AFRANIO FERREIRA DA SILVA

# AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) À SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO EM SOLOS SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação a nível de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do grau de "MESTRE".



ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS -:- MINAS GERAIS
1 9 8 2

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

À SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO EM SOLOS SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO

APROVADA :

AUGUSTO FERREIRA DE SOUZA
Orientador

MAGNO ANTONIO PATTO RAMALHO
Conselheiro

ALFREDO SCHEID LOPES

FRANCISCO DIAS NOGUEIRA

ELCIO PERPETUO GUIMARÃES

*Aos meus pais e irmãos,*

*pelo amor e compreensão*

*DEDICO*

*Aos Tios José Pedro e Terezinha,*

*pelo apoio e incentivo,*

*O MEU RECONHECIMENTO*

# BIOGRAFIA DO AUTOR

AFRANIO FERREIRA DA SILVA, filho de Arino Ferreira da Silva e Marilza de Assis Silva, é natural de Alegre, Estado do Espírito Santo.

Concluiu seus cursos, a nível ginasial, no Colégio Estadual de Guaçuí e, de Técnico Agrícola, na Escola Agrotécnica Federal de Alegre, no Estado do Espírito Santo.

Realizou seus estudos de gradução no Centro Agropecuário da Universidade Federal do Espírito Santo, no período de março de 1975 a dezembro de 1978, quando diplomou-se em Engenharia Agronômica.

Em 1979 , realizou o Curso de Especialização em Cultura de Cereais, na Escola Superior de Agricultura de Lavras e, em novembro do mesmo ano, foi contratado como professor do Departamento de Fitotecnia do Centro Agropecuário da Universidade Federal do Espírito Santo. Em janeiro de 1980 iniciou o Curso de Pós-Graduação a nível de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras.

## AGRADECIMENTOS

O autor externa seus sinceros agradecimentos :

Ao Centro Agropecuário da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de aperfeiçoamento frente ao Curso de Pós - Graduação.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, pela condição oferecida para a realização deste curso.

Ao Programa Institucional de Capacitação de Docentes (PICD / UFES), pela concessão da bolsa de estudos durante a realização do curso.

Ao Fundo de Incentivo à Pesquisa Técnico Científica (FIPEC ) e à Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE), pelo apoio na efetivação desta pesquisa.

Ao Centro Nacional de Pesquisa - Arroz, Feijão (CNPAF/EMBRAPA), pela gentil concessão das sementes das cultivares utilizadas nesta pesquisa.

Ao Professor Augusto Ferreira de Souza pela valiosa orientação, amizade e conhecimentos transmitidos.

Ao Dr. Magno Antonio Patto Ramalho, pelos incentivos constantes e eficiente orientação, indispensável à elaboração deste trabalho,e pela valiosa contribuição em nossa formação profissional.

Aos Professores César Augusto Brasil P.Pinto e Alfredo Scheid Lopes, pela excelente colaboração, apoio, exemplos e ensinamentos ministrados.

Aos Professores Luis Henrique de Aquino, Marco Antonio de Andrade, Paulo César Lima e demais docentes do curso de pós-graduação, pelos sábios ensinamentos transmitidos, consideração e amizade.

Aos Pesquisadores Francisco Dias Nogueira e Elcio Perpétuo Guimarães, pelas valiosas críticas e sugestões apresentadas a este trabalho.

À Bibliotecária Maria Aparecida de Carvalho e Silva e demais funcionários da Biblioteca Central, pela atenção e auxílio nas citações bibliográficas.

Ao Economista Shiniti Sawatani, pela consideração e amizade.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, pelo incentivo e convivência profícua.

Aos funcionários da ESAL, pela atenção e amizade.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente se fizeram presentes, quer com uma ajuda física, quer com um sorriso de esperança, incentivando para que o trabalho em apreço atingisse seus objetivos.

SUMÁRIO

Página

Página

# LISTA DE QUADROS

QUADRO Página

QUADRO

QUADRO Página

# LISTA DE FIGURAS

## 1. INTRODUÇÃO

O arroz, depois do trigo e do milho, é o principal produto na alimentação, cultivado numa extensão de, aproximadamente, 130 milhões de hectares, o que corresponde a cerca de 9% da área total cultivada no mundo.

Dentre as principais culturas anuais, a cultura do arroz é uma das mais importantes em nosso país, ocupando o terceiro lugar em área cultivada, quarto lugar em valor de produção e o quinto lugar em produção total, FIBGE (1).

O Brasil, apesar de ser o maior produtor do hemisfério ocidental, com uma produção anual oscilando em 10 milhões de toneladas, caracteriza-se por apresentar baixa produtividade, principalmente por predominar o sistema de sequeiro, o qual, em 1978/79, atingiu cerca de 77,4% da área total cultivada, contribuindo com 58,6% da produção. Este sistema de produção é responsável pela quase totalidade do arroz produzido no Brasil Central, envolvendo os Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, com uma área cultivada de

aproximadamente 2.264.685 ha e apresentando um rendimento médio de 1.106 kg/ha (6). Nestes Estados o arroz é cultivado predominantemente em áreas sob vegetação de cerrado, comprovando a importância atual desses solos na orizicultura nacional.

De uma maneira geral, estes solos sob vegetação de cerrado, se caracterizam por apresentar elevada acidez, alta saturação de alumínio, baixa disponibilidade de cálcio, fósforo e zinco e, principalmente, reduzida capacidade de retenção da água e alta velocidade de infiltração. Estas características limitam o suprimento de nutrientes e água do solo pelo sistema radicular das plantas e reduzindo, portanto, a produção agrícola, EMBRAPA (8). Com relação ao alumínio, sua neutralização, através do manejo do solo com recomendações de altas doses de calcário geralmente é considerada inadequada e nem sempre econômica, especialmente, quando se considera a toxidez deste elemento nos horizontes mais profundos. Uma alternativa racional, proposta para fazer face ao problema da acidez, seria selecionar ou melhorar cultivares de plantas com alta tolerância para toxidez de alumínio, uma vez que há evidências de que espécies de plantas e cultivares dentro de uma espécie apresentam variabilidade genética para esta condição adversa do solo (16, 25, 27, 32, 40, 45 e 47).

Face a sua rusticidade, o arroz é uma das espécies que tem sido uma das melhores alternativas na exploração dos cerrados, ainda em baixos níveis de manejo, porém a sua eficiência pode ser melhorada, utilizando plantas mais adaptadas a essa condição. Entretanto as informações acerca da obtenção de cultivares tolerantes são

ainda bastante escassas.

O presente trabalho foi conduzido com a finalidade de avaliar a variabilidade entre cultivares de arroz com relação à tolerância à alta saturação de alumínio em solos sob vegetação de cerrado, visando indicar cultivares mais eficientes para as condições de cultivo do Brasil Central e, também, fornecer subsídios para futuros programas de melhoramento com esta cultura.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Os solos da região dos Cerrados do Brasil são, em geral, "Oxisolos" ou "Latossolos", ácidos, predominando a caulinita e óxidos de ferro e de alumínio, na fração argila, GOEDERT, LOBATO & WAGNER (19). Estes solos ocupam uma área de aproximadamente 180 milhões de hectares distribuídos pelos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia, Maranhão e Piauí, equivalendo cerca de 21% do território nacional, podendo representar, hoje, um papel fundamental na ocupação de novas áreas agrícolas ao sistema produtivo, EMBRAPA (7). Do total dos cerrados do país, 73% ocorrem no planalto central brasileiro, englobando os Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, abrangendo uma área aproximada de 134,2 milhões de hectares.

Os cerrados ocorrem, geralmente, em área de relevo plano ou suave ondulado, com boas possibilidades para o emprego de práticas agrícolas mecanizadas. Estes solos são profundos, bem drenados, com a textura variando desde arenosa, até muito argilosa e bem estruturados. Durante todo o ano, praticamente, as condições ambien -

tais não constituem impedimento para a agricultura. Sua localização entre o Sul/Sudeste e a Região Norte, facilita o sistema de comunicação com vários Estados brasileiros. Tais características favoráveis fazem dessa região um enorme potencial sob o ponto de vista agronômico, GOEDERT et alii (19).

Uma avaliação da condição de fertilidade dos solos sob vegetação de cerrado foi realizada por LOPES (29). Analisando 518 amostras superficiais de uma área de 600.000 $km^2$ dos cerrados no Brasil Central, este autor concluiu que, tipicamente, esses solos tinham um pH de 4,8 a 5,2 e um nível de matéria orgânica de 1,5 a 3,0% . Encontrou valores extremamente baixos para Capacidade de Troca de Cátions (CTC) efetiva, cálcio, magnésio, fósforo e zinco. Com relação à percentagem média de saturação de alumínio, foram constatados valores dentro de uma amplitude de variação de 1 a 89,4% com média de 59%.

A ausência de reserva de elementos nutritivos e a elevada acidez dos solos, uma vez que o alumínio é o cátion trocável predominante, têm sido citados como os maiores problemas na exploração deste potencial agrícola, EMBRAPA (7).

Um dos principais problemas dos cerrados é, sem dúvida, a alta saturação de alumínio, principalmente sua presença em níveis nocivos na sub-superfície, OLMOS & CAMARGO (38), que aliado a uma alta probabilidade de ocorrência de veranicos (curto período de seca na estação chuvosa), WOLF (52), e às desfavoráveis relações solo - água-planta, fazem com que a prática da agricultura nestas áreas seja de grande risco, WOLF & SOARES (53). Esses solos, embora possuin

do até 83% de argila, comportam-se como arenosos, com percolação muito rápida, diminuindo o rendimento das culturas, face ao deficit hídrico nos períodos mais críticos de suas exigências, LOPES (29) . Sob estas condições, um bom desenvolvimento do sistema radicular , na sub-superfície do solo é um importante fator para capacitar a planta em obter um maior suprimento de água e nutrientes.

De acordo com FOY (14), este elemento, quando em excesso , reduz a síntese de DNA e reações enzimáticas, interfere na absorção, transporte e uso de vários elementos nutritivos pelas plantas, particularmente o cálcio, o fósforo e o magnésio e inibe diretamente a divisão celular no meristema apical da raiz, resultando numa alteração da formação normal do sistema radicular. Os sintomas , na parte aérea, confundem-se com a deficiência de fósforo ou com a deficiência de cálcio. As raízes são caracterizadas fisionomicamente pelo encurtamento e engrossamento; o ápice é inibido,adquire a cor castanha e as raízes laterais engrossam. Assim, altos teores de alumínio em profundidade concorre para uma severa inibição do sistema radicular de plantas não tolerantes, impedindo o seu perfeito desenvolvimento (14, 15, 16 e 17), fazendo com que este seja ineficiente na absorção de água e nutrientes do subsolo e, conseqüentemente menos tolerante aos veranicos.

Os níveis de alumínio na solução do solo são afetados por vários fatores, dentre eles, o pH do solo, concentração de outros cátions, argila mineral predominante, total de sais e teor de matéria orgânica. Em geral, o grau de toxidez pode ser usualmente manifestado em um dado genótipo, pela variação de um ou mais desses fa-

tores, BRENES & PEARSON (2), EVANS & KAMPRATH(10), REID (43).

O uso da calagem na correção do solo com o objetivo de diminuir o teor de alumínio a níveis não limitantes ao desenvolvimento normal das plantas, tem sido indicado com certas restrições, face às seguintes ponderações :

a. Para o melhoramento e a manutenção dos solos tropicais são indicados vários sistemas de manejo, dentre eles, a recuperação de sua fertilidade, em parte, pela calagem. Um elevado consumo deste corretivo implica em vários fatores, como por exemplo, altos gastos de energia, não sendo, portanto, compatível com as metas governamentais atuais.

b. A crise do petróleo tem provocado a constante elevação do preço do combustível, apresentando uma série de restrições ao nosso sistema de transporte. Assim, em regiões distantes dos centros de produção de calcário e/ou de deficitários sistemas de rodovias , nas propriedades, a prática de calagem pode onerar sobremaneira os custos de produção.

c. A prática de calagem em solos das regiões temperadas até atingir valores próximos à neutralidade, não é adequada na maioria dos solos altamente intemperizados nas regiões tropicais; nestas últimas, algumas culturas já estão bem adaptadas aos solos ácidos e frequentemente não respondem à calagem, LOPES (30). Segundo este mesmo autor, o uso incorreto desta prática pode tornar-se prejudicial, como por exemplo, no desbalanço de micronutrientes no solo causando sintomas de toxidez e deficiências nas plantas.

d. Os solos de cerrado apresentam uma baixa capacidade de

troca de cátions, que é ocupada na maior parte, por íons de hidrogênio e alumínio, resultando em elevada acidez e alta saturação desse elemento. O uso do calcário na correção da acidez na camada superficial (0-20 cm) é uma prática rotineira, não constituindo problema na sua aplicação. Entretanto, esta prática condiciona maior concentração do sistema radicular nesta camada corrigida, predispondo as plantas a uma maior sensibilidade aos veranicos e também a uma exploração de um menor volume do solo, LOPES (30).

e. A neutralização do efeito do alumínio na camada subsuperficial, profunda, tem apresentado problemas técnicos para a sua execução, tornando-se uma prática bastante onerosa.

Sob estas condições, uma alternativa racional é selecionar ou melhorar cultivares adaptáveis, ou que exigem somente uma pequena dose da quantidade recomendada de calcário, uma vez que adaptar plenamente o solo para uma cultura traria outras implicações para os sistemas de culturas em sucessão, consórcio e rotação.

Com relação a adaptação de plantas, vários autores têm mostrado que espécies e cultivares dentro de espécies diferem entre si, tendo algumas um amplo limite de adaptação em relação a toxidez de alumínio, ao passo que em outras, essa amplitude é menor. Respostas diferenciais de cultivares de diferentes espécies ao alumínio e/ ou baixo pH foram obtidas em inúmeras situações, como é o caso do trigo, KERRIDGE, DAWSON & MOORE (25) e LAFEVER , CAMPBELL & FOY (27) , cevada, MacLEOD & JACKSON (32) e REID, JONES, ARMIGER, FOY, KOCH & STARLING (45), soja, MELO (33) e SARTAIN & KAMPRATH (47), feijão , FOY, ARMIGER, FLEMING & ZAUMEYER (16) e RAMALHO (41) e sorgo, NOGUEI

RA (37).

Para o caso específico do arroz, alguns autores têm constatado grande diferença quanto à tolerância ao excesso de alumínio, com as cultivares comportando-se de modo semelhante no solo e nas soluções nutritivas, FAGÉRIA & ZIMMERMANN (12), HOWELER & CADAVID (21) e KONZAK, POLLE & KITTRICK (26).

Experimentos foram realizados por HOWELER & CADAVID (21) para avaliação de um grande número de cultivares de arroz, visando tolerância ao alumínio, utilizando metodologias distintas, quais sejam: técnicas de solução nutritiva, em que se procurou estudar o efeito de várias concentrações de alumínio no comprimento de raízes e, a nível de campo, em solos ácidos, com aplicação de níveis crescentes de calcário, para obtenção de vários graus de saturação de alumínio. Seus resultados mostraram que as cultivares de arroz diferem notadamente em sua suscetibilidade a altos níveis de alumínio, em solução nutritiva; experimentos de campo mostraram que muitas das cultivares semi-anãs, recentemente desenvolvidas em programas de melhoramento, não foram tão tolerantes ao alumínio, quanto às cultivares de porte alto, cultivadas, tradicionalmente, em áreas de solos ácidos. As cultivares de porte alto exigiram somente pequenas aplicações, enquanto as semi-anãs exigiram grandes quantidades de calcário para obter seu potencial de rendimento. Medindo o comprimento relativo da raiz das plantas cultivadas em 30 e 3 ppm de alumínio, estes mesmos autores encontraram boa correlação entre esse valor e o rendimento de grãos obtidos a níveis baixos de calcário, no campo.

Respostas diferenciais aos efeitos do alumínio foram citadas por KONZAK et alii (26), baseadas no comprimento de raízes de diversas cultivares de arroz, utilizando técnicas de solução nutritiva, contendo um tratamento em ausência e outro com uma concentração alta de alumínio.

Sob condições de solução nutritiva, FAGÉRIA & ZIMMERMANN(12) avaliaram trinta cultivares de arroz de sequeiro para verificação de tolerância ao alumínio, observando-se os efeitos deste elemento na produção de matéria seca das partes aéreas e raízes e na altura da planta. Os tratamentos foram de 0, 10, 20, 40 e 60 ppm de alumínio na forma de $AlCl_3$ , sendo que o pH foi controlado, para conservar a sua concentração constante durante o trabalho experimental . Baseando-se na equação de regressão dos dados de comprimento das raízes, estes autores agruparam as cultivares em três categorias , segundo os seguintes critérios : a. As cultivares com equação linear negativas foram classificadas no grupo de baixa tolerância; b. As de equações de regressão quadrática ou quarto grau, foram classificadas de alta tolerância; c. As cultivares de equações de regressão cúbicas, tanto positivas como negativas, no grupo de tolerância média.

