**Absorção Cumulativa de Nutrientes Minerais em
Dois Cultivares de Arroz (*Oryza sativa* L.),
Cultivados em Três Níveis de
Disponibilidade d'Água**

Renato Mário del Giudice

Orientador: Prof. Dr. Henrique Paulo Haag

*Tese Apresentada à Escola Superior
de Agricultura «Luiz de Queiroz»,
da Universidade de São Paulo, para
Obtenção do Título de Doutor em
Agronomia.*

*PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1982*

À

Minha Esposa e a Meus
Filhos, Dedico Este
Trabalho.

O autor deseja expressar seus agradecimentos:

- À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade da realização do Curso de Pós-Graduação.
- À Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelo assentimento a este curso;
- À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos;
- Ao Professor Dr. Henrique Paulo Haag pela orientação, pelo estímulo e pelas demonstrações de amizade e consideração;
- Ao Professor José Tarcísio Lima Thiebaut pela ajuda nos trabalhos estatísticos;
- Aos Professores Dr. Antônio Roque Dechen, Dr. Eujandir Wilson de Lima Orsi, Dr. Jairo Teixeira Mendes Abrahão e Dr. Ronaldo Ivan Silveira pela análise, sugestões e correções do texto;
- À Celi Duarte de Castro, pela execução do esmerado trabalho datilográfico;

O autor deseja, ainda, expressar seu reconhecimento póstumo ao Professor Gilberto Diniz de Oliveira, pela ajuda nos trabalhos de análises químicas.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Consumo d'água	24
4.2. Desenvolvimento da planta	26
4.3. Acumulação de nutrientes minerais	34
4.3.1. Na planta	34
4.3.1.1. Nitrogênio	34
4.3.1.2. Fósforo	38
4.3.1.3. Potássio	41
4.3.1.4. Cálcio	45
4.3.1.5. Magnésio	47
4.3.1.6. Enxofre	50
4.3.1.7. Cobre	53
4.3.1.8. Ferro	56
4.3.1.9. Manganês	60
4.3.1.10. Zinco	63
4.3.2. Nos órgãos da planta	66
4.3.2.1. Matéria seca	67
4.3.2.2. Nitrogênio	71
4.3.2.3. Fósforo	75
4.3.2.4. Potássio	79
4.3.2.5. Cálcio	84
4.3.2.6. Magnésio	87

	Página
4.3.2.7. Enxofre	91
4.3.2.8. Cobre	94
4.3.2.9. Ferro	99
4.3.2.10. Manganês	105
4.3.2.11. Zinco	111
4.3.2.12. Distribuição proporcional de ma- téria seca e nutrientes mine- rais nos órgãos da planta de arroz	118
4.4. Produção de grãos	121
4.4.1. Consumo de nutrientes minerais	125
4.4.2. Eficiência de utilização de nutrientes..	127
4.5. Considerações gerais	129
5. CONCLUSÕES	133
6. LITERATURA CITADA	135

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Análise da amostra do solo utilizado no ensaio	22
2. Teores de nutrientes minerais, de matéria seca e número de plantas em duas variedades de arroz em condições de irrigação por submersão contínua	28
3. Teores de nutrientes minerais, de matéria seca e número de plantas em duas variedades de arroz em condições de irrigação intermitente	29
4. Teores de nutrientes minerais, de matéria seca e número de plantas em duas variedades de arroz em condições de "sequeiro".....	30
5. Teores médios de micronutrientes em duas variedades de arroz cultivadas em três regimes de irrigação ...	57
6. Análise de variância dos teores em mg de matéria seca e de nutrientes minerais, determinados nas partes da planta de arroz da variedade 'IAC 1246' nas idades de 105 e 135 dias, em três disponibilidades d'água	68
7. Análise de variância dos teores em mg de matéria seca e de nutrientes minerais, determinados nos órgãos de planta de arroz da variedade 'IR 665-4-5-5' nas idades de 105 e 135 dias, em três disponibilidades d'água	69
8. Teores médios de Matéria Seca contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas	70
9. Teores médios de Nitrogênio contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas	72
10. Teores médios de Fósforo contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas	76
11. Teores médios de Potássio contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas	80

12. Teores médios de Cálcio contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas	85
13. Teores médios de Magnésio contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas	88
14. Teores médios de Enxofre contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas	92
15. Teores médios de Cobre contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas	95
16. Teores médios de Ferro contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas	100
17. Teores médios de Manganês contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas	106
18. Teores médios de Zinco contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas	112
19. Distribuição e acumulação percentual, de matéria seca e de nutrientes minerais nas plantas de arroz da variedade 'IAC 1246'	119
20. Distribuição e acumulação percentual, de matéria seca e de nutrientes minerais nas plantas de arroz da variedade 'IR 665-4-5-5'	120
21. Análise de variância dos dados de produção de grãos das variedades 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5', em três disponibilidades d'água	122
22. Produção de grãos, em kg/ha, obtidos nas duas variedades de arroz, em três disponibilidades d'água ...	123
23. Consumo de nutrientes minerais e produção de matéria seca de duas variedades de arroz em três níveis de disponibilidades d'água	126
24. Eficiência de utilização de nutrientes minerais na produção de grãos	128

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Gráfico da distribuição das chuvas, em quinquídeos e das irrigações ocorridas durante o ciclo da cultura.	25
2. Curvas de regressão da quantidade de matéria seca, em função das idades das plantas	27
3. Curvas de regressão da quantidade de matéria seca, em função das idades das plantas	31
4. Curvas de regressão do número de plantas, em função das idades	32
5. Curvas de regressão da quantidade de N, em função das idades das plantas	35
6. Curvas de regressão da quantidade de P, em função das idades das plantas	39
7. Curvas de regressão da quantidade de K, em função das idades das plantas	42
8. Curvas de regressão da quantidade de Ca, em função das idades das plantas	46
9. Curvas de regressão da quantidade de Mg, em função das idades das plantas	48
10. Curvas de regressão da quantidade de S, em função das idades das plantas	51
11. Curvas de regressão da quantidade de Cu, em função das idades das plantas	54
12. Curvas de regressão da quantidade de Fe, em função das idades das plantas	58
13. Curvas de regressão da quantidade de Mn, em função das idades das plantas	61
14. Curvas de regressão da quantidade de Zn, em função das idades das plantas	64

"CURRICULUM VITAE"

Renato Mário del Giudice, nascido em Viçosa-MG, a 04 de fevereiro de 1923, Engenheiro Agrônomo, 1964, pela Escola Superior de Agricultura da Universidade Rural do Estado de Minas Gerais. Auxiliar de Ensino, 1965 e Professor Assistente por concurso, 1968, do Instituto de Fitotecnia, da Universidade Rural do Estado de Minas Gerais. "Magister Scientiae" em Fitotecnia, 1974, pela Universidade Federal de Viçosa. Professor Adjunto, 1975, e Professor Titular, ambos por concurso, do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa. Presidente do Conselho Técnico de Pós-Graduação, 1978-1979, e Diretor do Centro de Ciências Agrárias, 1979-1982, ambos da Universidade Federal de Viçosa. Quatorze trabalhos publicados como autor e co-autor.

RESUMO

Absorção Cumulativa de Nutrientes Minerais em Dois Cultivares de Arroz (*Oryza sativa* L.), Cultivados em Três Níveis de Disponibilidade D'água.

Renato Mário del Giudice

Prof. Dr. Henrique Paulo Haag
Orientador

Com a finalidade de analisar alguns aspectos de nutrição da planta de arroz submetida a diferentes níveis de disponibilidades d'água, realizou-se ensaio experimental para determinar a acumulação de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da planta. Foram utilizadas das variedades 'IAC 1246', indicada para cultura de "sequeiro", e 'IR 665-4-5-5' para cultura de irrigação por submersão contínua, ambas cultivadas em três disponibilidades d'água: submersão contínua, quando o solo era mantido submerso sob uma lâmina d'água de 10 cm

de espessura; irrigação intermitente, quando a água era repos-
ta no solo toda vez que o seu teor de água disponível era redu-
zido para 50% do seu valor nominal; condições de "sequeiro"
quando o suprimento d'água para a cultura era feito a expen-
sas exclusiva das chuvas. As plantas analisadas foram colhidas
aos 15 dias de vida, início do perfilhamento; aos 45 dias, per-
filhamento máximo; aos 75 dias, fim da fase vegetativa; aos
105 dias, início do florescimento; e aos 135 dias, maturação.
Ainda aos 105 e 135 dias, colheram-se, também, plantas para de-
terminar o acúmulo desses nutrientes minerais na folha, na fo-
lha-bandeira, no colmo e na panícula, e os resultados, subme-
tidos a análises estatísticas adequadas.

Concluiu-se que:

1) A restrição d'água influenciou o acúmulo de
nutrientes na planta;

2) O comportamento das duas variedades, diante
da variação do suprimento d'água, foi diferente. Na variedade
'IAC 1246', de "sequeiro", aumentou o acúmulo de nutrientes mi-
nerais, ao passo que na variedade 'IR 665-4-5-5', de submersão
contínua, esse acúmulo foi reduzido;

3) O consumo de nutrientes por unidade de área
reduziu-se com a restrição d'água. Na 'IAC 1246', esse fato
foi consequência da redução do teor de matéria seca por planta
e do número de plantas por área, ao passo que na 'IR 665-4-5-5',
além dessas, ocorreu também a redução dos teores de nutrientes
na planta.

4) Nas duas variedades, a restrição d'água de-

terminou redução na produtividade de grãos, maior que aquela ocorrida no consumo de nutrientes minerais por unidade de área.

SUMMARY

Cumulative Uptake of Mineral Nutrients by Two Rice Cultivates (*Oryza sativa* L.) Under Conditions of Three Levels of water.

Renato Mário del Giudice

Prof. Dr. Henrique Paulo Haag
Adviser

An experimental trial was made to determine the accumulation of N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn and Zn in the aerial part of rice plants with the main purpose of analyze some nutrition aspects of rice plants submitted to different levels of water availability. The cultivates used were: 'IAC 1246' recommended for non-irrigated growing and 'IR 665-4-5-5' recommended for flooded growing. Both cultivates were treated under three levels of water availability: continuous flooding - with the soil maintained continuously under a 10 cm layer of

water; intermitent irrigation with sufficient water to replenish the soil water applied when the water availability of the soil reached 50%; and non-irrigated, the water supply depending exclusively on the rainfall. The plants were cut and analyzed at the following stages: 15 days after germination beginning of tillering; 45 days, tillering; 75 days, end of the vegetative stage; 105 days, beginning of flowering and 135 days-maturity. The determination of the storage of the mineral nutrients on the leaf, flag-leaf, stalk and panicle, was made from plants collected at 105 and 135 days.

Conclusions:

1) Water restriction did influence the storage of nutrient in the plant;

2) The two cultivates behaved differently under the various levels of water supply. Under water restriction the 'IAC 1246' cultivate (non-irrigated cultivate) increased the storage of mineral nutrients, while the 'IR 665-4-5-5' cultivate reduced this storage;

3) The consumption of nutrients per unit area was reduced with the restriction of water supply. For the 'IAC 1246' cultivate, this reduction was the consequence of the, decrease of dry matter content plant and of the number of plants per unit area, while for the 'IR 665-4-5-5' cultivate there was also a reduction of the nutrient content of the plant.

4) The cultivate submitted to water restriction showed greater reduction in grain yield than in the consumption of nutrients per unit area.

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um cereal de importância na alimentação do homem, em quase todos os países do mundo. Mais de dois terços da população humana do globo terrestre tem o arroz como sua alimentação básica (GRIST 1970). Entre os cereais cultivados no mundo, o arroz coloca-se logo abaixo do trigo, em área cultivada e produção (FAO 1981).

A produção mundial de arroz em casca, em 1980, foi de 399 779 000 toneladas, colhidos em 145 105 000 hectares, com um rendimento médio de 2 751 kg/ha, sendo o continente Asiático responsável por 38% dessa produção (FAO 1981)..

O aumento da produção mundial de arroz, nos últimos 5 anos, foi de 12%, ao passo que a área cultivada, no mesmo espaço de tempo, aumentou de apenas 3,3%, denunciando um significativo aumento na eficiência de rendimento da cultura (FAO 1981).

No Brasil, o arroz é participante obrigatório da alimentação diária do brasileiro de todas as camadas sociais. A produção brasileira de arroz em casca, em 1980, foi de 9 446 000 toneladas, representando 65% da produção obtida na América do Sul e a 2,4% da produção mundial. Praticamente, toda a produção brasileira é destinada à demanda interna, que representa hoje um consumo aparente de aproximadamente 75 kg "per capita" ano (BRASIL 1980). Seu cultivo desenvolve-se em todos os Estados da Federação, sendo que alguns deles se destacam pela sua produtividade e produção (BRASIL 1980). É feito em três modalidades distintas de suprimento d'água: arroz irrigado por submersão contínua, quando o suprimento d'água à cultura é feito em regime de saturação e submersão do solo, em água, durante o ciclo da cultura, como ocorre em Região Sul do País e em outras áreas, de menor importância em várias regiões do País;- o "arroz de sequeiro", ou de "terras altas", cultivado em vários Estados, onde o suprimento d'água à cultura fica — na dependência exclusiva das chuvas;- em áreas isoladas, de menor importância econômica, o arroz é também cultivado em várzeas onde o suprimento d'água, além da chuva, é feito pelo fluxo ascendente da água do lençol freático, localizado próximo à superfície, quase sempre com afloramentos que determinam a saturação, em água, da superfície do solo, tornando-o encharcado, o que dificulta a movimentação de máquinas, implementos e onera o controle de ervas daninhas e outras práticas culturais.

A cultura de arroz por submersão contínua é a cultura que apresenta o mais elevado nível tecnológico, com

os maiores índices de produtividade. É a modalidade de cultivo do arroz mais estudada, tanto sob o ponto de vista do comportamento de variedades quanto sobre as características de solo, de adubação, de nutrição, de manejo d'água e de outras técnicas culturais (SLATYER 1971).

Na última década, a produtividade da cultura de arroz irrigado foi significativamente aumentada pela criação de variedades de porte baixo, com uma arquitetura foliar ajustada para maior eficiência fotossintética (ISHIZUKA 1971), associados a maior eficiência, da planta, na absorção e metabolização dos elementos nutritivos, permitindo que o aumento da disponibilidade de nutrientes resulte no aumento da produção de grãos (MURATA 1971). Apesar disso, os cientistas de todo o mundo já adotaram um consenso de que para atender à demanda de alimentos de uma população humana crescente, haverá necessidade do aproveitamento de todas as áreas de baixadas disponíveis, e desenvolver, ainda, em "terras altas", um eficiente sistema de produção de arroz (REYNIERS 1976); (IRRI 1979).

Da área total explorada com a cultura de arroz no Brasil, aproximadamente 14% é cultivada em regime de irrigação por submersão contínua, a qual contribui com 27% da produção brasileira. Os restantes 86% da área são cultivadas em regime de "terras altas", representando 73% da produção brasileira de arroz em casca.

A produtividade média brasileira é inferior à produtividade média mundial. Esse fato pode ser justificado

pela participação, na produtividade média brasileira, da produtividade do arroz de "terras altas", que sempre se mostra baixa em decorrência das características da cultura que se desenvolve a expensas exclusiva da água de chuvas, quase sempre irregulares. Além disso, boa parte do arroz de "terras altas" é cultivado, como "cultura de desbravamento", em solos pobres e ácidos de cerrados, destinados à implantação de pastagens permanentes, para pastoreios extensivos.

A adaptabilidade da planta de arroz às condições de meio ambiente é um caráter essencialmente genético. Dessa forma, pode-se entender que variedades selecionadas para mostrar satisfatória produção de grãos em cultura irrigada não poderão apresentar a mesma resposta quando submetida à deficiência hídrica (SPRAGUE 1971).

O Brasil apresenta tradição na cultura de arroz em "terras altas" e possui um sem número de variedades adaptadas a essas condições.

Admitindo-se a hipótese de que a absorção adequada de nutrientes pela planta de arroz esteja condicionada à sua adaptabilidade a níveis de disponibilidade d'água, entendeu-se que o conhecimento específico dessa característica propiciaria condições mais racionais para o estabelecimento de adubações e de indicações corretas quanto ao uso de variedades, em função da modalidade do sistema de irrigação da cultura (MELSTED *et alii* 1969), (WELCH 1977) e (ALDRICH 1977).

Este trabalho visa a estudar a absorção cumulativa dos elementos nutritivos essenciais, nitrogênio, fósfo-

ro, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco, em três níveis de disponibilidade d'água, por duas variedades de arroz com adaptabilidade diferente a níveis de disponibilidade d'água.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão bibliográfica visou a pesquisar a existência de trabalhos semelhantes ou correlatos que permitissem suporte científico e metodológico a esta pesquisa.

