Média Geral	7,212		10,109		4,376		4,817	
	Parcela	13,990		17,600		18,660		13,560	
C.V. %	Subparcela	13,200		15,800		14,310		10,230	
	*A	0,904		1,957		0,896		0,716	
D.M.S.	B	0,571		1,071		0,420		0,296	
1%	A/B	1,444		1,939		1,034		0,820	
	B/A	1,277		2,143		1,277		0,661	

\* A = entre níveis de Al

B = entre híbridos

A/B = entre níveis dentro do mesmo híbrido

B/A = entre híbridos dentro do mesmo nível



Tabela 2. Resumo das análises de variância de parâmetros de crescimento de nascidões de sorgo granífero germinadas em substrato contendo 0, 3, 6, 12 e 24 ppm de Al

Fontes de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		Comprimento de raízes		Altura das nascidões	
		1ª colheita 1/	2ª colheita 2/	1ª colheita 1/	2ª colheita 2/
Concentrações	4	305,1610 **	849,3980 **	1,0578 NS	6,7782 **
Resíduo A	45	1,0195	3,1860	0,6674	0,4268
Parcela	49	25,8400 **	72,2600 **	0,6900	0,9400
Híbridos	2	18,6272 **	83,7006 **	34,6206 **	13,0774 **
Conc. x Híbridos	8	2,6415 NS	8,3120 *	2,0994 **	1,8386 **
Resíduo B	90	0,9072	2,5540	0,3924	0,2432
Média geral	7,212	7,2120	10,1090	4,3766	4,8173
Parcela		13,9900	17,6000	18,6600	13,5600
Subparcela		13,2000	15,8000	14,3100	10,2300
G.V.					

1/ com 4 dias após germinação

2/ com 8 dias após germinação

Tabela 3. Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento em 4 repetições, de sorgo granífero, 1º experimento.

Híbrido	ppm Al	Matéria seca (g)						Medidas (cm)			
		P.aérea	%	Raízes	%	Pl.inteira	%	Alt.plantas	%	Comp.raízes	%
Tey 101	0	0,191	100,0	0,145	100,0	0,336	100,0	4,875	100,0	22,850	100,0
	3	0,201	105,2	0,154	106,2	0,355	105,5	5,574	114,3	18,575	81,3
	6	0,175	91,6	0,144	99,3	0,319	94,9	5,499	112,8	16,700	73,1
	12	0,173	90,5	0,140	96,5	0,313	93,2	4,275	87,7	14,750	64,5
	24	0,166	86,9	0,129	89,0	0,295	87,8	4,050	83,1	11,300	49,4
	$\bar{M}$	0,181	94,8	0,142	97,9	0,323	96,1	4,854	99,6	16,834	73,7
Ag 75009	0	0,245	100,0	0,130	100,0	0,375	100,0	7,400	100,0	20,674	100,0
	3	0,277	113,1	0,133	102,3	0,410	109,3	7,250	98,0	18,049	87,3
	6	0,275	112,2	0,129	99,2	0,404	107,7	7,275	98,3	15,824	76,5
	12	0,263	107,3	0,123	94,6	0,386	102,9	6,824	92,2	15,250	73,8
	24	0,233	95,1	0,115	88,5	0,348	92,8	6,699	90,5	11,949	57,8
	$\bar{M}$	0,259	105,7	0,126	96,9	0,385	102,7	7,089	95,8	16,349	79,1
Ag 77004	0	0,284	100,0	0,169	100,0	0,453	100,0	7,175	100,0	21,924	100,0
	3	0,247	87,0	0,174	102,9	0,421	92,9	6,424	89,5	18,950	86,4
	6	0,235	82,7	0,168	99,4	0,403	89,0	6,224	86,7	16,750	76,4
	12	0,232	81,7	0,172	101,8	0,404	89,2	5,775	80,5	15,774	71,9
	24	0,212	74,6	0,147	87,0	0,359	79,2	5,800	80,8	12,474	56,9
	$\bar{M}$	0,242	85,2	0,166	98,2	0,408	90,1	6,279	87,5	17,174	78,3
Ag 75051	0	0,303	100,0	0,116	100,0	0,419	100,0	8,125	100,0	25,850	100,0
	3	0,297	98,0	0,148	127,6	0,445	106,2	8,149	100,3	20,924	80,9
	6	0,287	94,7	0,143	123,3	0,430	102,6	8,100	99,7	19,575	75,7
	12	0,277	91,4	0,137	118,1	0,414	98,8	8,075	99,4	17,924	69,3
	24	0,270	89,1	0,107	92,2	0,377	90,0	6,625	81,5	12,125	46,9
	$\bar{M}$	0,287	94,7	0,130	112,1	0,417	99,5	7,814	96,2	19,279	74,6
Ag 75017	0	0,335	100,0	0,154	100,0	0,489	100,0	7,925	100,0	20,799	100,0
	3	0,286	85,4	0,129	83,8	0,415	84,9	7,900	99,7	18,325	88,1
	6	0,265	79,1	0,157	101,9	0,422	86,3	8,100	102,2	18,424	88,6
	12	0,260	77,6	0,120	77,9	0,380	77,7	7,525	94,9	15,175	73,0
	24	0,255	76,1	0,122	79,2	0,377	77,1	6,299	79,5	12,074	58,05
	$\bar{M}$	0,280	83,6	0,137	89,0	0,417	85,3	7,549	95,3	16,959	81,5
Média Geral		0,2498		0,1405		0,3904		6,7179		17,3199	
C.v. (%)	Parcela	2,8874		5,0338		3,1319		6,1960		5,2473	
	Subparcela	2,6523		7,1585		3,3606		4,1996		3,8148	
D.M.S.	A	0,0089		0,0087		0,0152		0,5175		1,1299	
	B	0,0071		0,0108		0,0141		0,3040		0,7121	
1%	A/B	0,0162		0,0229		0,0312		0,7557		0,7285	
	B/A	0,0159		0,0242		0,0316		0,6799		0,5923	

B = entre híbridos - A = entre níveis de Al - A/B = entre níveis dentro de um mesmo híbrido - B/A = entre híbridos dentro do mesmo nível

Tabela 4. Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento em 4 repetições, de sorgo granífero, 2º experimento.

Híbrido	ppm Al	Matéria seca (g)						Medidas (cm)			
		P.aérea	%	Raízes	%	Pl.inteira	%	Alt.plantas	%	Comp.raízes	%
Ag 75395	0	1,555	100,0	0,497	100,0	2,052	100,0	9,649	100,0	38,100	100,0
	3	1,426	91,7	0,501	100,8	1,927	93,9	10,100	104,7	37,825	99,3
	6	1,359	87,4	0,382	76,9	1,741	84,8	9,725	100,8	36,550	95,9
	12	1,256	80,8	0,355	71,4	1,611	78,5	9,524	98,7	31,049	81,5
	24	1,047	67,3	0,342	68,8	1,389	67,7	9,475	98,2	18,799	49,3
	$\bar{M}$	1,329	85,5	0,415	83,5	1,744	85,0	9,694	100,5	32,464	85,2
Ag 74101	0	1,389	100,0	0,535	100,0	1,924	100,0	10,125	100,0	39,274	100,0
	3	1,328	95,6	0,553	103,4	1,881	97,8	10,899	107,6	36,400	92,7
	6	1,140	82,1	0,409	76,4	1,549	80,5	10,199	100,7	34,950	89,0
	12	1,032	74,3	0,400	74,8	1,432	74,4	10,280	101,2	32,950	84,0
	24	1,038	74,7	0,385	72,0	1,424	74,0	10,849	107,2	19,125	48,7
	$\bar{M}$	1,185	85,3	0,457	85,4	1,642	85,3	10,464	103,3	32,539	82,8
Ag 75125	0	1,625	100,0	0,525	100,0	2,150	100,0	11,625	100,0	36,025	100,0
	3	1,502	92,4	0,572	108,9	2,074	96,5	11,550	99,4	36,375	101,0
	6	1,499	92,2	0,566	107,8	2,065	96,0	11,074	95,3	29,725	82,5
	12	1,516	93,3	0,418	79,6	1,934	90,0	10,350	89,0	29,024	80,6
	24	1,471	90,5	0,375	71,4	1,846	85,9	10,250	88,2	18,150	50,4
	$\bar{M}$	1,523	93,7	0,491	93,5	2,014	93,7	10,969	94,3	29,859	82,9
Ag 75373	0	1,544	100,0	0,483	100,0	2,027	100,0	10,699	100,0	16,975	100,0
	3	1,717	111,2	0,427	88,4	2,144	105,8	11,524	107,7	17,875	105,3
	6	1,469	95,1	0,402	83,2	1,871	92,3	11,199	104,7	16,424	96,7
	12	1,347	87,2	0,322	66,7	1,669	82,3	10,925	102,1	16,025	94,4
	24	1,325	85,8	0,306	63,4	1,631	80,5	10,350	96,7	13,175	77,6
	$\bar{M}$	1,480	95,9	0,388	80,3	1,868	92,2	10,939	102,2	16,094	94,8
Ag 74129	0	1,419	100,0	0,424	100,0	1,843	100,0	11,925	100,0	34,950	100,0
	3	1,761	124,1	0,530	125,0	2,291	124,3	11,474	96,2	34,175	97,8
	6	1,263	89,0	0,406	95,8	1,669	90,5	10,850	91,0	31,700	90,7
	12	1,037	73,1	0,386	91,0	1,423	77,2	11,375	95,4	26,600	76,1
	24	0,980	69,1	0,323	76,2	1,303	70,7	12,024	100,8	20,225	57,9
	$\bar{M}$	1,292	91,1	0,414	97,6	1,706	92,6	11,529	96,7	29,529	84,4
Média Geral		1,3620		0,4332		1,7952		10,7199		28,0979	
C.V. %	Parcela	2,3688		3,5659		1,9541		5,2133		1,6553	
	Subparcela	2,4349		3,6496		2,0092		2,8409		2,1124	
D.M.S. 1%	A	0,0401		0,0192		0,0436		0,6948		0,5782	
	B	0,0357		0,0170		0,0388		0,3282		0,6397	
	A/B	0,0794		0,0379		0,0864		0,8909		1,3741	
	B/A	0,0799		0,0381		0,0869		0,7339		1,4304	

B = entre híbridos - A = entre níveis de Al - A/B = entre níveis dentro de um mesmo híbrido - B/A = entre híbridos dentro de um mesmo nível

Tabela 5. Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento em 4 repetições, de sorgo granífero, 3º experimento.