Na exploração efetiva da variabilidade genética para tolerância aos elementos tóxicos do solo, especialmente alumínio, um dos principais problemas apresentados é a utilização de uma metodologia viável e rápida. Nesse sentido, entre os inúmeros trabalhos que foram e estão sendo conduzidos, três tentativas básicas têm sido utilizadas como método de avaliação de cultivares para tolerância genética ao alumínio, quais sejam : experimento a nível de campo, com tratamentos de calcário, uso de soluções nutritivas, com

diversas concentrações de alumínio e experimentos em casa de vegetação, utilizando amostras de solo previamente incubadas para fornecer níveis de alumínio desejáveis. Face às limitações que o trabalho de campo tem apresentado, relativas ao isolamento das respostas das cultivares de alumínio, já que outros fatores ambientais atuam conjuntamente, os trabalhos iniciais de melhoramento para tal característica têm sido realizados mais a nível de condições controladas, pois além de eliminar alguns problemas envolvidos a nível de campo, facilita a seleção rápida de um grande número de genótipos. No entanto, não se chegou a um consenso geral sobre qual metodologia é a mais recomendável na avaliação do grau de tolerância de cada cultivar. Boas correlações entre respostas ao alumínio no campo e sob condições controladas têm sido citadas na literatura (21, 27, 44 e 45).

Pelo que representa a cultura do arroz como uma das melhores alternativas para a utilização da região dos cerrados, é de primordial importância a concentração de esforços no sentido de identificar metodologias específicas para detectar diferenças genéticas numa grande população, tornando o processo de seleção de cultivares e de progênies o mais eficiente possível.

# 3. MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos em casa de vegetação foram conduzidos para estudar o comportamento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) a níveis de saturação de alumínio, obtidos pela aplicação de hidróxido de cálcio. No ano agrícola de 1979/80, como fase preliminar do trabalho, foram avaliadas cinqüenta cultivares em três níveis de saturação de alumínio. Em função dos resultados obtidos, em 1981 foram selecionadas cinco cultivares contrastantes entre os totais testados para avaliação de seu desempenho em cinco níveis de saturação de alumínio.

## 3.1. Experimento I

### 3.1.1. Local

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), em Lavras, Estado de Minas Gerais.

3.1.2. Solo

O solo utilizado foi coletado em área pertencente à Escola Superior de Agricultura de Lavras, representativo do cerrado da região, ainda não explorado, classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico textura argilosa, relevo suave ondulado. Os resultados das análises das características das amostras coletadas encontram-se no Quadro 1.

QUADRO 1 - Resultados das análises químicas e físicas de um Latossolo Vermelho Amarelo utilizado no ensaio de cinquenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em três níveis de calagem*. ESAL, Lavras-MG, 1979/80.

| Característica | | Profundidade da amostragem(cm) | |
|---|---|---|---|
| | | 0 - 20 | 20 - 40 |
| $Al^{+++}$ | - mE/100 $cm^3$ | 0,9 | 1,0 |
| $Ca^{++} + Mg^{++}$ | - mE/100 $cm^3$ | 0,9 | 0,4 |
| $K^{+}$ | - ppm | 41 | 30 |
| P | - ppm | 2 | 1 |
| pH | | 4,6 | 4,7 |
| Sat. $Al^{+++}$ | - % | 47,2 | 67,7 |
| Areia | - % | 35,5 | 24,6 |
| Limo | - % | 5,0 | 3,0 |
| Argila | - % | 60,4 | 72,4 |
| Classe Textural | | Argila | Argila |

* Análises realizadas no Instituto de Química "John H. Wheelock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

3.1.3. Coleta das Amostras de Solo

Após limpeza de todo material orgânico da superfície, aproximadamente 800 kg, constituindo amostra do solo, e abaixo desta , outros 800 kg foram coletadas separadamente, isto é, a primeira na camada arável de 0-20 cm e a outra na camada subsuperficial de 20-40 cm de profundidade. Posteriormente, estas foram peneiradas e colocadas em lugares adequados para fácil manuseio.

3.1.4. Níveis de Saturação de Alumínio

Para o ajustamento dos níveis de saturação de alumínio, foi utilizado o hidróxido de cálcio $|Ca(OH)_2|$ micropulverizado que, segundo análises realizadas no Departamento de Ciência do Solo local apresentou um Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) de 130% e um teor de óxido de cálcio (CaO) de 73,07%.

Em função da incubação das camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade do solo com o corretivo durante 40 dias, foram estabelecidas as quantidades necessárias para se obter três níveis de saturação de alumínio, correspondendo ao tratamento as mesmas com 0,0; 1,5 e 3,0 toneladas de hidróxido de cálcio por hectare. Tal critério foi baseado na curva de incubação obtida por MELO (33) para o solo em apreço.

3.1.5. Preparo e Enchimento dos Vasos

Tomando-se por base o volume de terra utilizado, os vasos possuiam duas seções conectadas com fita isolante para atingir a altura de 40 cm, e foram construídos a partir de recipientes vazios

de óleos lubrificantes de 9 cm de diâmetro. Servindo assim como suporte, cada vaso foi revestido em seu interior, por um saco plástico de mesmo diâmetro, para facilitar a separação do sistema radicular na época do corte das plantas.

Cada vaso recebeu um total de 3 kg de terra sendo que a disposição das camadas obedeceu à seguinte seqüência: no fundo do recipiente foi colocado 1,5 kg relativo à camada subsuperficial do solo (20-40 cm) e sobre esta, mais 1,5 kg referentes à camada arável (0 - 20 cm) , sendo que ambas camadas eram homólogas em termos de tratamento com hidróxido de cálcio.

3.1.6. Delineamento Experimental

Foram utilizados como tratamentos, as 50 cultivares de arroz e três níveis de saturação de alumínio, dispostos em um delineamento em blocos casualizados segundo um esquema fatorial 50 x 3, com 3 repetições. Os níveis de saturação de alumínio foram estabelecidos, tomando-se como base as dosagens de calcário de 0,0; 1,5 e 3,0 t/ha. A unidade experimental foi constituida por um vaso contendo duas plantas.

3.1.7. Cultivares

Foram utilizadas no presente experimento cinqüenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), provenientes do Banco de Germoplasma do Centro Nacional de Pesquisa - Arroz, Feijão (CNPAF-EMBRAPA) , do Estado de Goiás, relacionadas no Quadro 2.

QUADRO 2 - Cultivares de Arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em três níveis de calagem em solo sob vegetação de cerrado. ESAL, Lavras-MG, 1979/80.

| CULTIVARES AVALIADAS | | | |
|---|---|---|---|
| 01. IAC 47 | S | 26. Rikuto Norin-21 | I |
| 02. IAC 25 | S | 27. IR 30 | I |
| 03. IAC 164 | S | 28. IR 2053-205-1-6-3 | I |
| 04. IAC 165 | S | 29. IR 442-2-58 | S |
| 05. IAC 1246 | S | 30. CICA 4 | I |
| 06. IAC 5544 | S | 31. CICA 8 | I |
| 07. IAC 1131 | S | 32. AUS-8 | S |
| 08. Dourado Precoce | S | 33. IET 1414 | S |
| 09. Pratão Precoce | S | 34. Ctg 1516 | S |
| 10. Pérola | S | 35. KN 144 | S |
| 11. Jaguari | S | 36. Nunglin 24 | S |
| 12. Batatais | S | 27. Salumpikit | S |
| 13. Iguape Redondo | S | 38. Pusur | S |
| 14. Bico Ganga | S | 39. Agbede | S |
| 15. Montanha-Liso | S | 40. Khao Keo | S |
| 16. Fernandes | S | 41. Carreon | I |
| 17. 63-83 | S | 42. Kanan | I |
| 18. IRAT 13 | S | 43. Edith Long | I |
| 19. IRAT 8 | S | 44. BKN 6652-249-11 | I |
| 20. IRAT 9 | S | 45. H-5 | I |
| 21. IRAT 104 | S | 46. N-22 | |
| 22. IRAT 106 | S | 47. N-32 | |
| 23. Chianung Sen Yu-6 | I | 48. M-302 | |
| 24. Taichung | I | 49. Nº 79 Guyana | |
| 25. Huan-sen-goo | I | 50. Ratna | |

S = Sequeiro

I = Irrigado

3.1.8. Condução do Experimento

A semeadura foi realizada em 05/12/79. Colocaram-se cinco sementes por vaso e, aos 20 dias após o plantio, procedeu-se a um desbaste, mantendo-se duas plantas.

A adubaçao utilizada, na forma de solução nutritiva, foi parcelada em 4 aplicações com intervalo de sete dias. A relação dos fertilizantes por vaso, adaptado de MELO (33), está apresentada no Quadro 3.

QUADRO 3 - Fertilizantes e respectivas dosagens utilizadas por vaso, no ensaio de cinqüenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em três níveis de calagem. ESAL, Lavras, MG, 1979/80.

| Fertilizantes | g/vaso | equivalente em ppm | |
|---|---|---|---|
| $(NH_4)_2\ SO_4$ | 1,07 | N = 75,6 | S = 86,5 |
| $(NH_4)\ H_2PO_4$ | 0,84 | N = 34,1 | P = 75,5 |
| KCl | 0,87 | K =151,8 | Cl =138,2 |
| $ZnSO_4\ .\ 7H_2O$ | 0,06 | Zn = 4,6 | S = 2,2 |

Durante o desenvolvimento vegetativo, irrigações foram realizadas, sendo colocado água destilada suficiente para ocupar 50% do volume total de poros do solo, controlada por pesagens de vasos diariamente, até a época do corte das plantas.

3.1.9. Características Avaliadas

As plantas foram colhidas aos cinqüenta e oito dias após o plantio, no final da fase vegetativa de desenvolvimento, separando-se a parte aérea e o sistema radicular e anotando-se as seguintes características :

1. Peso da matéria seca da parte aérea
2. Peso da matéria seca do sistema radicular
3. Peso da matéria seca total (Parte aérea + Sistema radicular).

A determinação dos pesos foi executada no material vegetal (raiz e parte aérea), após secagem em estufa, à temperatura de 60-65 °C, até peso constante.

3.1.10. Análise Estatístico-Genética

Na obtenção da Produção Relativa de Matéria Seca para cada cultivar, foi utilizada a seguinte expressão :

$$PR = \frac{\text{Produção de MS no solo em ausência de calagem}}{\text{Produção de MS no solo com 3,0 t/ha de calcário}} \times 100$$

Para cada característica estudada, foi estimado o valor do índice de tolerância ao alumínio, segundo expressão proposta por LIMA, RAMALHO & MELO (28), apresentado abaixo :

$$l_i = \frac{Ri_0}{Ri_3} \times \frac{Ri_0}{\bar{R}_0}$$

Onde :

li : Índice de tolerância da cultivar i

$Ri_0$ : Peso da MS da cultivar i no solo sem calagem

$Ri_3$ : Peso da MS da cultivar i no solo com 3,0 t de $Ca(OH)_2$

$\bar{R}_0$ : Peso médio de MS das cinqüenta cultivares no solo sem calagem.

O modelo matemático proposto para análise dos dados de cada observação foi representado pela seguinte expressão :

$$Y_{ikj} = m + g_i + c_k + (gc)_{ik} + b_j + e_{ikj}$$

Onde :

$Y_{ikj}$ : Valor observado relativo a cultivar i, ao nível de calagem k, no bloco j.

m : Média geral

$g_i$ : Efeito da cultivar i (i = 1,2,3 ..., 50)

$c_k$ : Efeito do nível de calagem k (k = 1, 2 e 3)

$(gc)_{ik}$ : Efeito da interação da cultivar i no nível da calagem k

$b_j$ : Efeito do bloco j (j = 1, 2 e 3)

$e_{ikj}$ : Efeito do erro experimental entre as parcelas

Considerando os efeitos de cultivar e calagem como fixos , elaborou-se o seguinte modelo baseado na decomposição dos componentes de variância, Quadro 4.

QUADRO 4 - Decomposição dos componentes de variância utilizados no ensaio de cinqüenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em três níveis de calagem. ESAL, Lavras - MG, 1979/80.

| CAUSAS DA VARIAÇÃO | G.L. | QM | E(QM) |
|---|---|---|---|
| Cultivares (G) | 49 | $QM_G$ | $\sigma^2 + 9\ K_G^2$ |
| Calagem (C) | 2 | $QM_C$ | $\sigma^2 + 150\ K_C^2$ |
| Interação G x C | 98 | $QM_{GC}$ | $\sigma^2 + 3\ K^2_{GC}$ |
| Blocos | 2 | $QM_B$ | |
| Resíduo | 298 | $QM_E$ | $\sigma^2$ |

Onde :

$QM_G$ , $QM_C$,....., $QM_E$ : quadrados médios associados às fontes de variação.

$K_G^2$ : "variância" genética entre as cultivares, sendo :

$$K_G^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} Gi^2}{n-1}$$

$K_C^2$ : "variância" devido ao efeito da calagem, sendo :

$$K_C^2 = \frac{\sum_{i=1}^{b} Ci^2}{b-1}$$

$K_{GC}^2$ : "variância" devido a interação cultivares x calagem, sendo :

$$K_{GC}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{nb} GC_i^2}{(n-1)(b-1)}$$

$\sigma^2$ : "variância" do erro ambiental entre parcelas.

A partir das esperanças dos quadrados médios das análises de variância, foram obtidas as estimativas de parâmetros genéticos, fenotípicos e correlações entre as características analisadas, utilizando as mesmas expressões e procedimentos adotados por MELO (33).

## 3.2. Experimento II

### 3.2.1. Local

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Biologia da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), em Lavras, Minas Gerais.

### 3.2.2. Solo

O solo utilizado foi similar ao do Experimento I, descrito no item 3.1.2.

### 3.2.3. Coleta das Amostras

A tecnologia para a coleta das amostras foi a mesma descrita no item 3.1.3.

### 3.2.4. Níveis de Saturação de Alumínio

O corretivo empregado foi um calcário dolomítico denominado "super mil", com um PRNT de 112,54% e um teor de óxido de cálcio de 50,4%, nas dosagens de 0,0; 0,5; 1,0; 2,0 e 3,0 toneladas por hectare, correspondendo a cinco níveis de saturação de alumínio.

3.2.5. Preparo e enchimento dos vasos

Para o preparo e enchimento dos vasos foi utilizado a mesma tecnologia citada em 3.1.5.

3.2.6. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados segundo um esquema fatorial, tendo como fatores cinco níveis de saturação de alumínio e cinco cultivares, perfazendo-se um total de vinte e cinco tratamentos, com dez repetições. A unidade experimental foi constituída por um vaso contendo duas plantas.

3.2.7. Cultivares

As cultivares utilizadas no presente ensaio foram CICA 4 , IAC 164, IR 30, Pratão Precoce e Salumpikit e, algumas de suas características agronômicas mais importantes, são apresentadas no Quadro 5.

3.2.8. Condução do Experimento

A semeadura foi realizada em 27/03/81. Procurou-se manter 40% do volume total de poros do solo ocupado com água, suficiente para impedir o déficit hídrico durante o crescimento, controlado diariamente. Os demais aspectos da condução do experimento foram também os mesmos citados no item 3.1.8.

3.2.9. Características Avaliadas

Todas as plantas foram colhidas em 13/05/81, em plena fase

[redacted]

QUADRO 5 - Características agronômicas das cultivares de arroz avaliadas no Experimento II*. ESAL, Lavras-MG, 1980.

| Cultivar | Tipo de Cultura | Ano de lançamento | Origem | Procedência | Ciclo (dias) | Altura Média (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CICA 4 | Irrigada | 1971 | IR 8 X IR 12-178-2-3 | CIAT | ± 130 (médio) | 0,57 |
| IAC 164 | Sequeiro | 1979 | Dourado Precoce x IAC 1246 | IAC | 110-120 (Precoce) | 1,10 |
| IR 30 | Irrigada | - | FB 24 x Chianung Yu 280 | IRRI | ± 112 (precoce) | 0,63 |
| Pratão Precoce | Sequeiro | 1964 | Seleção massal d. Dourado Precoce | IAC | 110-120 (Precoce) | 1,05-1,15 |
| Salumpikit | Sequeiro | - | - | IRRI | ± 140 (longo) | 1,20 |

* CATI (5); FONSECA, RANGEL & PRABHU (13); SILVA (48)

vegetativa. As seguintes características foram anotadas ;

a. Comprimento da parte aérea - determinado do colo da planta até a região do pulvino.

b. Comprimento do sistema radicular - determinado do colo da planta até a extremidade da raiz mais longa.

c. Peso da matéria seca da parte aérea

d. Peso da matéria seca do sistema radicular.

e. Peso da matéria seca total (parte aérea + sistema radicular).