Observou-se que o interesse dos pesquisadores com relação à absorção cumulativa de nutrientes pela planta de arroz aumentou, na última década, com o aprimoramento das técnicas das análises e com o aparecimento de variedades de porte baixo, estruturalmente organizadas para maior eficiência fotossintética e geneticamente selecionadas para maior resposta, em produção de grãos, à disponibilidades de nutrientes.

A maior produtividade dessas variedades estaria condicionada, além das características genéticas da planta, segundo WARD *et alii* (1977), a uma disponibilidade maior de nutrientes minerais no solo, bem como a um eficiente manejo da água de irrigação (IRRI, 1969, 1977).

UEXKULL (1976), mediante farta revisão bibliográfica, demonstrou a importância econômica do uso de adubos

em variedades com elevado potencial de produção de grãos. Analisou a absorção de macro e micronutrientes pela planta de arroz e sugeriu adubações economicamente adequadas para essas variedades. Destacou que, no estágio atual de produtividade da cultura do arroz, o uso de micronutrientes estaria economicamente restrito a Fe, Mn e Zn.

MORAIS (1971), OBERMUELLER e MIKKELSEN (1974), RAGHU *et alii* (1975) e GILMOUR (1977, 1977a), estudando o efeito do manejo d'água de irrigação sobre a agregação e compactação do solo, absorção e acumulação de nutrientes minerais e conseqüente desenvolvimento vegetativo da planta de arroz, estabeleceram correlações entre esses fatores, a acumulação de nutrientes minerais nos tecidos da planta e a produção de palha e de grãos.

JOHN *et alii* (1974) compararam a adaptabilidade de arroz e cevada às condições de anaerobiose determinada pela irrigação por submersão contínua. Demonstraram que o arroz e a cevada não tinham habilidades semelhantes na translocação de ar das folhas para as raízes, que apresentaram atividades respiratórias diferentes em condições de anaerobiose. Verificaram, ainda, que a anaerobiose influenciou, nas duas espécies, a absorção de íons e a produção de matéria seca de raízes.

Progressivamente, desenvolveu-se a consciência de que, para atender à demanda de alimentos de uma população humana crescente, torna-se necessário utilizar, além das áreas úmidas e irrigáveis, potencialmente em condições de serem cul-

tivadas com arroz, outras, em posição topograficamente mais elevadas e com possibilidade de se implantar a cultura de arroz, utilizando-se das águas de chuvas ou de irrigação intermitentes, mediante o uso de variedades adaptadas a essas condições.

CLARK *et alii* (1957) e NANDI e MANDAL (1977) estudaram, em vasos, o efeito da modalidade de irrigação sobre o aumento da disponibilidade de nutrientes minerais. Utilizaram-se de dois tipos de disponibilidade d'água. Numa o solo era mantido submerso por uma lâmina d'água de 2,5cm de espessura, noutra era mantido ligeiramente abaixo da capacidade de campo, visando, com isso, a simular condições de "submersão contínua" e "sequeiro", respectivamente. Concluíram que níveis mais baixos de Fe e Mn nas plantas poderiam ser a causa da menor produtividade de arroz cultivado em condições de "sequeiro"; que a concentração desses elementos na solução do solo pode aumentar com a permanência da submersão do solo, tornando-se mais acentuada com a adição de matéria orgânica, de Fe e de Mn. Nessas condições, poderiam ocorrer injúrias às plantas e redução da produtividade do arroz.

Com a finalidade de estudar o efeito da compactação do solo e da profundidade de aplicação de adubo nitrogenado sobre a absorção de N, produção de grãos e concentração de proteína em arroz e aveia, SINGH *et alii* (1978) realizaram quatro ensaios experimentais, no campo, sob condições de "sequeiro". Concluíram que a compactação do solo contribuía para aumentar o conteúdo de N e a produção de grãos de arroz e de

aveia.

TOTH (1978) analisou o conteúdo de N nas primeiras, nas segundas e nas terceiras folhas, a partir do ápice, de plantas de arroz, em várias idades, estabelecendo correlações entre os teores de N total contidos naquelas folhas, nas idades estudadas e a produtividade de grãos.

Analizando o comportamento do sistema radicular do arroz no aproveitamento do N e da água disponíveis no solo, em condições de "sequeiro", REHATTA *et alii* (1979) concluíram que a análise das interações entre a produção de grãos e os teores de N contidos nas plantas poderia servir como indicadora da redução da disponibilidade de N ou da redução da água disponível no solo, responsáveis pela queda da produtividade, em consequência da falta de chuvas.

WALLIHAN e MOOMAW (1967), BROADBENT e MIKKELSEN (1968), PATRICK *et alii* (1974) e REDDY e PATRICK (1976, 1980), estudando o efeito dos métodos e das épocas de aplicação de adubo nitrogenado na cultura de arroz irrigado, estabeleceram correlações entre esses métodos e épocas de aplicação com a produção de grãos e de palha e os respectivos conteúdos de N.

GARGANTINI e BLANCO (1965) estabeleceram a marcha de absorção dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg na variedade 'Dourado-agulha', cultivada em vasos. Determinaram o conteúdo absorvido desses elementos minerais pelas raízes, parte aérea e grãos, em função da idade da planta, avaliando a quantidade total de nutrientes exportados do solo pela colheita.

Analizando as folhas Y de duas variedades de

arroz - 'IAC 435', cultivada em "submersão contínua" e 'IAC 1246', cultivada em condições de "sequeiro" - em três épocas diferentes, HIROCE e SOUZA (1977) determinaram a concentração de N, P, Ca e Mg nessas folhas, associando esses valores ao estado nutricional da planta.

FURLANI *et alii* (1977), analisando a composição química inorgânica de três variedades de arroz irrigado - 'IR 665-4-5-5', porte baixo e alto potencial de produção; 'IAC 435' e 'IAC 120', ambos de porte médio, com mediano potencial de produção - procedentes do Vale do Paraíba, SP, estabeleceram a concentração de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Zn e Si, na matéria seca da parte aérea, por ocasião da maturação dos grãos.

CIBES e GAZTAMBIDE (1980), com a finalidade de estabelecer sintomas de deficiência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn e B, bem como sua deficiência nos tecidos da planta de arroz, cultivaram-na em solução nutritiva e induziram esses sintomas mediante a omissão do respectivo nutriente na solução nutritiva. Concluíram que a omissão de N, K e Fe de terminou fraco desenvolvimento vegetativo, ao passo que a deficiência de K reduziu o peso fresco e seco das raízes e as de ficiências de Mg, S e B influenciaram seu crescimento. A deficiência do nutriente reduzia sua concentração nos tecidos da planta, à exceção do S e do Fe.

Por sua vez, MANDAL e KHAN (1976), pesquisando em laboratório e em vasos os efeitos de três regimes de disponibilidades d'água - solo seco ao ar, solo submerso e solo com

umidade mantida em valores correspondentes a 50% da capacidade de campo - sobre a transformação do P, adicionado ao solo e sua disponibilidade para a planta de arroz, concluíram que os solos que recebiam água apresentavam maiores teores de P na solução do solo e propiciaram condições para maior produção de matéria seca de plantas, que até os 60 dias de idade a absorção de P era baixa; porém, as plantas desses solos que recebiam água apresentaram uma absorção de P muito maior que a das cultivadas em solo seco.

MILLER (1974) desenvolveu extensa revisão bibliográfica sobre os efeitos do N na absorção de P pelas plantas de arroz. Caracterizou os efeitos dessa interação e analisou os mecanismos responsáveis por ela.

FAGERIA (1976) fixou, utilizando um ensaio experimental, os níveis críticos e os conteúdos adequados de P, K, Ca e Mg em folhas de arroz, da variedade 'IR 8', de porte baixo e alto potencial de produção de grãos.

O estudo de micronutrientes, em arroz, não apresenta sequência lógica; ele segue, antes de tudo, uma sequência econômica, em decorrência do estágio atual da produtividade da cultura (UEXKULL, 1976). Em razão desse fato, os micronutrientes mais estudados em arroz seriam Zn, Fe e Mn. WEERARATNA (1969), WESTFALL *et alii* (1971), GIORDANO e MORTVEDT (1972), YOON *et alii* (1975), RASHID e SHARIF (1976), IRRI (1969, 1977), CHAUDHRY *et alii* (1977) e SAKAL (1977), apresentando resultados de estudos desenvolvidos com a finalidade de estabelecer os efeitos das características dos solos, dos regimes de irriga-

ção, das concentrações de outros nutrientes minerais na solução do solo e das características genéticas das variedades sobre a disponibilidade de Zn e sua absorção pela planta de arroz, concluíram que a disponibilidade de Zn estava relacionada com as características do solo e com os regimes de irrigação; verificaram que, além da capacidade peculiar de cada variedade, a absorção desse nutriente era proporcional à sua concentração na solução do solo; que a presença de outros nutrientes minerais na solução do solo afetava a absorção de Zn. Estabeleceram os níveis deficiente, crítico e tóxico de Zn na planta de arroz, sugerindo a possibilidade do uso de variedades tolerantes à baixa disponibilidade desse elemento nutritivo no solo.

BANERJEE e SHUKLA (1977) estudaram o efeito das alterações do potencial de oxirredução do solo sobre a absorção de Fe, Mn e Zn por plantas de arroz, em condições controladas. Concluíram que as variedades estudadas apresentaram comportamentos diferentes entre si e entre os quatro meios oxirredutores estudados. A máxima absorção de Fe e Mn foi observada no tratamento que apresentava o potencial de redução mais elevado, ocorrendo uma queda gradativa na absorção desses elementos, à medida que se consideravam os tratamentos menos redutores. A absorção de Zn foi maior dentro das condições oxidativas, reduzindo-se gradativamente à medida que aumentava o potencial de redução do solo.

RAMASWAMY *et alii* (1978) realizaram, mediante análise espectrográfica, estudo da composição qualitativa e quantitativa dos micronutrientes presentes nas folhas de duas va-

riedades de arroz, uma delas tolerante e outra suscetível à cercosporiose. Verificaram aumento na concentração de Fe e Mn nas folhas-bandeiras da variedade suscetível, comparativamente à concentração desses elementos nas mesmas folhas da variedade tolerante.

VORM e DIEST (1979), estudando, em solução nutritiva, o efeito da variação do pH, das formas de N e dos níveis de Si e P na absorção e translocação de Fe e Mn, na planta de arroz, estabeleceram a produção de matéria seca e os conteúdos de Fe e Mn nela contidos.

PANDE *et alii* (1976) desenvolveram estudos, em vasos e em condições de campo, com a finalidade de determinar o efeito da aplicação de Cu, Zn, B, Ca e Mo, na produtividade e na composição do arroz, visando a explorar, ao máximo, o potencial de produção das variedades, de porte baixo, originário da sub-espécie Índica. Concluíram que a aplicação de micronutrientes, em combinação com N, P e K, ou isoladamente, aumentou a produtividade de grãos e a concentração de N, Cu e Zn na palha e nos grãos e que o teor de P, na planta, decresceu com o aumento da disponibilidade de Zn.

SINGH *et alii* (1978) estudaram os efeitos dos micronutrientes e seus métodos de aplicação na absorção desses nutrientes pela variedade de arroz 'IR 8' e seus efeitos na composição das folhas e produção de grãos.

GALRÃO *et alii* (1978) estudaram o efeito de micronutrientes no rendimento e na composição química do arroz em um solo de cerrado. Concluíram que a deficiência de Zn foi

a única que provocou decréscimo significativo no rendimento da cultura. Os demais micronutrientes estudados não apresentaram diferenças significativas entre si, apesar de afetarem os teores de Cu, Fe e Zn contidos nas folhas.

A análise do comportamento varietal diante de uma disponibilidade d'água abundante ou restrita, com referência ao desenvolvimento vegetativo, desenvolvimento radicular, absorção de nutrientes minerais, maior resistência à seca, etc..., poderá contribuir para estabelecer correlações que permitam seleções de novas variedades de arroz com maior potencial de produção de grãos, observadas as condições restritas de disponibilidade d'água.

CHERIAN *et alii* (1968) desenvolveram estudos alusivos à absorção de nutrientes minerais pela planta de arroz em condições de "submersão contínua" e em condições de "irrigação intermitente", mantendo a umidade do solo em valores correspondentes à capacidade de campo. Concluíram que o arroz cultivado em "submersão" produziu mais folhas e absorveu mais P e Mn que o cultivado com "irrigação intermitente"; em plantas cultivadas em condições de "submersão" ocorria decréscimo nos conteúdos de K, Ca, Mg e Zn contidos nas folhas; o aumento da disponibilidade de P, para quaisquer das disponibilidades d'água estudadas, aumentou o desenvolvimento vegetativo e o acúmulo desse elemento nas folhas; o aumento das disponibilidades de Fe e Mn não afetou o desenvolvimento vegetativo.

PUSHPAVESA *et alii* (1974), utilizando duas variedades e sete novas seleções de arroz, estudaram a influên-

cia da fotossíntese e de alguns aspectos morfológicos da planta sobre a produção de grãos; concluíram que os resultados obtidos sugeriam que o índice de área foliar, no estágio de florescimento, e a largura da folha-bandeira, seriam os mais importantes indicadores de produtividade, sendo que a espessura da folha poderia ser também usada na seleção de planta com alto potencial de fotossíntese.

REYNIERS *et alii* (1976) analisaram, no Oeste da África, o comportamento de duas variedades de arroz, uma, 'IR 5', com alto potencial de produção adaptada às condições de irrigação por "submersão contínua", e a outra, 'Moroberekan', adaptada às condições de "sequeiro", em dois níveis de disponibilidade d'água. Num desses níveis, o solo foi mantido entre a saturação e a capacidade de campo durante todo o ciclo da planta; noutro, o solo foi mantido próximo à capacidade de campo até a fase de espigamento.

Concluíram os autores que a variedade 'Moroberekan' mostrou-se mais eficiente na produção de grãos, na produção de matéria seca de raízes, no desenvolvimento e na penetração em profundidade do sistema radicular, quando o solo era mantido próximo à capacidade de campo. Em solos saturados d'água, a variedade adaptada à submersão foi mais eficiente na produção de grãos. Em quaisquer dos dois níveis de disponibilidade d'água estudados, a variedade sequeiro foi mais eficiente na produção de raízes e no aproveitamento da água disponível. Sugerem, finalmente, que a análise do desenvolvimento do sistema radicular poderá ser um critério de seleção

de variedades resistentes à seca.

WARD *et alii* (1977) descreveram a relação entre a análise química das plantas e a recomendação para o uso de fertilizantes em cereais. Esclareceram, também, que a variação na composição das plantas era decorrência do comportamento varietal e demonstraram a interferência do meio ambiente na composição química da folha.

SRIVASTAVA *et alii* (1977) estudaram a absorção de Fe em sete variedades de porte baixo e em dez variedades de porte alto. Concluíram que a concentração de Fe na palha foi aproximadamente duas vezes maior que a concentração determinada nos grãos; que as variedades de porte alto consumiram maior quantidade de Fe por peso seco de palha produzida, comparativamente às variedades de porte baixo; que a maior disponibilidade de elementos nutritivos no solo aumentou a absorção e a concentração de Fe na palha e nos grãos; todavia a percentagem de sua distribuição aumentou na palha e diminuiu nos grãos.

Apesar de uma extensa revisão bibliográfica, abrangendo um período de mais de 50 anos, não foi possível verificar a existência de trabalhos semelhantes ao que foi desenvolvido nesta pesquisa. A quase totalidade dos dados obtidos nos trabalhos dos pesquisadores consultados servirá, basicamente, para simples comparação dos teores de nutrientes minerais encontrados neste e nos outros trabalhos. Mesmo assim, nessas comparações deverá ser considerada a heterogeneidade dos dados, em consequência de variações na idade da planta e do órgão analisado, da diversificação de variedades, de metodolo-

gias de análises químicas, de características do solo, de con
dições de clima, de disponibilidades d'água e de nutrientes,
observada nos trabalhos de pesquisa consultados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido durante o ano agrícola de 1976/77 em área pertencente ao Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, localizada a $20^{\circ} 45'$ de latitude Sul e a $42^{\circ} 53'$ de longitude Oeste, a uma altitude média de 649m.