Híbrido	ppm Al	Matéria seca (g)						Medidas (cm)			
		P. aérea %		Raízes %		Pl. inteira %		Alt. plantas %		Comp. raízes %	
Ag 76003	0	1,046	100,0	0,386	100,0	1,432	100,0	9,774	100,0	33,825	100,0
	3	1,029	98,4	0,366	94,8	1,395	97,4	9,500	97,2	30,824	91,1
	6	1,027	98,2	0,348	90,1	1,375	96,0	9,750	99,8	30,875	91,3
	12	1,017	97,2	0,302	78,2	1,319	92,1	10,175	104,1	28,600	84,5
	24	0,973	93,0	0,271	70,2	1,244	86,9	10,200	104,3	16,725	49,4
	$\bar{M}$	1,019	97,4	0,334	86,5	1,353	94,5	9,879	101,1	28,169	83,3
Ag 1010	0	0,765	100,0	0,227	100,0	0,992	100,0	8,899	100,0	26,125	100,0
	3	0,764	99,9	0,241	106,2	1,005	101,3	9,175	103,1	30,749	117,7
	6	0,626	81,8	0,198	87,2	0,824	83,1	8,450	94,9	30,350	116,2
	12	0,613	80,1	0,195	85,9	0,808	81,5	9,050	101,7	21,000	80,4
	24	0,599	78,3	0,175	77,1	0,774	78,0	8,225	92,4	17,399	66,6
	$\bar{M}$	0,674	88,1	0,207	91,2	0,881	88,8	8,759	98,4	25,124	96,2
Ag 77008	0	0,720	100,0	0,290	100,0	1,010	100,0	7,674	100,0	31,125	100,0
	3	0,749	104,0	0,210	72,4	0,959	94,9	7,800	101,6	26,375	84,7
	6	0,614	85,3	0,190	65,5	0,804	79,6	7,600	99,0	25,750	82,7
	12	0,603	83,8	0,148	51,0	0,751	74,3	7,250	94,5	22,674	72,8
	24	0,599	83,2	0,126	43,4	0,725	71,8	7,349	95,8	18,625	59,8
	$\bar{M}$	0,657	91,2	0,193	66,5	0,850	84,1	7,534	98,1	24,909	80,0
Ag 77007	0	0,836	100,0	0,301	100,0	1,137	100,0	9,300	100,0	37,200	100,0
	3	0,745	89,1	0,207	68,8	0,952	83,7	9,224	99,2	29,249	78,6
	6	0,718	85,9	0,193	64,1	0,911	80,1	9,250	99,5	28,899	77,7
	12	0,735	87,9	0,178	59,1	0,913	80,3	9,574	102,9	27,424	73,7
	24	0,564	67,5	0,133	44,2	0,697	61,3	8,449	90,8	18,325	49,3
	$\bar{M}$	0,720	86,1	0,202	67,1	0,922	81,1	9,159	98,5	28,219	75,9
Ag 75073	0	0,864	100,0	0,275	100,0	1,139	100,0	9,225	100,0	33,700	100,0
	3	0,749	86,7	0,232	84,4	0,981	86,1	8,925	96,7	32,825	97,4
	6	0,626	72,4	0,197	71,6	0,823	72,2	8,950	97,0	28,150	83,5
	12	0,658	76,2	0,181	65,8	0,839	73,7	8,850	95,9	21,725	64,5
	24	0,639	73,9	0,131	47,6	0,770	78,5	8,750	94,8	18,924	56,1
	$\bar{M}$	0,708	81,9	0,203	73,8	0,911	80,0	8,939	96,9	27,064	80,3
Média Geral		0,7554		0,2283		0,9837		8,8549		26,6979	
C.V. (%)	Parcela	3,5318		3,2605		2,6750		3,2528		1,7370	
	Subparcela	3,5309		3,9334		2,7995		3,6016		1,7101	
D.M.S.	A	0,0331		0,0092		0,0327		0,3681		0,5765	
	B	0,0287		0,0096		0,0296		0,3437		0,4920	
1%	A/B	0,0642		0,0209		0,0657		0,7543		1,1038	
	B/A	0,0642		0,0216		0,0663		0,7686		1,1003	

A = entre níveis de Al

B = entre híbridos

A/B = entre níveis dentro de um mesmo híbrido

B/A = entre híbridos dentro do mesmo nível

Tabela 6. Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento em 4 repetições, de sorgo granífero, 4º experimento.

Híbrido	ppm Al	Matéria seca (g)						Medidas (cm)			
		P.aérea		Raízes		Pl.inteira		Alt.plantas		Comp.raízes	
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	
Ag 74111	0	0,841	100,0	0,324	100,0	1,165	100,0	7,549	100,0	25,825	100,0
	3	0,873	103,8	0,375	115,7	1,248	107,1	8,000	106,0	30,799	119,3
	6	0,756	90,0	0,316	97,5	1,072	92,0	7,824	103,6	29,000	112,3
	12	0,678	80,6	0,296	91,4	0,974	83,6	7,900	104,6	25,524	98,8
	24	0,610	72,5	0,236	72,8	0,846	72,6	5,974	79,1	12,474	48,3
	$\bar{M}$	0,752	89,4	0,309	95,4	1,061	91,1	7,449	98,7	24,724	95,7
Contibrasil 102	0	0,769	100,0	0,299	100,0	1,068	100,0	7,924	100,0	24,125	100,0
	3	0,780	101,4	0,324	108,4	1,104	103,4	8,074	101,9	27,280	112,9
	6	0,687	89,3	0,252	84,3	0,939	87,9	7,600	95,9	28,075	116,4
	12	0,591	76,8	0,242	80,9	0,833	78,0	7,025	88,6	24,774	102,7
	24	0,569	74,0	0,234	78,3	0,803	75,2	6,025	76,0	14,675	60,8
	$\bar{M}$	0,679	88,3	0,270	90,3	0,949	88,8	7,329	92,5	23,779	98,6
Ag 74193	0	0,784	100,0	0,331	100,0	1,115	100,0	7,500	100,0	23,549	100,0
	3	0,841	107,3	0,309	93,4	1,150	103,1	7,474	99,6	26,600	112,9
	6	0,772	98,5	0,302	91,2	1,074	96,3	7,824	104,3	25,850	109,8
	12	0,650	82,9	0,273	82,5	0,923	82,8	7,324	97,7	18,725	79,5
	24	0,514	65,6	0,229	69,2	0,743	66,6	5,875	78,3	13,649	58,0
	$\bar{M}$	0,712	90,8	0,289	87,3	1,001	89,8	7,199	96,0	21,674	92,0
Ag 77010	0	0,862	100,0	0,402	100,0	1,264	100,0	7,625	100,0	26,774	100,0
	3	0,788	91,4	0,408	101,5	1,196	94,6	7,375	96,7	29,624	110,6
	6	0,620	71,9	0,352	87,6	0,972	76,9	7,550	99,0	28,649	107,0
	12	0,610	70,8	0,325	80,8	0,935	74,0	7,400	97,0	26,625	99,4
	24	0,577	66,9	0,305	74,7	0,882	69,8	6,349	83,3	14,500	54,1
	$\bar{M}$	0,691	80,2	0,359	100,0	1,050	83,1	7,259	95,2	25,234	94,2
Ag 1002	0	0,750	100,0	0,248	100,0	0,998	100,0	7,500	100,0	23,650	100,0
	3	0,667	88,9	0,294	118,5	0,961	96,3	6,375	85,0	25,899	109,5
	6	0,658	87,7	0,293	118,1	0,951	95,3	7,000	93,3	24,674	104,3
	12	0,536	71,5	0,257	103,6	0,793	79,4	6,225	83,0	19,225	81,3
	24	0,453	60,4	0,255	102,8	0,708	70,9	5,574	74,3	13,849	58,5
	$\bar{M}$	0,612	81,6	0,270	108,9	0,882	88,4	6,534	87,1	21,459	90,7
Média geral		0,6898		0,2283		0,9976		7,1549		23,3749	
C.v. (%)	Parcela	2,4188		3,2605		1,9207		2,7328		2,6075	
	Subparcela	2,9137		3,9334		2,4172		3,2622		2,3310	
D.M.S. 1%	A	0,0207		0,0197		0,0238		0,2431		0,7577	
	B	0,0216		0,0143		0,0259		0,2515		0,5872	
	A/B	0,0469		0,0333		0,0559		0,5454		1,3457	
	B/A	0,0484		0,0320		0,0581		0,5625		1,3131	

A = entre níveis de Al

B = entre híbridos

A/B = entre níveis de Al dentro de um mesmo híbrido

B/A = entre híbridos dentro do mesmo nível

Tabela 7. Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento em 4 repetições, de sorgo granífero, 5º experimento.

Híbrido	ppm Al	Matéria seca (g)				Medidas (cm)					
		P <sub>a</sub> aérea	%	Raízes	%	Pl. inteira	%	Alt. plantas	%	Comp. raízes	%
Ag 77012-2	0	0,928	100,0	0,438	100,0	1,366	100,0	9,675	100,0	25,625	100,0
	3	0,842	90,7	0,421	96,1	1,263	92,4	9,850	101,8	25,825	100,8
	6	0,692	74,6	0,396	90,4	1,088	79,6	9,125	94,3	18,174	70,9
	12	0,634	68,3	0,381	87,0	1,015	74,3	7,349	76,0	15,524	60,6
	24	0,614	66,2	0,239	54,6	0,853	62,4	6,150	63,6	12,949	50,5
	$\bar{M}$	0,742	80,0	0,375	85,6	1,117	81,8	8,429	87,1	19,619	76,6
Ag 77977	0	1,032	100,0	0,463	100,0	1,495	100,0	9,875	100,0	21,475	100,0
	3	0,850	82,4	0,480	103,7	1,330	89,0	9,225	93,4	23,549	109,7
	6	0,738	71,5	0,482	104,1	1,220	81,6	8,950	90,6	18,400	85,7
	12	0,652	63,2	0,451	97,4	1,103	73,8	8,200	83,0	14,724	68,6
	24	0,609	59,0	0,426	92,0	1,035	69,2	5,875	59,5	8,250	38,4
	$\bar{M}$	0,776	75,2	0,460	99,4	1,236	82,7	8,424	85,3	17,279	80,5
Ag 1003	0	1,042	100,0	0,478	100,0	1,520	100,0	9,274	100,0	27,524	100,0
	3	0,793	76,1	0,411	86,0	1,204	79,2	9,274	100,0	24,725	89,8
	6	0,658	63,1	0,407	85,1	1,065	70,1	8,625	93,0	18,350	66,7
	12	0,588	56,4	0,399	83,5	0,987	64,9	7,674	82,7	15,024	54,6
	24	0,546	52,4	0,284	59,4	0,830	45,6	5,875	63,3	14,349	52,1
	$\bar{M}$	0,725	69,6	0,396	82,8	1,121	73,8	8,144	87,8	19,994	72,6
Ag 77603	0	1,075	100,0	0,485	100,0	1,560	100,0	9,175	100,0	25,500	100,0
	3	0,889	82,7	0,491	101,2	1,380	88,5	8,149	88,8	25,250	99,0
	6	0,780	72,5	0,466	95,9	1,245	79,8	8,024	87,4	19,250	75,5
	12	0,767	71,3	0,439	90,5	1,206	77,3	7,349	80,1	16,774	65,8
	24	0,441	41,0	0,323	66,6	0,764	49,0	5,824	63,5	14,974	58,7
	$\bar{M}$	0,790	73,5	0,441	90,9	1,231	78,9	7,704	84,0	20,349	79,8
Ag 77579	0	1,525	100,0	0,574	100,0	2,099	100,0	10,599	100,0	29,274	100,0
	3	1,371	89,9	0,619	107,8	1,991	94,8	10,649	100,5	26,324	89,9
	6	1,073	70,4	0,522	90,9	1,595	76,0	0,975	94,1	22,799	77,9
	12	1,025	67,2	0,493	85,9	1,518	72,3	7,974	75,2	16,774	57,3
	24	0,979	64,2	0,317	55,2	1,296	61,7	6,050	57,1	9,600	32,8
	$\bar{M}$	1,195	78,4	0,505	88,0	1,700	81,0	9,049	85,4	20,954	71,6
Média geral		0,8662		0,4357		1,2815		8,3509		19,6399	
C.V. (%)	Parcela	8,5295		4,0858		2,9214		2,2155		2,1042	
	Subparcela	7,9292		3,7284		2,8837		3,6579		1,7628	
D.M.S. 1%	A	0,0918		0,0221		0,0465		0,2300		0,5138	
	B	0,0740		0,0175		0,0398		0,3292		0,3731	
	A/B	0,1681		0,0399		0,0893		0,6880		0,8691	
	B/A	0,1655		0,0391		0,0890		0,7361		0,8344	

A - entre níveis de Al

B - entre híbridos

A/B - entre níveis dentro de um mesmo híbrido

B/A - entre híbridos dentro do mesmo nível

Tabela 8. Resultados médios dos parâmetros de desenvolvimento em 4 repetições, de sorgo granífero, 6º experimento.