A determinação dos pesos foi idêntica ao item 3.1.9.

3.2.10. Análise Estatística

As análises de variância e equações de regressão foram determinadas para o estudo do comportamento das cultivares em cada característica distinta, segundo procedimento de STEEL & TORRIE (51).

# 4. RESULTADOS

## 4.1. Experimento I

### 4.1.1. Análises Químicas do Solo Após Incubação com Hidróxido de Cálcio $|Ca(OH)_2|$.

No Quadro 6 são apresentados os efeitos dos diferentes níveis de calagem sobre os componentes da acidez do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. Os valores médios de 4,6 para o pH e 57,5% para a saturação em alumínio, encontrados nas camadas de solo que não sofreram tratamento com o corretivo, são classificados como acidez elevada e muito alta, respectivamente, segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (4).

Os tratamentos com o corretivo proporcionaram acréscimos nos teores de cálcio + magnésio e nos valores de pH, havendo, no entanto, redução acentuada nos valores de alumínio trocável e na percentagem de saturação de alumínio. O alumínio trocável foi reduzido de 1,0 para 0,1 mE/100 $cm^3$ e a percentagem de saturação de alumínio de 57,5 para 2,9% com a aplicação de 3,0 t/ha de $Ca(OH)_2$.

QUADRO 6 - Resultados das análises químicas de amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo, utilizado no ensaio de cinquenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em três níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1979/80.

| Ca(OH) | Profundidade | $Al^{+++}$ | $Ca^{++} + Mg^{++}$ | $K^{+}$ | P | pH | Sat. $Al^{+++}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| t/ha | cm | mE/100 $cm^3$ | | ppm | | | % |
| 0,0 | 0 - 20 | 0,9 | 0,9 | 41 | 2 | 4,6 | 47,2 |
| | 20 - 40 | 1,0 | 0,4 | 30 | 1 | 4,7 | 67,7 |
| 1,5 | 0 - 20 | 0,1 | 2,6 | 50 | 2 | 5,5 | 3,5 |
| | 20 - 40 | 0,2 | 2,1 | 30 | 1 | 5,5 | 8,4 |
| 3,0 | 0 - 20 | 0,1 | 3,3 | 44 | 2 | 5,7 | 2,8 |
| | 20 - 40 | 0,1 | 3,2 | 33 | 2 | 6,0 | 2,9 |

Análises realizadas no Instituto de Química "John H. Wheelock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

4.1.2. Peso da Matéria Seca da Parte Aérea

A análise de variância para esta característica mostrou efeitos altamente significativos para cultivares e calagem, o que mostra diferenças de respostas aos níveis adotados. Entretanto, a interação entre tais fatores não apresentou significância, demonstrando que, numa média geral, as cultivares no ambiente sem calagem comportaram-se semelhantemente nos solos tratados com $Ca(OH)_2$, Quadro 7.

Verifica-se pelo Quadro 8, que a maior produção de matéria seca, independente do efeito médio de calagem, foi para as cultivares BKN 6652-249-11 e Khao Keo, as quais superaram a média geral em 24 e 21% respectivamente. Independente da cultivar, os acréscimos decorridos em função da calagem foram de 2,4 e 19,2%, considerando os níveis de 1,5 e 3,0 t/ha do corretivo, respectivamente, em relação à condição sem calagem.

Constata-se na Figura 1 que 16 cultivares, correspondendo cerca de 32% do total utilizado, mostraram um desempenho superior ao rendimento médio nos dois ambientes, ausência e presença de calagem (3,0 t/ha de $Ca(OH)_2$), destacando-se Khao Keo (40), BKN-6652-249-11(44) Nº 79 Guyana (49), H-5 (45), Rikuto Norin-21 (26) e Nunglin 24(36).

A produção relativa de matéria seca, Quadro 9, mostrou uma amplitude de variação de 66% relativo a cultivar IAC 1131, a 117% para a cultivar Khao Keo. Verifica-se também que, para a matéria seca da parte aérea, a amplitude do índice de tolerância, foi de 1,78 a 0,45, com um valor médio de 0,85. Constata-se também que 46% das cultivares mostraram índice de tolerância superior ao índice médio, sobressaindo-se Khao Keo, IR 30, Nº 79 Guyana, Nunglin 24,

QUADRO 7 - Resumo das análises de variância para peso da matéria seca da parte aérea, sistema radicular e total (parte aérea + sistema radicular) obtidas para as cinqüenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em três níveis de calagem. ESAL, Lavras - MG, 1979/80.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | QUADRADOS MÉDIOS | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Matéria Seca | | |
| | | Parte aérea | Sistema radicular | Total |
| Blocos | 2 | 2,1431 | 0,9383 | 4,8937 |
| Cultivares (G) | 49 | 1,6445** | 0,3270** | 2,8561** |
| Calagem (C) | 2 | 18,8990** | 3,4579** | 37,3333** |
| Interação G x C | 98 | 0,2675 | 0,0694 | 0,4455 |
| Erro | 298 | 0,3594 | 0,0595 | 0,5670 |
| C.V. % | | 16,55 | 22,34 | 15,97 |

** Significativo ao nível de 1% pelo teste F.

QUADRO 8 - Resultados médios do peso da matéria seca da parte aérea, obtidos para as cinquenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em três níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1979/80.

| Cultivares | $Ca(OH)_2$ (t/ha) 0 | 1.5 | 3.0 | $\bar{x}$ |
|---|---|---|---|---|
| | g/planta | | | |
| 01. IAC 47 | 3,55 | 3,19 | 4,27 | 3,67 |
| 02. IAC 25 | 2,98 | 3,04 | 4,11 | 3,38 |
| 03. IAC 164 | 2,15 | 1,64 | 3,05 | 2,28 |
| 04. IAC 165 | 3,09 | 3,10 | 3,69 | 3,29 |
| 05. IAC 1246 | 3,18 | 3,04 | 3,98 | 3,40 |
| 06. IAC 5544 | 3,18 | 3,33 | 4,04 | 3,52 |
| 07. IAC 1131 | 2,88 | 3,85 | 4,39 | 3,70 |
| 08. Dourado Precoce | 3,46 | 3,38 | 4,14 | 3,66 |
| 09. Fratão Precoce | 3,35 | 3,75 | 4,81 | 3,97 |
| 10. Pérola | 3,66 | 3,02 | 3,84 | 3,51 |
| 11. Jaguari | 3,58 | 3,70 | 3,95 | 3,68 |
| 12. Batatais | 3,83 | 3,81 | 3,85 | 3,83 |
| 13. Iguape Redondo | 3,26 | 3,47 | 3,40 | 3,37 |
| 14. Bico Ganga | 3,10 | 3,22 | 3,88 | 3,40 |
| 15. Montanha-Liso | 3,14 | 3,03 | 3,62 | 3,26 |
| 16. Fernandes | 3,00 | 2,95 | 3,88 | 3,28 |
| 17. 63-83 | 2,71 | 3,42 | 3,90 | 3,34 |
| 18. IRAT 13 | 3,31 | 3,23 | 3,77 | 3,44 |
| 19. IRAT 8 | 3,24 | 3,68 | 4,08 | 3,67 |
| 20. IRAT-9 | 3,31 | 3,59 | 4,32 | 3,74 |
| 21. IRAT 104 | 3,40 | 3,92 | 4,02 | 3,78 |
| 22. IRAT 106 | 3,11 | 2,76 | 3,41 | 3,09 |
| 23. Chiamung Sen Tu-6 | 2,98 | 3,09 | 3,75 | 3,27 |
| 24. Taichung | 3,46 | 3,67 | 4,56 | 3,89 |
| 25. Huan-sen-goo | 3,29 | 4,19 | 4,90 | 4,13 |
| 26. Rikuto Norin-21 | 3,80 | 4,32 | 4,68 | 4,27 |
| 27. IR 30 | 4,03 | 3,33 | 3,88 | 3,75 |
| 28. IR 2053-205-1-6-3 | 3,70 | 4,08 | 4,49 | 4,09 |
| 29. IR 442-2-58 | 3,16 | 2,86 | 3,45 | 3,16 |
| 30. CICA 4 | 3,46 | 3,77 | 3,37 | 3,53 |
| 31. CICA 8 | 3,46 | 3,66 | 4,04 | 3,72 |
| 32. AUS-8 | 3,50 | 3,75 | 4,97 | 4,07 |
| 33. IET 1414 | 3,56 | 3,73 | 4,15 | 3,81 |
| 34. Ctg 1516 | 3,24 | 3,14 | 3,75 | 3,28 |
| 35. KN 144 | 2,14 | 2,05 | 2,87 | 2,35 |
| 36. Nunglin 24 | 3,96 | 3,89 | 4,13 | 3,99 |
| 37. Salumpikit | 2,88 | 3,51 | 3,84 | 3,41 |
| 38. Pusur | 3,71 | 4,01 | 3,94 | 3,89 |
| 39. Agbede | 3,43 | 3,79 | 3,82 | 3,69 |
| 40. Khao Keo | 5,12 | 3,65 | 4,36 | 4,38 |
| 41. Carreon | 3,79 | 3,80 | 4,32 | 3,97 |
| 42. Kanan | 3,79 | 3,78 | 3,80 | 3,79 |
| 43. Edith Long | 2,96 | 2,92 | 3,45 | 3,11 |
| 44. BKN 6652-249-11 | 4,19 | 4,12 | 5,17 | 4,49 |
| 45. H-5 | 3,98 | 4,14 | 4,63 | 4,25 |
| 46. H-22 | 3,04 | 3,16 | 4,08 | 3,43 |
| 47. H-32 | 3,60 | 3,11 | 4,31 | 3,67 |
| 48. M-302 | 3,47 | 3,66 | 4,28 | 3,80 |
| 49. X9 79 Guyana | 4,12 | 3,71 | 4,42 | 4,08 |
| 50. Ratna | 2,92 | 3,78 | 3,67 | 3,46 |
| Média Geral | 3,38 | 3,46 | 4,03 | 3,62 |

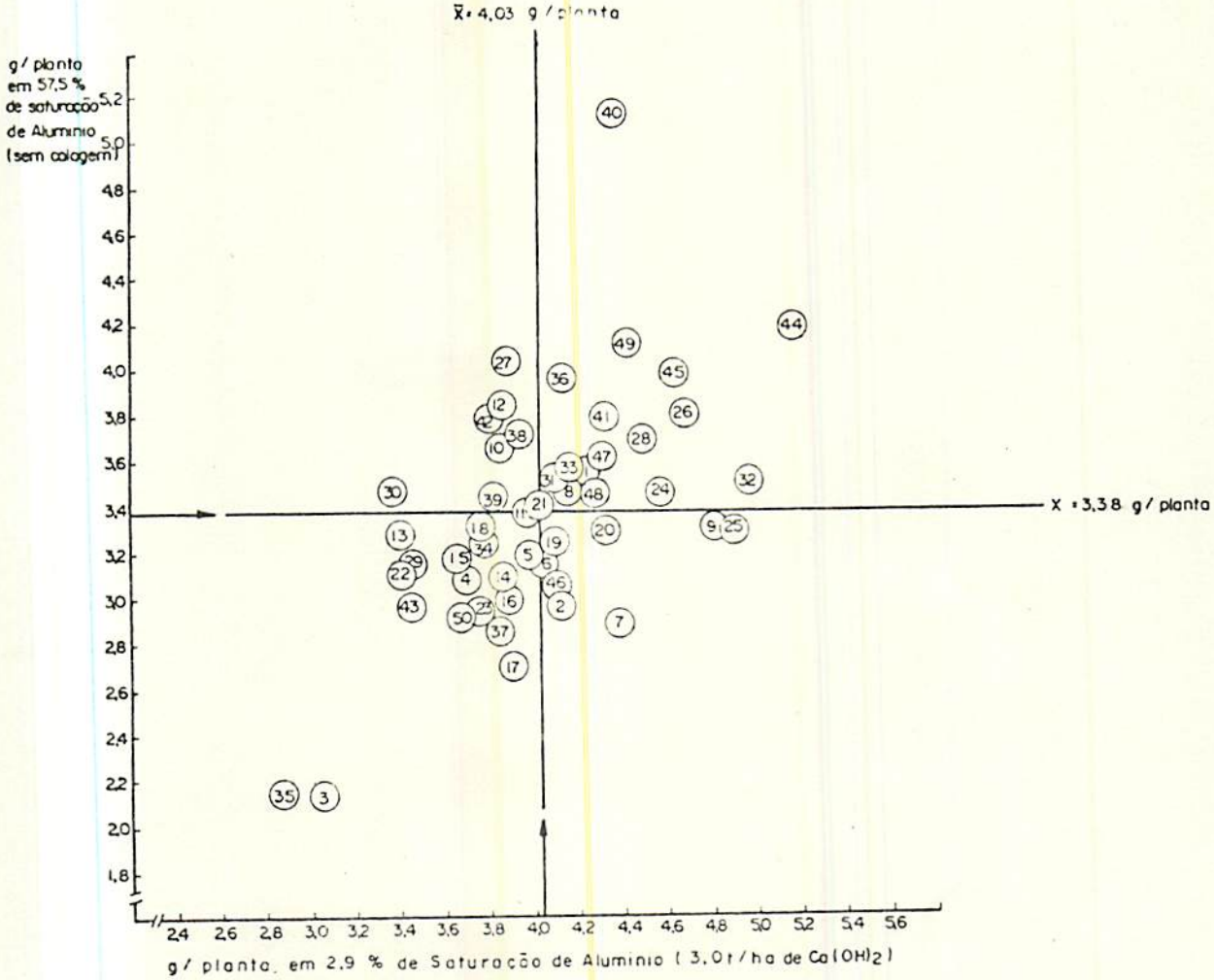


Figura 1 – Produção de matéria seca da parte aérea de cinquenta cultivares de arroz ( Oryza sativa L. ) avaliadas na ausência e presença de calagem ( 3,0 t / ha de $Ca(OH)_2$ ). ESAL – 1979 / 80. 1/

1/ A indentificação das cultivares encontra - se no quadro 2

QUADRO 9 - Produção relativa e índices de tolerância ao alumínio, obtidos para as cinquenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em três níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1979/80.