O clima é caracterizado, segundo a classificação de Köppen, como Cwa, mesotérmico úmido, com inverno seco e verão chuvoso. A média anual de precipitação pluvial é de 1 341 mm, dos quais 14% ocorrem no outono e inverno; os restantes 86%, na primavera e verão, períodos mais quentes do ano. A temperatura média anual é 19°C , sendo $26,1^{\circ}\text{C}$ a média das máximas e $14,0^{\circ}\text{C}$ a média das mínimas, com umidade relativa, média anual, correspondente a 80%.

O solo foi classificado pela equipe do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, como Podzólico Vermelho - Amarelo Câmbico, fase terraço.

Procurou-se neste ensaio analisar a absorção

cumulativa dos elementos nutritivos, N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, em duas variedades de arroz, sob três níveis de disponibilidade d'água, nas idades de 15, 45, 75, 105 e 135 dias de vida da planta, contados a partir da emergência das plântulas, correspondendo, respectivamente, ao início do perfilhamento, ao perfilhamento máximo, ao fim da fase vegetativa, ao início do florescimento e à maturação. Aos 105 e 135 dias determinou-se, também, o conteúdo daqueles elementos nutritivos nas seguintes partes das plantas: folha, colmo, panícula e folha bandeira.

As análises para determinação quantitativa daqueles elementos nutritivos foram realizadas nos Laboratórios da Área de Nutrição de plantas do Departamento de Química da Escola Superior da Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, em Piracicaba.

Foram utilizadas as seguintes variedades:

'IAC 1246', variedade criada pelo Instituto Agronômico de Campinas, SP, com 130-135 dias de ciclo, destinada ao cultivo de "sequeiro";

'IR 665-4-5-5', variedade com 130-135 dias de ciclo, criada pelo "International Rice Research Institute" - IRRI - com estudo de adaptabilidade ecológica realizado pelo Instituto Agronômico de Campinas, SP e recomendada para o cultivo em regime de irrigação por "submersão contínua".

Os três níveis de disponibilidade d'água utilizados no ensaio foram, para cada variedade:

1. "Submersão contínua" - quando o solo recebeu água em quantidade suficiente para saturar o solo e mantê-lo submerso numa lâmina d'água de até 10cm de espessura, durante todo o ciclo da cultura, estabelecendo-se renovação

constante da água de irrigação;

2. "Irrigação intermitente" - por aspersão, quando o arroz recebia água necessária para atingir a capacidade de campo, toda a vez que o teor de água disponível no solo correspondia a 50% de seu valor nominal, indicado pela média das leituras de oito blocos de gesso "Bouyoucus Moistures Meter", distribuídos, dois por repetição, a uma profundidade de 25cm (DEL GIUDICE *et alii* 1974);

3. "Sequeiro" - quando o arroz permanecia no campo durante todo o seu ciclo, na dependência exclusiva da água das chuvas.

Para a análise da planta inteira, para cada variedade, os fatores - disponibilidade d'água e idade da planta - foram combinados segundo o esquema de parcela subdividida, no delineamento blocos casualizados em quatro repetições. As parcelas foram as "disponibilidades d'água" e a subparcela as "idades da planta".

Dentro de cada bloco e de cada disponibilidade d'água, no mesmo esquema experimental e para cada variedade, foi estabelecida uma área útil de $5m^2$, para análise de característica "produção de grãos".

Cada bloco, nas disponibilidades d'água: "irrigação intermitente" e "sequeiro", era constituído de 18 fileiras, espaçadas de 50cm e com o comprimento de 6m, para que se permitisse a eliminação de 50cm em cada extremidade, como bordadura. Cada fileira útil era separada por uma fileira bordadura, de tal forma que permitisse a constituição de bordaduras

laterais do bloco, e a composição de cinco parcelas úteis, onde foram sorteadas as fileiras para coleta de plantas nas idades 15, 45, 75, 105 e 135 dias para análise de plantas inteiras. As áreas destinadas à coleta de plantas com 105 e 135 dias de idade, para análise de partes da planta, foram sorteadas, nas duas parcelas seguintes com as mesmas características descritas anteriormente, ficando as duas últimas fileiras, com área útil de $5m^2$, destinadas à obtenção de dados para análise de característica "produção de grãos".

Para a disponibilidade d'água "submersão contínua", o dispositivo era o mesmo descrito anteriormente, reduzindo-se o espaçamento entre fileira para 25cm e aumentando-se para 4 o número de fileiras destinadas à área para produção de grãos, perfazendo, assim, um total de 20 fileiras por bloco.

À exceção da primeira idade, 15 dias, quando se coletaram 50 plantas, todas as demais coletas foram feitas com 10 plantas. As coletas foram feitas entre plantas competitivas, mediante corte do colmo, junto à superfície do solo.

Depois da descontaminação mineral recomendada por SARRUGE e HAAG (1974) o material era submetido à secagem em estufa, com circulação forçada de ar, à temperatura de $70^{\circ} \pm 5^{\circ}C$, até peso constante. Seguia-se a moagem em moinho semimicro, com peneira de 40 malhas por polegada quadrada. O material moído era acondicionado em sacos de papel e posteriormente, analisado para os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn de acordo com os métodos preconizados por SARRUGE e HAAG (1974).

A análise química do solo é apresentada na Tabela nº 1. Com antecedência de noventa dias, realizou-se uma calagem, com utilização de calcário dolomítico, com P.R.N.T. de 82%, na quantidade de 400 kg/ha, aplicado em cobertura e incorporado ao solo mediante gradagem.

Tabela 1. Análise da amostra do solo utilizado no ensaio. *

Componentes da Análise	Valores	Níveis de Fertilidade do Solo **
pH em água (1:2,5)	6,2	acidez fraca
Al trocável eq.mg/100cm ³ do solo	0,2	baixo
Ca + Mg eq.mg/100cm ³ do solo	4,9	médio
Fósforo (P) ppm	26	alto
Potássio (K) ppm	34	médio

* Análise realizada no Departamento de Solos do Centro de Ciências Agrárias na Universidade Federal de Viçosa.

** Avaliação realizada de acordo com: EPAMIG. *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 90p. (3.^a tentativa).

Imediatamente, antes do plantio, que ocorreu em 10 de novembro de 1976, realizou-se uma adubação de 20 Kg de N, 100 kg de P₂O₅ e 60 kg de K₂O, por hectare, sob a forma de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, aplicados e incorporados aos sulcos de plantio. Foi também efetuada uma adubação em cobertura de 40 kg de N por hectare, sob a forma de sulfato de amônio, em todos os

tratamentos, aos 50 dias da emergência das plântulas. Nas disponibilidades d'água "submersão contínua", a aplicação de N em cobertura foi realizada após 48 horas da drenagem da água de irrigação, e a submersão foi estabelecida 48 horas após a aplicação do adubo.

O plantio foi feito em sulcos, com 5cm de profundidade, distribuindo-se 70 sementes por metro de sulco, cobrindo-as, em seguida, com material de solo.

A irrigação por submersão contínua foi iniciada 15 dias após a emergência da plântula.

Os dados obtidos a partir da planta inteira foram submetidos à análise de variância da regressão, e os dados de partes de plantas e de produção de grãos, à análise de variância, de acordo com o modelo estatístico descrito neste capítulo, sendo as médias, quando necessário, comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Consumo d'água

No regime de irrigação por submersão contínua foi consumida, durante o ciclo da cultura, uma vazão média de 1,1 l/s/ha, correspondente a uma precipitação pluvial, média diária de 9,5 mm.

No regime de irrigação intermitente foram feitas cinco irrigações suplementares às chuvas, baseadas nas indicações do "Bonyoncus Moisture Meter", as quais determinaram um acréscimo de água ao solo equivalente a 2 000 m³/ha, durante o ciclo da cultura. A suplementação d'água de irrigação às chuvas permitiu fosse oferecida à cultura o correspondente a uma precipitação pluvial, média diária de 7,5 mm.

A Figura 1 mostra as épocas e as chuvas, em milímetros, agrupadas em quinqüídios, ocorridas durante o ciclo da cultura, indicando, também, as épocas e os volumes das irrigações suplementares. Observa-se que foram realizadas quatro irrigações durante a fase reprodutiva do arroz, período críti-

Figura 1. Gráfico da distribuição das chuvas, em quinquêdeos e das irrigações ocorridas durante o ciclo da cultura.

co, em que a deficiência hídrica poderá acarretar redução na produtividade da cultura. No regime de "sequeiro", a precipitação pluvial foi de 810,0 mm, irregularmente distribuída, correspondendo a uma média diária de 6,0 mm de chuva.

4.2. Desenvolvimento da planta

O desenvolvimento das plantas de arroz, avaliado pela produção de matéria seca, é apresentado, mediante análise de regressão adequada, na Figura 2. As médias de alguns parâmetros observados no ensaio experimental encontram-se nas Tabelas 2, 3 e 4.

No regime de irrigação por submersão contínua as duas variedades apresentaram desenvolvimento estatisticamente iguais em todas as idades estudadas, com produção de matéria seca por hectare também semelhante, uma vez que o número de plantas por unidade de área foi estatisticamente o mesmo para as duas variedades (Figuras 2, 3 e 4).

Nos regimes de irrigação subsequentes, em que as disponibilidades d'água foram diferentes, o desenvolvimento das duas variedades diferiu, não só em razão da disponibilidade d'água, como também em razão do comportamento varietal.

Na irrigação intermitente, a produção de matéria seca por planta (Figura 2 e Tabela 3) foi menor para a variedade 'IR 665-4-5-5', ao passo que a produção da matéria seca por unidade de área (Figura 3) foi semelhante para as duas variedades, porquanto o número de plantas por hectare (Tabela 3 e Figura 4) foi maior para a variedade 'IR 665-4-5-5', com-

Figura 2. Curvas de regressão da quantidade de matéria seca, em função das idades das plantas.

Figura 3. Curvas de regressão da quantidade de matéria seca, em função das idades das plantas.

— 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5' Submersão contínua
 $Y = - 108,7570 + 83,9393x - 0,3354x^2 \quad R^2 = 0,87$

—△— 'IAC 1246' Irrigação intermitente

$Y = 1215,6900 + 17,7978x \quad R^2 = 0,95$

△---△ 'IR 665-4-5-5' Irrigação intermitente

$Y = 1215,6900 + 27,8270x \quad R^2 = 0,95$

○---○ 'IAC 1246' "sequeiro"

$Y = 913,4060 + 32,2175x \quad R^2 = 0,85$

○---○ 'IR 665-4-5-5' "sequeiro"

$Y = - 257,1980 + 109,1530x - 0,5619x^2 \quad R^2 = 0,98$

Figura 4. Curvas de regressão do número de plantas, em função das idades.

pensando, dessa forma, a menor produção de matéria seca por planta. No regime de "sequeiro", caracterizado pela má distribuição e conseqüente deficiência no suprimento d'água, a produção de matéria seca por planta (Figura 2) e por hectare foi sempre menor para a variedade 'IR 665-4-5-5' (Figura 3), muito embora apresentasse sempre maior número de plantas por unidade de área (Tabela 4 e Figura 4). Para a variedade 'IAC 1246', nas condições de "sequeiro", em razão do comportamento irregular na produção de matéria seca por unidade de área, não foi possível ajustar um modelo lógico de regressão que permitisse analisar esse comportamento.

O perfilhamento, avaliado pelo número de plantas por unidade de área, foi sempre maior para a variedade 'IR 665-4-5-5', em todas as idades e nas disponibilidades d'água correspondentes à irrigação intermitente e "sequeiro". No regime de submersão contínua, o ponto de máxima perfilhação ocorreu em torno dos 125 dias, para as duas variedades; no regime de "sequeiro" para a variedade 'IAC 1246', o perfilhamento prolongou-se de maneira constante durante todo o ciclo da cultura. A variedade 'IR 665-4-5-5', cultivada em condições de "sequeiro", apresentou o ponto de máxima perfilhação aos 97 dias de vida. Para a variedade 'IAC 1246', a irrigação intermitente reduziu mais o perfilhamento que o desenvolvimento da planta, ao passo que no regime de "sequeiro" ocorreu não só a redução do perfilhamento, mas também a do desenvolvimento da planta (Tabela 3 e 4). O desenvolvimento das plantas da variedade 'IR 665-4-5-5' foi reduzido mais acentuadamente que o per

filhamento, em razão das disponibilidades d'água (Tabelas 2, 3 e 4 e Figuras 2 e 4). A variedade 'IAC 1246' apresentou o desenvolvimento de plantas maior e o perfilhamento menor que os da variedade 'IR 665-4-5-5', à exceção das condições de irrigação por submersão contínua, quando não se detectou diferença estatística entre esses parâmetros nas duas variedades (Tabela 2, 3 e 4 e Figuras 2 e 4).

4.3. Acumulação de nutrientes minerais

4.3.1. Na planta

4.3.1.1. Nitrogênio

O ponto de máxima absorção de N não foi detectado até à maturação, para as duas variedades, na irrigação por submersão contínua e na irrigação intermitente, indicando que a absorção de N ocorreu, de maneira contínua e crescente, durante todo o ciclo de vida da planta, independentemente das variedades e das duas disponibilidades d'água. Estes resultados não são concordantes com os obtidos por GARGANTINI e BLANCO (1965), que observaram na variedade 'Dourado-Precoce', que o total de N acumulado na planta, foi absorvido até os 110 dias, num ciclo de 150 dias de vida.

A marcha de absorção cumulativa de N foi, durante todo o ciclo de vida da planta, igual para as duas variedades na submersão contínua e semelhante para a 'IAC 1246', na irrigação intermitente (Figura 5).

Para as condições de "sequeiro", não foi pos-

Figura 5. Curvas de regressão da quantidade de N, em função das idades das plantas.

sível estabelecer um modelo lógico de regressão que permitisse analisar o comportamento das plantas das duas variedades relativamente à assimilação e à acumulação de N.

Os teores de N acumulados nas plantas no regime de irrigação por submersão contínua não mostraram diferença estatística significativa entre variedades. A restrição de água influenciou na eficiência de assimilação de N, com diferença de comportamento entre as variedades. A 'IAC 1246' aumentou o acúmulo de N para as condições de irrigação intermitente, ao passo que a variedade 'IR 665-4-5-5' reduziu esse acúmulo comparativamente às condições de submersão contínua. REHATTA *et alii* (1979), estudando o comportamento da planta de arroz diante da deficiência dos suprimentos de água e de N, concluíram que a deficiência de água estimulava a penetração do sistema radicular da planta para horizontes mais profundos do solo, onde havia maior disponibilidade d'água, mas sempre, menor disponibilidade de N. Nessas condições, a deficiência de N afetava mais a produção de matéria seca que a própria deficiência de água. A deficiência hídrica determinava sempre um percentual elevado de N na matéria seca, comparativamente a esse mesmo percentual, que era sempre baixo quando ocorria deficiência de N. De acordo com esse conceito, acredita-se que a menor produtividade de matéria seca das variedades, em condições de "sequeiro", comparativamente às condições de submersão contínua, tenha sido decorrente, entre outras causas, da deficiência de água (Tabelas 2, 3 e 4). A análise dessas Tabelas permite a conclusão de que a absorção de N apesar de crescente durante

todo o ciclo, apresentou acentuado incremento de acumulação por área, a partir dos 75 dias de ciclo. Nas variedades 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5' acumulou-se, até os 75 dias de vida, respectivamente, 21% e 13% do total de N acumulado ao final do ciclo, na irrigação por submersão contínua; na 'IAC 1246' acumulou-se 13% e na 'IR 665-4-5-5' 38% até os 75 dias de vida, do total de N acumulado aos 135 dias, na irrigação intermitente, ao passo que nas condições de "sequeiro" acumulou-se 57% e 94%, respectivamente, para essas variedades. Observou-se que o acúmulo de N nos períodos iniciais do ciclo de vida da planta de arroz aumentou acentuadamente, para a 'IR 665-4-5-5', com a restrição hídrica. PATRICK *et alii* (1974) conduziram, em condições de campo, utilizando N marcado, sob a forma de sulfato de amônio, ensaio experimental para determinar a eficiência de utilização de N pela planta de arroz em condições de solo inundado. Concluíram que a produção de grãos foi significativamente aumentada com o aumento de 56 kg para 112 kg/ha de N e que esse aumento não foi especialmente alto, mas foi maior que o usualmente obtido na região. Esse fato indicou a possibilidade de uso eficiente de maior quantidade de N. REDDY e PATRICK (1976, 1980) estudaram, em condições de campo, usando N marcado, o método de aplicação e a utilização, pela planta de arroz, do N do solo e do N aplicado como fertilizante. Concluíram que a maior produção de grãos foi obtida quando todo o N foi aplicado, precocemente, no início do desenvolvimento da planta. Qualquer que tenha sido a modalidade de aplicação do adubo nitrogenado, a maior concentração de N ocorreu sempre nos grãos. Ve

rificaram estreita correlação entre a produção de grãos e a assimilação do N total, correspondente ao N existente no solo, somado ao adicionado pela fertilização.