Híbrido	ppm Al	Matéria seca (g)						Medidas (cm)			
		P.aérea		Raízes		Pl.inteira		Alt.plantas		Comp.raízes	
			%		%		%		%		%
Ag 77012-3	0	1,401	100,0	0,469	100,0	1,870	100,0	8,500	100,0	29,174	100,0
	3	1,041	74,3	0,423	90,2	1,464	78,3	8,399	98,8	30,725	105,3
	6	0,898	64,1	0,412	87,8	1,310	70,0	7,775	91,5	26,174	89,7
	12	0,857	61,2	0,353	75,3	1,210	64,7	7,949	93,5	24,350	83,5
	24	0,626	44,7	0,297	63,3	0,923	49,4	6,025	70,9	16,925	58,0
	$\bar{M}$	0,964	68,8	0,391	83,4	1,355	72,4	7,729	90,9	25,469	87,3
Ag 1011	0	1,238	100,0	0,412	100,0	1,650	100,0	8,800	100,0	30,674	100,0
	3	1,207	97,5	0,404	98,0	1,611	97,6	8,475	96,3	34,825	113,5
	6	0,966	78,0	0,399	96,8	1,365	82,7	8,625	98,0	28,949	94,4
	12	0,856	69,1	0,369	89,6	1,225	74,2	7,474	84,9	26,549	86,5
	24	0,799	64,5	0,342	83,0	1,141	69,2	6,100	69,3	18,475	60,2
	$\bar{M}$	1,024	82,7	0,385	93,4	1,409	85,4	7,894	89,7	27,894	90,9
Ag 77018-2	0	1,062	100,0	0,439	100,0	1,501	100,0	8,975	100,0	29,699	100,0
	3	1,024	96,4	0,407	92,7	1,431	95,3	8,975	100,0	31,199	105,1
	6	1,011	95,2	0,397	90,4	1,408	93,8	8,899	99,2	27,975	92,2
	12	0,957	90,1	0,385	87,7	1,342	89,4	7,699	85,8	25,025	84,3
	24	0,607	57,2	0,293	66,7	0,900	60,0	5,349	59,6	15,350	51,7
	$\bar{M}$	0,932	87,8	0,384	87,5	1,316	87,7	7,979	88,9	25,849	87,0
Ag 77873	0	1,442	100,0	0,474	100,0	1,916	100,0	9,925	100,0	34,349	100,0
	3	1,251	86,7	0,478	100,8	1,729	90,2	9,550	96,2	34,925	101,7
	6	1,137	78,8	0,412	86,2	1,549	80,8	9,475	95,5	27,350	79,6
	12	0,947	65,7	0,396	80,7	1,333	69,6	8,325	83,9	23,550	68,6
	24	0,752	52,1	0,365	77,0	1,117	58,3	6,050	60,9	16,175	47,1
	$\bar{M}$	1,106	76,7	0,423	89,2	1,529	79,8	8,664	87,3	27,269	79,4
Ag 77019	0	1,437	100,0	0,515	100,0	1,952	100,0	9,399	100,0	32,025	100,0
	3	1,384	96,3	0,422	81,9	1,806	92,5	9,125	97,1	30,324	94,7
	6	1,213	84,4	0,413	80,2	1,626	83,3	9,649	102,6	27,350	85,4
	12	1,165	81,1	0,403	78,2	1,568	80,3	8,699	92,5	26,875	83,9
	24	0,883	61,4	0,318	61,7	1,201	61,5	5,900	62,8	16,850	52,6
	$\bar{M}$	1,217	84,7	0,414	80,4	1,631	83,6	8,554	91,0	26,684	83,3
Média geral		1,0484		0,4000		1,4467		8,1649		26,6339	
C.V. (%)	Parcela	4,2041		4,1431		3,0001		3,9629		3,0175	
	Subparcela	4,4629		3,6961		2,9579		3,5220		1,7760	
D.M.S. 1%	A	0,0548		0,0221		0,0539		0,4022		0,9992	
	B	0,0504		0,0175		0,0461		0,3099		0,6098	
	A/B	0,1114		0,0399		0,1034		0,7112		1,3379	
	B/A	0,1127		0,0391		0,1031		0,6930		1,1400	

A = entre níveis de Al

B = entre híbridos

A/B = entre níveis dentro de um mesmo híbrido

B/A = entre híbridos dentro do mesmo nível

Tabela 9. Resumo das análises de variância dos parâmetros de desenvolvimento de sorgo granífero, cultivado em solução nutritiva contendo níveis crescentes de alumínio. Piracicaba, 1978.

Experimento	Fontes de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS							
			P. aérea	Raiz	P. inteira	P. aérea	C. raiz	Medidas (cm)		
			Matéria seca (g)							
1	Níveis de Al	4	0,0061000**	0,0019500**	0,0132250**	5,4681750**	297,9176700**			
	Resíduo A	15	0,0000466	0,0000466	0,0001466	0,1732600	0,8260000			
	Híbrido:Solução (1)	4	0,0123250**	0,0017000**	0,0147750**	6,7775000**	17,8642500**			
	Híbrido:Solução (2)	4	0,0059130**	0,0013000**	0,0044000**	4,5382500**	5,2407500**			
	Híbrido:Solução (3)	4	0,0080180**	0,0008500**	0,0079500**	5,3382500**	9,1592250**			
	Híbrido:Solução (4)	4	0,0068115**	0,0017250**	0,0062000**	9,1130000**	6,3087500**			
	Híbrido:Solução (5)	4	0,0066150**	0,0009250**	0,0046500**	4,7580000**	0,7382500			
	Resíduo B	60	0,0000433	0,0001000	0,0001716	0,0795983	0,4365000			
	Coefficientes de variação	Parcela		2,9874000	5,0338000	3,1319000	6,1960000	5,2473000		
		Subparcela		2,6523000	7,1585000	3,3606000	4,1996000	3,8148000		
2	Níveis de Al	4	0,5335000**	0,1068250**	1,1169750**	1,2178000*	782,4601 **			
	Resíduo A	15	0,0010400	0,0002333	0,0012266	0,3123333	0,2163466			
	Híbrido:Solução (1)	4	0,0393750**	0,0076000**	0,0661250**	3,7342500**	335,1182500**			
	Híbrido:Solução (2)	4	0,1396000**	0,0128500**	0,1104750**	1,5632500**	275,2730200**			
	Híbrido:Solução (3)	4	0,0895250**	0,0224750**	0,1574000**	1,5732500**	254,5667500**			
	Híbrido:Solução (4)	4	0,1718750**	0,0058000**	0,1750500**	1,9807500**	176,4311750**			
	Híbrido:Solução (5)	4	0,1836250**	0,0044750**	0,1923500**	3,5432500**	30,1042500**			
	Resíduo B	60	0,0010983	0,0002500	0,0013000	0,0927466	0,36231160			
	Coefficientes de variação	Parcela		2,3688000	3,5659000	1,9541000	5,2133000	1,6553000		
		Subparcela		2,4349000	3,6496000	2,0092000	2,8409000	2,1124000		

\* Significativo a 5%

\*\* Significativo a 1%



Tabela 10. Resumo das análises de variância de parâmetros de desenvolvimento de sorgo granífero, cultivado em solução nutritiva, contendo níveis crescentes de alumínio, Piracicaba, 1978.

Experimento	Fontes de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS					
			R. aérea	Matéria seca (g)	Raiz	R. inteira	R. aérea	C. raiz
3	Níveis de Al	4	0,096475**	0,047800**	0,265250**	0,527775**	0,0829666	0,2150666
	Resíduo A	15	0,0007066	0,013300**	0,149600**	2,503750**	1,748750**	67,761750**
	Híbrido: Solução (1)	4	0,062550**	0,017300**	0,235375**	2,690000**	1,748750**	22,926750**
	Híbrido: Solução (2)	4	0,061825**	0,018800**	0,206850**	4,796750**	4,308000**	16,443000**
	Híbrido: Solução (3)	4	0,123325**	0,013950**	0,205725**	0,101715	0,2085666	48,415750**
	Híbrido: Solução (4)	4	0,117375**	0,014800**	0,0007100	0,000800	0,101715	3,337500**
	Híbrido: Solução (5)	4	0,113850**	0,000800	0,000800	0,000800	0,101715	0,2085666
Resíduo B	60	0,0007100	3,260500	2,675000	3,292800	1,737000	1,7101000	
4	Coefficientes de variação		3,531800	3,933400	2,799500	3,601600	9,508500**	0,3715000
	Parcela		0,247250**	0,002466	0,040300**	0,126750	0,495700**	8,290750**
	Subparcela		0,0002733	0,009100**	0,0091750**	0,0479750**	1,854500**	17,4070250**
	Níveis de Al	4	0,0002733	0,0082750**	0,0174750**	0,022700**	0,523750**	55,190000**
	Resíduo A	15	0,009100**	0,003750**	0,026300**	0,312000**	0,312000**	3,031750**
	Híbrido: Solução (1)	4	0,024750**	0,0082750**	0,0082750**	0,0082750**	0,05448160	0,2969066
	Híbrido: Solução (2)	4	0,0164750**	0,0043250**	0,003750**	0,0001750	0,0001750	2,6075000
Resíduo B	60	0,0004033	5,305900	1,9207000	2,762800	2,3310000	2,3310000	
Coefficientes de variação		2,418600	4,433100	2,417200	3,262200			
Parcela		2,9137000						
Subparcela								

\* Significativo a 5%

\*\* Significativo a 1%

Tabela 11. Resumo das análises de variância dos parâmetros de desenvolvimento de sorgo granífero, cultivado em solução nutritiva contendo níveis crescentes de alumínio, Piracicaba, 1978.

Experimento	Fontes de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS						
			P. aérea	Raiz	P. inteira	P. aérea	Medidas (cm)		
			Matéria seca (g)						
5	Níveis de Al	4	0,8730250**	0,0969000**	1,2548000**	47,6651250**	710,9627500**		
	Resíduo A	15	0,0054533	0,0003133	0,0014000	0,0342333	0,1708000		
	Híbrido: Solução (1)	4	0,2163750**	0,0106500**	0,3221000**	1,2955000**	33,8455000**		
	Híbrido: Solução (2)	4	0,3249225**	0,0278000**	0,4062750**	3,3692500**	4,5857500**		
	Híbrido: Solução (3)	4	0,1098000**	0,0110000**	0,1796000**	2,0420000**	15,1855000**		
	Híbrido: Solução (4)	4	0,1235750**	0,0078500**	0,1841750**	0,5707500**	3,7270000**		
	Híbrido: Solução (5)	4	0,1654000**	0,0191250**	0,1852250**	0,0767500	35,0950000**		
	Resíduo 8	60	0,0047166	0,00026330	0,0013650	0,0933150	0,1198733		
	Coeficientes de variação			8,5295000	4,085800000	2,9214000	2,2155000	2,1042000	
	Parcela			7,9292000	3,78840000	2,8937000	3,6579000	1,7628000	
6	Níveis de Al	4	1,0129000**	0,054450008**	1,5059750**	35,9732750**	710,9627500**		
	Resíduo A	15	0,0019400	0,0002733	0,0018800	0,1047000	0,1708000		
	Híbrido: Solução (1)	4	0,1023750**	0,0061000**	0,1523750**	1,2342500**	33,8455000**		
	Híbrido: Solução (2)	4	0,0909750**	0,0035500**	0,1059000**	0,9092500**	4,5857500**		
	Híbrido: Solução (3)	4	0,0657750**	0,0002500	0,0695750**	2,2322500**	15,1855000**		
	Híbrido: Solução (4)	4	0,0634000**	0,0014250**	0,0820000**	0,9592500**	3,7270000**		
	Híbrido: Solução (5)	4	0,0542500**	0,0037250**	0,0737500**	0,3795000**	35,0950000**		
	Resíduo 8	60	0,0021883	0,0002183	0,0018300	0,08269830	0,1198733		
	Coeficientes de variação			4,2041000	4,1431000	3,0001000	3,9629000	2,1042000	
	Parcela			4,4629000	3,6961000	2,9579000	3,5220000	1,7628000	

\* Significativo a 5%

\*\* Significativo a 1%

Tabela 12. Coeficientes de correlação entre os parâmetros utilizados nos ensaios de avaliação de genótipos de sorgo tolerantes ao alumínio. Piracicaba. 1978.