| Cultivares | Matéria Seca | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Parte aérea | | Sistema radicular | | Total | |
| | PRI* | I** | PRI | I | PRI | I |
| 01. IAC 47 | 83 | 0,87 | 80 | 0,85 | 82 | 0,86 |
| 02. IAC 25 | 72 | 0,64 | 77 | 0,71 | 74 | 0,65 |
| 03. IAC 164 | 70 | 0,45 | 75 | 0,42 | 71 | 0,44 |
| 04. IAC 165 | 84 | 0,76 | 69 | 0,58 | 80 | 0,72 |
| 05. IAC 1246 | 80 | 0,75 | 77 | 0,80 | 79 | 0,76 |
| 06. IAC 5544 | 79 | 0,74 | 78 | 0,80 | 78 | 0,76 |
| 07. IAC 1131 | 66 | 0,56 | 80 | 0,74 | 68 | 0,60 |
| 08. Dourado Precoce | 84 | 0,86 | 98 | 0,84 | 86 | 0,85 |
| 09. Pratão Precoce | 70 | 0,69 | 84 | 0,78 | 72 | 0,71 |
| 10. Pérola | 95 | 1,03 | 92 | 0,98 | 94 | 1,02 |
| 11. Jaguari | 86 | 0,86 | 126 | 1,58 | 94 | 1,00 |
| 12. Batatais | 99 | 1,12 | 71 | 0,64 | 92 | 0,99 |
| 13. Iguape Redondo | 96 | 0,92 | 102 | 1,18 | 97 | 0,98 |
| 14. Bico Ganga | 80 | 0,73 | 62 | 0,42 | 76 | 0,65 |
| 15. Montanha-Liso | 87 | 0,80 | 95 | 0,80 | 88 | 0,80 |
| 16. Fernandes | 77 | 0,69 | 91 | 1,00 | 81 | 0,76 |
| 17. 63-83 | 69 | 0,56 | 67 | 0,57 | 69 | 0,56 |
| 18. IRAT 13 | 88 | 0,86 | 77 | 0,66 | 85 | 0,81 |
| 19. IRAT 8 | 79 | 0,76 | 62 | 0,61 | 74 | 0,72 |
| 20. IRAT 9 | 77 | 0,75 | 67 | 0,54 | 74 | 0,70 |
| 21. IRAT 104 | 85 | 0,85 | 83 | 0,84 | 84 | 0,85 |
| 22. IRAT 106 | 91 | 0,84 | 74 | 0,70 | 86 | 0,80 |
| 23. Chiamung Sen Tu-6 | 79 | 0,70 | 74 | 0,59 | 78 | 0,67 |
| 24. Taichung | 76 | 0,78 | 81 | 0,82 | 77 | 0,78 |
| 25. Huan-sen-goo | 67 | 0,66 | 70 | 0,45 | 68 | 0,61 |
| 26. Rikuto Norin-21 | 81 | 0,91 | 80 | 0,72 | 81 | 0,86 |
| 27. IR 30 | 104 | 1,24 | 87 | 1,18 | 99 | 1,22 |
| 28. IR 2053-205-1-6-3 | 82 | 0,90 | 89 | 1,24 | 84 | 0,98 |
| 29. IR 442-2-58 | 92 | 0,86 | 93 | 1,12 | 92 | 0,92 |
| 30. CICA 4 | 103 | 1,05 | 122 | 1,47 | 108 | 1,15 |
| 31. CICA 8 | 86 | 0,88 | 99 | 0,97 | 88 | 0,89 |
| 32. AUS- 8 | 70 | 0,73 | 72 | 0,88 | 71 | 0,76 |
| 33. IET 1414 | 86 | 0,90 | 80 | 0,80 | 84 | 0,88 |
| 34. Ctg 1516 | 86 | 0,83 | 123 | 1,33 | 94 | 0,92 |
| 35. KN 144 | 74 | 0,47 | 64 | 0,38 | 72 | 0,45 |
| 36. Nunglin 24 | 96 | 1,13 | 70 | 0,57 | 90 | 0,98 |
| 37. Salumpikit | 75 | 0,64 | 68 | 0,56 | 73 | 0,62 |
| 38. Pusur | 94 | 1,03 | 116 | 1,64 | 99 | 1,16 |
| 39. Agbede | 90 | 0,91 | 74 | 0,71 | 85 | 0,86 |
| 40. Khao Keo | 117 | 1,78 | 78 | 0,94 | 107 | 1,54 |
| 41. Carreon | 88 | 0,99 | 68 | 0,78 | 82 | 0,93 |
| 42. Kanan | 100 | 1,12 | 119 | 1,57 | 104 | 1,22 |
| 43. Edith Long | 86 | 0,75 | 67 | 0,43 | 82 | 0,67 |
| 44. BKN 6652-249-11 | 81 | 1,00 | 81 | 0,87 | 81 | 0,97 |
| 45. H-5 | 86 | 1,01 | 72 | 0,82 | 82 | 0,96 |
| 46. N-22 | 74 | 0,67 | 110 | 1,32 | 80 | 0,80 |
| 47. N-32 | 84 | 0,89 | 96 | 1,22 | 87 | 0,96 |
| 48. M-302 | 81 | 0,83 | 86 | 0,89 | 82 | 0,84 |
| 49. N9 79 Guyana | 93 | 1,14 | 121 | 1,39 | 98 | 1,18 |
| 50. Ratna | 80 | 0,69 | 72 | 0,58 | 78 | 0,66 |
| Média | | 0,85 | | 0,87 | | 0,85 |
| Desvio padrão | | 0,22 | | 0,32 | | 0,21 |

* PRI Produção Relativa

** Índice de Tolerância ao Alumínio

Kanan e Batatais, com valores superiores a um desvio padrão acima da média.

4.1.3. Peso da Matéria Seca do Sistema Radicular

Os resultados da análise de variância para esta característica foram semelhantes àqueles obtidos para a parte aérea, Quadro 7. O coeficiente de variação, no entanto, foi o que apresentou uma maior estimativa, evidenciando uma menor precisão, em relação às demais características analisadas.

Observa-se no Quadro 10, que a calagem, independente da cultivar testada, provocou um acréscimo de 20% na produção de matéria seca do sistema radicular, considerando o maior nível, contudo, nenhum acréscimo foi verificado com a aplicação de 1,5 t/ha do corretivo. As cultivares IR 2053-205-1-6-3 e H-5, apresentaram um maior rendimento médio de matéria seca, ambos superando a média geral do experimento em 35,78%.

Para esta característica, observou-se que 34% (17 cultivares) sobressaíram-se acima do rendimento médio nos dois ambientes, Figura 2. Entre estas, as de melhor performance foram IR 2053-205-1-6-3(28), IR 30 (27), AUS-8(32), Khao Keo (40), Pusur (38) e N-32(47). Também para 34% (17 cultivares), a produção de matéria seca foi inferior ao rendimento médio nos dois ambientes.

A produção relativa apresentou uma amplitude de resposta de 126% (Jaguari) a 62% (IRAT 8), Quadro 9. As cultivares Pusur, Jaguari e Kanan apresentaram uma maior tolerância ao alumínio com relação a esta característica, com valores de índice de tolerância de

QUADRO 10 - Resultados médios do peso da matéria seca do sistema radicular, obtidos para as cinquenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em três níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1979/80.

| Cultivares | $Ca(OH)_2$ (t/ha) 0 | 1,5 | 3,0 | $\bar{X}$ |
|---|---|---|---|---|
| | g/planta | | | |
| 01. IAC 47 | 1,12 | 0,99 | 1,40 | 1,16 |
| 02. IAC 25 | 0,96 | 0,75 | 1,25 | 0,99 |
| 03. IAC 164 | 0,60 | 0,28 | 0,80 | 0,56 |
| 04. IAC 165 | 0,87 | 0,78 | 1,26 | 0,97 |
| 05. IAC 1246 | 1,10 | 0,98 | 1,43 | 1,17 |
| 06. IAC 5544 | 1,09 | 0,93 | 1,40 | 1,14 |
| 07. IAC 1131 | 0,98 | 1,07 | 1,23 | 1,09 |
| 08. Dourado Precoce | 0,90 | 0,87 | 0,92 | 0,90 |
| 09. Pratão Precoce | 0,99 | 0,90 | 1,18 | 1,02 |
| 10. Pérola | 1,12 | 0,96 | 1,22 | 1,10 |
| 11. Jaguari | 1,32 | 0,98 | 1,05 | 1,12 |
| 12. Batatais | 0,95 | 1,18 | 1,34 | 1,16 |
| 13. Iguape Redondo | 1,23 | 1,12 | 1,21 | 1,19 |
| 14. Bico Ganga | 0,71 | 0,91 | 1,14 | 0,92 |
| 15. Montanha-Liso | 0,89 | 0,68 | 0,94 | 0,84 |
| 16. Fernandez | 1,16 | 0,83 | 1,28 | 1,09 |
| 17. 63-83 | 0,90 | 1,21 | 1,34 | 1,15 |
| 18. IRAT 13 | 0,90 | 0,77 | 1,17 | 0,95 |
| 19. IRAT 8 | 1,04 | 1,06 | 1,69 | 1,26 |
| 20. IRAT 9 | 0,84 | 0,73 | 1,26 | 0,94 |
| 21. IRAT 104 | 1,05 | 1,12 | 1,26 | 1,14 |
| 22. IRAT 106 | 1,00 | 0,87 | 1,35 | 1,07 |
| 23. Chianung Sen Yu-6 | 0,84 | 0,78 | 1,13 | 0,91 |
| 24. Taichung | 1,06 | 0,95 | 1,31 | 1,11 |
| 25. Nuan-sen-goo | 0,68 | 1,71 | 0,97 | 0,79 |
| 26. Rikuto Norin-21 | 0,94 | 0,91 | 1,18 | 1,01 |
| 27. IR 30 | 1,42 | 0,89 | 1,63 | 1,31 |
| 28. IR 2053-205 1-6-3 | 1,47 | 1,32 | 1,65 | 1,48 |
| 29. IR 442-2-58 | 1,26 | 0,90 | 1,35 | 1,17 |
| 30. CICA 4 | 1,26 | 1,06 | 1,03 | 1,12 |
| 31. CICA 8 | 1,02 | 0,72 | 1,03 | 0,92 |
| 32. AUS-8 | 1,28 | 1,34 | 1,78 | 1,47 |
| 33. IET 1414 | 1,06 | 1,11 | 1,32 | 1,16 |
| 34. Ctg 1516 | 1,13 | 0,87 | 0,92 | 0,97 |
| 35. KN 144 | 0,63 | 0,55 | 0,98 | 0,72 |
| 36. Nunglin 24 | 0,85 | 1,05 | 1,22 | 1,04 |
| 37. Salumpikit | 0,85 | 0,84 | 1,24 | 0,98 |
| 38. Pusur | 1,49 | 1,31 | 1,29 | 1,36 |
| 39. Agbede | 1,02 | 0,79 | 1,38 | 1,06 |
| 40. Khao Keo | 1,26 | 1,20 | 1,62 | 1,36 |
| 41. Carreon | 1,19 | 1,13 | 1,74 | 1,35 |
| 42. Kanan | 1,38 | 1,36 | 1,16 | 1,30 |
| 43. Edith Long | 0,68 | 0,80 | 1,01 | 0,83 |
| 44. BKN 6652-249-11 | 1,12 | 0,98 | 1,38 | 1,16 |
| 45. N-5 | 1,19 | 1,62 | 1,64 | 1,48 |
| 46. N-22 | 1,26 | 0,85 | 1,15 | 1,09 |
| 47. N-32 | 1,33 | 0,90 | 1,38 | 1,20 |
| 48. M-302 | 1,09 | 1,47 | 1,27 | 1,28 |
| 49. N9 79 Guyana | 1,21 | 0,74 | 1,00 | 0,98 |
| 50. Ratna | 0,84 | 1,19 | 1,16 | 1,06 |
| Média Geral | 1,05 | 0,97 | 1,26 | 1,09 |

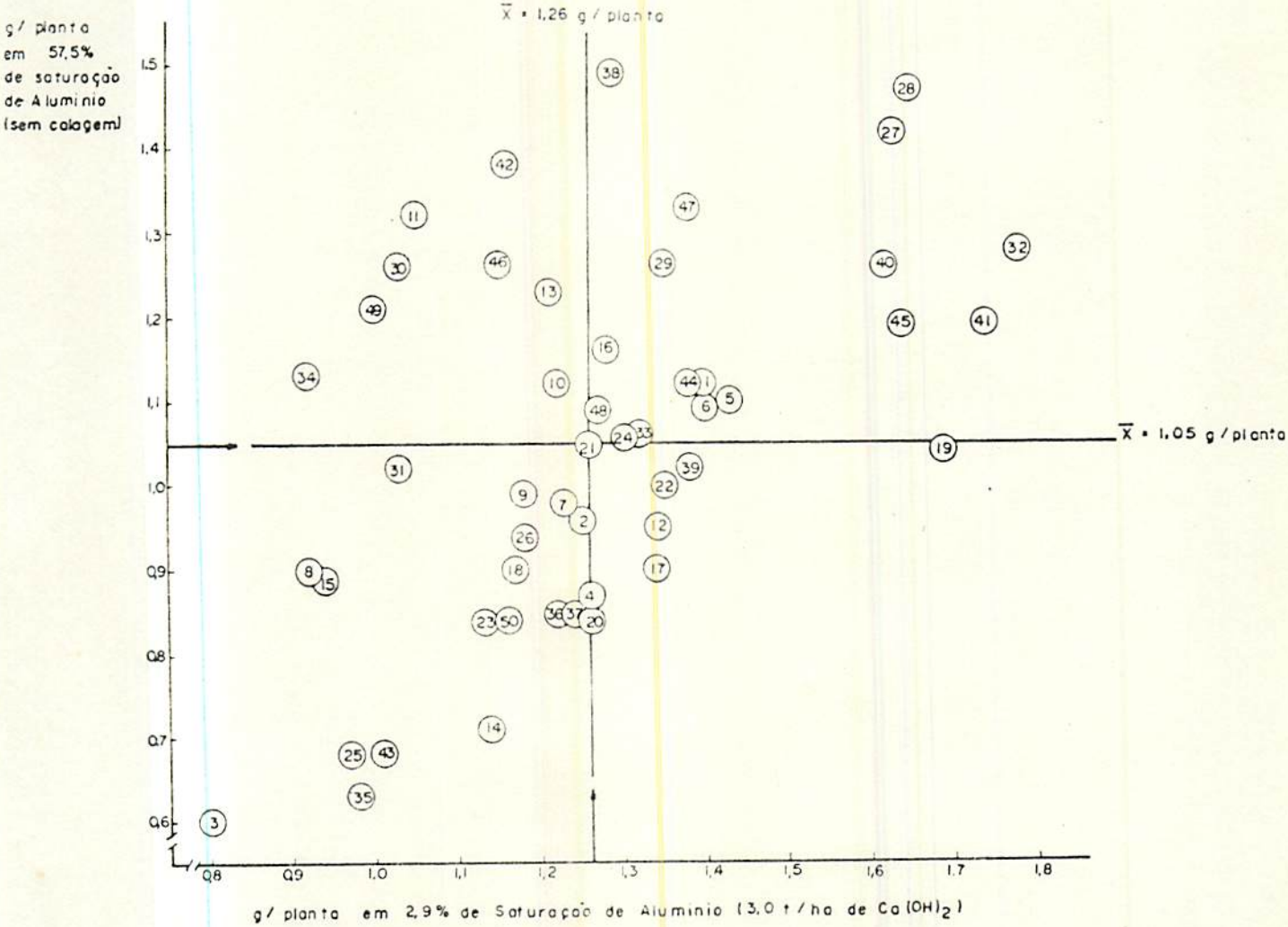


Figura 2 — Produção de matéria seca do sistema radicular de cinquenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) avaliadas na ausencia e presença de calagem (3,0 t/ha de $Ca(OH)_2$). ESAL - 1979/80.

1,64, 1,58 e 1,57, respectivamente, superando o índice médio em dois desvios padrões.

4.1.4. Peso da Matéria Seca Total

No Quadro 7 está apresentado o resumo da análise estatística dos dados desta característica. Os resultados obtidos foram semelhantes aos relatados para as duas características anteriores . O coeficiente de variação de 15,97% foi o menor dentre as três características analisadas, demonstrando assim, que o peso da matéria seca total apresenta uma boa precisão em avaliações como a presente.

O comportamento das cultivares nas diferentes condições de calagem é mostrado no Quadro 11. Observa-se que a calagem no nível de 3,0 t/ha de $Ca(OH)_2$, independente das cultivares, foi superior em termos de produção de matéria seca total, em apenas 19,4% em relação à condição sem calagem, enquanto ao nível de 1,5 t/ha, nenhum acréscimo foi verificado. Em média, as cultivares Khao Keo e H-5 produziram uma maior quantidade de matéria seca, superando a média geral em 21,8 e 21,6% respectivamente.

A produção de matéria seca total, superior ao rendimento médio em ambos ambientes, ausência e presença de calagem (3,0 t/ha de $Ca(OH)_2$), foi constatada em quinze cultivares, cerca de 30% do total utilizado, sobressaindo-se Khao Keo (40), BKN-6652-249-11 (44 ) AUS-8(32), H-5 (45), IR 2053 205-1-6-3 (28) e IR 30 (27). Por outro lado, cerca de 32% das cultivares apresentaram produções inferiores ao rendimento médio nos dois ambientes , Figura 3.