4.3.1.2. Fósforo

A absorção de P ocorreu durante todo o ciclo de vida da planta, de maneira crescente e independentemente das variedades e das disponibilidades d'água. Esse resultado coincide com o que foi observado por GARGANTINI e BLANCO (1965) na variedade 'Dourado-Precoce', na qual a absorção de P pela planta de arroz ocorreu também de maneira crescente durante todo o ciclo de vida da planta.

A Figura 6 mostra que a maior quantidade de P acumulado ocorreu na irrigação intermitente, não sendo observada diferença estatística significativa entre as quantidades absorvidas pelas duas variedades, na irrigação por submersão contínua. A marcha de absorção de P, durante todo o ciclo de vida da planta, foi idêntica para as duas variedades na submersão contínua e semelhante para a variedade 'IAC 1246', na irrigação intermitente.

Em condições de "sequeiro" a acumulação de P, pelas duas variedades, foi mais reduzida que as observadas na irrigação intermitente. À medida que se aumentou a disponibilidade d'água, a diferença na eficiência de absorção de P, entre as variedades, diminuiu de tal maneira que foi estatisticamente nula, na irrigação por submersão contínua. MORAIS (1971), OBERMUELLER e MIKKELSEN (1974), MANDAL e KHAN (1976) e GILMOUR

Figura 6. Curvas de regressão da quantidade de P, em função das idades das plantas.

(1977 e 1977a), pesquisando o efeito da água no solo, sobre as transformações do P adicionado ao solo, concluíram que a saturação do solo em água aumentava os teores de P na solução do solo, propiciando condições para maior absorção desse elemento mineral pela planta.

Analisando a Tabela 2 e a Figura 6, verifica-se que a acumulação de P pelas plantas de arroz, por hectare, no regime de submersão contínua, foi pequena no início do ciclo, até os 75 dias, correspondendo a menos de 17% do total de P acumulado aos 135 dias por quaisquer das duas variedades. Dos 75 aos 105 dias observou-se acentuado incremento na absorção de P, que atingiu níveis próximos a 70% do total acumulado no fim do ciclo. No regime de irrigação intermitente, a absorção de P foi diferente da que ocorreu na submersão contínua. Observou-se comportamento varietal diferente na acumulação de P pelas plantas das duas variedades; até os 75 dias, a variedade 'IAC 1246' acumulou 11%, ao passo que a variedade 'IR 665-4-5-5' acumulou 31% dos totais de P obtidos aos 135 dias de ciclo, para as respectivas variedades; aos 105 dias, o P absorvido correspondia a 54% e 74% do total acumulado aos 135 dias, respectivamente, para as variedades 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5' (Tabela 3 e Figura 6). A análise da Tabela 4 e da Figura 6 mostra que, no regime de "sequeiro", a semelhança do que ocorreu na irrigação intermitente, a acumulação de P pelas plantas, por unidade de área, foi diferente para as duas variedades. A 'IAC 1246', até os 75 dias, havia absorvido 31% e a 'IR 665-4-5-5' 65% do total de P; aos 105 dias, o acúmulo foi de

66% para a 'IAC 1246' e de 40% para a 'IR 665-4-5-5', comparativamente ao total acumulado aos 135 dias pelas respectivas variedades.

Para quaisquer dos níveis de disponibilidade d'água, a maior intensidade de acumulação de P ocorreu a partir dos 75 dias de vida, antecipando a acumulação e diminuindo a quantidade acumulada, em razão da menor disponibilidade d'água e da habilidade peculiar de cada variedade.

MANDAL e KHAN (1976), em ensaio experimental, concluíram que a absorção de P pela planta de arroz era baixa até os 60 dias de idade, aumentando, daí para a frente, com maior intensidade, até o final do ciclo, e que o acúmulo de P era sempre maior nas plantas que recebiam mais água, comparativamente às cultivadas com deficiência d'água. MILLER (1974) estudou, com extensa revisão bibliográfica, a absorção de N e P pelas plantas. Concluiu que vários fatores estariam relacionados com a absorção desses nutrientes e reconheceu a existência de sinergismo entre N e P nessa absorção. Estabeleceu o volume de solo e a concentração de N e P, as fontes de N, as superfícies radiculares em contato com P, o desenvolvimento radicular e a capacidade fisiológica da raiz para assimilar N e P como os principais fatores relacionados com a eficiência de absorção de N e P pelas plantas.

4.3.1.3. Potássio

A análise da Figura 7 mostra que a absorção de K pelas plantas de arroz, das duas variedades apresentou características diversas, com relação ao comportamento varietal e à disponibilidade d'água. No regime de irrigação por submersão

Figura 7. Curvas de regressão da quantidade de K, em função das idades das plantas.

contínua, quando ocorreu acúmulos iguais de K nas duas variedades durante todo o ciclo de vida da planta, a absorção de K acentuou-se a partir dos 75 dias de ciclo. Nas condições de irrigação intermitente, para a variedade 'IR 665-4-5-5', não foi possível ajustar um modelo lógico de regressão que permitisse analisar o comportamento dessa variedade na absorção e acumulação de K. Para a variedade 'IAC 1246', na irrigação intermitente, o acúmulo de K desenvolveu-se também de maneira crescente, acentuando-se a partir dos 75 dias de ciclo, à semelhança do que ocorreu com a submersão contínua. No regime de "sequeiro", o acúmulo de K na 'IAC 1246', foi crescente até os 105 dias de ciclo, em torno dos quais, ocorreu a máxima acumulação (Figura 7). Na variedade 'IR 665-4-5-5', o acúmulo máximo absoluto de K ocorreu aos 105 dias, para as condições de irrigação intermitente (Tabela 3); dos 105 aos 135 dias, observou-se também redução do acúmulo de K, à semelhança do que ocorreu com a 'IAC 1246', em condições de "sequeiro". Para o regime de "sequeiro", na 'IR 665-4-5-5', a acumulação de K evoluiu de maneira crescente, com acréscimos iguais durante todo o ciclo de vida da planta (Figura 7).

Na variedade 'IAC 1246' acumulou-se, aos 75 dias, 25%, 14% e 51% do peso total de K acumulado por área, no final do ciclo, respectivamente, para a submersão contínua, irrigação intermitente e condições de "sequeiro", ao passo que na 'IR 665-4-5-5' acumulou-se 9%, 71% e 48%, na mesma sequência de suprimento d'água. Na 'IR 665-4-5-5', na irrigação intermitente, e na 'IAC 1246', no regime de "sequeiro", aos 135

dias do ciclo, perdeu-se, respectivamente, 28% e 38% da quantidade total de K acumulada, por área, aos 105 dias do ciclo (Tabela 3 e 4).

GARGANTINI e BLANCO (1965) estudaram a absorção de nutrientes minerais pela cultura de arroz, utilizando-se da variedade 'Dourado-Agulha', em regime de irrigação por submersão contínua. Concluíram que a absorção e acumulação de K, apesar de ter sido a maior em quantidade, se completou aos 110 dias, de um ciclo total de vida de 150 dias. Os resultados obtidos neste trabalho são discordantes dos obtidos por esses autores, uma vez que, neste trabalho, a acumulação de K evoluiu, de maneira crescente, do início ao fim do ciclo. FURLANI *et alii* (1977) analisando a composição química inorgânica das variedades 'IR 665-4-5-5', 'IAC 435' e 'IAC 120', todas cultivadas em regime de irrigação por submersão contínua, concluíram que a variedade 'IR 665-4-5-5' acumulou menores quantidades de K, quando comparadas com as quantidades acumuladas pelas 'IAC' analisadas. Não há também, nesse caso, concordância de resultados, porquanto, nesta pesquisa, as quantidades de K acumuladas pelas variedades 'IR 665-4-5-5' e 'IAC 1246', na irrigação por submersão contínua, foram idênticas durante todo o ciclo. CHERIAN *et alii* (1968) e OBERMUELLER e MIKKELSEN (1974), analisaram os efeitos de solos submersos, de solos não submersos, do estado de agregação do solo, e do manejo da água de irrigação sobre a acumulação de nutrientes no arroz. Concluíram que a acumulação de K na planta era maior quando cultivada em solos não submersos, destacadamente para aqueles que apresentaram

textura mais fina. O arejamento do solo favorecia o desenvolvimento do sistema radicular, e a textura mais fina aumentava o contato solo raiz, permitindo maior eficiência de assimilação.

4.3.1.4. Cálcio

Durante o ciclo de vida da planta das duas variedades de arroz ocorreu assimilação crescente de Ca, independentemente do comportamento varietal e das disponibilidades d'água (Figura 8).

No regime de irrigação por submersão contínua, não se verificou diferença significativa entre as quantidades acumuladas pelas duas variedades (Figura 8).

Nas condições de irrigação intermitente (Figura 8), observou-se diferenças estatísticas significativas entre as quantidades de Ca acumuladas pelas duas variedades. Na 'IAC 1246' o acúmulo de Ca aumentou ao passo que na 'IR 665-4-5-5' diminuiu, comparativamente às quantidades acumuladas na submersão contínua.

Em condições de "sequeiro", a variedade 'IAC 1246' destacou-se, significativamente, da variedade 'IR 665-4-5-5' na acumulação de Ca, durante todo o ciclo de vida. Comparativamente à irrigação por submersão contínua, ambas as variedades apresentaram sempre, menor acúmulo de Ca.

O comportamento varietal diante da restrição d'água foi diferente para as duas variedades. Na variedade 'IAC 1246' a redução da disponibilidade d'água aumentou a acumulação de Ca, ao passo que na 'IR 665-4-5-5' a restrição d'água reduziu essa acumulação (Figura 8).

Figura 8. Curvas de regressão da quantidade de Ca, em função das idades das plantas.

A restrição na disponibilidade d'água influenciou na eficiência das plantas na acumulação de Ca, durante o ciclo de vida. Na 'IAC 1246' o acúmulo de Ca, aos 75 dias, correspondia a 16%, 10% e 28%, ao passo que para a 'IR 665-4-5-5' correspondia a 7%, 27% e 58%, do total de Ca acumulado aos 135 dias, respectivamente, para a submersão contínua, irrigação intermitente e condições de "sequeiro".

GARGANTINI e BLANCO (1965), trabalhando com a variedade 'Dourado-Precoce' com 150 dias de ciclo, em vasos, em submersão contínua, concluíram que a absorção e acumulação de Ca ocorreu contínua e crescentemente durante todo o ciclo. FURLANI *et alii* (1977), estudando a composição química inorgânica das variedades de arroz 'IAC 435', 'IAC 120' e 'IR 665-4-5-5', em condições de irrigação por submersão contínua, concluíram que a 'IR 665-4-5-5' acumulou mais Ca que as variedades 'IAC' analisadas. Os resultados do presente trabalho não são concordantes com os obtidos por esses pesquisadores, porquanto a 'IR 665-4-5-5' acumulou menos Ca, que a 'IAC 1246', nas três disponibilidades analisadas.

4.3.1.5. Magnésio

Durante todo o período de vida da planta ocorreu assimilação e acumulação crescente de Mg, para as duas variedades de arroz, independentemente das modalidades de suprimento d'água e do comportamento varietal.

No regime de irrigação por submersão contínua, não se verificou diferença significativa entre as quantidades acumuladas pelas duas variedades (Figura 9).

Figura 9. Curvas de regressão da quantidade de Mg, em função das idades das plantas.

Para as condições de irrigação intermitente, observou-se diferença estatística significativa entre as quantidades de Mg acumuladas pelas duas variedades. A variedade 'IAC 1246' mostrou-se mais eficiente na acumulação de Mg, destacando-se, até o final do ciclo, com acúmulo mais elevado desse nutriente mineral (Figura 9).

Nas condições de "sequeiro", observou-se, também, diferença estatística significativa entre as quantidades de Mg acumulada pelas duas variedades. Para essa condição de suprimento d'água, a variedade 'IAC 1246' mostrou-se, sempre, do início ao fim do ciclo, mais eficiente na assimilação de Mg.

A menor disponibilidade d'água influenciou na eficiência de acumulação de Mg, mostrando, cada variedade, comportamento diferente diante dessa restrição d'água. À semelhança do que ocorreu com o Ca, a 'IAC 1246' aumentou e a 'IR 665-4-5-5' diminuiu o acúmulo de Mg com o aumento da restrição d'água, comparativamente às condições de irrigação por submersão contínua.

Relativamente ao acúmulo de Mg por unidade de área, cada variedade mostrou comportamento diferente quanto à marcha de acumulação desse nutriente. Aos 75 dias de idade a 'IAC 1246' havia acumulado 13%, 13% e 35% e a 'IR 665-4-5-5', 6%, 15% e 56%, do total acumulado aos 135 dias, respectivamente, para as condições de submersão contínua, irrigação intermitente e condições de "sequeiro".

GARGANTINI e BLANCO (1965), trabalhando com a variedade 'Dourado-Precoce', com 150 dias de ciclo, em vasos,

em condições de irrigação por submersão contínua, concluíram que a absorção de Mg foi também contínua e crescente durante todo o ciclo. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por esses pesquisadores, uma vez que a assimilação de Mg ocorreu durante todo o ciclo de vida das duas variedades.

FURLANI *et alii* (1977) estudaram a composição química inorgânica, por ocasião da maturação, das variedades 'IAC 435', 'IAC 120' e 'IR 665-4-5-5', em condições de irrigação por submersão contínua. Concluíram que a 'IR 665-4-5-5' apresentou menor quantidade de elementos nutritivos inorgânicos acumulados nos tecidos, comparativamente às variedades 'IAC' analisadas. Os resultados obtidos no presente trabalho não se assemelham aos obtidos por esses autores, uma vez que na irrigação por submersão contínua a 'IR 665-4-5-5' acumulou idêntica quantidade de Mg que a 'IAC 1246'.

4.3.1.6. Enxofre

A análise da Figura 10 mostra que o acúmulo de S ocorreu, de maneira crescente, durante todo o ciclo das plantas de arroz, independentemente da disponibilidade d'água e das variedades analisadas, à exceção do 'IAC 1246', em irrigação intermitente, que apresentou comportamento irregular na acumulação de S, não sendo possível estabelecer um modelo de regressão lógica que permitisse a análise desse comportamento. Na irrigação por submersão contínua, a quantidade de S acumulada pelas duas variedades aumentou, com acréscimos crescentes, durante todo o ciclo de vida da planta e foi idêntica entre as duas variedades. Na irrigação intermitente, a variedade 'IAC

Figura 10. Curvas de regressão de quantidade de S, em função das idades das plantas.

1246' apresentou comportamento irregular, sem modelo lógico de regressão que permitisse análise desse comportamento, ao passo que a 'IR 665-4-5-5' apresentou acumulação crescente mediante acréscimos iguais durante todo o ciclo. Nas condições de "sequeiro", ambas as variedades apresentaram aumento de acumulação de S, através de acréscimos crescentes, durante todo o ciclo da planta. Nessa condição a 'IAC 1246' apresentou o maior e a 'IR 665-4-5-5' o menor acúmulo de S.

À semelhança do que ocorreu com outros nutrientes minerais, apesar do acúmulo crescente desde o início do ciclo, o maior incremento ocorreu, entretanto, a partir dos 75 dias, ocasião em que a 'IAC 1246' havia acumulado 19%, 15% e 36% do total de S obtido no final do ciclo, na submersão contínua, na irrigação e no regime de "sequeiro", respectivamente. Na irrigação intermitente, a 'IAC 1246' apresentou, aos 105 dias, o acúmulo máximo de S, perdendo, posteriormente, até aos 135 dias de vida, 23% da quantidade de S acumulada por hectare. A variedade 'IR 665-4-5-5' acumulava, até os 75 dias de vida, 5%, 22% e 67% do total de S acumulado aos 135 dias de vida, respectivamente para as condições de submersão contínua, irrigação intermitente e "sequeiro". Observou-se que a restrição de água aumentou o acúmulo de S nos períodos iniciais do ciclo de vida da planta, principalmente na variedade 'IR 665-4-5-5' (Tabelas 2, 3 e 4).

A restrição d'água influenciou no comportamento varietal relativamente à acumulação de S. A restrição d'água, determinada pela irrigação intermitente, aumentou o acúmulo de

S nas plantas da variedade 'IR 665-4-5-5' e tornou irregular o comportamento da 'IAC 1246', comparativamente à disponibilidade d'água determinada pela irrigação por submersão contínua. Ainda nessa comparação, no regime de "sequeiro", a variedade 'IAC 1246' aumentou, ao passo que a 'IR 665-4-5-5' reduziu o acúmulo de S.