Experimento	CORRELAÇÕES									
	1x5	1x4	1x3	1x2	2x5	2x4	2x3	3x4	3x5	4x5
1ª colheita	0,9134**	0,3278	0,8157**	0,5376**	0,4287*	0,3211	0,4534*	-0,1156	0,9102**	-0,0849
2ª colheita	0,9865**	0,4131*	0,5548**	0,5592**	0,4991*	0,5238**	0,7980**	0,8097**	0,4431*	0,2590
2º	0,9697**	0,7545**	0,2140	0,3146	0,1572	0,6346**	0,1190	0,2000	0,1922	0,5714**
3º	0,9904**	0,9562**	0,7043**	0,5573**	0,4905*	0,6625**	0,3107	0,5899**	0,7361**	0,9069**
4º	0,9475**	0,7992**	0,7449**	0,7069**	0,7229**	0,6710**	0,8429**	0,5823**	0,8038**	0,6715**
5º	0,9122**	0,8575**	0,7607**	0,7119**	0,7164**	0,6706**	0,8654**	0,7783**	0,7344**	0,6905**
6º	0,9945**	0,9221**	0,8538**	0,8423**	0,8232**	0,8494**	0,9005**	0,8464**	0,8361**	0,8800**
1 x 5 = matéria seca da planta inteira	x	matéria seca da parte aérea								
1 x 4 = matéria seca da planta inteira	x	matéria seca das raízes								
1 x 3 = matéria seca da planta inteira	x	altura média das plantas								
1 x 2 = matéria seca da planta inteira	x	comprimento médio de raízes								
2 x 5 = comprimento médio de raízes	x	matéria seca da parte aérea								
2 x 4 = comprimento médio de raízes	x	matéria seca das raízes								
2 x 3 = comprimento médio de raízes	x	altura média de plantas								
3 x 4 = altura média de plantas	x	matéria seca das raízes								
3 x 5 = altura média de plantas	x	matéria seca da parte aérea								
4 x 5 = matéria seca das raízes	x	matéria seca da parte aérea								

Tabela 13. Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca da parte aérea dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 1, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978.

Tratamentos		%				ppm	g
Híbridos	ppm Al	Ca	Mg	K	P	Al	m. seca
Tey 101	0	1,640	0,390	4,730	1,040	25,000	0,336
	3	1,360	0,390	4,730	0,960	40,000	0,355
	6	1,360	0,380	4,700	0,930	45,000	0,319
	12	1,270	0,370	4,580	0,910	60,000	0,313
	24	1,160	0,330	4,550	0,910	95,000	0,295
75009	0	1,670	0,520	3,730	0,720	25,000	0,375
	3	1,670	0,480	4,990	0,910	55,000	0,410
	6	1,500	0,410	5,230	0,880	100,000	0,404
	12	1,500	0,400	5,350	0,830	265,000	0,386
	24	1,400	0,350	5,410	0,820	307,000	0,348
77004	0	1,450	0,380	4,640	0,780	25,000	0,453
	3	1,450	0,370	4,550	0,810	37,000	0,421
	6	1,450	0,350	4,520	0,780	65,000	0,403
	12	1,270	0,340	4,490	0,760	130,000	0,404
	24	1,150	0,320	4,430	0,690	240,000	0,359
75051	0	1,640	0,390	4,730	1,040	25,000	0,419
	3	1,360	0,390	4,730	0,960	40,000	0,445
	6	1,360	0,380	4,700	0,930	45,000	0,430
	12	1,270	0,370	4,580	0,910	60,000	0,414
	24	1,160	0,330	4,550	0,910	95,000	0,377
75017	0	1,550	0,380	5,230	0,940	27,000	0,489
	3	1,360	0,360	5,900	0,930	45,000	0,415
	6	1,360	0,350	5,900	0,900	60,000	0,422
	12	1,360	0,330	5,590	0,840	77,000	0,380
	24	1,270	0,320	5,400	0,810	185,000	0,377

Tabela 14. Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca da parte aérea dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 2, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio, Piracicaba, 1978.

Tratamentos		%				ppm	g
Híbridos	ppm Al	Ca	Mg	K	P	Al	m. seca
75395	0	1,000	0,320	5,840	0,990	25,000	2,052
	3	0,980	0,280	5,100	0,980	30,000	1,927
	6	0,900	0,260	6,060	0,970	40,000	1,741
	12	0,900	0,220	6,000	0,970	55,000	1,611
	24	0,840	0,150	5,220	0,960	65,000	1,389
74101	0	1,300	0,460	5,710	1,050	25,000	1,924
	3	1,300	0,420	5,490	1,050	37,000	1,881
	6	1,200	0,380	5,380	1,020	40,000	1,549
	12	1,100	0,330	4,910	1,010	45,000	1,432
	24	1,000	0,300	4,530	0,970	55,000	1,424
75125	0	1,090	0,390	5,770	1,000	25,000	2,150
	3	1,080	0,350	5,840	0,920	30,000	2,074
	6	0,980	0,310	5,560	0,870	30,000	2,065
	12	0,900	0,310	4,600	0,870	45,000	1,934
	24	0,820	0,270	4,230	0,810	50,000	1,846
75373	0	1,000	0,340	6,030	0,990	27,000	2,027
	3	1,000	0,320	6,800	0,990	40,000	2,144
	6	0,950	0,240	4,310	0,880	45,000	1,871
	12	0,910	0,230	4,240	0,590	55,000	1,669
	24	0,880	0,200	2,910	0,530	60,000	1,631
74129	0	1,000	0,400	5,710	1,000	25,000	1,843
	3	0,910	0,340	6,660	0,910	30,000	2,291
	6	0,900	0,320	5,590	0,870	47,000	1,669
	12	0,880	0,320	4,910	0,850	60,000	1,423
	24	0,850	0,280	3,840	0,790	625,000	1,303

Tabela 15. Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca da parte aérea dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 3, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio, Piracicaba, 1978.

Tratamento		%				ppm	g
Híbridos	ppm Al	Ca	Mg	K	P	Al	m. seca
76003	0	1,210	0,630	5,900	0,860	25,000	1,432
	3	1,200	0,580	5,540	1,220	27,000	1,395
	6	1,120	0,380	5,310	1,070	35,000	1,375
	12	1,090	0,360	4,680	1,050	47,000	1,319
	24	1,010	0,320	3,930	0,830	55,000	1,244
1010	0	1,390	0,520	6,600	1,050	25,000	0,992
	3	1,300	0,430	6,260	1,180	30,000	1,005
	6	1,300	0,400	6,000	1,120	47,000	0,824
	12	1,200	0,380	5,760	0,860	67,000	0,808
	24	1,100	0,300	4,860	0,800	75,000	0,774
77008	0	1,410	0,660	5,650	1,530	25,000	1,010
	3	1,390	0,550	5,420	1,280	65,000	0,959
	6	1,300	0,490	5,170	1,220	67,000	0,804
	12	1,300	0,360	4,670	1,200	70,000	0,751
	24	1,200	0,320	4,090	0,920	75,000	0,725
77007	0	1,300	0,740	6,230	1,110	25,000	1,137
	3	1,300	0,640	6,290	1,090	30,000	0,952
	6	1,210	0,570	6,190	1,060	35,000	0,911
	12	1,190	0,530	5,540	1,060	40,000	0,913
	24	1,100	0,500	5,140	1,040	40,000	0,697
75073	0	1,300	0,650	5,840	1,430	25,000	1,139
	3	1,210	0,550	6,790	1,400	30,000	0,981
	6	1,210	0,480	6,580	1,350	37,000	0,823
	12	1,100	0,440	6,360	1,350	45,000	0,839
	24	1,010	0,400	5,030	1,140	60,000	0,770

Tabela 16. Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca da parte aérea dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 4, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978.

Tratamento		%				ppm	g
Híbridos	ppm Al	Ca	Mg	K	P	Al	m. seca
74111	0	1,420	0,570	4,630	0,820	45,000	1,165
	3	1,330	0,540	4,550	0,820	62,000	1,248
	6	1,330	0,500	4,550	0,810	80,000	1,072
	12	1,230	0,480	4,400	0,780	120,000	0,974
	24	1,140	0,420	4,370	0,760	150,000	0,846
Contibrasil 102	0	1,420	0,570	6,090	0,810	30,000	1,068
	3	1,240	0,540	4,680	0,870	30,000	1,104
	6	1,240	0,500	4,620	0,800	35,000	0,939
	12	1,130	0,470	4,250	0,800	67,000	0,833
	24	1,050	0,440	4,040	0,760	107,000	0,803
74193	0	1,330	0,540	4,610	0,710	25,000	1,115
	3	1,240	0,480	5,850	0,850	27,000	1,150
	6	1,240	0,440	5,780	0,780	35,000	1,074
	12	1,140	0,400	5,530	0,770	82,000	0,923
	24	1,050	0,370	4,400	0,640	137,000	0,743
77010	0	1,330	0,600	4,490	0,730	25,000	1,264
	3	1,240	0,550	5,860	0,940	30,000	1,196
	6	1,230	0,520	5,780	0,840	40,000	0,972
	12	1,140	0,500	4,550	0,760	45,000	0,935
	24	1,040	0,430	4,460	0,700	55,000	0,882
1002	0	1,250	0,650	4,640	0,750	37,000	0,998
	3	1,240	0,620	4,460	0,830	37,000	0,961
	6	1,16	0,570	4,420	0,830	87,000	0,951
	12	1,130	0,560	4,370	0,750	96,000	0,793
	24	1,050	0,520	3,950	0,620	125,000	0,708

Tabela 17. Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca da parte aérea dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 5. Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978.

Tratamento		%				ppm	g
Híbridos	ppm Al	Ca	Mg	K	P	Al	m.seca
77012-2	0	1,530	0,450	3,350	1,140	25,000	1,366
	3	1,420	0,450	3,110	1,240	30,000	1,263
	6	1,420	0,380	2,940	1,170	90,000	1,088
	12	1,310	0,350	2,900	1,240	95,000	1,015
	24	1,240	0,290	2,760	0,950	100,000	0,853
77977	0	1,440	0,520	3,010	1,020	25,000	1,495
	3	1,330	0,490	2,940	1,040	30,000	1,330
	6	1,220	0,470	2,660	1,020	45,000	1,220
	12	1,130	0,360	2,480	0,940	65,000	1,103
	24	1,040	0,280	2,310	0,650	70,000	1,035
1003	0	1,530	0,470	3,150	0,980	25,000	1,520
	3	1,420	0,420	3,150	1,150	35,000	1,204
	6	1,420	0,400	2,900	1,100	37,000	1,065
	12	1,330	0,360	2,690	1,090	65,000	0,987
	24	1,240	0,300	2,800	0,920	127,000	0,830
77603	0	1,420	0,480	7,350	1,040	25,000	1,560
	3	1,420	0,470	6,850	1,160	30,000	1,380
	6	1,320	0,440	2,940	1,110	47,000	1,245
	12	1,230	0,400	2,730	1,090	57,000	1,206
	24	1,140	0,330	2,550	0,860	80,000	0,764
77579	0	1,790	0,360	6,350	0,900	25,000	2,099
	3	1,530	0,360	6,950	0,940	27,000	1,991
	6	1,520	0,300	6,810	0,930	35,000	1,595
	12	1,420	0,270	4,810	0,880	50,000	1,518
	24	1,240	0,240	4,440	0,620	115,000	1,296



Tabela 18. Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca da parte aérea dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 6, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978.