Pelo Quadro 9, nota-se que, para o peso da matéria seca to-

QUADRO 11 - Resultados médios do peso da matéria seca total (parte aérea + sistema radicular), obtidos para as cinquenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em três níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1979/80.

| Cultivares | $Ca(OH)_2$ (t/ha) 0 | 1,5 | 3,0 | $\bar{X}$ |
|---|---|---|---|---|
| | g/planta | | | |
| 01. IAC 47 | 4,66 | 4,18 | 5,68 | 4,84 |
| 02. IAC 25 | 3,94 | 3,80 | 5,36 | 4,37 |
| 03. IAC 164 | 2,75 | 1,92 | 3,85 | 2,84 |
| 04. IAC 165 | 3,96 | 3,88 | 4,95 | 4,26 |
| 05. IAC 1246 | 4,28 | 4,02 | 5,41 | 4,57 |
| 06. IAC 5544 | 4,27 | 4,26 | 5,44 | 4,66 |
| 07. IAC 1131 | 3,85 | 4,91 | 5,62 | 4,79 |
| 08. Dourado Precoce | 4,36 | 4,25 | 5,06 | 4,56 |
| 09. Prratão Precoce | 4,34 | 4,65 | 5,99 | 4,99 |
| 10. Pérola | 4,78 | 3,98 | 5,06 | 4,61 |
| 11. Jaguari | 4,70 | 4,68 | 5,00 | 4,79 |
| 12. Batatais | 4,77 | 4,99 | 5,19 | 4,99 |
| 13. Iguape Redondo | 4,48 | 4,59 | 4,61 | 4,56 |
| 14. Bico Ganga | 3,81 | 4,17 | 5,02 | 4,32 |
| 15. Montanha-Liso | 4,03 | 3,71 | 4,56 | 4,10 |
| 16. Fernandes | 4,17 | 3,78 | 5,17 | 4,37 |
| 17. 63-83 | 3,60 | 4,62 | 5,24 | 4,49 |
| 18. IRAT 13 | 4,21 | 4,00 | 4,94 | 4,38 |
| 19. IRAT 8 | 4,28 | 4,74 | 5,77 | 4,93 |
| 20. IRAT 9 | 4,15 | 4,32 | 5,57 | 4,68 |
| 21. IRAT 104 | 4,45 | 5,04 | 5,28 | 4,92 |
| 22. IRAT 106 | 4,11 | 3,63 | 4,76 | 4,17 |
| 23. Chianung Sen Tu-6 | 3,81 | 3,87 | 4,88 | 4,19 |
| 24. Taichung | 4,52 | 4,62 | 5,87 | 5,00 |
| 25. Huan-sem-goo | 3,97 | 4,90 | 5,87 | 4,91 |
| 26. Eikuto Norin-21 | 4,74 | 5,22 | 5,86 | 5,27 |
| 27. IR 30 | 5,45 | 4,22 | 5,51 | 5,06 |
| 28. IR 2053-205-1-6-3 | 5,17 | 5,40 | 6,14 | 5,57 |
| 29. IR 442-2-58 | 4,42 | 3,76 | 4,80 | 4,32 |
| 30. CICA 4 | 4,73 | 4,84 | 4,40 | 4,65 |
| 31. CICA 8 | 4,48 | 4,38 | 5,07 | 4,64 |
| 32. AUS-8 | 4,78 | 5,09 | 6,75 | 5,54 |
| 33. IET 1414 | 4,62 | 4,84 | 5,47 | 4,98 |
| 34. Ctg 1516 | 4,37 | 4,01 | 4,67 | 4,35 |
| 35. KN 144 | 4,77 | 2,61 | 3,85 | 3,08 |
| 36. Nunglin 24 | 4,82 | 4,94 | 5,35 | 5,04 |
| 37. Salumpikit | 3,73 | 4,34 | 5,08 | 4,39 |
| 38. Pusur | 5,20 | 5,33 | 5,23 | 5,25 |
| 39. Agbede | 4,44 | 4,59 | 5,20 | 4,74 |
| 40. Khao Kec | 6,38 | 4,86 | 5,98 | 5,74 |
| 41. Carreon | 4,98 | 4,94 | 6,05 | 5,32 |
| 42. Kanan | 5,18 | 5,14 | 4,96 | 5,09 |
| 43. Edith Long | 3,64 | 3,72 | 4,46 | 3,94 |
| 44. BKN 6652-249-11 | 5,31 | 5,10 | 6,35 | 5,65 |
| 45. B-5 | 5,17 | 5,76 | 6,27 | 5,73 |
| 46. N-22 | 4,30 | 4,01 | 5,23 | 4,52 |
| 47. N-32 | 4,93 | 4,01 | 5,69 | 4,88 |
| 48. M-302 | 4,56 | 5,13 | 5,55 | 5,08 |
| 49. N9 79 Guyana | 5,32 | 4,45 | 5,42 | 5,06 |
| 50. Ratna | 3,76 | 4,97 | 4,82 | 4,52 |
| Média Geral | 4,43 | 4,42 | 5,29 | 4,71 |

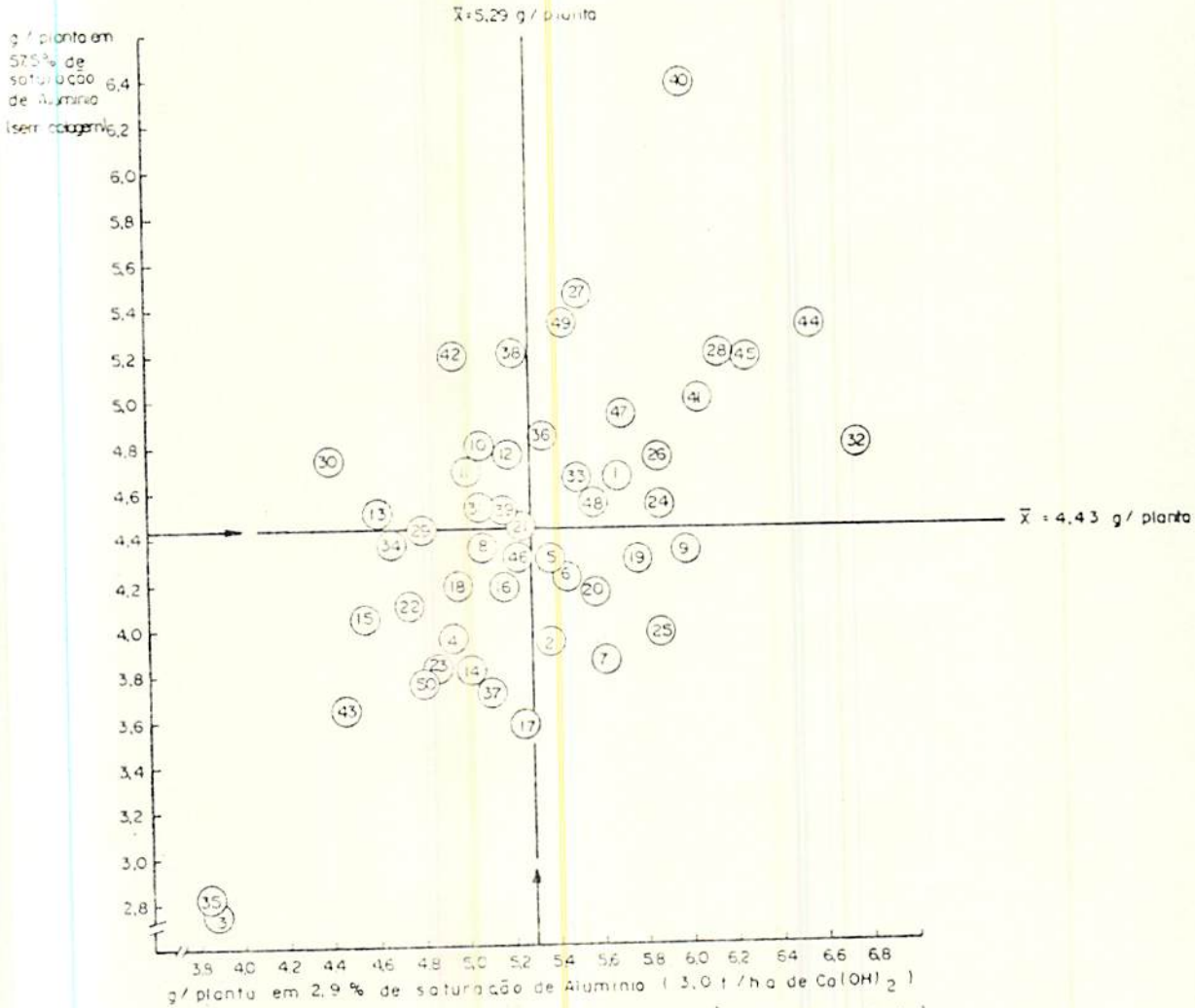


Figura 3 — Produção de matéria seca total (parte aérea + sistema radicular), de cinquenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas na ausência e presença de calagem (3,0 t/ha de $Ca(OH)_2$) ESAL-19.5.80

tal, a produção relativa apresentou uma variação de 68% relativo a cultivar Huan-Sen-Goo, a 108% para a cultivar CICA 4. O índice de tolerância médio para esta característica foi 0,85 com um desvio padrão de 0,21. Das cultivares avaliadas, 46% apresentaram superioridade ao índice médio, destacando-se entre estas, Khao Keo, Kanan , IR 30, Nº 79 Guyana, Pusur e CICA 4, todas com um desvio padrão acima do valor médio. É interessante ressaltar que estas cultivares se destacaram também quanto às características de pesos da matéria seca da parte aérea e sistema radicular.

4.1.5. Estimativas de Parâmetros Genéticos, Fenotípicos e Correlações.

As estimativas das variâncias genéticas e dos coeficientes de variação genético são apresentados no Quadro 12. Observa-se a ocorrência de variabilidade genética entre as cultivares avaliadas em todas três características analisadas. O maior coeficiente de variação genético ocorreu para a matéria seca do sistema radicular, sendo que, para a matéria seca total e da parte aérea, estes valores foram relativamente similares.

No Quadro 13 são apresentados os coeficientes de correlação fenotípica e genética obtidos entre as características consideradas duas a duas. Os valores dos coeficientes de correlação fenotípica e genética foram relativamente altos entre o peso da matéria seca total e peso da matéria seca da parte aérea, evidenciando um forte relacionamento entre estas características . Valores um pouco inferiores foram encontrados entre o peso da matéria seca total e peso da

QUADRO 12 - Estimativas das variâncias genéticas e dos coeficientes de variação genético obtidas para as cinquenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em três níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1979/80.

| Estimativa | Matéria Seca | | |
|---|---|---|---|
| | Parte aérea | Sistema radicular | Total |
| Variância genética ($K^2_G$) [1/] | 0,1428 | 0,0297 | 0,2543 |
| Coeficiente de variação genética (CVG %) | 10,44 | 15,81 | 10,70 |

1/ $K^2_G = \frac{\sum_{i=1}^{n} Gi^2}{n-1}$

QUADRO 13 - Estimativas das correlações fenotípicas e genéticas entre as características de peso da matéria seca de cinqüenta cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em três níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1979/80.

| Características | Matéria Seca | |
|---|---|---|
| | Sistema radicular | Total |
| Matéria seca da parte aérea | 0,6034** | 0,9030** |
| | (0,6281)[1/] | (0,9640) |
| Matéria seca do sistema radicular | | 0,7964** |
| | | (0,8124) |

[1/] Valores entre parentesis correspondem às correlações genéticas

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

matéria seca do sistema radicular e entre o peso da matéria seca da parte aérea e peso da matéria seca do sistema radicular.

## 4.2. Experimento II

### 4.2.1. Análises Químicas do Solo Após Incubação com Hidróxido de Cálcio $|Ca(OH)_2|$ .

Os resultados da análises químicas das amostras do solo obtidas após a incubação com hidróxido de cálcio, em diferentes níveis, sobre as camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, são apresentadas no Quadro 14. Com a calagem, os teores de cálcio + magnésio e o pH do solo foram elevados e o teor de alumínio trocável decresceu. A aplicação de 3 toneladas por hectares de corretivo reduziu a saturação média de alumínio de 53,1 para 7,1%. Uma análise comparativa dos dados dos Quadros 6 e 14 mostra a semelhança entre algumas características químicas analisadas dos solos utilizados em ambos experimentos. Pelas razões já apresentadas anteriormente, também o solo empregado no presente ensaio apresenta características propícias para a avaliação proposta.

### 4.2.2. Parte Aérea

Para ambas as características, comprimento e peso da matéria seca da parte aérea, a análise de variância evidenciou valores de F altamente significativos para as cultivares e para os níveis de calagem, tendo sido significativo ainda, a interação entre cultivar x calagem. O desdobramento desta interação mostra que as cultivares apresentaram, de um modo geral, diferentes respostas aos ní -

QUADRO 14 - Resultados das análises químicas de amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo, utilizado no ensaio de cinco cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em cinco níveis de calagem*. ESAL, Lavras-MG, 1980.

| Ca(OH) | Profundidade | $Al^{+++}$ | $Ca^{++} + Mg^{++}$ | $K^{+}$ | P | pH** | Sat. $Al^{+++}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| —t/ha— | —— cm —— | —— mE/100cm² —— | | —— ppm —— | | | —— % —— |
| 0,0 | 0 - 20 | 1,07 | 1,00 | 50,0 | 1,3 | 4,6 | 48,7 |
| | 20 - 40 | 0,93 | 0,63 | 22,6 | 1,0 | 5,0 | 57,5 |
| 0,5 | 0 - 20 | 0,73 | 1,10 | 42,3 | 1,0 | 4,9 | 37,7 |
| | 20 - 40 | 0,80 | 1,00 | 20,3 | 1,0 | 5,1 | 43,2 |
| 1,0 | 0 - 20 | 0,70 | 1,30 | 38,6 | 1,3 | 5,1 | 33,4 |
| | 20 - 40 | 0,56 | 1,23 | 19,0 | 1,3 | 5,4 | 30,5 |
| 2,0 | 0 - 20 | 0,43 | 1,80 | 40,0 | 1,3 | 5,5 | 18,5 |
| | 20 - 40 | 0,26 | 1,93 | 20,6 | 1,0 | 5,6 | 11,6 |
| 3,0 | 0 - 20 | 0,26 | 2,13 | 49,3 | 1,7 | 5,7 | 10,3 |
| | 20 - 40 | 0,10 | 2,43 | 23.3 | 1,0 | 5,8 | 3,9 |

* Análises realizadas no Instituto de Química "John H. Weelock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

** Média de 3 dados.

veis de calagem utilizados, Quadro 15.

Os resultados médios de comprimento e peso da matéria seca da parte aérea, para as cultivares nos diferentes níveis de calagem, estão apresentados nos Quadros 16 e 17. Verifica-se que, para ambas as características, independente do efeito da calagem, as cultivares IAC 164 e Pratão Precoce se sobressairam, não diferindo entre si, apresentando portanto, valores significativamente superiores às cultivares Salumpikit, IR 30 e CICA 4.

As equações ajustadas para o estudo do comportamento das cultivares em função dos diferentes níveis de calagem, estão apresentadas no Quadro 18. Constata-se que ocorreu resposta ao componente linear, para o comprimento da parte aérea, apenas na cultivar CICA 4 e, para o peso da matéria seca, a significância a este mesmo componente, foi obtida para a cultivar Salumpikit. Para as demais, a resposta ou foi não significativa, ou a significância foi para os componentes cúbico ou de quarto grau.

4.2.3. Sistema Radicular

Os resultados obtidos para o sistema radicular foram semelhantes àqueles da parte aérea, Quadro 15. Observa-se contudo, que as estimativas do coeficiente de variação do ensaio, para estas características, foram superiores àquelas obtidas na parte aérea, mostrando que a precisão na avaliação das características do sistema radicular é menor.

Como ocorreu na parte aérea, as cultivares com maior desenvolvimento do sistema radicular, independente do nível de calagem,

QUADRO 15 - Resumo das análises de variância e desdobramento dos graus de liberdade de calagem em cada cultivar, para estudo da regressão do comprimento (cm) e peso (g) da matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e do peso (g) da matéria seca total, obtidos para as cinco cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em cinco níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1980.

| CAUSAS DE VARIAÇÃO | GL | QUADRADOS MÉDIOS | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Parte aérea | | Sistema Radicular | | Peso da Matéria Seca Total |
| | | Comprimento | Peso da Matéria Seca | Comprimento | Peso da Matéria Seca | |
| Blocos | 9 | 1,9142 | 0,0314 | 239,8084 | 0,0375 | 0,0890 |
| Cultivares (G) | 4 | 1624,9720** | 4,0184** | 602,5940** | 2,4644** | 12,7412** |
| Calagem (C) | 4 | 10,2707** | 0,4345** | 154,6740** | 0,1084** | 0,9687** |
| Interação G x C | 16 | 1,5870** | 0,0318** | 21,5315** | 0,0211** | 0,0855** |
| (Calagem:CICA 4) | (4) | ( 2,0871) | (0,1357) | (57,0215) | (0,0678) | (0,3814) |
| Regressão Linear | 1 | 5,0121* | 0,2660** | 217,4360** | 0,2253** | 0,9810** |
| Quadrática | 1 | 1,1650 | 0,0036 | 0,2110 | 0,0017 | 0,0103 |
| Cúbica | 1 | 1,2941 | 0,0249 | 3,2850 | 0,0087 | 0,0629 |
| Quato Grau | 1 | 0,8772 | 0,2485** | 7,1539 | 0,0353* | 0,4712** |
| (Calagem:IAC 164) | (4) | (8,0707) | (0,1757) | (7,7783) | (0,0553) | (0,4028) |
| Regressão Linear | 1 | 0,4734 | 0,2701** | 15,6208 | 0,0258 | 0,4630** |
| Quadrática | 1 | 16,1831** | 0,1460** | 3,4954 | 0,0066 | 0,2146* |
| Cúbica | 1 | 1,2059 | 0,0021 | 1,9735 | 0,0131 | 0,0257 |
| Quarto Grau | 1 | 14,4203** | 0,2847** | 10,0236 | 0,1758** | 0,9079** |
| (Calagem:IR 30) | (4) | (1,0245) | (0,0478) | (136,3696) | (0,0252) | (0,1233) |
| Regressão Linear | 1 | 1,0490 | 0,0394 | 336,9660** | 0,0874** | 0,2450** |
| Quadrática | 1 | 2,2885 | 0,0378 | 49,2450** | 0,0003 | 0,0457 |
| Cúbica | 1 | 0,4290 | 0,0862* | 11,0460 | 0,0113 | 0,1582* |
| Quarto Grau | 1 | 0,3315 | 0,0279 | 148,2215** | 0,0019 | 0,0443 |
| (Calagem:P.Precoce) | (4) | (3,1299) | (0,1003) | (11,6016) | (0,0239) | (0,1918) |
| Regressão Linear | 1 | 0,7949 | 0,0293 | 3,1422 | 0,0142 | 0,0027 |
| Quadrática | 1 | 0,0223 | 0,0137 | 43,0408* | 0,0042 | 0,0027 |
| Cúbica | 1 | 7,0628** | 0,0001 | 0,1627 | 0,0035 | 0,0051 |
| Quarto Grau | 1 | 4,6395* | 0,3581** | 0,0606 | 0,0737** | 0,7568** |
| (Calagem:Salumpikit) | (4) | (2,3062) | (0,1022) | (28,0322) | (0,0207) | (0,2115) |
| Regressão Linear | 1 | 0,4414 | 0,3555** | 87,1588** | 0,0818** | 0,7823** |
| Quadrática | 1 | 0,5544 | 0,0028 | 23,4662 | 0,0003 | 0,0014 |
| Cúbica | 1 | 3,5606* | 0,0065 | 1,4630 | 0,0001 | 0,0086 |
| Quarto Grau | 1 | 4,6684* | 0,0439 | 0,0409 | 0,0005 | 0,0537 |
| ERRO | 216 | 0,7574 | 0,0145 | 7,2353 | 0,0071 | 0,0326 |
| C.V.% | | 4,49. | 10,03 | 6,40 | 16,32 | 10,51 |

*, ** - Significativo pelo teste de F ao nível de 5 e 1%, respectivamente.