Os resultados deste trabalho não são concordantes com os obtidos por FURLANI *et alii* (1977), que concluíram que a variedade 'IR 665-4-5-5' acumulou mais S que as variedades 'IAC 435' e 'IAC 120', todas em regime de irrigação por submersão contínua.

4.3.1.7. Cobre

A quantidade de Cu acumulada nas plantas das duas variedades de arroz e nos três níveis de disponibilidades d'água analisadas cresceu continuamente, do início ao final do ciclo, independentemente do comportamento varietal e das disponibilidades d'água (Figura 11). No regime de irrigação por submersão contínua, condição de disponibilidade d'água em que ocorreu o maior acúmulo de Cu, essa acumulação aumentou, com acréscimos iguais, durante todo o ciclo de vida da planta, e a variedade 'IAC 1246' destacou-se significativamente da variedade 'IR 665-4-5-5', no acúmulo desse nutriente. Esses resultados não são concordantes com os obtidos por FURLANI *et alii* (1977), que, analisando a composição química inorgânica das variedades 'IR 665-4-5-5', 'IAC 435' e 'IAC 120', comprovaram que não havia diferença estatística entre as quantidades de Cu acumuladas pelas três variedades, em condições de submersão

Figura 11. Curvas de regressão da quantidade de Cu, em função das idades das plantas.

contínua, na maturação.

Na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro" o acúmulo de Cu nas duas variedades aumentou, com acréscimos crescentes, do início ao fim do ciclo. A marcha de acumulação desse nutriente, durante a vida da planta, foi semelhante entre as variedades, tanto na irrigação intermitente, quanto nas condições de "sequeiro". Dentro dessas duas disponibilidades d'água, a acumulação de Cu nos tecidos da planta, das duas variedades, foi maior que a detectada na planta da variedade 'IAC 1246' no regime de submersão contínua até aproximadamente os 105 dias de idade; daí para frente, até o final do ciclo, diminuiu, mas se manteve sempre, maior que as quantidades acumuladas pela 'IR 665-4-5-5' na submersão contínua. Nas plantas, das duas variedades, em condições de "sequeiro", acumulou-se mais Cu que nas mesmas variedades, na irrigação intermitente.

CHERIAN *et alii* (1968) compararam, por meio de ensaio experimental, o desenvolvimento vegetativo e a absorção de nutrientes minerais, por plantas de arroz cultivadas em condições de irrigação por submersão contínua e irrigação intermitente. Observaram que o maior conteúdo de Cu foi encontrado em plantas cultivadas em regime de submersão contínua. Os resultados deste trabalho não são, totalmente, concordantes com os obtidos por esses pesquisadores, uma vez que, durante parte do período de vida da planta, nas duas variedades, ocorreu maior acúmulo de Cu, nas menores disponibilidades d'água.

Apesar do aumento crescente das quantidades de

Cu nos tecidos da planta, o maior incremento à acumulação ocorreu a partir dos 75 dias de vida, ocasião em que o acúmulo correspondia somente a 10% e a 17% do total de Cu acumulado no final do ciclo, por hectare, respectivamente, para as variedades 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5', na irrigação intermitente. Nas condições de "sequeiro", esses valores correspondiam, na mesma época, a 9% e a 23%, para 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5', respectivamente. O acúmulo de Cu nas plantas diminuiu sempre com o aumento da restrição d'água. Ao final do ciclo de vida, a variedade 'IAC 1246' acumulou, para qualquer das disponibilidades d'água, maior quantidade de Cu por hectare, comparativamente à 'IR 665-4-5-5' (Tabela 5).

4.3.1.8. Ferro

A acumulação de Fe pelas plantas de arroz apresentou diferença estatística significativa entre disponibilidades d'água e variedades, à exceção da irrigação intermitente, condição em que não houve diferença significativa entre as duas variedades (Figura 12). O acúmulo desse nutriente pela variedade 'IAC 1246' na irrigação por submersão contínua aumentou, com acrêscimos crescentes, do início ao fim do ciclo. Para as outras modalidades de suprimento d'água, o acúmulo de Fe cresceu, com acrêscimos iguais, até o final do ciclo de vida da planta, para as duas variedades. O acúmulo máximo desse nutriente mineral ocorreu sempre no final do ciclo; a maior quantidade acumulada de Fe foi encontrada na 'IR 665-4-5-5', em condições de "sequeiro", ao passo que a menor quantidade foi observada nas variedades 'IAC 1246', em condições de "sequei-

Tabela 5. Teores médios de micronutrientes em duas variedades de arroz cultivadas em três regimes de irrigação.

Variedades	Dias			A			Emergência		
	15	45	Após	75	105	135			
	dpm	ug/pl	g/ha	dpm	ug/pl	g/ha	dpm	ug/pl	g/ha
Irrigação por submersão contínua									
Cobre									
'IAC 1246'	0,69	0,04	0,05	1,45	0,52	0,94	2,05	0,93	3,80
'IR 665-a-5-5'	0,76	0,03	0,05	1,59	0,53	1,56	2,20	0,38	2,63
Ferro									
'IAC 1246'	26,73	1,41	1,79	61,08	21,89	39,66	77,34	34,45	144,40
'IR 665-a-5-5'	34,37	1,39	1,98	69,81	23,48	69,30	86,72	14,92	79,65
Manganês									
'IAC 1246'	22,11	1,83	2,07	31,88	13,47	33,77	43,35	7,46	39,83
'IR 665-a-5-5'	23,82	0,90	1,37	34,03	11,44	32,77	43,35	7,46	39,83
Zinco									
'IAC 1246'	9,53	0,50	0,63	23,42	4,81	8,79	16,39	7,30	30,60
'IR 665-a-5-5'	14,02	0,53	0,81	18,85	6,27	10,51	23,50	4,04	21,57
Irrigação Intermitente									
Cobre									
'IAC 1246'	0,68	0,03	0,03	1,55	0,33	0,61	2,10	0,61	1,37
'IR 665-a-5-5'	0,74	0,03	0,05	1,62	0,36	0,90	2,27	1,04	4,08
Ferro									
'IAC 1246'	28,24	1,14	1,29	59,79	12,62	23,28	80,37	23,32	52,59
'IR 665-a-5-5'	32,28	1,21	1,85	68,99	15,21	38,04	85,98	39,44	154,60
Manganês									
'IAC 1246'	24,54	1,01	1,14	35,32	7,52	13,87	44,46	12,90	29,09
'IR 665-a-5-5'	24,76	0,83	1,42	34,45	7,59	18,98	42,30	19,40	76,05
Zinco									
'IAC 1246'	8,41	0,34	0,38	22,42	2,84	4,87	15,56	4,51	10,17
'IR 665-a-5-5'	12,70	0,48	0,73	19,78	4,13	10,33	22,11	10,14	39,74
Regime de Sequeiro									
Cobre									
'IAC 1246'	0,67	0,03	0,03	1,49	0,33	0,51	2,31	1,40	3,41
'IR 665-a-5-5'	0,72	0,03	0,03	1,50	0,11	0,41	2,14	0,79	3,83
Ferro									
'IAC 1246'	27,49	1,14	1,09	58,52	12,81	19,77	77,52	49,64	114,30
'IR 665-a-5-5'	32,23	0,93	1,05	67,20	4,85	18,10	100,87	37,03	179,41
Manganês									
'IAC 1246'	25,04	1,09	1,03	27,39	9,18	12,63	45,11	25,83	67,99
'IR 665-a-5-5'	27,67	0,90	0,91	38,77	2,81	10,48	49,69	18,31	80,71
Zinco									
'IAC 1246'	8,40	0,35	0,33	11,16	2,44	3,77	14,79	9,47	21,80
'IR 665-a-5-5'	14,69	0,42	0,48	20,81	1,48	6,82	24,68	9,46	45,83

Figura 12. Curvas de regressão da quantidade de Fe, em função das idades das plantas.

ro". Esses resultados são semelhantes aos obtidos por FURLANI *et alii* (1977), quando analisaram a composição química inorgânica das variedades 'IR 665-4-5-5', 'IAC 435' e 'IAC 120', os quais concluíram que as quantidades de Fe acumuladas nos tecidos das plantas, em regime de submersão contínua, na maturação, não diferiam muito entre as variedades.

A restrição d'água aumentou o acúmulo final de Fe na planta das duas variedades, destacadamente para a 'IR 665-4-5-5' (Tabela 5).

BANERJEE e SHUKLA (1977), NANDI e MANDAL (1977), analisando o efeito da adição de matéria orgânica ao solo sobre disponibilidades de nutrientes minerais, nutrição e desenvolvimento da planta de arroz, em diferentes regimes de suprimento d'água, concluíram que o estado redutivo do solo, determinado pela submersão contínua prolongada e pela adição de matéria orgânica, aumentava a disponibilidade e conseqüente absorção de Fe pelas plantas de arroz, cultivadas em condições de irrigação por submersão contínua. Essa ocorrência não foi observada neste trabalho, porquanto a acumulação desse nutriente mineral foi menor para a irrigação por submersão contínua, comparativamente às outras duas disponibilidades d'água. CHERIAN *et alii* (1968), GIORDANO e MORTVEDT (1972), OBERMUELLER e MIKKELSEN (1974), PANDE *et alii* (1976), GILMOUR (1977) e GALRÃO *et alii* (1978), analisando a disponibilidade de Fe para a planta de arroz, em conseqüência do estado oxirredutor do solo, concluíram que a redução do solo, decorrente do regime de submersão contínua, aumentava a disponibilidade desse nutriente. Observa-

ram, por outro lado, que essa disponibilidade interagiu com a agregação e com a compactação do solo, com a disponibilidade de P, K, Ca, Mg, Cu, Mn e Zn, com o manejo d'água de irrigação etc..., de tal maneira que a disponibilidade de Fe poderia ser reduzida significativamente, ainda que as condições de redução do solo fossem elevadas. SRIVASTAVA *et alii* (1977), analisando, em condições de campo, a absorção de Fe por dezessete variedades de arroz, de alto potencial de produção, concluíram que essa absorção era influenciada pela variação genotípica das variedades e pela disponibilidade de nutrientes no solo. Os resultados deste trabalho coincidem com os observados por esses pesquisadores, porquanto a variedade 'IR 665-4-5-5' mostrou comportamento diferente do da 'IAC 1246' na acumulação de Fe, no regime de irrigação por submersão contínua e nas condições de "sequeiro".

4.3.1.9. Manganês

A acumulação de Mn pelas plantas mostrou, entre variedades e disponibilidades d'água, diferença estatística significativa (Figura 13). À exceção da variedade 'IR 665-4-5-5', em condições de "sequeiro", na qual o acúmulo de Mn ocorreu durante todo o ciclo, em acréscimos crescentes, todos os demais tratamentos tiveram acúmulo de Mn crescente do início ao fim do ciclo, em acréscimos idênticos, sendo que a marcha de acumulação desse nutriente, durante o ciclo de vida, na submersão contínua, foi semelhante para as duas variedades (Figura 13). A acumulação máxima do nutriente, em ppm, ocorreu

Figura 13. Curvas de regressão da quantidade de Mn, em função das idades das plantas.

sempre no final do ciclo; a maior e a menor quantidade ocorreu na variedade 'IR 665-4-5-5', na irrigação por submersão contínua e na irrigação intermitente, respectivamente. A restrição d'água aumentou o acúmulo de Mn, respeitado o comportamento varietal na assimilação desse nutriente mineral (Figura 13). A variedade 'IR 665-4-5-5', em condições de "sequeiro", aos 75 dias de vida, havia acumulado 32% do total de Mn; os restantes 68% foram acumulados nos últimos 60 dias de vida (Tabela 5).

CHERIAN *et alii* (1969), UEXKULL (1976) e BANERJEE e SHUKLA (1977) comprovaram que ocorria maior absorção de Mn pela planta de arroz, quando o solo era mantido em estado redutor, pela irrigação por submersão contínua. Os resultados deste trabalho não são concordantes com os obtidos por esses autores, uma vez que no regime de irrigação por submersão contínua, não ocorreu a máxima absorção de Mn. IRRI (1969), OBERMUELLER e MIKKELSEN (1974), PANDE *et alii* (1976) e GALRÃO *et alii* (1978) concluíram, mediante ensaios experimentais, que o aumento de concentração de P, K, Ca, Mn, Cu, Fe e Zn, o manejo da água de irrigação e o estado de agregação e de compactação do solo, diminuíam a disponibilidade de Mn, mesmo nas condições de solo reduzido. GILMOUR (1977 a) demonstrou, por meio de ensaio experimental, que a acumulação de Mn na planta de arroz era influenciada pelo comportamento varietal. Os resultados obtidos no presente trabalho, em que se verificou maior acumulação de Mn nas condições de solo oxidado, mostrando, em todos os níveis de disponibilidades d'água, comportamento varietal diferente na assimilação desse mineral, são

concordantes com os obtidos nos trabalhos desses pesquisadores.

4.3.1.10. Zinco

A acumulação de Zn pelas plantas de arroz mostrou diferença estatística entre variedades e disponibilidades d'água (Figura 14). Na submersão contínua, a acumulação evoluiu com acréscimos iguais, durante todo o ciclo de vida da planta. Nas outras disponibilidades d'água, o acúmulo de Zn aumentou com acréscimos crescentes durante todo o ciclo de vida. A marcha de acumulação de Zn, durante todo o ciclo, foi semelhante, para as duas variedades, tanto na irrigação intermitente quanto nas condições de "sequeiro".

Em qualquer das modalidades de suprimento d'água a variedade 'IR 665-4-5-5' acumulou sempre, em todos os estádios, mais Zn que a variedade 'IAC 1246'. Na 'IR 665-4-5-5', e na 'IAC 1246', na irrigação por submersão contínua, verificou-se, respectivamente, o máximo e o mínimo acúmulo de Zn. Na 'IAC 1246' e na 'IR 665-4-5-5', na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro", no final do ciclo, as quantidades de Zn acumuladas nas plantas, foram idênticas para cada variedade (Figura 14).

A maior capacidade da 'IR 665-4-5-5' em acumular Zn foi anteriormente observada por FURLANI *et alii* (1977), que estudaram a composição química inorgânica das variedades de arroz 'IAC 120', 'IAC 435' e 'IR 665-4-5-5' em condições de irrigação por submersão contínua, concluindo que a 'IR 665-4-5-5' acumulou, no estádio de maturação, mais Zn que as outras duas variedades analisadas.

Figura 14. Curvas de regressão da quantidade de Zn, em função das idades das plantas.

RASHID *et alii* (1976) e BANERJEE e SHUKLA (1977) verificaram que o estado redutivo do solo, em decorrência da irrigação por submersão contínua, reduzia, significativamente, a absorção de Zn pelas plantas de arroz, razão por que, na irrigação por submersão contínua, as plantas acumulavam menor quantidade de Zn, comparativamente às condições de terras oxigenadas, em que eram maiores as disponibilidades e conseqüente risco de toxidez. Os resultados obtidos neste trabalho, em que uma das variedades analisadas em condições de submersão contínua acumulou menor quantidade de Zn, comparativamente aos outros regimes de suprimento d'água, são parcialmente concordantes com as conclusões a que chegaram esses autores, relativamente à absorção de Zn pela planta de arroz.

GIORDANO e MORTVEDT (1972) e SAKAL (1977) estudaram, em casa de vegetação e condições de campo, respectivamente, o efeito da aplicação de Zn sobre a produção de matéria seca, em arroz. Concluíram que a maior produção de matéria seca ocorria quando se adicionava Zn ao solo em condições de irrigação por submersão contínua.

IRRI (1969, 1977) desenvolveu trabalhos com a finalidade de estabelecer os efeitos das características dos solos, dos regimes de irrigação e das concentrações de outros nutrientes minerais na solução do solo sobre a disponibilidade de Zn e sua absorção pelas plantas de arroz. Concluíram que o Zn era o elemento nutritivo mais importante para o arroz, depois do N e do P, e que, além da capacidade peculiar de cada variedade em assimilar Zn, a absorção de Zn estava relacionada

com as características do solo e com os regimes de irrigação. Deficiência de Zn no solo, pH elevado, irrigação por submersão contínua, matéria orgânica em quantidades elevadas e alto nível de fertilizantes no solo reduziram significativamente a absorção de Zn pelas plantas. A submersão contínua do solo por período prolongado elevava o pH para valores próximos à neutralidade, e o estado redutivo do solo, acentuado pela presença de maiores quantidades de matéria orgânica, aumentava a disponibilidade de Cu, Fe e Mn na solução do solo. Essas condições reduziam a assimilação de Zn pelas plantas; o IRRI sugeriu o estudo da utilização de variedades tolerantes à baixa disponibilidade de Zn, para contornar esse inconveniente.