Tratamento		%				ppm	g
Híbridos	ppm Al	Ca	Mg	K	P	Al	m.seca
77012-3	0	1,240	0,450	3,390	0,820	25,000	1,870
	3	1,240	0,420	3,480	0,910	40,000	1,464
	6	1,140	0,400	3,460	0,890	55,000	1,310
	12	1,040	0,380	3,250	0,810	60,000	1,210
	24	0,970	0,350	3,130	0,680	85,000	0,923
1011	0	1,150	0,540	3,360	0,950	25,000	1,650
	3	1,150	0,480	3,260	0,980	37,000	1,611
	6	1,050	0,410	3,260	0,950	45,000	1,365
	12	1,000	0,380	3,230	0,940	60,000	1,225
	24	0,970	0,350	3,030	0,910	100,000	1,141
77018-2	0	1,240	0,520	3,160	0,900	25,000	1,501
	3	1,240	0,510	3,260	0,980	30,000	1,431
	6	1,230	0,510	3,260	0,940	40,000	1,408
	12	1,120	0,490	3,130	0,930	115,000	1,342
	24	1,060	0,390	2,760	0,760	300,000	0,900
77873	0	1,150	0,540	3,230	0,950	25,000	1,916
	3	1,060	0,490	3,460	0,950	27,000	1,729
	6	1,040	0,430	3,330	0,960	35,000	1,549
	12	1,000	0,400	3,230	1,000	40,000	1,333
	24	0,970	0,410	2,890	0,870	67,000	1,117
77019	0	1,350	0,450	3,290	0,900	30,000	1,952
	3	1,240	0,440	3,230	0,870	37,000	1,806
	6	1,230	0,400	3,190	0,840	55,000	1,626
	12	1,140	0,360	3,130	0,810	95,000	1,568
	24	1,060	0,330	2,790	0,800	202,000	1,201

Tabela 19. Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca das raízes dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 1. Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978.

Tratamento		%				ppm	g
Híbridos	ppm Al	Ca	Mg	K	P	Al	m. seca
Tey 101	0	1,580	0,560	2,260	1,030	287,000	0,336
	3	1,500	0,470	1,960	1,000	3400,000	0,355
	6	1,330	0,380	1,920	0,840	4690,000	0,319
	12	1,330	0,380	1,770	0,800	5170,000	0,313
	24	1,250	0,340	1,100	0,780	6550,000	0,295
75009	0	1,750	0,640	1,151	1,000	180,000	0,375
	3	1,670	0,540	2,030	1,830	505,000	0,410
	6	1,500	0,490	2,070	1,570	1195,000	0,404
	12	1,500	0,400	2,110	1,140	4690,000	0,386
	24	1,480	0,320	1,960	1,030	5240,000	0,348
77004	0	1,630	0,680	1,960	0,820	710,000	0,453
	3	1,330	0,590	1,770	1,210	1500,000	0,421
	6	1,330	0,420	1,580	0,990	3500,000	0,403
	12	1,230	0,390	1,360	0,840	3570,000	0,404
	24	1,220	0,360	1,330	0,790	3870,000	0,359
75051	0	1,330	0,590	2,150	0,830	149,000	0,419
	3	1,330	0,570	2,480	1,070	3390,000	0,445
	6	1,330	0,560	2,370	1,000	4000,000	0,430
	12	1,220	0,400	2,030	0,970	4000,000	0,414
	24	1,160	0,380	1,960	0,960	6330,000	0,377
75017	0	1,540	0,640	3,650	1,050	419,000	0,489
	3	1,330	0,540	4,020	1,350	4690,000	0,415
	6	1,330	0,440	3,680	1,200	4800,000	0,422
	12	1,300	0,400	3,480	1,090	5500,000	0,380
	24	1,270	0,370	3,420	0,960	7300,000	0,377

Tabela 20. Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca das raízes dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 2, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba. 1978.

Tratamento		%				ppm	g
Híbridos	ppm Al	Ca	Mg	K	P	Al	m. seca
75395	0	1,360	0,880	0,810	1,060	390,000	2,052
	3	1,270	0,880	1,240	1,050	1200,000	1,927
	6	1,270	0,650	1,200	0,880	1290,000	1,741
	12	1,170	0,580	1,180	0,800	1310,000	1,611
	24	1,000	0,570	0,660	0,790	1490,000	1,389
74101	0	1,450	0,860	1,640	1,080	420,000	1,924
	3	1,270	0,830	0,990	1,070	890,000	1,881
	6	1,250	0,830	0,950	1,050	920,000	1,549
	12	1,170	0,690	0,880	1,040	1110,000	1,432
	24	1,090	0,590	0,610	0,760	1510,000	1,424
75125	0	1,450	0,670	1,180	1,120	790,000	2,150
	3	1,380	0,630	2,770	1,020	950,000	2,074
	6	1,250	0,60	2,570	1,010	980,000	2,065
	12	1,170	0,460	1,950	0,770	1150,000	1,934
	24	1,180	0,440	1,330	0,740	1510,000	1,846
75373	0	1,270	0,630	0,720	0,880	950,000	2,027
	3	1,090	0,620	0,880	0,880	1060,000	2,144
	6	1,050	0,600	0,810	0,830	1390,000	1,871
	12	1,010	0,580	0,720	0,790	1520,000	1,669
	24	1,000	0,480	0,610	0,770	3650,000	1,631
74129	0	1,290	0,850	1,810	1,070	370,000	1,843
	3	1,270	0,830	2,010	1,000	1220,000	2,291
	6	1,240	0,750	1,870	0,910	1640,000	1,669
	12	1,170	0,610	1,530	0,880	1690,000	1,423
	24	1,070	0,550	0,920	0,750	1920,000	1,303

Tabela 21. Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca das raízes dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 3. Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978.

Tratamento		%				ppm	g
Híbridos	ppm Al	Ca	Mg	K	P	Al	m. seca
76003	0	1,580	1,100	4,000	1,630	230,000	1,432
	3	1,410	0,910	4,610	1,860	1020,000	1,395
	6	1,300	0,880	4,550	2,210	1110,000	1,375
	12	1,300	0,830	4,310	2,090	1260,000	1,319
	24	1,120	0,670	4,270	1,280	2200,000	1,244
1010	0	1,390	1,020	4,390	1,490	820,000	0,992
	3	1,390	0,930	4,370	1,450	1110,000	1,005
	6	1,290	0,900	3,990	1,430	1130,000	0,824
	12	1,180	0,820	3,840	1,220	1540,000	0,808
	24	1,110	0,760	3,260	0,860	1590,000	0,774
77008	0	1,480	0,790	4,280	1,550	340,000	1,010
	3	1,310	0,710	4,190	2,090	1370,000	0,959
	6	1,300	0,650	2,730	1,500	2030,000	0,804
	12	1,180	0,610	2,660	1,470	2060,000	0,751
	24	1,090	0,540	2,120	0,970	3000,000	0,725
77007	0	1,390	1,090	0,780	1,540	440,000	1,137
	3	1,300	1,080	1,100	1,610	1560,000	0,952
	6	1,300	1,010	0,890	1,450	1840,000	0,911
	12	1,200	1,000	0,880	1,350	1850,000	0,913
	24	1,090	0,740	0,840	0,890	2630,000	0,697
75073	0	1,580	1,100	3,950	1,810	840,000	1,139
	3	1,390	0,970	3,890	1,780	2580,000	0,981
	6	1,300	0,920	3,790	1,640	2660,000	0,823
	12	1,280	0,860	3,150	1,170	2920,000	0,839
	24	1,210	0,790	2,820	1,210	3880,000	0,770

Tabela 22. Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca das raízes dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 4, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio, Piracicaba, 1978.

Tratamento		%				ppm	g
Híbrido	ppm Al	Ca	Mg	K	P	Al	m, seca
74111	0	1,240	0,680	3,620	0,730	480,000	1,165
	3	1,230	0,640	4,310	1,070	3000,000	1,248
	6	1,060	0,550	4,220	1,420	3420,000	1,072
	12	1,030	0,480	3,380	1,610	4650,000	0,974
	24	1,000	0,450	2,480	1,090	4730,000	0,846
Contibrasil 102	0	1,250	0,700	4,620	0,710	350,000	1,068
	3	1,240	0,670	3,960	1,680	3400,000	1,104
	6	1,150	0,570	3,950	1,580	4400,000	0,939
	12	1,060	0,480	3,360	1,190	4620,000	0,833
	24	1,000	0,430	2,450	0,990	4700,000	0,803
74193	0	1,390	0,580	3,820	0,760	540,000	1,115
	3	1,390	0,550	3,730	1,650	3330,000	1,150
	6	1,150	0,520	3,310	1,560	5200,000	1,074
	12	1,100	0,500	3,140	1,090	5400,000	0,923
	24	1,060	0,490	2,240	1,050	8700,000	0,743
77010	0	1,240	0,610	3,880	1,530	710,000	1,264
	3	1,150	0,530	3,740	1,480	870,000	1,196
	6	1,150	0,400	3,560	0,950	3230,000	0,972
	12	1,060	0,370	3,260	0,640	3750,000	0,935
	24	1,050	0,340	2,660	0,640	4230,000	0,882
1002	0	1,250	1,000	4,260	1,610	310,000	0,998
	3	1,210	0,910	4,200	1,400	3600,000	0,961
	6	1,150	0,860	3,800	1,320	3880,000	0,951
	12	1,150	0,760	3,380	1,120	4370,000	0,793
	24	1,060	0,380	2,510	0,590	5200,000	0,708

Tabela 23. Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca das raízes dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 5, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978.

Tratamento		%				ppm	g
Híbrido	ppm Al	Ca	Mg	K	P	Al	m. seca
77012-2	0	1,420	0,850	4,690	1,150	390,000	1,366
	3	1,250	0,720	5,900	1,900	4650,000	1,263
	6	1,150	0,670	4,690	1,610	4650,000	1,088
	12	1,060	0,530	3,890	1,580	4750,000	1,015
	24	1,020	0,500	3,150	1,220	4850,000	0,853
77977	0	1,610	1,220	5,530	1,120	460,000	1,495
	3	1,330	0,890	5,520	1,600	4320,000	1,330
	6	1,320	0,880	5,290	1,830	4800,000	1,220
	12	1,230	0,780	3,920	1,700	5300,000	1,103
	24	1,130	0,700	2,900	1,380	5550,000	1,035
1003	0	1,330	0,790	6,090	1,170	380,000	1,520
	3	1,240	0,770	6,030	1,680	4300,000	1,204
	6	1,220	0,680	4,280	1,770	4890,000	1,065
	12	1,130	0,650	3,440	1,710	5300,000	0,987
	24	1,030	0,630	3,140	1,570	5850,000	0,830
77603	0	1,610	0,820	5,840	1,070	420,000	1,560
	3	1,540	0,780	4,560	1,770	4570,000	1,380
	6	1,330	0,760	4,410	1,760	5000,000	1,245
	12	1,150	0,750	3,730	1,540	5250,000	1,206
	24	1,030	0,700	2,900	1,100	6500,000	0,764
77579	0	1,420	0,750	4,840	1,140	380,000	2,099
	3	1,360	0,650	7,730	2,210	4500,000	1,991
	6	1,280	0,600	6,030	1,980	4570,000	1,595
	12	1,240	0,580	4,100	1,640	4900,000	1,518
	24	0,970	0,520	3,150	1,210	4900,000	1,296

Tabela 24. Teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria seca das raízes dos diferentes híbridos de sorgo obtidos no experimento 6, Avaliação de genótipos tolerantes ao alumínio. Piracicaba, 1978.