[redacted]

QUADRO 16 - Resultados médios do comprimento da parte aérea (cm), obtidos para as cinco cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em cinco níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1980.

| Cultivares | Calcário (t/ha) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | $\bar{X}$ |
| CICA 4 | 12,4 | 12,8 | 13,4 | 13,1 | 13,4 | 13,0 |
| IAC 164 | 24,5 | 24,5 | 26,5 | 25,0 | 24,3 | 25,0 |
| IR 30 | 13,6 | 14,0 | 14,5 | 14,2 | 14,2 | 14,1 |
| P.Precoce | 24,9 | 24,9 | 25,7 | 24,1 | 25,0 | 24,9 |
| Salumpikit | 19,5 | 19,6 | 20,6 | 19,5 | 20,0 | 19,8 |
| $\bar{X}$ | 19,0 | 19,2 | 20,1 | 19,2 | 19,4 | 19,4 |
| DMS Tukey * | | | | | | 0,48 |

* Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a comparação das cultivares avaliadas, independente dos níveis de calagem.

QUADRO 17 - Resultados médios do peso da matéria seca da parte aérea (g), obtidos para as cinco cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em cinco níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1980.

| Cultivares | Calcário (t/ha) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | $\bar{X}$ |
| CICA 4 | 0,90 | 0,82 | 1,05 | 0,93 | 1,10 | 0,96 |
| IAC 164 | 1,40 | 1,38 | 1,68 | 1,59 | 1,60 | 1,53 |
| IR 30 | 0,89 | 0,97 | 1,08 | 0,96 | 1,02 | 0,98 |
| P. Precoce | 1,48 | 1,34 | 1,62 | 1,48 | 1,52 | 1,49 |
| Salumpikit | 0,96 | 0,94 | 1,06 | 1,06 | 1,19 | 1,04 |
| $\bar{X}$ | 1,13 | 1,09 | 1,30 | 1,20 | 1,29 | **1,20** |
| DMS Tukey* | | | | | | **0,066** |

* Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a comparação das cultivares avaliadas, independente dos níveis de calagem.

QUADRO 18 - Equações de regressão ajustadas entre os níveis de calagem em t/ha nas cinco cultivares, em cada característica analisada e respectivos coeficientes de determinação para as cinco cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em cinco níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1980.

| Características | Cultivar | Equação de Regressão | $R^2$ |
|---|---|---|---|
| Comprimento da Parte Aérea (cm) | CICA 4 | $Y_C = 12,6678 + 0,2939X$ | 0,60 |
| | IAC 164 | $Y_I = 24,52 - 5,9533X + 16,4733X^2 - 10,3767X^3 + 1,8466X^4$ | 1,00 |
| | IR 30 | - | NS |
| | Pratão Precoce | $Y_{PP} = 24,89 - 2,7056X + 7,9306X^2 - 5,4823X^3 + 1,0473X^4$ | 1,00 |
| | Salumpikit | $Y_S = 19,49 - 2,809X + 8,5023X^2 - 5,654X^3 + 1,0506X^4$ | 1,00 |
| Peso da Matéria Seca da Parte Aérea(g) | CICA 4 | $Y_C = 0,897 - 0,9699X + 2,2429X^2 - 1,3594X^3 + 0,2424X^4$ | 1,00 |
| | IAC 164 | $Y_I = 1,407 - 0,9441X + 2,4391X^2 - 1,4794X^3 + 0,2594X^4$ | 1,00 |
| | IR 30 | $Y_{IR} = 0,8795 + 0,3924X - 0,2894X^2 + 0,0581X^3$ | 0,85 |
| | Pratão Precoce | $Y_{PP} = 1,483 - 1,3206X + 2,8405X^2 - 1,6718X^3 + 0,291X^4$ | 1,00 |
| | Salumpikit | $Y_S = 0,9418 + 0,0782X$ | 0,87 |
| Comprimento do Sistema Radicular (cm) | CICA 4 | $Y_C = 38,0629 + 1,9362X$ | 0,95 |
| | IAC 164 | - | NS |
| | IR 30 | $Y_{IR} = 33,7 - 25,57X + 59,77X^2 - 34,62X^3 + 5,92X^4$ | 1,00 |
| | Pratão Precoce | $Y_{PP} = 43,6678 + 3,3636X - 1,0317X^2$ | 0,99 |
| | Salumpikit | $Y_S = 41,1664 + 1,2258X$ | 0,78 |
| Peso da Matéria Seca do Sistema Radicular (g) | CICA 4 | $Y_C = 0,259 - 0,3064X + 0,8189X^2 - 0,5059X^3 + 0,0914X^4$ | 1,00 |
| | IAC 164 | $Y_I = 0,767 - 0,8056X + 1,882X^2 - 1,1473X^3 + 0,204X^4$ | 1,00 |
| | IR 30 | $Y_{IR} = 0,2757 + 0,0388X$ | 0,86 |
| | Pratão Precoce | $Y_{PP} = 0,77 - 0,6675X + 1,2371X^2 - 0,705X^3 + 0,1213X^4$ | 1,00 |
| | Salumpikit | $Y_S = 0,3609 + 0,0375X$ | 0,99 |
| Peso da Matéria Seca Total (g) | CICA 4 | $Y_C = 1,156 - 1,2763X + 3,0618X^2 - 1,8653X^3 + 0,3338X^4$ | 1,00 |
| | IAC 164 | $Y_I = 2,174 - 1,7496X + 4,3206X^2 - 2,6263X^3 + 0,4633X^4$ | 1,00 |
| | IR 30 | $Y_{IR} = 1,1385 + 0,5377X - 0,3843X^2 + 0,0787X^3$ | 0,91 |
| | Pratão Precoce | $Y_{PP} = 2,253 - 2,0521X + 4,195X^2 - 2,4408X^3 + 0,423X^4$ | 1,00 |
| | Salumpikit | $Y_S = 1,3026 + 0,1161X$ | 0,92 |

foram a Pratão Precoce e a IAC 164, superando as demais estatisticamente, Quadros 19 e 20.

As equações de regressão ajustadas estão apresentadas no Quadro 18. Respostas ao componente linear foram obtidas, em comprimento do sistema radicular, para as cultivares CICA 4 e Salumpikit e, em peso da matéria seca, para IR 30 e Salumpikit.

4.2.4. Matéria Seca Total

A análise estatística dos dados de produção de matéria seca total (parte aérea + sistema radicular), mostrou significância ao nível de 1% para as diferenças entre as cultivares, para os efeitos da calagem e para a interação cultivar x calagem, Quadro 15. Para a característica em questão, o desdobramento dos graus de liberdade de calagem dentro da cultivar para o estudo de regressão, mostrou significância aos componentes quarto grau, quarto grau, cúbica, quarto grau e linear para as cultivares CICA 4, IAC 164, IR 30, Pratão Precoce e Salumpikit, respectivamente.

De acordo com os dados apresentados no Quadro 21, verifica-se que, em termos médios, o calcário aumentou a produção de matéria seca total, considerando-se o efeito sobre todas as cultivares. Independente dos níveis de calagem, as cultivares IAC 164 e Pratão Precoce apresentaram um maior rendimento, com produções de 35,4 e 28,2% acima da média geral, respectivamente, sendo superiores estatisticamente às cultivares Salumpikit, IR 30 e CICA 4.

Para as cultivares IAC 164 e Pratão Precoce, as maiores produções foram obtidas com a aplicação de 1 tonelada por hectare de

QUADRO 19 - Resultados médios do comprimento do sistema radicular (cm), obtidos para as cinco cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em cinco níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1980.

| Cultivares | Calcário (t/ha) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | $\bar{X}$ |
| CICA 4 | 38,4 | 38,2 | 40,4 | 42,2 | 43,7 | 40,6 |
| IAC 164 | 44,0 | 44,1 | 45,9 | 45,1 | 45,7 | 45,0 |
| IR 30 | 33,7 | 31,9 | 39,2 | 39,4 | 39,7 | 36,8 |
| P.Precoce | 43,6 | 45,2 | 46,0 | 46,2 | 44,5 | 45,1 |
| Salumpikit | 40,5 | 41,7 | 43,0 | 44,6 | 44,0 | 42,8 |
| $\bar{X}$ | 40,0 | 40,2 | 42,9 | 43,5 | 43,5 | 42,0 |
| DMS Tukey* | | | | | | 1,48 |

* Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a comparação das cultivares avaliadas, independente dos níveis de calagem.

QUADRO 20 - Resultados médios do peso da matéria seca do sistema radicular (g), obtidos para as cinco cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em cinco níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1980.

| Cultivares | Calcário (t/ha) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | $\bar{X}$ |
| CICA 4 | 0,26 | 0,25 | 0,36 | 0,34 | 0,45 | 0,33 |
| IAC 164 | 0,77 | 0,70 | 0,90 | 0,77 | 0,83 | 0,79 |
| IR 30 | 0,26 | 0,30 | 0,34 | 0,33 | 0,40 | 0,33 |
| P.Precoce | 0,77 | 0,66 | 0,76 | 0,68 | 0,70 | 0,71 |
| Salumpikit | 0,36 | 0,38 | 0,41 | 0,44 | 0,47 | 0,41 |
| $\bar{X}$ | 0,48 | 0,46 | 0,55 | 0,51 | 0,57 | 0,52 |
| DMS Tukey* | | | | | | 0,046 |

* Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a comparação das cultivares avaliadas, independente dos níveis de calagem.

QUADRO 21 - Resultados médios do peso da matéria seca total (parte aérea + sistema radicular) (g), obtidos para as cinco cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), avaliadas em cinco níveis de calagem. ESAL, Lavras-MG, 1980.

| Cultivares | Calcário (t/ha) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | $\bar{X}$ |
| CICA 4 | 1,16 | 1,07 | 1,41 | 1,27 | 1,56 | 1,29 |
| IAC 164 | 2,17 | 2,08 | 2,58 | 2,36 | 2,43 | 2,32 |
| IR 30 | 1,15 | 1,28 | 1,41 | 1,29 | 1,42 | 1,31 |
| P.Precoce | 2,25 | 2,00 | 2,38 | 2,17 | 2,21 | 2,20 |
| Salumpikit | 1,31 | 1,32 | 1,47 | 1,49 | 1,67 | 1,45 |
| $\bar{X}$ | 1,61 | 1,55 | 1,85 | 1,72 | 1,86 | 1,72 |
| DMS Tukey* | | | | | | 0,099 |

* Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a comparação das cultivares avaliadas, independente dos níveis de calagem.

calcário, correspondendo a uma saturação média de alumínio, entre as duas profundidades, de 31,9%. Para as demais, esta produção ocorreu com a utilização da dose máxima do corretivo aplicado. As cultivares IAC 164 e Pratão Precoce, apresentaram rendimentos superiores ás cultivares Salumpikit, IR 30 e CICA 4, em todos os níveis de calagem, Quadro 21, Figura 4.

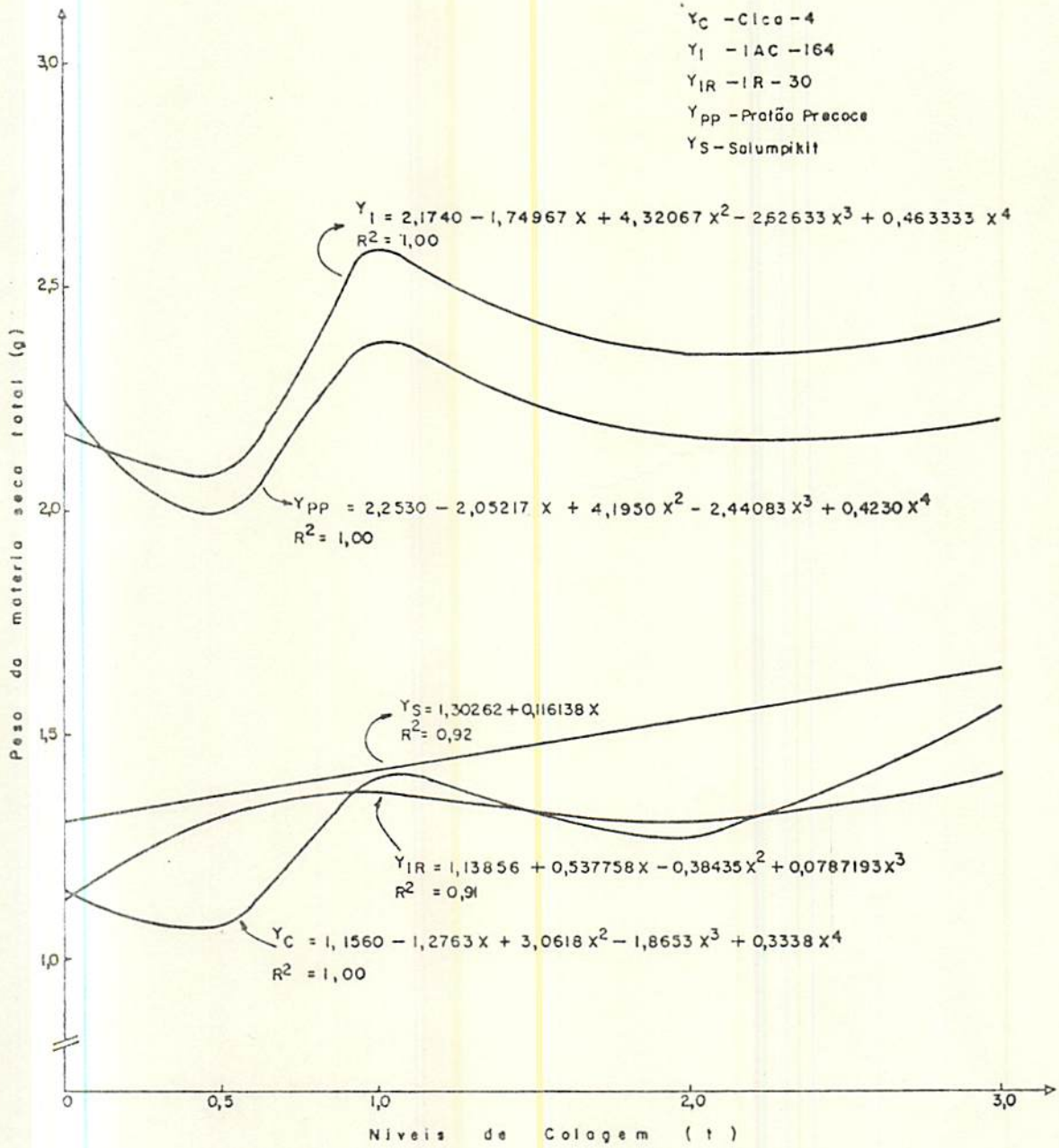


Figura 4 — Representação da equação de regressão para o peso da materia seca total ( parte aérea + sistema radicular), obtida para as cinco cultivares de arroz ( oryza sativa L. ), avaliadas em cinco niveis de colagem. ESAL, LAVRAS - MG, 1980.

# 5. DISCUSSÃO

## 5.1. Experimento I

A nível de campo, os sintomas de toxidez provocados pelo alumínio nas plantas não são facilmente perceptíveis. Para avaliar o potencial de toxidez do alumínio, utiliza-se dos dados de análises químicas do solo, baseando-se na capacidade de troca de cátions para sua interpretação. Sob este aspecto, MOHR (34) sugeriu que a toxidez do alumínio poderia ser medida pelo fator "M", obtido pela relação entre o alumínio trocável e a capacidade de troca de cátions, e definiu limites críticos aproximados para algumas espécies agronômicas. O critério que tem sido muito difundido e indicado para regiões tropicais, tendo grande aceitação no Brasil, é a "percentagem de saturação de alumínio", onde o alumínio é expresso como porcentagem da capacidade de troca de cátions efetiva, uma vez que é difícil separar os efeitos de um alto teor de alumínio trocável de uma baixa disponibilidade de bases do solo, KAMPRATH (24).