SAKAL (1977) trabalhou, em condições de campo, com seis variedades de arroz de alto potencial de produção de grãos e três níveis de disponibilidades de Zn, com a finalidade de analisar a resposta varietal ao suprimento de Zn. Observou que a máxima assimilação de Zn ocorria no período de perfilhamento, ocasião em que também se observava a concentração mais elevada desse nutriente nos tecidos da planta. Os resultados do presente trabalho não são concordantes com os observados por esse autor, porquanto, neste trabalho, o acúmulo de Zn ocorreu, de maneira crescente, durante todo o ciclo de vida da planta (Tabela 5).

4.3.2. Nos órgãos da planta.

As análises de variância dos teores de matéria seca e nutrientes minerais acumulados nos órgãos das plantas de arroz das variedades 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5', nas ida-

des de 105 e 135 dias e nas disponibilidades d'água analisadas, são apresentadas nas Tabelas 6 e 7.

4.3.2.1. Matéria Seca

Os pesos médios e os percentuais de matéria seca contidos nos órgãos da planta, das duas variedades nas idades de 105 e 135 dias são apresentados na Tabela 8. Na variedade 'IAC 1246', a matéria seca aumentou nas folhas com o aumento da restrição d'água, destacadamente nas condições de "sequeiro"; nas folhas-bandeiras, aos 105 dias, observou-se o mesmo comportamento, mas aos 135 dias o peso da matéria seca não foi diferente para as três disponibilidades d'água. No final do ciclo, nos colmos, o peso de matéria seca foi maior na submersão contínua e menor na irrigação intermitente que, por sua vez, não diferiu das quantidades obtidas nas condições de "sequeiro". O menor peso de matéria seca de panículas ocorreu nas condições de "sequeiro", o maior na irrigação intermitente cujas quantidades não diferiram, estatisticamente, das obtidas na irrigação por submersão (Tabela 8). Na variedade 'IR 665-4-5-5' observou-se, sempre, os maiores pesos de matéria seca, para qualquer órgão, na irrigação por submersão contínua, ao passo que os menores pesos ocorreram nas condições de "sequeiro". O peso da matéria seca das diversas partes da planta, nas condições de irrigação intermitente, apresentou valores intermediários entre os obtidos na irrigação por submersão contínua e nas condições de "sequeiro". Nessa variedade, o aumento da restrição d'água reduziu a produção de matéria seca em todos os órgãos da planta, ao contrário do que ocorreu com a 'IAC 1246'

Tabela 6. Análise de variância dos teores em mg de matéria seca e de nutrientes minerais, determinados nas partes da planta de arroz da variedade 'IAC 1246', nas idades de 105 e 135 dias, em três disponibilidades d'água.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados										Médias					
		MS	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn					
Folhas																	
Blocos	3	1 112,59	0,11	0,03	2,27	0,04	0,84	0,0097	0,0470	100,04	28,62	0,89					
D. Água (DA)	2	292 836,00*	277,95*	1,81*	78,41*	3,62*	6,28*	7,6836*	0,2004*	9 853,85*	43,49*	0,02					
Erro A	6	6 148,46	0,34	0,01	2,75	0,19	0,04	0,0453	0,0254	70,61	3,19	0,72					
Idades (I)	1	55 197,20*	121,54*	0,41*	1 244,02*	0,20	0,86*	0,5310*	0,0742	56 085,90*	2 406,00*	316,82*					
DA X I	2	60 113,90*	6,69*	1,03*	46,61*	0,54*	0,26*	0,6613*	0,0004	5 750,42*	36,44*	0,04					
Erro B	9	9 428,71	0,73	0,01	2,84	0,08	0,03	0,0129	0,0337	86,41	4,61	1,85					
C. V.		9,43	0,73	11,13	10,75	6,38	9,01	8,24	7,56	5,76	2,80	5,61					
Folhas Bandeiras																	
Blocos	3	296,46	0,01	0,0010	0,02	0,0052	0,0016	0,0031	0,04	56,85	36,49	2,27					
D. Água (DA)	2	653,42	5,54*	0,0386*	0,96*	0,0510	0,0325*	0,0981*	0,02	2 342,29*	7,54	0,03					
Erro A	6	726,90	0,03	0,0002	0,08	0,0110	0,0029	0,0040	0,03	156,76	3,92	1,98					
Idades (I)	1	9 998,02*	0,04	0,0001	3,67*	1,3395*	0,2860*	0,4161	0,26	3 290,04*	3 044,25*	288,43*					
DA X I	2	1 494,60*	0,55*	0,0251*	0,90*	0,0063	0,0404*	0,0691*	0,01	505,08	0,30	0,13					
Erro B	9	166,54	0,04	0,0024	0,05	0,0053	0,0024	0,0017	0,06	297,55	14,46	1,61					
C. V.		5,93	7,53	15,30	7,93	12,52	13,10	12,71	9,78	7,83	4,89	6,52					
Colmos																	
Blocos	3	2 817,32	0,13	0,0028	0,17	0,0034	0,0027	0,0292	0,01	24,77	46,85	24,42					
D. Água (DA)	2	32 208,50*	1,53*	0,2085*	856,70*	0,0195*	0,0580*	0,9877*	0,03	690,30*	8,58	0,43					
Erro A	6	2 750,49	0,04	0,0061	2,43	0,0026	0,0049	0,0012	0,05	113,37	5,90	1,31					
Idades (I)	1	3 581,13	1,90*	0,1247*	981,12*	0,0988*	0,0001	0,0030	1,17*	2 646,00*	247,04*	294,70*					
DA X I	2	19 362,70*	0,50*	0,3130*	185,73*	0,0159	0,0085	0,0651*	0,01	239,14*	2,04	0,86					
Erro B	9	1 185,66	0,05	0,0047	1,17	0,0039	0,0070	0,0136	0,03	45,99	3,88	2,23					
C. V.		6,50	8,78	11,36	6,15	16,54	16,16	20,03	7,59	6,52	2,84	4,01					
Panículas																	
Blocos	3	4 232,26	1,68	0,05	0,75	0,0017	0,0166	0,01	0,04	7,06	12,73	0,81					
D. Água (DA)	2	808 578,00*	79,15*	7,17*	18,73*	0,0368*	1,2940*	3,77*	0,17	164,41*	4,49	0,31					
Erro A	6	4 753,53	1,25	0,06	0,19	0,0094	0,0073	0,03	0,05	14,13	2,89	0,33					
Idades (I)	1	2 362 690,00*	449,80*	26,79*	73,98*	0,4879*	3,2930*	2,21*	10,14*	87,02*	667,81*	179,31*					
DA X I	2	440 203,00*	31,69*	2,75*	10,86*	0,0818*	0,3139*	0,77*	0,02	27,66*	4,13	0,18					
Erro B	9	5 447,55	0,99	0,09	0,25	0,0046	0,0152	0,03	0,03	1,85	4,43	2,04					
C. V.		8,99	9,76	14,40	12,60	14,14	12,80	11,81	4,23	4,60	11,93	5,53					

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

Tabela 7. Análise de variância dos teores em mg de matéria seca e de nutrientes minerais, determinados nos órgãos de planta de arroz da variedade 'IR 645-4-5-5' nas idades de 105 e 135 dias, em três disponibilidades d'água.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados					Médias										
		MS	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn					
														Folha			
Blocos	3	1 269,31	0,18	0,0055	0,23	0,0057	0,0019	0,0024	0,0611	34,52	5,35	4,92					
D. Água (DA)	2	589 810,00*	13,53*	0,8430*	218,26*	10,7860*	0,5069*	2,6514*	0,1954*	119,04*	5,45	0,36					
Erro A	6	2 719,06	0,41	0,0119	2,49	0,0228	0,0058	0,0090	0,0099	10,25	4,32	2,67					
Idades (I)	1	1 145,25	4,72*	0,5046*	253,37*	1,2788*	0,0477*	0,1998*	0,0600	10 205,30*	1 728,56*	2 855,33*					
DA x I	2	45 227,10*	14,69*	0,6885*	71,73*	0,1699*	0,4032*	0,7030*	0,1212	8,99	1,09	0,43					
Erro B	9	3 239,24	0,10	0,0093	0,82	0,0082	0,0073	0,0157	0,0552	26,76	5,80	3,55					
C. V.		8,65	5,04	11,16	8,59	3,73	9,78	13,09	9,65	3,28	3,13	4,35					
														Folha Bandeira			
Blocos	3	191,06	0,07	0,0022	0,23	0,0034	0,0014	0,0020	0,07	14,88	12,22	3,26					
D. Água (DA)	2	47 174,60*	3,32*	0,0774*	12,10*	0,2913*	0,0309*	0,0279*	0,08	44,02	6,21	0,31					
Erro A	6	151,03	0,04	0,0013	0,12	0,0008	0,0005	0,0007	0,05	14,13	5,52	2,12					
Idades (I)	1	2 353,23*	1,07*	0,0067*	0,41	0,1395*	0,0018*	0,0425*	0,30*	15 401,30*	2 324,44*	2 346,30*					
DA x I	2	1 934,91*	2,76*	0,0428*	2,43*	0,0338*	0,0050*	0,0266*	0,02	27,63	11,23	1,98					
Erro B	9	214,65	0,02	0,0005	0,08	0,0030	0,0002	0,0009	0,02	11,67	6,35	5,16					
C. V.		11,32	9,68	9,73	12,28	18,52	7,67	14,19	5,40	2,39	3,32	5,22					
														Colmos			
Blocos	3	173,31	0,01	0,0017	2,02	0,0040	0,0007	0,0026	0,02	7,60	8,01	9,17					
D. Água (DA)	2	266 986,00*	3,32*	0,2071*	748,46*	0,2660*	0,3129*	0,2847*	0,07	18,81*	1,40	1,09					
Erro A	6	401,23	0,04	0,0022	1,73	0,0028	0,0022	0,0010	0,03	3,36	4,20	1,16					
Idades (I)	1	5 458,04*	0,92*	0,1027*	265,33*	0,0551*	0,0195*	0,2165*	0,15*	20 551,10*	2 780,87*	2 428,08*					
DA x I	2	23 268,90*	2,22*	0,2465*	96,07*	0,0387*	0,0275*	0,0224*	0,04	1,71	1,24	3,79					
Erro B	9	151,69	0,02	0,0030	1,82	0,0006	0,0001	0,0037	0,02	11,32	3,36	3,28					
C. V.		5,35	11,73	14,71	14,20	10,57	9,59	17,96	6,23	2,48	2,43	4,15					
														Panículas			
Blocos	3	1 692,44	0,23	0,0047	0,02	0,0022	0,0028	0,0053	0,0515	28,13	1,63	2,78					
D. Água (DA)	2	2 371 970,00*	211,79*	18,4348*	42,10*	0,3172*	3,4329*	4,5541*	0,0067	2,40	1,50	0,86					
Erro A	6	2 415,62	0,23	0,0059	0,10	0,0027	0,0054	0,0069	0,0444	7,96	2,68	1,78					
Idades (I)	1	1 262 880,00*	177,51*	16,4010*	9,08*	0,2128*	2,4384*	3,8480*	7,3708*	3 693,85*	324,13*	445,48*					
DA x I	2	434 483,00*	52,34*	6,6070*	8,27*	0,0811*	1,0853*	1,2936*	0,0217	5,61	0,97	0,64					
Erro B	9	4 302,80	0,21	0,0306	0,71	0,0066	0,0037	0,0080	0,0390	4,48	2,27	3,28					
C. V.		11,66	7,12	10,99	17,24	22,69	9,36	10,20	6,23	2,66	6,93	3,35					

* Significativo, pelo teste de F, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8. Teores médios de Matéria Seca contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas

Partes da Planta	Idades Dias	Variedades	Modalidade de Irrigação				Médias		
			Submersão	Intermitente	Sequeiro				
			mg/planta	mg/planta	mg/planta	mg/planta			
'IAC 1246'									
Folhas	105		810,71	Ca	1.068,66	Ba	1.353,96	Aa	1.077,78
	135		909,50	Ba	915,74	Ba	1.120,36	Ab	981,87
Médias			860,11		992,20		1.237,16		
DMS (L) =	163,26	DMS (C) =	155,36						
F. Bandeira	105		176,03	Bb	194,96	ABb	220,51	Aa	197,17
	135		245,14	Aa	233,77	Aa	235,06	Aa	237,99
Médias			210,59		214,36		227,78		
DMS (L) =	42,70	DMS (C) =	20,65						
Colmos	105		591,26	Aa	577,17	Aa	456,34	Ba	541,59
	135		609,85	Aa	440,79	Bb	501,04	Ba	517,23
Médias			600,56		508,98		478,69		
DMS (L) =	98,12	DMS (C) =	55,09						
Panículas	105		748,50	Ab	406,46	Bb	367,56	Bb	507,51
	135		1.406,48	Aa	1.487,16	Aa	511,46	Ba	1.135,03
Médias			1.077,49		946,81		439,52		
DMS (L) =	132,18	DMS (C) =	118,09						
'IR 665-4-5-5'									
Folhas	105		979,48	Aa	668,46	Ba	304,30	Cb	650,75
	135		899,76	Aa	602,35	Ba	491,58	Ca	664,56
Médias			939,62		635,40		397,94		
DMS (L) =	100,97	DMS (C) =	91,06						
F. Bandeira	105		207,95	Aa	91,50	Bb	30,67	Cb	110,04
	135		213,82	Aa	117,92	Ba	86,11	Ca	139,28
Médias			210,89		104,71		58,39		
DMS (L) =	25,01	DMS (C) =	23,44						
Colmos	105		495,77	Aa	213,30	Ba	26,59	Cb	245,22
	135		357,11	Ab	184,42	Bb	103,64	Ca	215,06
Médias			426,44		198,86		65,11		
DMS (L) =	32,26	DMS (C) =	19,71						
Panículas	105		656,39	Ab	313,23	Bb	29,99	Ca	333,20
	135		1.631,40	Aa	645,67	Ba	98,87	Ca	791,98
Médias			1.143,90		479,45		64,43		
DMS (L) =	107,23	DMS (C) =	104,95						

- * Para cada parte de planta, de cada variedade, dentro de cada linha (L), as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula e, dentro de cada coluna (C), as médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

cuja variação no acúmulo de matéria seca decorrente do aumento da restrição d'água, variou de órgão para órgão (Tabela 8).

4.3.2.2. Nitrogênio

Os pesos médios da matéria seca e os percentuais de N nos órgãos da planta, nas idades de 105 e 135 dias, são apresentados, para as duas variedades na Tabela 9. A maior quantidade de N acumulada nos órgãos da planta de arroz da variedade 'Iac 1246' ocorreu nas condições de "sequeiro", à exceção das panículas, em que se observou maior acúmulo de N, na irrigação por submersão, em ambas as idades. Na irrigação intermitente, o acúmulo de N nos órgãos da planta foi semelhante ao encontrado nas condições de submersão contínua, à exceção dos ocorridos, aos 105 dias, nas folhas, nas folhas-bandeiras e nos colmos, o qual foi maior nas condições de irrigação intermitente, e nas panículas, em que o acúmulo de N foi maior na irrigação por submersão contínua. Nessa variedade, a concentração de N nos órgãos aumentou com a idade da planta nas panículas, nas três disponibilidades d'água, nos colmos na submersão contínua e nas condições de "sequeiro", nas folhas-bandeiras nas condições de "sequeiro"; manteve-se estável nas folhas-bandeiras na submersão contínua e nos colmos na irrigação intermitente; diminuiu nas folhas em todas as três disponibilidades d'água e nas folhas-bandeiras na irrigação intermitente. Na variedade 'IR 665-4-5-5', o maior acúmulo de N, em todos os órgãos, nas duas idades, ocorreu nas condições de submersão contínua. Nos colmos, aos 135 dias, na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro", nas folhas e nas folhas-bandeiras, aos 135 dias, nas

Tabela 9. Teores médios de Nitrogênio contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas.