Tratamento		%				ppm	g
Híbridos	ppm Al	Ca	Mg	K	P	Al	m.seca
77012-3	0	1,150	1,220	2,860	0,860	370,000	1,870
	3	1,150	0,840	2,830	1,510	2530,000	1,464
	6	1,040	0,720	2,660	1,460	2800,000	1,310
	12	0,970	0,770	2,460	1,270	3200,000	1,210
	24	0,970	0,590	1,700	1,200	5510,000	0,923
1011	0	1,350	1,220	2,870	0,990	250,000	1,650
	3	1,240	1,170	2,660	1,540	2000,000	1,611
	6	1,140	0,990	2,620	1,550	2750,000	1,365
	12	1,060	0,910	2,530	1,380	3230,000	1,225
	24	0,970	0,810	1,890	1,180	4350,000	1,141
77018-2	0	1,700	1,080	2,550	0,910	260,000	1,501
	3	1,330	1,000	2,730	1,680	2490,000	1,431
	6	1,330	0,830	2,600	1,680	3000,000	1,408
	12	1,240	0,730	2,560	1,470	3640,000	1,342
	24	1,150	0,510	1,370	1,220	4600,000	0,900
77873	0	1,420	1,240	2,560	0,930	210,000	1,916
	3	1,330	1,160	2,690	0,960	1940,000	1,729
	6	1,060	0,960	2,590	1,190	2230,000	1,549
	12	1,060	0,850	2,430	1,220	2640,000	1,333
	24	0,790	0,540	1,930	1,270	3540,000	1,117
77019	0	1,420	0,860	3,900	1,010	150,000	1,952
	3	1,150	0,860	3,940	1,740	1850,000	1,806
	6	1,150	0,840	3,210	1,370	1900,000	1,626
	12	1,070	0,670	3,060	1,350	2000,000	1,568
	24	0,970	0,570	2,730	1,310	2850,000	1,201

Tabela 25. Valores de "r" obtidos em correlações entre a produção de matéria seca da parte aérea e sua concentração em P, K, Ca, Mg e Al.

Híbrido	m.s. x P	m.s. x K	m.s. x Ca	m.s. x Mg	m.s. x Al
Tey 101	0,6220 NS	0,8698 NS	0,6238 NS	0,8668 NS	-0,8196 NS
75009	0,6149 NS	0,0273 NS	0,5398 NS	0,4334 NS	-0,6148 NS
77004	0,7953 NS	0,9759 **	0,8197 NS	0,9596 **	-0,9128 *
75051	0,3489 NS	0,8291 NS	0,4901 NS	0,9236 *	-0,8256 NS
75017	0,8372 NS	-0,3212 NS	0,9321 *	0,9437 *	-0,7067 NS
75395	0,9701 **	0,6496 NS	0,9778 **	0,9861 **	-0,9877 **
74101	0,8867 *	0,8689 NS	0,9194 *	0,9497 *	-0,8661 NS
75125	0,8910 *	0,9633 **	0,9589 **	0,9009 *	-0,9912 **
75373	0,9608 **	0,9475 *	0,9730 **	0,9167 *	-0,8494 NS
74129	0,6523 NS	0,5180 NS	0,5180 NS	0,5691 NS	-0,6126 NS
76003	0,3495 NS	0,9996 **	0,9682 **	0,8570 NS	-0,9788 **
1010	0,7304 NS	0,8285 NS	0,7960 NS	0,8370 NS	-0,9354 *
77008	0,8612 NS	0,9040 *	0,9324 *	0,9568 *	-0,8022 NS
77007	0,9298 *	0,7911 NS	0,8938 *	0,9105 *	-0,8503 NS
75073	0,7532 NS	0,1872 NS	0,8394 NS	0,9798 **	-0,8539 NS
74111	0,9601 **	0,8611 NS	0,8680 NS	0,9261 *	-0,9401 *
ContiBrg sil 101	0,8340 NS	0,7190 NS	0,8223 NS	0,9474 *	-0,8629 NS
74193	0,7397 NS	0,5520 NS	0,9276 *	0,8557 NS	-0,9936 **
77010	0,3618 NS	0,1999 NS	0,8728 NS	0,9144 *	-0,9606 **
1002	0,8011 NS	0,9009 *	0,9321 *	0,8883 *	-0,8856 *
77012-2	0,5564 NS	0,9726 **	0,9493 *	0,9823 **	-0,9322 *
77977	0,7280 NS	0,9690 **	0,9948 **	0,9190 *	-0,9654 **
1003	0,1017 NS	0,8221 NS	0,9538 *	0,9538 *	-0,8080 NS
77603	1,9664 NS	0,7832 NS	0,9300 *	0,9696 **	-0,9722 **
77579	0,7009 NS	0,7511 NS	0,9021 *	0,9862 **	-0,8224 NS
77012-3	0,5438 NS	0,6708 NS	0,8955 *	0,9867 **	-0,9787 **
1011	0,8080 NS	0,8147 NS	0,9981 **	0,9981 **	-0,8928 *
77018-2	0,8890 *	0,9426 *	0,8901 *	0,9974 **	-0,9871 **
77873	0,3918 NS	0,7054 NS	0,9590 **	0,9162 *	-0,9209 *
77019	0,9230 *	0,9613 **	0,9551 *	0,9555 *	-0,9565 *



Tabela 26. Valores de "r" obtidos em correlações entre a produção de matéria seca das raízes e sua concentração em P, K, Ca, Mg e Al.

Híbrido	m.s. x P	m.s. x K	m.s. x Ca	m.s. x Mg	m.s. x Al
Tey 101	0,7744 NS	0,8926 *	0,8583 NS	0,7639 NS	-0,7972 NS
75009	0,8569 NS	0,3484 NS	0,2187 NS	0,4831 NS	-0,6314 NS
77004	0,2361 NS	0,8927 *	0,8524 NS	0,8931 *	-0,8748 NS
75051	0,3740 NS	0,8938 *	0,8846 *	0,7819 NS	-0,5244 NS
75017	0,0894 NS	0,3515 NS	0,9658 **	0,9241 *	-0,9647 **
75395	0,9403 *	0,2954 NS	0,9561 *	0,9231 *	-0,8330 NS
74101	0,5974 NS	0,7919 NS	0,8622 NS	0,8002 NS	-0,8246 NS
75125	0,9808 **	0,2311 NS	0,8791 *	0,9773 **	-0,9747 **
75373	0,9794 **	0,7751 NS	0,6736 NS	0,7999 NS	-0,7355 NS
74129	0,7779 NS	0,8211 NS	0,8090 NS	0,8726 NS	-0,5742 NS
76003	0,4114 NS	-0,0314 NS	0,9355 *	0,9516 *	-0,6071 NS
1010	0,7435 NS	0,8923 *	0,9265 *	0,8624 NS	-0,8202 NS
77008	0,6987 NS	0,9841 **	0,9036 *	0,9591 **	-0,9307 *
77007	0,8483 NS	-0,0794 NS	0,9411 *	0,9001 *	-0,9831 **
75073	0,7681 NS	0,7450 NS	0,9876 **	0,9563 *	-0,9282 *
74111	-0,3844 NS	0,8591 NS	0,9144 *	0,9244 *	-0,7092 NS
ContiBrasil 102	0,2014 NS	0,8394 NS	0,9809 **	0,9793 **	-0,7101 NS
74193	0,3600 NS	0,9663 **	0,8371 NS	0,8276 NS	-0,8575 NS
77010	0,9792 **	0,8554 NS	0,8807 *	0,9942 **	-0,9936 NS
1002	0,9350 *	0,9640 **	0,8877 *	0,9345 *	-0,7578 NS
77012-2	0,1355 NS	0,7985 NS	0,9617 **	0,9581 *	-0,7144 NS
77977	-0,4715 NS	0,8681 NS	0,9614 **	0,9532 *	-0,9075 *
1003	-0,7197 NS	0,8980 *	0,9480 *	0,9314 *	-0,9602 **
77603	0,2169 NS	0,9446 *	0,9163 *	0,9844 **	-0,8340 NS
77579	0,1661 NS	0,6426 NS	0,9082 *	0,9519 *	-0,7206 NS
77012-3	-0,4536 NS	0,8518 NS	0,8637 NS	0,9637 **	-0,9809 **
1011	-0,0836 NS	0,8176 NS	0,9747 **	0,9962 **	-0,9260 *
77018-2	0,1395 NS	0,9643 **	0,7023 NS	0,9075 *	-0,7806 NS
77873	-0,9347 *	0,8231 NS	0,9664 **	0,9817 **	-0,9460 *
77019	-0,0806 NS	0,9336 *	0,8910 *	0,9050 *	-0,8827 *

TABELA 27. Contagens médias por minuto (CPM) obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 1818, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com  $^{32}\text{P}$  - 1º experimento - Piracicaba, 1978.

Híbridos	Tratamentos		Raízes destacadas tratadas		Raízes de plantas tratadas		Parte aérea de plantas tratadas	
	Al	Dem		%		%		%
Tey 101		0	45314,00	100,00	41141,25	100,00	4683,25	100,00
		0 pH 2,9	42298,25	93,34	37854,25	92,01	4267,75	91,13
		12	36703,00	81,00	35409,00	86,07	3998,50	85,38
		24	29356,25	64,78	27118,00	65,91	1998,25	42,67
		72	11501,00	25,38	17635,25	42,86	915,75	19,55
		$\bar{x}$	33034,50	72,90	31831,55	77,37	3172,70	67,74
75009		0	69316,25	100,00	68154,25	100,00	3103,25	100,00
		0 pH 2,9	61995,75	89,44	63110,75	92,60	3037,50	97,88
		12	54580,00	78,74	50046,00	73,43	2378,75	76,65
		24	37151,00	53,60	33205,00	48,72	1241,25	40,00
		72	16468,75	23,76	16191,75	23,76	670,75	21,61
		$\bar{x}$	47902,35	69,11	46141,55	67,70	2086,30	67,23
77004		0	41303,50	100,00	39247,50	100,00	2785,50	100,00
		0 pH 2,9	38139,75	92,34	36546,75	93,12	2422,00	86,55
		12	37033,00	89,66	32730,50	83,40	2097,25	75,29
		24	30116,00	72,91	25672,75	65,41	1420,00	50,98
		72	18294,00	37,03	16581,25	42,25	784,25	28,15
		$\bar{x}$	32377,25	78,39	30155,75	76,83	1901,80	68,27
75051		0	85584,25	100,00	69281,25	100,00	5626,50	100,00
		0 pH 2,9	77517,25	90,57	61995,75	89,48	5420,75	96,34
		12	68063,25	79,53	54580,00	78,78	4577,25	81,35
		24	36621,25	42,79	37151,00	53,62	2996,50	53,26
		72	23298,00	27,22	18968,75	27,38	1449,75	25,77
		$\bar{x}$	58216,80	68,02	48395,35	69,85	4014,15	71,34
75017		0	69826,75	100,00	60693,25	100,00	3016,00	100,00
		0 pH 2,9	59706,50	90,70	56582,75	93,23	2783,25	92,28
		12	51051,50	77,55	43221,75	71,21	1990,50	66,00
		24	32618,00	49,55	27212,75	44,84	923,75	30,63
		72	17745,50	26,96	18583,50	30,62	370,50	12,28
		$\bar{x}$	45389,65	68,95	41258,80	67,98	1816,80	60,24
Média Geral			43384,1094		39556,6016		2598,3501	
CV %	Parcela		3,29		4,87		4,87	
	Subparcela		5,22		5,34		3,42	
DMS 1%	B		2441,8679		2276,6995		95,7358	
	A		1774,9247		2394,1098		157,3234	
	A/B		5099,1008		4972,9062		234,5889	
	B/A		7510,5825		7002,5650		294,4597	

B = entre híbridos

A = entre níveis de Al

A/B = entre níveis dentro de uma mesma variedade

B/A = entre híbridos dentro do mesmo nível

TABELA 28. Contagens médias por minuto (CPM) obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 1818, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com  $^{32}\text{P}$  - 2º experimento - Piracicaba, 1978.