Pelas características químicas analisadas do solo utilizado no presente trabalho, Quadro 1, podemos notar que, em termos de va-

lores absolutos, os níveis de alumínio trocável encontrados não podem ser considerados como extremamente altos. Em trabalhos relacionados ao presente, HOWELER & CADAVID (21), e SPAIN (50), avaliaram cultivares de arroz, em solos contendo 3,2 mE/100 g e 3,5 mE/100 g, respectivamente. Contudo, devido aos baixos teores de cálcio, magnésio e potássio do solo utilizado no ensaio, o índice de saturação de alumínio encontrado foi da ordem de 57,5%, semelhante ao valor mediano encontrado por LOPES (31) em 518 amostras de solo de cerrado do Brasil. Assim, os altos valores relativos de alumínio trocável constituem-se num fator da maior importância para a nutrição, crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que este cátion é dominante no complexo de troca destes solos, apesar de seu valor absoluto não ser dos mais altos.

A magnitude deste fato tem sérios reflexos, quando se considera ser de 45% o limite acima do qual, o grau de saturação em alumínio passaria a ser muito prejudicial ao normal desenvolvimento da maioria das plantas cultivadas, MUZILLI & KALCKMANN (36).

Os valores extremamente baixos de fósforo disponível aliado a um baixo pH encontrados, estão em concordância com a maioria das análises realizadas por LOPES (31) para tais solos sob vegetação de cerrado. Para avaliar plantas para tolerância ao alumínio, além dos níveis de cálcio, os fatores mais importantes a serem considerados são os níveis de fósforo, o qual, em alta concentração precipita com o alumínio, e, os valores de pH devem estar estabilizados na faixa de 4,5 a 5,0, pois nesta condição há um aumento nos níveis de alumínio na solução do solo, FOY (15). Com base nestas ponderações,

pode-se considerar que o solo utilizado no presente ensaio, apresenta características propícias para a avaliação proposta.

Com relação ao fornecimento de elementos minerais em forma de soluções nutritivas, as dosagens aplicadas de Nitrogênio, Fósforo e Potássio parceladamente (Quadro 3), foram consideradas adequadas para experimentos desta natureza, não se notando durante a condução do mesmo, nenhum sintoma visual de deficiência. Para a cultura do arroz, as necessidades e recomendações para aplicação suplementar de materiais fertilizantes contendo micronutrientes são restritas, não tendo sido acumuladas informações em tão grande número quanto para os macronutrientes. No presente trabalho utilizou-se somente o zinco, pois este é o único dos micronutrientes em que o arroz apresenta resposta significativa nas condições de solo sob vegetação de cerrado, e, sua omissão, provoca decréscimos no rendimento da cultura, GALRÃO, SUHET & SOUSA (18).

Quanto às características analisadas, não é encontrado na literatura um consenso geral sobre qual é a mais eficiente na avaliação da tolerância de cultivares ao alumínio. A nível de solução nutritiva, o comprimento do sistema radicular tem sido amplamente utilizado (12, 14, 21, 25 e 44). No presente trabalho, optou-se pelas características de peso da matéria seca da parte aérea, peso da matéria seca do sistema radicular e peso da matéria seca total(parte aérea + sistema radicular), já que estas têm se sobressaido em termos de eficiência em trabalhos desta natureza, RAMALHO (41),MELO (33). No Quadro 13 verifica-se que, pela estimativa dos valores do coeficiente de correlação entre as características tomadas duas a

duas, a que se mostrou mais representativa foi a de peso da matéria seca total a qual apresentou correlação positiva e significativa com as demais. Quando se consideram os coeficientes de correlação fenotípica e genética, nota-se que também o interrelacionamento envolvendo o peso da matéria seca total, apresentou os valores mais próximos. Outro argumento favorável é que esta característica apresentou a menor estimativa do coeficiente de variação, evidenciando uma melhor precisão na avaliação, em detrimento às demais analisadas . Em decorrência desses aspectos, procurou-se dar ênfase à discussão dos resultados, enfocando-se apenas tal característica.

O índice de tolerância estimado para cada característica analisada mostrou ser um método estatístico bastante promissor na classificação de cultivares segundo o seu grau de tolerância, possuindo a vantagem de permitir uma rápida visualização de suas respostas à calagem. Tal procedimento apresenta boa concordância com os processos de avaliação propostos por FOY (15) sobre crescimento ou produção relativa, possibilitando a eliminação de diferenças genéticas próprias entre as cultivares, além de apresentar um fator de correção que leva em consideração a média geral da característica em análise, LIMA et alii (28).

As cultivares Khao Keo, Kanan, IR 30, Nº 79 Guyana, Pusur e CICA 4 foram potencialmente as mais tolerantes ao alumínio, apresentando uma produção relativa elevada como também os mais altos valores para índices de tolerância. Quanto à produção de matéria seca total, superior ao rendimento médio, na ausência e presença de calagem, as cultivares que apresentaram um melhor desempenho foram Khao

Keo, BKN 6652-249-11, AUS-8, H-5, IR 2053-205-1-6-3 e IR 30.

Deve-se frisar que os germplasmas melhorados nacionais IAC 164, IAC 1131, IAC 25, IAC 165, IAC 1246, IAC 5544 e IAC 47, considerados promissores para os cerrados (7, 8, 20 e 35), de um modo geral, não alcançaram boas produções de matéria seca total, apresentando produções relativas intermediárias dentre os totais testados, e índices de tolerâncias inferiores ao índice médio do ensaio, exceto IAC 47, que também foi o único entre estes que mostrou um desempenho acima do rendimento médio em ambas condições, ausência e presença de calagem.

As cultivares IAC 1246, IAC 47, IAC 5544, IAC 1131 e IAC 25 foram também classificadas como de tolerância baixa ao excesso de alumínio em solução nutritiva no trabalho de FAGÉRIA & ZIMMERMANN(12). Além destas, as cultivares Pérola, Fernandes, IRAT 13, Bico Ganga, Pratão Precoce, Montanha-Lisa, Batatais, Dourado Precoce e IRAT 8 também foram avaliadas por estes pesquisadores, sendo que suas respostas, em ambos ensaios, não apresentaram boa concordância. É oportuno salientar, contudo, que as metodologias empregadas foram bem diferentes e, além disso, naquele ensaio a equação de regressão dos dados de comprimento das raízes foi utilizado como critério de tolerância das cultivares ao excesso de alumínio.

Um aspecto importante que deve ser considerado, em relação à metodologia empregada, é a condição de umidade de 50% do volume total de poros do solo ocupado por água, em que as plantas foram submetidas. Para tal condição, controlada através de pesagens diárias, foi notado durante o experimento que os vasos estavam sempre bem su-

pridos em água, oferecendo grande disponbilidade para as plantas . Ao contrário do que era esperado, numa média geral, muitas cultivares recomendadas para o sistema irrigado, apresentaram comportamento satisfatório, em termos de produção de matéria seca, como é o caso das entradas CICA 4 e IR 30 entre outras, em detrimento às de sistema de segueiro, como a IAC 164, IAC 25, IAC 165 e IAC 1246, Quadro 11. A cultura do arroz sob o sistema de produção de sequeiro , é a mais expressiva em termos de área cultivada e desenvolve-se freqüentemente em solos com altos níveis de alumínio trocável e acidez, sendo a água o fator mais limitante para a sua produção, FAGERIA(11). Por outro lado, o arroz sob o sistema irrigado, normalmente não encontra condições ácidas nem níveis altos de alumínio, devido aos efeitos da irrigação; a redução do sistema resulta num aumento do pH e decréscimo do alumínio trocável na solução do solo, SPAIN (50), PONNAMPERUMA (39). Tudo indica que o teor de umidade do solo utilizado no presente trabalho, possivelmente, tenha concorrido para um melhor comportamento das cultivares irrigadas, uma vez que nas condições citadas, possuem características de alto rendimento, face à grande capacidade de perfilhamento que apresentam.

Com base no acima exposto, sugere-se em experimentos subseqüentes desta natureza, avaliar cultivares de arroz de sequeiro e irrigado, separadamente, em condições de umidade distintas, com um manejo de água adequado para cada sistema de produção.

Experimentos similares visando melhoramento genético para tolerância ao alumínio, utilizando solos com características granulométricas e químicas semelhantes ao neste empregado, foram realizadas por RAMALHO (41) e MELO (33) com cultivares de feijão e soja ,

permitindo o emprego econômico e uso mais efetivo do calcário.

5.2. Experimento II

De maneira análoga ao primeiro experimento, neste também a característica agronômica que se mostrou mais representativa foi a de peso da matéria seca total, uma vez que as cultivares apresentaram, relativamente, comportamento similar nos níveis de calagem adotados, considerando-se a soma das características analisadas, conforme pode ser observado pelos Quadros 16, 17, 19, 20 e 21. Para esta característica o coeficiente de variação foi de 10,5%, podendo ser considerado como um valor baixo em experimento dessa natureza. Em decorrência dessas ponderações, procurou-se dar ênfase à discussão dos resultados, utilizando apenas o peso da matéria seca total.

Um primeiro aspecto importante a ser comentado é com relação à comparação entre ambos experimentos, em termos de precisão. Pelos Quadros 7 e 15, verifica-se que o segundo apresentou os melhores resultados, refletidos pelos menores valores do coeficiente de variação para todas as características analisadas. Assim, quando se considera que cada unidade experimental era constituída por um vaso contendo duas plantas, pode-se dizer que a precisão obtida neste último é relativamente alta. Essa maior precisão, possivelmente, pode ser explicada pelo maior número de repetições para cada tratamento, uma vez que no primeiro experimento foram utilizadas apenas três e no segundo um total de dez repetições, como também pela utilização de um material genético mais uniforme. Deve-se frisar também que os experimentos diferiram com respeito ao manejo de água e quanto ao período de condução dos mesmos.

Levando-se em consideração os aspectos citados anteriormente, seria aconselhável em futuros trabalhos desta natureza, utilizar nos ensaios, para cada cultivar, os descendentes de uma única planta. Isto porque, normalmente existe variação genética dentro das cultivares, o que mascara os resultados. Além disto, todo o material a ser utilizado, se possível, deverá ser proveniente de colheitas de um mesmo ano agrícola e sementes de tamanho semelhante.

As cultivares IR 30 e CICA 4, embora tenham apresentado respostas altamente significativas aos componentes cúbico e quarto grau, respectivamente, manifestaram, no entanto, uma certa tendência à linearidade, evidenciado pelos valores de F e pelo coeficiente de determinação, demonstrando assim, de certa forma, sua capacidade de reação aos níveis de calagem adotados. Por outro lado, a significância para o componente quarto grau para as cultivares Pratão Precoce e IAC 164 demonstra até certo ponto, a sua falta de reação à aplicação de níveis crescentes de calagem. A cultivar Salumpikit, não muito conhecida nas regiões brasileiras, apresentou alta significância para o componente linear, evidenciando sua inadaptabilidade às citadas condições, Quadro 18, Figura 4.

Considerando-se a soma das características agronômicas analisadas e o comportamento das distintas cultivares, pode-se dizer que, pelos resultados obtidos, as cultivares Pratão Precoce e IAC 164 atingiram produções máximas com a aplicação de 1 tonelada de calcário por hectare, enquanto as demais, de um modo geral, exigiram a dose mais elevada para obter seu potencial máximo de rendimento.

De um modo geral, conforme já foi salientado, as cultivares

nacionais de porte alto, Pratão Precoce e IAC 164, apresentaram um melhor comportamento, tanto em rendimento absoluto do peso da matéria seca total, em todos os níveis de calagem, como os mais altos valores para índice de tolerância ao alumínio, em detrimento às cultivares Salumpikit, IR 30 e CICA 4.

A cultivar Pratão Precoce, recomendada para o sistema de cultivo de sequeiro, foi originada pela seleção massal dentro da cultivar Dourado Precoce, enquanto que a IAC 164, de mesma recomendação anterior, foi obtida a partir da hibridação entre as cultivares Dourado Precoce e IAC 1246 na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Campinas, SP, Quadro 5. É importante ressaltar que o progenitor comum a ambas , a cultivar Dourado Precoce é originada e cultivada tradicionalmente nas condições do Brasil Central com ampla adaptação às diferentes condições de cultura de arroz de sequeiro. Selecionado através dos anos, este germoplasma primitivo, devido a sua grande diversidade genética e à adaptabilidade às condições do cerrado brasileiro com baixa disponibilidade de água, provavelmente, contribuiu para conferir tolerância genética ao alumínio às cultivares Pratão Precoce e IAC 164. Resultados semelhantes foram relatados por FOY, LAFEVER, SCHWARTZ & FLEMING (17) com a cultura do trigo. Avaliando cultivares comerciais e linhagens experimentais de programas de melhoramento em solos com tratamentos de 0 e 3.000 ppm de $CaCO_3$ , estes autores concluíram que cultivares de trigo mais antigas, desenvolvidas em solos ácidos, usualmente, possuíam maior tolerância do que aquelas desenvolvidas em solos em ausência de alumínio tóxico.

Por outro lado, as entradas IR 30 e CICA 4 são originadas dos programas de melhoramento do IRRI (International Rice Research Institute) e CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), respectivamente, para as condições de cultura de arroz irrigado. Estas cultivares, obtidas em programas de melhoramento recentes, denominadas de plantas de porte moderno, aproxima-se bastante do tipo de planta idealizada por JENNINGS (22, 23) e SANCHEZ (46), ou seja, plantas de baixa e média estatura, resistentes ao acamamento, com elevado perfilhamento e folhas eretas para melhor uso da radiação solar, são aquelas que apresentam melhores condições de produtividade. Segundo estes autores, o tipo da planta, aliado a outras características agronômicas, como por exemplo, resistência às doenças e pragas, é de suma importância para obtenção de elevados rendimentos com a cultura do arroz, Nas condições do Rio Grande do Sul, sob o sistema de produção irrigado, a cultivar CICA 4 apresentou altos rendimentos e bom comportamento agronômico em vários ensaios regionais do Estado, SILVA (49). No presente ensaio, no entanto, estas cultivares apresentaram um desempenho inferior às cultivares de porte alto, tradicionalmente utilizadas no Brasil. Isto provavelmente ocorreu devido à baixa disponibilidade de água em que o trabalho experimental foi conduzido e, principalmente, a falta de adaptação destas cultivares às condições dos solos sob vegetação de cerrado.

Os resultados aqui apresentados confirmam a grande importância da tolerância genética ao alumínio e realçam as diferenças de respostas aos níveis de calagem existentes entre as cultivares de arroz conforme observaram HOWELER & CADAVID (21). Em ensaios de

rendimento de grãos, conduzidos por estes autores em Oxisolos da Colômbia, semelhantes aos solos de cerrado do Brasil, ficou evidenciado que as cultivares de arroz de porte alto, Bluebonnet 50 e Monolaya, tradicionais de áreas de solos ácidos, não apresentaram relativamente reação à calagem, exigindo somente pequenas aplicações de calcário, enquanto as cultivares de porte baixo IR 8 e CICA 4 apresentaram reação marcante, exigindo grandes quantidades do citado corretivo para obter seu potencial de rendimento. A partir de um estudo de correlação entre altura da planta de arroz e valores do comprimento relativo de raízes, estes mesmos autores observaram que, em geral, plantas altas eram mais tolerantes ao alumínio que as plantas baixas. Resultados idênticos foram citados por SPAIN (50), com cultivares de arroz de porte baixo, derivados dos programas de melhoramento do IRRI (International Rice Research Institute), mostrando claramente a sua suscetibilidade aos fatores dos solos ácidos

Pela análise comparativa entre os resultados obtidos em ambos ensaios, pode-se dizer que, a diferença no comportamento das cultivares foi devido, em grande parte, à condição de umidade utilizada em cada um dos ensaios. Isto reforça a observação feita anteriormente e realça a necessidade de se estabelecer um nível crítico de umidade no solo para se avaliar, sob condição de vaso, cultivares de arroz adaptadas a sequeiro ou irrigado. Sugere-se também, em futuros trabalhos, por ocasião da colheita, tomar como referência um determinado estádio do ciclo vegetativo das cultivares ao invés de uma data pré-determinada para todas. Desta forma elimina-se o possível benefício conferido às cultivares mais precoces.