Partes da planta	Idades Dias	Variedades	Modalidades de Irrigação									
			Submersão			Intermitente			Sequeiro			Médias
			mg/planta	%		mg/planta	%		mg/planta	%		
* IAC 1246 *												
Folhas	105		7,04	Ca*	0,87	9,32	Ba*	0,87	19,72	Aa*	1,46	12,02
	135		4,32	Bb	0,47	4,91	Bb	0,54	13,34	Ab	1,19	7,52
Médias			5,68			7,12			16,53			
DMS (L) =	1,35	DMS (C) =	1,36									
F. Bandeira	105		1,86	Ca	1,06	2,54	Ba	1,30	3,19	Ab	1,45	2,53
	135		1,93	Ba	0,79	2,10	Bb	0,90	3,81	Aa	1,62	2,62
Médias			1,90			2,32			3,50			
DMS (L) =	0,35	DMS (C) =	0,31									
Colmos	105		2,03	Bb	0,34	2,37	Aa	0,41	2,57	Ab	0,56	2,33
	135		2,58	Ba	0,42	2,44	Ba	0,55	3,64	Aa	0,73	2,89
Médias			2,31			2,41			3,11			
DMS (L) =	0,32	DMS (C) =	0,37									
Panículas	105		8,17	Ab	1,09	5,15	Bb	1,27	4,31	Bb	1,17	2,88
	135		16,92	Aa	1,20	17,74	Aa	1,19	8,95	Ba	1,75	14,54
Médias			12,54			11,45			6,63			
DMS (L) =	1,96	DMS (C) =	1,59									
* IR 665-4-5-5 *												
Folhas	105		8,81	Aa	0,90	6,90	Ba	1,03	4,02	Cb	1,32	6,58
	135		6,45	Ab	0,72	4,46	Bb	0,74	6,31	Aa	1,28	5,74
Médias			7,63			5,69			5,16			
DMS (L) =	1,01	DMS (C) =	0,50									
F. Bandeira	105		3,03	Aa	1,46	1,60	Ba	1,74	0,73	Cb	2,38	1,79
	135		1,56	Ab	0,73	1,15	Bb	0,97	1,38	Aa	1,60	1,36
Médias			2,30			1,37			1,06			
DMS (L) =	0,34	DMS (C) =	0,24									
Colmos	105		2,76	Aa	0,56	1,25	Ba	0,59	0,46	Cb	1,73	1,49
	135		1,75	Ab	0,35	1,00	Ab	0,54	1,05	Aa	1,01	1,10
Médias			2,01			1,13			0,75			
DMS (L) =	0,34	DMS (C) =	0,24									
Panículas	105		5,98	Ab	0,91	4,26	Bb	1,36	0,82	Ca	2,74	3,69
	135		16,86	Aa	1,03	9,03	Ba	1,40	1,48	Ca	1,50	9,13
Médias			11,42			6,65			1,15			
DMS (L) =	0,87	DMS (C) =	0,73									

* Para cada parte de planta, de cada variedade, dentro de cada linha (L), as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula e, dentro de cada coluna (C), as médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem, significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

condições de "sequeiro", ocorreu acumulação de N semelhante à observada na irrigação por submersão contínua. Ressalvados esses casos, as menores acumulações de N ocorreram nas condições de "sequeiro", ao passo que as quantidades intermediárias foram encontradas na irrigação intermitente. A acumulação de N nos órgãos da planta diminuiu, com a idade, nas folhas, nas folhas-bandeiras, nos colmos na submersão contínua e na irrigação intermitente; aumentou nas panículas na submersão contínua e na irrigação intermitente, nas folhas, nas folhas-bandeiras e nos colmos nas condições de "sequeiro", mantendo-se inalterada nas panículas em condições de "sequeiro".

Observou-se, na variedade 'IAC 1246' tendência de aumentar a concentração de N, nos órgãos, com o aumento da restrição d'água, à exceção das panículas em que o teor de N diminuiu com essa restrição. Na 'IR 665-4-5-5', observou-se tendência de reduzir o teor de N nos órgãos, com o aumento da restrição hídrica.

WALLIAN e MOOMAW (1967) estudaram as alterações de N nas últimas quatro folhas de três variedades de arroz, a partir do estágio de "ponto de algodão" até a emergência da panícula, com a finalidade de determinar a estabilidade da concentração de N nessas folhas e as alterações decorrentes da variação do suprimento de N e da idade da planta. Concluíram que cada variedade apresentou comportamento diferente. Em cada uma, a concentração de N, em percentagem, variou de acordo com a posição da folha, com a época da coleta da amostra e com o suprimento de N, cuja concentração na folha aumentou sem

pre que foi aumentada na solução do solo. BROADBENT e MIKKELSEN (1968), estudando o efeito da fonte e da modalidade de aplicação de N sobre a absorção desse nutriente pela planta, acharam, aos 45 dias de idade da planta de arroz, uma concentração de N nas folhas que variou de 12,4% a 56,5%. HIROCE e SOUZA (1977), analisando a composição da folha Y das variedades de arroz 'IAC 435' e 'IAC 1246', respectivamente, nas idades de 39, 65 e 91 dias e 35, 55 e 75 dias, obtiveram concentrações de N correspondentes a 3,46%, 2,13% e 1,72% e 4,21%, 4,12% e 3,20%, respectivamente, para as variedades 'IAC 435' e 'IAC 1246', nas seqüências de idades já mencionadas. SINGH *et alii* (1978), analisando o efeito da compactação do solo sobre a absorção de N por duas variedades de arroz e duas de trigo, em condições de "sequeiro", estabeleceram a concentração de 0,563% e 0,594% e 0,423% e 0,430% de N na matéria seca, por ocasião da colheita, respectivamente. TOTH (1978) estudou, em arroz, o efeito do aumento da disponibilidade de N no solo sobre a concentração de N na 1.^a, 2.^a e 3.^a folhas, a partir do ápice, em quatro idades diferentes. Concluíram que a concentração de N variava com a idade da planta e com a disponibilidade do nutriente no solo. Os resultados do presente trabalho não são totalmente concordantes com os dados obtidos por esses pesquisadores. As variações nas épocas, nas partes analisadas, na metodologia de análise no comportamento varietal poderiam, talvez, justificar as discrepâncias verificadas.

Os dados do presente trabalho estariam mais próximos dos obtidos por FURLANI *et alii* (1977), que estudaram a

composição química inorgânica das plantas de arroz das variedades 'IR 665-4-5-5', 'IAC 435' e 'IAC 120' no estágio de maturação, em condições de irrigação por submersão contínua. Concluíram que a 'IR 665-4-5-5' apresentava concentração correspondente a 0,82%, 0,64%, 1,60% e 0,72% de N na matéria seca de folhas, colmos, grãos descascados e casca, respectivamente. A variedade 'IAC 435' apresentou, na mesma ordem, as seguintes concentrações: 0,72%, 0,62%, 1,30% e 0,78% e a 'IAC 120' apresentou, seguindo a mesma ordem, a concentração de 0,76% e 0,69%, 1,38% e 0,67%.

4.3.2.3. Fósforo

As médias de pesos e os percentuais de P nos órgãos da planta, nas idades de 105 e 135 dias, são apresentados na Tabela 10, para as duas variedades. A maior quantidade, de P acumulada nos órgãos da planta da variedade 'IAC 1246' ocorreu nas panículas, aos 135 dias de idade, nas condições de submersão contínua e irrigação intermitente; à exceção desse caso, o maior acúmulo de P, aos 135 dias, ocorreu sempre nas condições de "sequeiro", ao passo que o menor ocorreu na submersão contínua, à exceção dos teores acumulados nas folhas, na submersão contínua, que não diferiram dos obtidos na irrigação intermitente. Na submersão contínua, o teor de P diminuiu, com a idade, nas folhas, nas folhas-bandeiras e nos colmos, aumentando nas panículas. Na irrigação intermitente, esse peso diminuiu nas folhas e nos colmos, aumentando nas folhas-bandeiras e nas panículas. Nas condições de "sequeiro", o teor de P aumentou, com a idade, em todos os órgãos analisados. Na

Tabela 10 Teores médios de fósforo contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas.

Partes da Planta	Idades em Dias	Variedades	Modalidades de Irrigação									
			Submersão		Intermitente		Sequeiro		Médias			
			mg/planta	l	mg/planta	l	mg/planta	l	mg/planta	l		
'IAC 1246'												
Folhas	105		0,69	Ca*	0,08	1,53	Aa*	0,14	1,22	Bb*	0,09	1,15
	135		0,45	Bb	0,05	0,54	Bb	0,06	1,66	Aa	0,15	0,89
Médias			0,57			1,04			1,44			
DMS (L) =	0,22	DMS (C) =	0,18									
F. Bandeira	105		0,31	Aa	0,18	0,32	Ab	0,16	0,34	Ab	0,15	0,32
	135		0,18	Cb	0,07	0,34	Ba	0,15	0,43	Aa	0,12	0,32
Médias			0,25			0,33			0,38			
DMS (L) =	0,08	DMS (C) =	0,08									
Colmos	105		0,42	Ba	0,07	0,74	Aa	0,13	0,42	Bb	0,09	0,53
	135		0,41	Cb	0,07	0,59	Bb	0,13	1,01	Aa	0,20	0,67
Médias			0,42			0,67			0,72			
DMS (L) =	0,13	DMS (C) =	0,11									
Panículas	105		1,91	Ab	0,25	0,76	Bb	0,19	0,55	Bb	0,15	1,08
	135		3,96	Aa	0,28	3,94	Aa	0,26	1,61	Ba	0,31	3,17
Médias			2,93			2,35			1,08			
DMS (L) =	0,50	DMS (C) =	0,49									
'IR 665-4-5-5'												
Folhas	105		1,42	Aa	0,14	1,29	Aa	0,19	0,32	Bb	0,10	1,01
	135		0,87	Ab	0,10	0,59	Bb	0,10	0,70	Ba	0,14	0,72
Médias			1,15			0,94			0,51			
DMS (L) =	0,19	DMS (C) =	0,15									
F. Bandeira	105		0,40	Aa	0,19	0,29	Ba	0,03	0,06	Cb	0,02	0,25
	135		0,25	Ab	0,11	0,22	Ab	0,18	0,19	Aa	0,02	0,22
Médias			0,32			0,26			0,13			
DMS (L) =	0,06	DMS (C) =	0,04									
Colmos	105		0,73	Aa	0,15	0,52	Ba	0,24	0,07	Cb	0,28	0,44
	135		0,26	Bb	0,07	0,36	Ab	0,19	0,31	ABa	0,30	0,31
Médias			0,49			0,44			0,19			
DMS (L) =	0,09	DMS (C) =	0,09									
Panículas	105		1,41	Ab	0,21	0,80	Bb	0,26	0,08	Ca	0,27	0,77
	135		4,96	Aa	0,30	2,05	Ba	0,32	0,24	Ca	0,24	2,42
Médias			3,19			1,43			0,16			
DMS (L) =	0,26	DMS (C) =	0,28									

* Para cada parte de planta, de cada variedade, dentro de cada linha (L), as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula e, dentro de cada coluna (C), as médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

variedade 'IR 665-4-5-5' a maior quantidade de P acumulada aos 135 dias ocorreu nas panículas, no regime de submersão contínua, seguindo-se a irrigação intermitente e, por último, as panículas, em condições de "sequeiro". Nas folhas, o acúmulo de P restringiu-se na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro"; nas folhas-bandeiras, muito embora tenha havido retardamento na acumulação de P com a acentuação da deficiência d'água, no final do ciclo a restrição d'água não influenciou o acúmulo de P; nos colmos, o maior teor de P ocorreu na irrigação intermitente, o menor na irrigação por submersão contínua, seguindo-se as condições de "sequeiro", cujas quantidades de P acumuladas não diferiram das quantidades obtidas na irrigação intermitente e na submersão contínua. Na irrigação por submersão contínua e na irrigação intermitente o teor de P acumulado nas folhas, nas folhas-bandeiras e nos colmos diminuiu e na panícula aumentou, com a idade da planta, ao passo que nas condições de "sequeiro" esse peso aumentou nas folhas, nas folhas-bandeiras e nos colmos, mantendo-se inalterado nas panículas. Observou-se, na variedade 'IAC 1246', tendência de aumentar a concentração de P, nos órgãos, com o aumento da restrição d'água, à exceção das panículas em que o teor de P diminuiu com o aumento da restrição d'água. Na 'IR 665-4-5-5' observou-se tendência de reduzir a concentração de P, com o aumento da restrição d'água.

FAGERIA (1976) estudou os conteúdos críticos de P, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de arroz e amendoim. Estabeleceu que, na idade de 75 dias, o nível crítico de P

na parte aérea da planta de arroz correspondia a concentrações que variavam de 0,26% a 0,36%, ao passo que o nível adequado variou entre 0,36% a 0,48%. FURLANI *et alii* (1977) estudaram a composição química inorgânica de plantas de arroz das variedades 'IR 665-4-5-5', 'IAC 435' e 'IAC 120', no regime de irrigação por submersão contínua, no estágio de maturação. Concluíram que a concentração de P na parte aérea da planta da 'IR 665-4-5-5' correspondia a 0,05%, 0,09%, 0,30% e 0,12%, respectivamente, em folha, colmo, grãos descascados e casca; a 0,06%, 0,17%, 0,21% e 0,18%, nos mesmos órgãos, na variedade 'IAC 435'; a 0,07%, 0,12%, 0,25% e a 0,13%, respectivamente, em folhas, colmos, grãos descascados e casca, na variedade 'IAC 120'. HIROCE e SOUZA (1977) analisaram a composição da folha Y das variedades de 'IAC 435' e 'IAC 1246', respectivamente, nas condições de submersão contínua e de "sequeiro". Para a primeira, as análises foram feitas aos 39, 65 e 91 dias de idade; para a segunda, aos 35, 55 e 75 dias. Concluíram pelas concentrações de 0,217%, 0,168% e 0,185%, para a 'IAC 435'; para a variedade 'IAC 1246', estabeleceram concentrações de 0,231%, 0,186% e 0,143%. CIBES e GAZTAMBIDE (1980), estudando, em solução nutritiva, em casa de vegetação, os sintomas de deficiência mineral provocados pela omissão do elemento na solução nutritiva, na variedade 'Sinaloa', determinaram quantidade mínima de 0,07% no tecido da folha, correspondente à omissão desse elemento. Para a solução completa, pressupondo concentrações adequadas, foi determinada a proporção de 0,63% na matéria seca.

Os resultados obtidos neste trabalho estariam mais concordantes com os obtidos por FURLANI *et alii* (1977). As divergências observadas entre os dados apresentados poderiam ser justificadas pelas variações nas metodologias de análises, pelas características peculiares a cada variedade, pelas condições de clima e de solo, pela variação da idade do material analisado e por outras características peculiares a cada ensaio experimental.

4.3.2.4. Potássio

Os pesos médios e os percentuais de K obtidos nas idades de 105 e 135 dias são apresentados na Tabela 11. A maior concentração, em peso, de K ocorreu nos colmos de ambas as variedades aos 135 dias de idade, no regime de submersão contínua. Para a variedade 'IAC 1246', a restrição d'água aumentou o acúmulo de K nas folhas, destacadamente nas condições de "sequeiro", não se observando diferença estatística significativa entre as quantidades acumuladas na submersão contínua e irrigação intermitente; nas folhas-bandeiras, no final do ciclo, não se observou diferença no acúmulo de K, relativamente à restrição d'água. Nos colmos, a acumulação de K reduziu com o aumento da restrição d'água, mas na submersão contínua e na irrigação intermitente não se observou diferença significativa na quantidade acumulada desse nutriente. Nas folhas, na submersão contínua, nas folhas e nas folhas-bandeiras, na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro", a quantidade de K acumulado diminuiu com a idade. Nas folhas-bandeiras, na submersão contínua, e nas panículas, nas condições de "sequeiro",

Tabela 11. Teores médios de Potássio contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas.