Híbridos	Tratamentos		Raízes destacadas tratadas		Raízes de plantas tratadas		Parte aérea de plantas tratadas	
	A1 ppm			%		%		%
75395	0		38379,50	100,00	35728,25	100,00	3463,50	100,00
	0 pH 2,9		35972,75	93,73	32204,00	90,14	3171,75	91,58
	12		31579,25	82,28	28663,75	80,23	3125,75	90,25
	24		15139,00	39,44	14320,00	40,08	1979,50	57,15
	72		7408,00	19,30	6301,50	17,64	831,00	23,99
	$\bar{X}$		25695,70	66,95	23443,50	65,62	2514,30	72,59
74101	0		39660,00	100,00	34814,75	100,00	1445,75	100,00
	0 pH 2,9		37138,50	93,64	32038,50	92,02	1254,50	86,77
	12		24639,00	62,12	20219,00	58,08	1042,00	72,07
	24		13007,25	32,80	14546,75	41,78	766,50	53,02
	72		7228,00	18,22	7114,75	20,44	525,25	36,33
	$\bar{X}$		24334,55	61,35	21746,75	62,46	1006,80	69,64
75125	0		72678,75	100,00	64335,25	100,00	1248,25	100,00
	0 pH 2,9		64968,25	89,39	56570,75	91,04	1128,50	90,41
	12		61049,25	84,00	48953,50	76,09	943,00	75,54
	24		33682,50	46,34	31956,25	49,67	611,25	48,97
	72		27790,50	38,24	21758,75	33,82	383,00	30,68
	$\bar{X}$		52033,85	71,59	45114,90	70,12	862,80	69,12
75373	0		32719,50	100,00	28062,50	100,00	1861,25	100,00
	0 pH 2,9		31643,75	96,71	26672,50	95,05	1736,25	93,28
	12		25553,75	78,10	22806,00	81,27	1578,75	84,82
	24		22504,50	68,78	16898,00	60,22	1359,25	73,57
	72		19051,00	58,22	14641,25	52,17	843,25	45,30
	$\bar{X}$		26294,50	80,35	21816,05	77,74	1477,75	79,40
74129	0		55022,75	100,00	51545,00	100,00	4416,50	100,00
	0 pH 2,9		50341,50	91,49	46734,25	90,67	4069,50	92,14
	12		45404,50	82,52	40187,00	77,96	3758,50	85,10
	24		21909,00	39,82	18049,50	35,02	1339,50	30,33
	72		11034,25	20,05	8814,75	17,10	754,00	17,07
	$\bar{X}$		36742,40	66,76	33066,10	64,15	2867,60	64,93
Média Geral			33020,1992		29037,4609		1745,8500	
CV %	Parcela		4,26		3,24		8,51	
	Subparcela		3,62		3,53		9,74	
DMS 1%	B		1289,5301		1003,4974		183,2209	
	A		1747,3473		1013,7589		184,6036	
	A/B		2972,3920		2413,5731		397,3741	
	B/A		3956,3137		3394,1177		563,6473	

B = entre híbridos

A = entre níveis de A1

A/B = entre níveis dentro de uma mesma variedade

B/A = entre híbridos dentro do mesmo nível

TABELA 29. Contagens médias por minuto (CPM) obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 1818, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com  $^{32}\text{P}$  - 3º experimento - Piracicaba, 1978.

Híbridos	Tratamentos		Raízes destacadas tratadas		Raízes de Plantas tratadas		Parte aérea de plantas tratadas	
	Al ppm			%		%		%
76003	0		82660,00	100,00	74882,50	100,00	4025,50	100,00
	0 pH 2,9		75491,50	91,33	68812,25	91,89	3652,25	90,73
	12		71484,50	86,48	60513,75	80,81	3465,00	86,08
	24		34985,75	42,32	35574,00	47,64	1705,00	42,35
	72		16066,25	19,44	15860,50	21,18	1014,25	25,20
	$\bar{x}$		56137,60	67,91	51148,60	68,31	2772,40	68,87
1010	0		53809,50	100,00	48384,50	100,00	5126,00	100,00
	0 pH 2,9		48385,25	89,92	42385,25	87,60	4907,75	95,74
	12		43533,25	80,90	37533,25	77,57	3987,50	77,79
	24		22697,75	42,18	19447,75	40,19	2418,75	47,19
	72		8882,75	16,51	8880,25	18,35	1112,50	21,70
	$\bar{x}$		35461,70	65,90	31326,20	64,74	3510,50	68,48
77008	0		38663,75	100,00	31364,00	100,00	2455,00	100,00
	0 pH 2,9		35148,50	90,91	28448,25	90,70	2197,00	89,49
	12		33750,00	87,29	24985,75	79,66	1900,25	77,40
	24		16493,25	42,66	13055,25	41,62	1471,75	59,95
	72		8320,00	21,52	6772,00	21,59	913,75	37,22
	$\bar{x}$		26475,10	68,48	20925,05	66,72	1787,55	72,81
77007	0		42889,00	100,00	41284,25	100,00	3926,00	100,00
	0 pH 2,9		39131,00	91,24	37146,00	89,98	3572,00	90,98
	12		34386,75	80,18	32027,75	77,58	2867,00	73,03
	24		15658,50	36,51	15472,25	37,48	1154,25	29,40
	72		6202,50	14,46	5874,75	14,23	590,00	15,03
	$\bar{x}$		27653,55	64,48	26361,00	63,85	2421,85	61,69
75073	0		44757,75	100,00	37971,75	100,00	3992,25	100,00
	0 pH 2,9		40709,50	90,96	35176,00	92,64	3579,50	89,66
	12		38858,25	86,82	30043,75	79,12	2563,00	64,20
	24		16873,75	37,70	14808,25	39,00	1751,25	43,87
	72		9652,25	21,57	8185,00	21,56	794,00	19,89
	$\bar{x}$		30170,30	67,41	25236,95	66,46	2536,00	63,52
Média Geral			35179,6484		30999,5605		2605,6699	
CV %	Parcela		5,54		5,45		9,05	
	Subparcela		4,61		4,30		5,39	
DMS 1%	B		1746,7356		1435,8826		151,4539	
	A		2421,0839		2100,3403		293,0369	
	A/B		4050,1129		3386,2353		396,1521	
	B/A		5372,5792		4677,2817		465,8394	

B = entre híbridos

A = entre níveis de Al

A/B = entre níveis dentro de uma mesma variedade

B/A = entre híbridos dentro do mesmo nível

TABELA 30. Contagens médias por minuto (CPM) obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Müller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com  $^{32}\text{P}$  - 4º experimento - Piracicaba, 1978.

Tratamentos		Raízes destacadas tratadas	%	Raízes de plantas tratadas	%	Parte aérea de plantas tratadas	%
Híbridos	A1 ppm						
74111	0	45128,75	100,00	39846,25	100,00	917,25	100,00
	0 pH 2,9	42264,00	93,65	37614,50	94,19	870,00	94,85
	12	35785,75	79,30	30514,50	76,58	699,50	76,26
	24	32733,75	72,53	21846,00	54,83	566,00	61,71
	72	17065,00	37,81	14149,25	35,51	337,25	36,77
	$\bar{x}$	34595,45	76,66	28774,10	72,21	678,00	73,92
ContiBrasil 102	0	74628,50	100,00	63545,00	100,00	6011,00	100,00
	0 pH 2,9	67700,50	90,72	55985,75	88,10	5482,50	91,21
	12	65897,50	88,30	46627,50	73,38	3902,75	64,93
	24	30644,75	41,06	30441,75	47,91	1884,00	31,34
	72	14578,00	19,53	12241,25	19,26	989,25	16,46
	$\bar{x}$	50689,85	67,92	41768,25	65,73	3653,50	60,79
74193	0	37243,00	100,00	31975,00	100,00	2674,25	100,00
	0 pH 2,9	34534,50	92,73	29550,25	92,42	2437,50	91,15
	12	30646,25	82,29	26552,50	83,06	2309,50	86,36
	24	15517,25	41,66	13978,00	43,72	1697,00	63,46
	72	9262,25	24,87	8596,25	26,88	934,50	34,94
	$\bar{x}$	25440,65	68,31	22131,80	69,22	2010,55	75,18
77010	0	60737,00	100,00	55591,00	100,00	1324,25	100,00
	0 pH 2,9	56327,25	92,74	52383,75	94,23	1249,50	94,36
	12	52371,50	86,23	47102,25	84,73	1034,00	78,08
	24	43718,25	71,98	39328,00	70,75	715,25	54,01
	72	32697,25	53,83	29380,00	52,85	502,50	37,95
	$\bar{x}$	49170,25	80,96	44757,00	80,51	965,10	72,88
1002	0	37921,25	100,00	35231,50	100,00	1217,25	100,00
	0 pH 2,9	36945,25	97,43	34232,75	97,17	1142,50	93,86
	12	31796,50	83,85	29538,75	83,84	1090,75	89,61
	24	23787,50	62,73	20385,25	57,86	862,75	70,88
	72	16119,25	42,51	15296,25	43,42	486,75	39,99
	$\bar{x}$	29313,95	76,46	26936,90	76,46	960,00	78,87
Média Geral		37842,0312		32873,6094		1653,5100	
CV %	Parcela	4,35		4,87		8,03	
	Subparcela	4,46		4,93		7,86	
OMS 1%	B	1818,7943		1747,1896		140,0254	
	A	2047,8390		1991,8375		165,0347	
	A/B	4022,4837		3873,4712		312,5224	
	B/A	5594,2125		5373,9749		430,6879	

B = entre híbridos

A = entre níveis de A1

A/B = entre níveis dentro de uma mesma variedade

B/A = entre híbridos dentro do mesmo nível

TABELA 31. Contagem média por minuto (CPM) obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 1818, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com  $^{32}\text{P}$  - 5º experimento - Piracicaba, 1978.

Híbridos	Tratamentos		Raízes destacadas tratadas		Raízes de plantas tratadas		Parte aérea de plantas tratadas	
	Al ppm			%		%		%
77012-2	0		68301,25	100,00	63319,25	100,00	5397,50	100,00
	0 pH 2,9		61874,75	90,59	56865,75	89,81	5129,75	95,04
	12		56251,00	82,36	50597,00	79,91	4110,75	76,16
	24		30335,50	44,41	21553,00	34,04	3198,75	59,26
	72		16154,50	23,65	14303,25	22,59	1481,50	27,45
	$\bar{x}$		46583,40	68,20	41327,65	65,27	3863,65	71,58
77977	0		45217,25	100,00	41032,25	100,00	4289,75	100,00
	0 pH 2,9		42633,25	94,29	38265,75	93,26	3948,00	92,03
	12		39944,25	88,34	35570,25	86,93	2665,50	62,14
	24		31525,00	69,72	29311,00	71,43	2181,25	50,85
	72		22112,25	48,90	18888,25	46,03	1905,00	44,41
	$\bar{x}$		36286,40	80,25	32633,50	79,53	2997,90	69,89
1003	0		46655,50	100,00	41774,25	100,00	4180,25	100,00
	0 pH 2,9		42234,00	90,52	37946,00	90,84	3751,50	89,74
	12		27048,25	57,97	25728,50	61,59	3161,50	75,63
	24		18010,50	38,60	15904,25	38,07	2917,75	69,80
	72		16299,75	34,94	13635,25	32,64	1593,50	38,12
	$\bar{x}$		30049,60	64,41	26997,65	64,63	3120,90	74,66
77603	0		42370,25	100,00	37118,00	100,00	3110,25	100,00
	0 pH 2,9		40054,75	94,54	34749,00	93,62	2795,00	89,86
	12		34574,25	81,60	29334,25	79,03	2470,00	79,41
	24		30685,75	72,42	26221,00	70,64	1862,75	59,89
	72		16872,25	39,82	15194,25	40,93	901,50	28,98
	$\bar{x}$		32911,45	77,68	28523,30	76,84	2227,90	71,63
77579	0		41122,75	100,00	37355,25	100,00	3691,25	100,00
	0 pH 2,9		37826,25	91,98	34254,25	91,70	3216,75	87,15
	12		33205,75	80,75	29687,00	79,47	2230,00	60,41
	24		18751,00	45,60	15351,25	41,10	1593,00	43,16
	72		10012,00	24,35	8846,00	23,68	978,50	26,51
	$\bar{x}$		28183,55	68,54	25098,75	67,19	2341,90	63,44
Média Geral			34802,8789		30916,1699		2910,4500	
CV %	Parcela		3,59		2,69		3,35	
	Subparcela		3,74		4,62		5,38	
DMS 1%	B		1404,5590		1538,7304		168,8535	
	A		1551,8719		1034,1732		121,2699	
	A/B		3095,2649		3192,0912		352,2247	
	B/A		4320,1175		4732,7951		519,3566	

= entre híbridos

= entre níveis de Al

/B = entre níveis dentro de uma mesma variedade

/A = entre híbridos dentro do mesmo nível

TABELA 32. Contagens médias por minuto (CPM) obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 1818, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com  $^{32}\text{P}$  - 6º experimento - Piracicaba, 1978.