Outro fator de importância relevante a ser considerado é com relação à classificação das cultivares quanto à tolerância aos altos níveis de saturação de alumínio. No trabalho de FAGÉRIA & ZIMMERMANN (12) a nível de solução nutritiva, estimando-se os índices de tolerância para comprimento de raíz, observa-se que as cultivares que se destacam não são as mesmas, quando o grau de tolerância é baseado na equação de regressão utilizada por estes autores. No presente trabalho, as cultivares que se destacaram quanto ao índice de tolerância para o peso de matéria seca total foram Pratão Precoce, com um desvio padrão acima da média e a IAC 164 com um valor um pouco inferior, sendo que Salumpikit, IR 30 e CICA 4 , apresentaram valores inferiores ao índice médio. Verifica-se no Quadro 18 que, para esta característica, o ajustamento da equação de regressão para as cultivares Pratão Precoce, IAC 164 e CICA 4 mostrou significância para o componente quarto grau, cúbica para IR 30 e Linear para Salumpikit. Observa-se então que o componente quarto grau para a cultivar CICA 4 é classificada como de tolerância alta de acordo com FAGÉRIA & ZIMMERMANN (12), no entanto, seu índice de tolerância estimado foi considerado como o menor e inferior ao índice médio entre as cultivares testadas. Assim, os resultados evidenciam que o emprego de regressão nem sempre é um bom critério para classificação de cultivares, quanto a tolerância a altos níveis de saturação de alumínio, pois, como no caso presente, não fornece uma visualização do rendimento relativo nos níveis extremos, como também não informa acerca do comportamento de uma cultivar em relação à média geral do total testado.

Os resultados obtidos neste experimento demonstram mais

[redacted]

uma vez, a necessidade dos programas de melhoramento genético serem conduzidos nos ambientes em que as cultivares serão utilizadas. As cultivares de arroz de porte baixo, recentemente obtidas nos programas de melhoramento dos Centros Internacionais de Pesquisa, para sua ampla utilização no Brasil, necessitam ser melhoradas com relação à sua adaptação a pequena disponibilidade de água, em determinados períodos de desenvolvimento da cultura, e a alta saturação de alumínio , que são comuns nos solos sob vegetação de cerrado.

## 6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos para as condições em que foi realizado este trabalho experimental, podem-se delinear as seguintes conclusões :

a. Ao nível de 3,0 t/ha de $Ca(OH)_2$ , as cultivares de arroz avaliadas apresentaram, em média, uma pequena resposta em termos de produção de matéria seca total, com acréscimo de apenas 19,4% em relação à obtida na ausência de calagem.

b. As cinquenta cultivares avaliadas no primeiro ensaio apresentaram acentuada variabilidade, em relação aos níveis de saturação de alumínio utilizados, tendo se destacado como as mais tolerantes , Khao Keo, Kanan, IR 30, Nº 79 Guyana, Pusur e CICA 4. Neste ensaio, provavelmente devido à maior disponibilidade de água, cultivares de arroz tradicionalmente recomendadas para o cultivo em condições de cerrado, não se sobressaíram, tendo ocupado uma posição intermediária.

c. Na segunda avaliação, as cultivares tradicionais de porte alto, Pratão Precoce e IAC 164, apresentaram melhor desempenho aos níveis de saturação adotados, tendo uma pequena reação à calagem , em detrimento as cultivares de porte baixo CICA 4 e IR 30.

d. Os resultados mostraram a necessidade de se avaliar em separado, as cultivares de arroz de sequeiro e irrigado, com os devidos cuidados para a utilização de um material geneticamente uniforme. Também foi evidenciado a necessidade de se estabelecer um nível crítico de umidade no solo para a condução de trabalhos semelhantes a este, bem como definir o momento de corte das plantas, em função de um determinado estádio de ciclo vegetativo das cultivares.

## 7. RESUMO

Dois experimentos foram conduzidos sob condições de casa de vegetação na Escola Superior de Agricultura de Lavras, em solo sob vegetação de cerrado, envolvendo cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) e níveis de saturação de alumínio. As cultivares desta espécie foram provenientes do Banco de Germoplasma do Centro Nacional de Pesquisa-Arroz, Feijão (CNPAF/EMBRAPA), Goiânia.

No Experimento I, foram avaliadas cinquenta cultivares de arroz em três níveis de saturação de alumínio (57,5; 6,0 e 2,9%) estabelecidos com base nas dosagens de 0,0; 1,5 e 3,0 t. $Ca(OH)_2$/ha. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, segundo um esquema fatorial 50 x 3, com 3 repetições. Cada parcela foi constituída por um vaso, contendo solo representativo do cerrado da região, ainda não explorado, classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, textura argilosa, relevo suave ondulado. Neste experimento, foram estudadas as características de peso da matéria seca, da parte aérea, do sistema radicular e total (parte aérea + sistema radicular). Os resultados evidenciaram que ao nível de 3,0 t. de $Ca(OH)_2$/ha,

as cultivares de arroz avaliadas apresentaram, em média, uma pequena resposta em termos de produção de matéria seca total, com acréscimo de apenas 19,4% em relação à obtida na ausência de calagem, porém, ocorreu acentuada variabilidade entre as cinquenta cultivares avaliadas na resposta aos níveis de saturação de alumínio, tendo se destacado como as mais tolerantes, Khao-Keo, Kanan, IR 30, Nº 79 Guyana, Pusur e CICA 4.

No Experimento II verificou-se o efeito de cinco níveis de saturação de alumínio obtidos pela aplicação de um calcário dolomítico (0; 0,5; 1,0; 2,0 e 3,0 t./ha), em cinco cultivares, selecionadas a partir de seu comportamento no ensaio preliminar, dispostos em um delineamento em blocos casualizados segundo um esquema fatorial 5 x 5, com 10 repetições. Cada parcela foi constituída por um vaso, contendo solo similar ao do Experimento I. Foram analisadas as seguintes características: comprimento e peso da matéria seca, tanto da parte aérea, quanto do sistema radicular e peso da matéria seca total. Nesta avaliação, as cultivares tradicionais de porte alto , Pratão Precoce e IAC 164 apresentaram um melhor desempenho , em termos de produção de matéria seca, em detrimento às cultivares Salumpikit, CICA 4 e IR 30.

Os resultados mostraram a necessidade de se avaliar em separado, as cultivares de arroz de sequeiro e irrigado, com os devidos cuidados para a utilização de um material geneticamente uniforme . Também foi evidenciada a necessidade de se estabelecer um nível crítico de umidade no solo para a condução de trabalhos semelhantes a este, bem como definir o momento de corte das plantas, em função de um determinado estádio do ciclo vegetativo das cultivares.

## 8. SUMMARY

Two experiments were carried out under greenhouse conditions at Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, Minas Gerais , Brasil, to evaluate tolerance of rice cultivars (*Oryza sativa* L.) to aluminum saturation levels. The cultivars were obtained at the Banco de Germoplasma do Centro Nacional de Pesquisa - Arroz, Feijão (CNPAF / EMBRAPA), Goiânia, Goiás.

Fifty rice cultivars were evaluated at three aluminum saturation levels (57.5, 6.0 and 2.9%) obtained with 0.0; 1.5 and 3.0 ton $Ca(OH)_2$/ha, respectively , at the experiment one. The experimental design was randomized blocks in a 50 x 3 factorial scheme with 3 replications. Each plot was formed by one pot containing soil sample of a Distrofic Red Yellow Latosol, clayey texture, taken under natural "cerrado vegetation". The following parameters were evaluated: top dry matter weight, root system dry matter weight and total dry matter weight (top plus root system). The results indicated little response of tested rice cultivars to the rate of 3.0 ton $Ca(OH)_2$/ha ( Average

increase of 19% in regard to absence of lime). However, those fifty (50) cultivars have shown a great variability concerning tolerance to aluminum saturation levels. The more tolerant were Khao-Keo, Kanan, IR 30, Nº 79 Guyana, Pusur and CICA 4.

In the second experiment the effect of 5 aluminum saturation levels (53.1, 40.4, 31.9, 15.0 and 7.1%) obtained with 0; 0.5; 1.0; 2.0 and 3.0 ton lime/ha, respectively, was studied on 5 cultivars selected from the results of the first experiment. Both factors were distributed in a design of randomized blocks in a 5 x 5 factorial scheme with 30 replications. Each plot consisted of one pot containing the same soil used for experiment one. The following parameters were evaluated: top dry matter weight and lenght, root system dry matter weight and length and total dry matter weight. The traditional high stature cultivars Pratão Precoce and IAC 164 were found to have better performance concerning dry matter production than cultivars Salumpikit, CICA 4 and IR 30 under high aluminum saturation levels.

The results have shown that high land and irrigated rice cultivars should not be evaluated together, and that a genetically uniform material should be used. It was also found that in this type of study a soil moisture critical level should be determined as well as a previous definition of adequate stage of growth for dry matter evaluation, as function of variability of vegetative cycle of the cultivars.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL - 1980. Rio de Janeiro, FIBGE,1980. V.41, 840p.

2. BRENES, E. & PEARSON, R.N. Root responses of three gramineae species to soil acidity in an oxisol and an ultisol. Soil Science, Baltimore, 116(4):295-302, Oct. 1973.

3. COCHRANE, T.T.; SALINAS, J.G. & SANCHEZ, P.A. An equation for liming acid mineral soils to compensate crop aluminum tolerance. Tropical Agriculture, Trinidad, 57(2):133-40, Apr.1980.

4. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3ª. aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80p.

5. COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. Descrição de variedades de arroz: *Oryza sativa* L. Campinas, IAC, 1980. 13p. (mimeografado).


Goiania, EMBRAPA/CNPAF, 1981. 32p.

14. FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In:CARSON,E.W., ed. The plant root and its environment. Charlottesville , University Press of Virginia, 1974. p.601-42.

15. _____. General principles involved in screening plants for aluminum and manganese tolerance. In: WRIGHT, M.J., ed. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Beltswille , Maryland, 1976. p.255-67.

16. _____; ARMIGER, W.H.; FLEMING, A.L. & ZAUMEYER, W.J. Differential tolerance of dry bean, snapbean and lima bean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agronomy Journal, Madison, 59(6):561-3, Nov./Dec. 1967.

17. _____; LAFEVER, H.N., SCHWARTZ,J.W. & FLEMING, A.L. Aluminum tolerance of wheat cultivars related to region of origen. Agronomy Journal, Madison, 66(6):751-8, Nov./Dec. 1974.

18. GALRÃO, E.Z.; SUHET, A.R. & SOUZA, D.M.G. de. Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) em solo de cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 2(2):129-32, maio/ago. 1978.

19. GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. & WAGNER, E. Potencial agrícola da região dos cerrados brasileiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 15(1):1-17, jan. 1980.

20. HECKLER, J.C.; SOUSA, P.G. & VALARINI, P.J. Competição de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) de sequeiro e irrigado para o Mato Grosso do Sul. Dourados, EMBRAPA-UEPAE de Dourados, 1980. 4p. (Pesquisa em Andamento, 7).

21. HOWELER, R.H. & CADAVID, L.F. Screening of rice cultivars for tolerance to Al-toxicity in nutrient solutions as compared with a field screening method. Agronomy Journal, Madison, 68(4):551-5, July/Aug. 1976.

22. JENNINGS, P.R. Las nuevas variedades de arroz de alto rendimiento para América Latina. In: SEMINÁRIO sobre políticas arroceras en América Latina. Cali, CIAT, 1971, p.21-5.

23. _____. Plant type as a rice breeding objective. Crop Science, Madison, 4(1):13-5, Jan./Feb. 1964.

24. KAMPRATH, E.J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34(2):252-4, Mar./Apr. 1970.

25. KERRIDGE, P.C.; DAWSON, M.D. & MOORE, D.P. Separation of degrees of aluminum tolerance in wheat. Agronomy Journal, Madison, 63(4):586-91, July/Aug. 1971.

26. KONZAK, C.F.; POLLE, E. & KITTRICH, J.A. Screening several crops for aluminum tolerance. In: WRIGHT, M.J., ed. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Beltswille, Mariland, 1976. p.311-27.

27. LAFEVER, H.N.; CAMPBELL, L.G. & FOY, C.D. Differential response of wheat cultivars to Al. Agronomy Journal, Madison, 69(4):563-8, July/Aug. 1977.

28. LIMA, P.C.; RAMALHO, M.A.P. & MELO, B. de. Comparações entre métodos estatísticos utilizados para avaliar a tolerância à toxicidade do alumínio. In:CONFERENCIA INTERNACIONAL DE

BIOMETRIA, 10., Guarujá, 1979. Resumos... Guarujá, Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 1979 . p.106.

29. LOPES, A.S. Available water, phosphorus fixation and zinc levels in Brazilian cerrado soils in relation to their physical, chemical, and mineralogical properties. Raleigh, NCSU, Department of Soil Science, 1977. 189p. (Thesis PhD.)

30. _____. Notas de aula do curso de fertilidade dos solos . Lavras, ESAL, Departamento de Ciência do Solo, 1978. 235p.

31. _____. A survey of the fertility status of soils under "cerrado" vegetation in Brasil. Raleigh, NCSU, Department of Soil Science, 1975. 138p. (Thesis MS).

32. MacLEOD, L.B. & JACKSON, L.P. Aluminum tolerance of two barley varieties in nutrient solution, peat, and soil culture. Agronomy Journal, Madison, 59(4):359-63, July/Aug. 1967.

33. MELO, B. de. Tolerância da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à saturação de alumínio, em condições de casa de vegetação , para solo sob cerrado. Lavras, ESAL, 1980. 56p. (Tese M.S.)

34. MOHR, W. A influência da acidez sobre a fertilidade dos solos. In: CONGRESSO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1., Campinas, 1960. Anais... Porto Alegre, Secretaria de Agricultura - DEMA, 1960. p.62-75.

35. MORAIS, O.P. de & SOARES, P.C. Competição regional de cultivares de arroz de sequeiro. In: PROJETO Arroz; relatório 77/78. Belo Horizonte, EPAMIG, 1980. p.68-75.

36. MUZILLI, O. & KALCKMANN, R.E. Análise de assistencia - interpretação de resultados e determinação de níveis críticos . I. Determinação de níveis críticos da acidez. Boletim da Universidade Federal do Paraná: Agronomia, Curitiba, (1):1-18, set. 1971.

37. NOGUEIRA, F.D. Efeitos do alumínio no sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench). Piracicaba, ESALQ, 1979. 120p. ( Tese de Doutorado).

38. OLMOS, J.I. & CAMARGO, M. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua característica e distribuição. Ciência e Cultura, São Paulo, 28(2):171-8, fev. 1976.

39. PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. Advances in Agronomy, New York, 24:29-26, 1972.

40. _____. Screening rice for tolerance to mineral stresses . In: WRIGHT, M.J., ed. Plant adaptation to mineral stresses in problem soils. Beltsville, Maryland, 1976. p.341-53.

41. RAMALHO, M.A.P. Relatório anual do sub-projeto: "Melhoramento genético visando adaptação de cultivares de plantas aos solos sob vegetação de cerrado. I. Identificação de plantas tolerantes. Lavras, ESAL, 1979. 43p.

42. RASSINI, J.B. A cultura de arroz (*Oryza sativa* L.) de sequeiro na região dos cerrados. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1978. 12p. (Comunicado Técnico,3).

43. REID, D.A. Genetic potentials for solving problems of soil mineral stress: Aluminum and manganese toxicities in the cereal

grains. In: WRIGHT, M.J., ed. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Beltsville, Maryland, 1976. p.55-64.

44. REID, D.A.; FLEMING, A.L. & FOY, C.D. A method for determining aluminum response of barley in nutrient solution in comparison to response in Al-toxic soil. Agronomy Journal, Madison, 63(4):600-3, July/Aug. 1971.

45. _____; JONES, G.D.; ARMIGER, W.H.; FOY, C.D.; KOCK, E.J. & STARLING, T.M. Differential aluminum tolerance of winterbarley varieties and selections in associated greenhouse and field experiments. Agronomy Journal, Madison, 61(2):218-22, Mar./Apr. 1969.

46. SANCHEZ, P.A. Tecnicas agronomicas para optimizar el potencial productivo de las nuevas variedades de arroz en America Latina. In: SEMINARIO sobre politicas arroceras en America Latina. Cali, CIAT, 1971. p.27-43.

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

48. SILVA, P.D. da. CICA-4 - Nova e promissora variedade de arroz para o clima tropical. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, 25(268):33-6, jul./ago. 1972.

49. _____. Sistema de produção para as variedades de arroz de porte moderno. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, 29(296):50-60, nov./dez. 1976.

50. SPAIN, J.M. Field studies on tolerance of plant species and cultivars to acid soil conditions in Colombia. In: WRIGHT, M.J., ed. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Beltsville, Maryland, 1976. p.213-22.

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

52. WOLF, J.M. Probabilidades de ocorrência de períodos secos na estação chuvosa para Brasília, D.F. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 12:141-50, 1977.

53. _____ & SOARES, W.V. Características de umidade de um latosol vermelho escuro do Distrito Federal. Pesquisa Agropecuária Brasileira; série Agronomia, Brasília, 11(12):101-5, 1976.