Híbridos	Tratamentos		Raízes destacadas tratadas	%	Raízes de plantas tratadas	%	Parte aérea de plantas tratadas	%
	Al ppm							
77012-3	0		35156,50	100,00	33272,50	100,00	1142,00	100,00
	0 pH 2,9		33636,75	95,68	32214,75	96,82	1041,75	91,22
	12		28035,50	79,74	25406,00	76,36	904,50	79,20
	24		18752,25	53,34	16475,75	49,92	804,75	70,47
	72		14406,00	40,98	13265,00	39,87	414,75	36,32
	$\bar{X}$		25997,40	73,95	24126,80	72,51	861,55	75,44
1011	0		63892,00	100,00	61389,00	100,00	4482,25	100,00
	0 pH 2,9		58518,25	91,59	57116,00	93,04	3797,75	84,73
	12		55629,00	87,07	54469,50	88,73	3230,50	72,07
	24		38517,00	60,28	35924,50	58,52	2560,00	57,56
	72		22844,75	35,76	22385,25	36,46	1135,50	25,33
	$\bar{X}$		47880,20	74,94	46256,85	75,35	3045,20	67,94
77018-2	0		55497,25	100,00	57959,25	100,00	3309,50	100,00
	0 pH 2,9		48708,75	87,77	51319,00	88,54	2862,00	86,48
	12		44287,75	79,80	43287,00	74,69	2299,50	69,48
	24		35250,00	63,52	35839,75	61,84	1548,75	46,80
	72		24123,00	43,47	25514,25	44,02	978,00	29,55
	$\bar{X}$		41573,35	74,91	42783,85	73,82	2199,55	66,46
77873	0		41841,75	100,00	38037,75	100,00	1391,50	100,00
	0 pH 2,9		39204,75	93,70	35517,50	93,37	1307,00	93,93
	12		36426,00	87,06	32201,25	84,66	854,25	61,39
	24		23657,25	56,54	21282,25	55,95	636,50	45,74
	72		15754,00	37,65	16131,50	42,41	280,75	20,18
	$\bar{X}$		31376,75	74,99	28634,05	75,28	894,00	64,25
77019	0		35687,50	100,00	33315,25	100,00	941,75	100,00
	0 pH 2,9		33997,50	95,26	31342,75	94,08	854,50	90,74
	12		27808,25	77,92	25685,25	77,10	659,50	70,03
	24		22721,75	63,67	20527,50	61,62	566,25	60,13
	72		16464,50	46,14	15193,50	45,61	318,50	33,82
	$\bar{X}$		27335,90	76,60	25212,85	75,68	668,10	70,94
Média Geral			34832,7177		33402,8789		1533,6801	
CV %	Parcela		2,68		5,24		5,99	
	Subparcela		3,80		5,15		6,44	
DMS 1%	B		1428,3521		1853,1318		106,4647	
	A		1159,2484		2198,1370		114,2412	
	A/B		3015,7511		4141,5089		233,3727	
	B/A		4393,2999		5699,8295		327,4621	

B = entre híbridos

A = entre níveis de Al

A/B = entre níveis dentro de uma mesma variedade

B/A = entre híbridos dentro do mesmo nível

Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com <sup>32</sup>P - Piracicaba, 1978.

Q U A D R A O S M É D I O S

Fontes de variação	Gl	Absorção Radicular por Plantas Inteiras	
		cpm em raízes	cpm na parte aérea
Níveis de A1 (A)	4	6647312384,000 **	4911833088,000 **
Resíduo A	15	2038169,625	3708245,250
Híbrido (B)	4	2363555840,000 **	1362173952,000 **
Interação A x B	16	200765440,000 **	153476096,000 **
Resíduo B	60	5133107,000	4462182,500
B dentro de A (1)	4	132974520,000 **	847133696,000 **
B dentro de A (2)	4	1019382784,000 **	680214528,000 **
B dentro de A (3)	4	691997696,000 **	346683392,000 **
B dentro de A (4)	4	51935744,000 **	96182784,000 **
B dentro de A (5)	4	73556224,000 **	5862656,000 NS
			32848960,000 **
			16012,799
			18462832,000 **
			724712,000 **
			7890,133
			6236352,000 **
			6131248,000 **
			5704368,000 **
			2660010,000 **
			629700,500 **



TABLE 34. Experimento 2: Resumo da análise de variância das contagens por minuto obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com <sup>32</sup>P - Piracicaba, 1978.

QUADRADOS MÉDIOS

Fontes de variação	GL	cpm em raízes destacadas	Absorção Radicular por Plantas Inteiras	
			cpm em raízes	cpm na parte aérea
Níveis de A1 (A)	4	4194902016,000 **	3517061120,000 **	11957328,000 **
Resíduo A	15	1975364,250	884736,000	22048,000
Híbrido (B)	4	2748489728,000 **	2055548352,000 **	16233440,000 **
Interação A x B	16	145897984,000 **	118911488,000 **	1502870,000 **
Resíduo B	60	1431552,000	1048302,937	28899,732
B dentro de A (1)	4	1053490176,000 **	871162880,000 **	7686788,000 **
B dentro de A (2)	4	744076288,000 **	689150464,000 **	6670482,000 **
B dentro de A (3)	4	960116224,000 **	588763136,000 **	6531960,000 **
B dentro de A (4)	4	261862144,000 **	214801408,000 **	1189404,000 **
B dentro de A (5)	4	312538752,000 **	168318976,000 **	166277,750 **

TABELA 35. Experimento 3: Resumo da análise de variância das contagens por minuto obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com <sup>32</sup>P - Piracicaba, 1978.

		QUADRADOS MÉDIOS		
Fontes de variação	GL	cpm em raízes destacadas	Absorção Radicular por Plantas Inteiras	
			cpm em raízes	cpm na parte aérea
Níveis de A (A)	4	6899765248,000 **	5109235712,000 **	32724032,000 **
Resíduo A	15	3792349,750	2854092,750	55556,265
Híbrido (B)	4	2984103936,000 **	2811553792,000 **	7772400,000 **
Interação A x B	16	155342848,000 **	118123008,000 **	789556,000 **
Resíduo B	60	2626628,250	1774933,375	19747,199
B dentro de A (1)	4	1255080960,000 **	1137766400,000 **	3615912,000 **
B dentro de A (2)	4	1052646400,000 **	972050432,000 **	3680880,000 **
B dentro de A (3)	4	978720768,000 **	770633216,000 **	2600048,000 **
B dentro de A (4)	4	263767808,000 **	341187840,000 **	869195,000 **
B dentro de A (5)	4	55258432,000 **	62410688,000 **	164594,250 **

TABELA 36. Experimento 4: Resumo da análise de variância das contagens por minuto obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 181B, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com <sup>32</sup>P - Piracicaba, 1978.

QUADRADOS MÉDIOS

Fontes de variação	GL	cpm em raízes destacadas	Absorção Radicular por Plantas Inteiras	
			cpm em raízes	cpm na parte aérea
Níveis de A1 (A)	4	3849744384,000 **	2955528192,000 **	11150000,000 **
Resíduo de A	15	2713190,500	2566826,750	17621,333
Híbrido (B)	4	2652291072,000 **	1938831360,000 **	30177608,000 **
Interação A x B	16	220137472,000 **	95976960,000 **	2769288,000 **
Resíduo B	60	2847812,250	2627993,500	16879,466
B dentro de A (1)	4	1047809024,000 **	747440128,000 **	17865068,000 **
B dentro de A (2)	4	792889344,000 **	538848256,000 **	14615246,000 **
B dentro de A (3)	4	941851648,000 **	397141504,000 **	6981773,000 **
B dentro de A (4)	4	441834752,000 **	387440640,000 **	1450416,000 **
B dentro de A (5)	4	30846361,000 **	251866112,000 **	342250,250 **

Chicago Corp. Mod. 1818, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com <sup>32</sup>P - Piracicaba, 1978.

QUADRADOS MÉDIOS

Fontes de variação	GL	cpm em raízes destacadas	Absorção Radicular por Plantas Inteiras	
			cpm em raízes	cpm na parte aérea
Níveis de A1 (A)	4	3653748736,000 **	3206193152,000 **	24563840,000 **
Resíduo A	15	1558118,375	691950,937	951466,699
Híbrido (B)	4	1054842880,000 **	831356928,000 **	8748255,000 **
Interação A x B	16	14240496,000 **	147388416,000 **	5196560,000 **
Resíduo B	60	1698339,125	2038306,125	24545,066
B dentro de A (1)	4	497994752,000 **	478438400,000 **	2866928,000 **
B dentro de A (2)	4	373899264,000 **	351400960,000 **	3137640,000 **
B dentro de A (3)	4	491331072,000 **	366832384,000 **	2219296,000 **
B dentro de A (4)	4	187563008,000 **	152280576,000 **	1881654,000 **
B dentro de A (5)	4	73669376,000 **	51959552,000 **	721354,000 **

TABELA 38. Experimento 6: Resumo da análise de variância das contagens por minuto obtidas no escalímetro nuclear Chicago Corp. Mod. 1810, com tubo Geiger Muller de janela fina para material de sorgo granífero tratado com <sup>32</sup>P - Piracicaba, 1978.

QUADRADOS MÉDIOS

Fontes de variação	GL	Absorção Radicular por Plantas Inteiras	
		cpm em raízes	cpm na parte aérea
Níveis de A1 (A)	4	2601228288,000 **	2400317440,000 **
Resíduo A	15	869444,250	3126067,250
Híbrido (B)	4	1809410048,000 **	2145458176,000 **
Interação A x B	16	56623104,000 **	63098368,000 **
Resíduo B	60	1756364,750	2956356,250
B dentro de A (1)	4	650581344,000 **	758872064,000 **
B dentro de A (2)	4	456350720,000 **	565448704,000 **
B dentro de A (3)	4	555001856,000 **	627060224,000 **
B dentro de A (4)	4	296167488,000 **	338232576,000 **
B dentro de A (5)	4	78701056,000 **	108242816,000 **
			8162356,000 **
			8443,733
			21691258,000 **
			845877,000 **
			9757,866
			9781626,000 **
			6681858,000 **
			5071698,000 **
			2897707,000 **
			641873,500 **

TABELA 39. Coeficientes de correlação entre valores de absorção de  $^{32}\text{P}$  expressos em cpm <sup>1/</sup> detectadas em raízes des-  
 tacadas, raízes de plantas inteiras e parte aérea de sorgo granífero tratado com  $^{32}\text{P}$  e concentrações cres-  
 centes de alumínio - Piracicaba, 1978.

Experimento	Raízes destacadas tratadas		Raízes destacadas tratadas		Raízes de plantas tratadas	
	X	Y	X	Y	X	Y
	Raízes de plantas tratadas	Parte aérea de planta tratada	Parte aérea de planta tratada	Parte aérea de plantas tratadas	Parte aérea de plantas tratadas	Parte aérea de plantas tratadas
1º	0,9770 **	0,7960 **	0,7960 **	0,7527 **		
2º	0,9926 **	0,2199 NS	0,2199 NS	0,4360 *		
3º	0,9922 **	0,8120 **	0,8120 **	0,8092 **		
4º	0,9797 **	0,6525 **	0,6525 **	-0,2464 NS		
5º	0,9952 **	0,9065 **	0,9065 **	0,9034 **		
6º	0,9921 **	0,9220 **	0,9220 **	0,9362 **		

<sup>1/</sup> Contagens por minuto obtidas em escalímetro nuclear