Partes da Planta	Idades Dias	Variedades	Modalidades de Irrigação								Médias	
			Submersão		Intermitente		Sequeiro		Médias			
			mg/planta	%	mg/planta	%	mg/planta	%				
'IAC 1246'												
Folhas	105		20,18	Ba *	2,49	25,48	Aa *	2,38	23,82	Aa *	1,76	23,16
	135		5,50	Bb	0,60	6,40	Bb	0,70	14,38	Ab	1,28	8,76
Médias			12,84			15,94			19,10			
DMS (L) =	3,13	DMS (C) =	2,74									
F. Bandeira	105		2,67	Ba	2,31	3,92	Aa	2,01	3,32	ABa	1,51	3,31
	135		2,36	Aa	1,19	2,37	Ab	1,01	2,84	Ab	1,21	2,52
Médias			2,52			3,15			3,08			
DMS (L) =	0,98	DMS (C) =	0,37									
Colmos	105		19,53	Ab	3,30	8,99	Bb	1,56	4,30	Cb	1,05	11,11
	135		32,90	Aa	5,39	31,61	Aa	7,17	7,43	Ba	1,48	23,98
Médias			26,21			20,30			6,11			
DMS (L) =	2,56	DMS (C) =	1,73									
Panículas	105		3,52	Ab	0,47	2,94	ABb	0,72	2,51	Ba	0,68	2,99
	135		5,98	Ba	0,42	7,00	Aa	0,47	1,99	Ca	0,39	4,99
Médias			4,75			4,97			2,25			
DMS (L) =	0,87	DMS (C) =	0,80									
'IR 665-4-5-5'												
Folhas	105		20,88	Aa	1,16	15,06	Ba	2,25	5,54	Ca	1,8	13,83
	135		11,36	Ab	1,79	4,69	Bb	0,78	5,94	Ba	1,21	7,33
Médias			16,12			9,87			5,74			
DMS (L) =	2,55	DMS (C) =	1,45									
F. Bandeira	105		3,88	Aa	1,86	3,04	Ba	3,32	0,49	Cb	1,60	2,47
	135		2,95	Ab	1,38	2,17	Bb	1,84	1,50	Ca	1,75	2,21
Médias			3,41			2,61			1,00			
DMS (L) =	0,60	DMS (C) =	0,46									
Colmos	105		12,77	Ab	2,58	5,44	Bb	2,55	0,31	Ca	1,17	6,17
	135		27,24	Aa	7,63	9,54	Ba	5,17	1,67	Ca	1,61	12,82
Médias			20,01			7,49			0,99			
DMS (L) =	2,46	DMS (C) =	2,16									
Panículas	105		3,35	Ab	0,51	2,58	Ba	0,82	0,27	Ca	0,92	2,07
	135		6,87	Aa	0,42	2,19	Ba	0,34	0,83	Ca	0,10	3,30
Médias			5,11			2,39			0,55			
DMS (L) =	0,72	DMS (C) =	0,74									

* Para cada parte de planta, de cada variedade, dentro de cada linha (L), as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula e, dentro de cada coluna (C), as médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

os teores de K acumulados a partir dos 105 dias de idade mantiveram-se estáveis. Colmos, nas três disponibilidades d'água, e panículas, na submersão contínua e na irrigação intermitente, apresentaram aumento do conteúdo de K com a idade da planta. Na variedade 'IR 665-4-5-5' a restrição d'água diminuiu o acúmulo de K em todos os órgãos analisados; as maiores quantidades foram acumuladas na submersão contínua e as menores, nas condições de "sequeiro". A irrigação intermitente permitiu concentrações de K intermediárias entre os valores obtidos na submersão contínua e nas condições de "sequeiro", à exceção das concentrações nas folhas, na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro", que foram semelhantes entre si. As concentrações de K nas folhas e nas folhas-bandeiras diminuíram com a idade da planta, em todos os três níveis de disponibilidade d'água, à exceção das folhas, em condições de "sequeiro", em que a quantidade de K manteve-se estável a partir dos 105 dias de vida, e das folhas-bandeiras, nas condições de "sequeiro", que aumentou essa concentração. Para colmos e panículas, em todos os três níveis de disponibilidade d'água, houve aumento do acúmulo de K com o aumento da idade de 105 para 135 dias, à exceção das panículas, na irrigação intermitente, dos colmos e das panículas nas condições de "sequeiro" que apresentaram concentrações de K estáveis a partir dos 105 dias de idade. Observou-se, na variedade 'IAC 1246', tendência de aumentar a concentração de K, nos órgãos da planta, com o aumento da restrição d'água, à exceção das panículas em que houve redução do teor de K com a restrição d'água. Na variedade 'IR 665-4-5-5'

a restrição d'água reduziu essa concentração de K.

CHERIAN *et alii* (1968) estudaram a absorção de nutrientes pela planta de arroz, em solos inundados e em solos não inundados. Observaram que, freqüentemente, ocorria redução do conteúdo de K nos tecidos das plantas cultivadas em solos inundados. OBERMUELLER e MIKKELSEN (1974) analisaram os efeitos do manejo d'água e do estado de agregação do solo sobre o desenvolvimento e absorção de nutrientes pela planta de arroz. Concluíram que a agregação do solo influenciava a assimilação de nutrientes e que a acumulação desses nutrientes era maior nas plantas cultivadas em condições de solo submerso, exceto nos primeiros 40 dias após o plantio, ocasião em que as plantas cultivadas nos solos não submersos assimilaram mais nutrientes minerais. Determinaram a concentração de K na matéria seca da parte aérea, estabelecendo valores de 1,67% para solos não submersos e 0,96% para solos submersos. UEXKULL (1976), estudando os aspectos do uso de fertilizantes nas culturas de arroz com alto potencial de produção de grãos, estabeleceu que as taxas de K na matéria seca da parte aérea das plantas estariam relacionadas com a concentração de N. Concluiu que, a concentração de 0,7% de N correspondia 1,7% de K, ambas consideradas baixas; a alta concentração de N, 14%, correspondia alta concentração de K, 2,7%. FAGERIA (1976) estabeleceu os conteúdos críticos de P, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de arroz e amendoim. Fixou, aos 75 dias de idade, concentrações de K nas faixas de 3,50% a 3,62% e 3,62% e 3,99%, respectivamente, como níveis críticos e adequados para as plantas de arroz.

FURLANI *et alii* (1977) estudaram a composição química inorgânica das plantas de arroz das variedades 'IR 665-4-5-5', 'IAC 435' e 'IAC 120'. Concluíram que cada variedade apresentava comportamento distinto na absorção de nutrientes. Estabeleceram, na maturação, a concentração média dos elementos minerais nos diversos órgãos da planta. Fixaram para o K, nas folhas, os teores de 0,56%, 0,81% e 0,48%; nos colmos: 2,87%, 2,72% e 2,67%; nos grãos: 0,41%, 0,38% e 0,43%; na casca: 0,52%, 0,59% e 0,53%, para as variedades 'IR 665-4-5-5', 'IAC 435' e 'IAC 120', respectivamente. HIROCE e SOUZA (1977) estabeleceram na folha Y do arroz as concentrações de 2,26%, 1,75% e 1,99%, nas idades de 39, 65 e 91 dias, respectivamente, para a variedade 'IAC 435', na irrigação por submersão contínua, as de 1,99%, 1,99% e 1,91%, nas idades de 35, 55 e 75 dias, respectivamente, para a variedade 'IAC 1246', nas condições de "sequeiro". CIBES e GAZTAMBIDE (1980) estabeleceram, em solução nutritiva e em casa de vegetação, os sintomas de deficiência mineral na variedade 'Sinaloa'. Fixaram a quantidade mínima de K nas folhas, correspondente à omissão desse elemento na solução nutritiva, em 0,73%. Com base na solução nutritiva completa, estabeleceram a taxa de 1,94% como nível adequado do nutriente na planta.

Os dados obtidos na revisão bibliográfica são divergentes, possivelmente, em decorrência de discrepâncias entre os métodos de análises, entre as características das variedades, entre as divergências de clima e solo etc..., não permitindo uma comparação lógica de resultados.

4.3.2.5. Cálcio

Os percentuais e as médias, em peso, obtidos nos órgãos da planta das variedades 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5' são apresentados na Tabela 12. A quantidade de Ca acumulado nas plantas da variedade 'IAC 1246' foi maior nas folhas e menor nos colmos, nas condições de "sequeiro". O teor de Ca nas folhas, aos 135 dias, aumentou com a restrição d'água. Nas folhas-bandeiras, o maior acúmulo ocorreu na irrigação intermitente e, o menor, nas condições de "sequeiro". A quantidade de Ca acumulada nas folhas-bandeiras em regime de irrigação por submersão contínua não diferiu, simultaneamente, das quantidades acumuladas na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro". Nos colmos, a máxima acumulação ocorreu na irrigação por submersão contínua e a mínima nas condições de "sequeiro", ficando a irrigação intermitente com valores intermediários. Nas panículas, o maior acúmulo de Ca ocorreu na irrigação intermitente, aos 135 dias, ao passo que o menor ocorreu na irrigação por submersão e nas condições de "sequeiro", que não diferiram entre si, nas quantidades acumuladas. O acúmulo de Ca aumentou com a idade da planta, à exceção das folhas, na irrigação por submersão contínua, e na irrigação intermitente condições de disponibilidades d'água em que a concentração desse mineral manteve-se estável desde os 105 dias de vida. Na variedade 'IR 665-4-5-5', a maior concentração, em peso, de Ca ocorreu nas folhas, no regime de submersão contínua, ao passo que a menor quantidade ocorreu nos colmos, em condições de "sequeiro". O teor de Ca nos órgãos da planta diminuiu com a restrição d'água, à exceção dos

Tabela 12 Teores médios de Cálcio contidos nas plantas de arroz em duas variedades estudadas.

Partes da Planta	Idades em Dias	Variedade	Modalidades de Irrigação									
			Submersão		Intermitente		Sequeiro		Médias			
			mg/planta	%	mg/planta	%	mg/planta	%	mg/planta	%		
'IAC 1246'												
Folhas	105		3,52	Ba*	0,43	4,74	Aa*	0,43	4,54	Ab*	0,34	4,27
	135		3,63	Ca	0,40	4,41	Ba	0,48	5,26	Aa	0,47	4,45
Médias			3,61			4,57			4,90			
DMS (L) =	0,72	DMS (C) =	0,44									
F. Bandeira	105		0,38	Ab	0,22	0,37	Ab	0,19	0,28	Ab	0,13	0,34
	135		0,85	ABa	0,35	0,90	Aa	0,38	0,70	Ba	0,30	0,82
Médias			0,62			0,63			0,49			
DMS (L) =	0,17	DMS (C) =	0,12									
Colmos	105		0,36	Ab	0,06	0,24	Bb	0,04	0,33	ABb	0,07	0,31
	135		0,50	Aa	0,08	0,45	ABa	0,10	0,36	Ba	0,07	0,44
Médias			0,43			0,35			0,35			
DMS (L) =	0,11	DMS (C) =	0,10									
Panículas	105		0,36	Ab	0,05	0,10	Ab	0,07	0,36	Ab	0,10	0,34
	135		0,59	Ba	0,04	0,80	Aa	0,05	0,47	Ba	0,09	0,62
Médias			0,47			0,55			0,42			
DMS (L) =	0,15	DMS (C) =	0,11									
'IR 665-4-5-5'												
Folhas	105		3,47	Ab	0,35	2,25	Bb	0,34	0,87	Cb	0,28	2,20
	135		3,71	Aa	0,41	2,60	Ba	0,43	1,66	Ca	0,34	2,66
Médias			3,59			2,42			1,27			
DMS (L) =	0,23	DMS (C) =	0,14									
F. Bandeira	105		0,35	Ab	0,17	0,21	Ba	0,23	0,09	Ca	0,29	0,22
	135		0,65	Aa	0,31	0,29	Ba	0,240	0,17	Ca	0,20	0,37
Médias			0,50			0,25			0,13			
DMS (L) =	0,07	DMS (C) =	0,09									
Colmos	105		0,32	Ab	0,06	0,17	ABb	0,08	0,05	Ba	0,18	0,18
	135		0,53	Aa	0,15	0,21	Ba	0,11	0,09	Ba	0,09	0,28
Médias			0,43			0,19			0,07			
DMS (L) =	0,16	DMS (C) =	0,04									
Panículas	105		0,27	Aa	0,04	0,26	Aa	0,08	0,06	Ba	0,19	0,20
	135		0,69	Aa	0,04	0,35	Ba	0,05	0,11	Ca	0,11	0,38
Médias			0,48			0,30			0,08			
DMS (L) =	0,11	DMS (C) =	0,12									

* Para cada parte da planta, de cada variedade, dentro de cada linha (L), as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula e, dentro de cada coluna (C), as médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem, significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

colmos, na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro", nas quais as quantidades acumuladas não diferiram entre si. O acúmulo de Ca aumentou com a idade da planta nas folhas, nas três disponibilidades d'água, nos colmos, na submersão contínua e na irrigação intermitente, e nas folhas-bandeiras, na submersão contínua. Esse acúmulo manteve-se estável a partir dos 105 dias de idade, nas panículas nas três disponibilidades d'água, nas folhas-bandeiras na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro", e nos colmos, nas condições de "sequeiro". Observou-se tendências opostas nas duas variedades. Na 'IAC 1246' aumentou ao passo que na 'IR 665-4-5-5' reduziu a concentração de Ca nos órgãos, com o aumento da restrição d'água.

OBERMULLER e MIKKELSEN (1974) estudaram os efeitos do manejo d'água e da agregação do solo na absorção de nutrientes minerais pela planta de arroz. Concluíram que a absorção de nutrientes era maior em condições de solo submerso, destacadamente a partir dos 40 dias de idade das plantas. Observaram que a taxa de Ca na matéria seca correspondia a 0,27% e a 0,28% para solos "pudlados", e em condições de solos não submersos, respectivamente. FAGERIA (1976) analisou os conteúdos críticos de P, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de arroz e amendoim. Estabeleceu, na idade de 100 dias, concentração de 0,36% a 0,45% e de 0,45% a 0,65%, como faixas de nível crítico e adequado de Ca, respectivamente, para a planta de arroz. FURLANI *et alii* (1977) estabeleceram a composição química inorgânica de três variedades de arroz em regime de submersão contínua, na colheita. Indicaram, para a variedade 'IR

665-4-5-5', concentração de 0,62%, 0,22%, 0,06% e 0,15%, para folhas, colmos, grãos descascados e casca, respectivamente. Para a variedade 'IAC 435', concentração de 0,63%, 0,16%, 0,07% e 0,20%; e para a variedade 'IAC 120', concentração de 0,73%, 0,19%, 0,60% e 0,19%, respeitada a ordem de partes da planta anteriormente estabelecida. HIROCE e SOUZA (1977) analisando, em três épocas, os conteúdos de Ca na folha Y das variedades 'IAC 435' e 'IAC 1246', obtiveram os seguintes resultados: 'IAC 435', na irrigação por submersão contínua: 0,53%, 0,51% e 0,51%, para as idades de 39, 65 e 91 dias; 'IAC 1246', em condições de "sequeiro": 0,67%, 0,56% e 0,54%, nas idades de 35, 55 e 75 dias, respectivamente. CIBES e GAZTAMBIDES (1980) estabeleceram sintomas de deficiência nutritiva em arroz, fixando os teores 0,06% e 0,45% de Ca como deficiente e adequado ao desenvolvimento da planta.

Os resultados deste trabalho, relativamente à concentração de Ca nos tecidos das plantas são semelhantes aos obtidos por esses pesquisadores.

4.3.2.6. Magnésio

Os pesos médios e as percentagens de Mg encontrados nos órgãos da planta de arroz das variedades 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5' são apresentados na Tabela 13. Na variedade 'IAC 1246' a maior concentração, em peso, de Mg foi encontrada nas folhas, em condições de "sequeiro", na idade de 135 dias, ao passo que a menor quantidade foi encontrada nas folhas-bandeiras, na irrigação por submersão contínua. À exceção das panículas, que apresentaram o maior acúmulo de Mg na irrigação

Tabela 13 Teores médios de Magnésio contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas.

Partes da Planta	Idades em Dias	Variedades	Modalidades de Irrigação									
			Submersão		Intermitente		Sequeiro		Médias			
			mg/planta	%	mg/planta	%	mg/planta	%	mg/planta	%		
'IAC 1246'												
Folhas	105		1,17	Ca*	0,14	1,64	Bb*	0,15	2,86	Aa*	0,21	1,89
	135		1,26	Ca	0,14	2,43	Ba	0,26	3,11	Aa	0,28	2,27
Médias			1,22			2,04			2,97			
DMS (L) =	0,37	DMS (C) =	0,30									
F. Bandeira	105		0,24	Ab	0,14	0,31	Ab	0,16	0,25	Ab	0,11	0,27
	135		0,38	Aa	0,15	0,44	Aa	0,19	0,63	Aa	0,27	0,49
Médias			0,32			0,38			0,44			
DMS (L) =	0,37	DMS (C) =	0,08									
Colmos	105		0,38	Ba	0,06	0,53	Aa	0,10	0,58	Aa	0,13	0,51
	135		0,46	Aa	0,07	0,53	Aa	0,12	0,57	Aa	0,11	0,52
Médias			0,42			0,55			0,58			
DMS (L) =	0,15	DMS (C) =	0,13									
Panículas	105		0,83	Ab	0,12	0,49	Bb	0,12	0,40	Bb	0,11	0,59
	135		1,82	Aa	0,13	1,50	Ba	0,10	0,69	Ca	0,13	1,33
Médias			1,35			1,00			0,55			
DMS (L) =	0,20	DMS (C) =	0,11									
'IR 665-4-5-5'												
Folhas	105		1,04	Aa	0,11	1,15	Aa	0,17	0,29	Bb	0,10	0,83
	135		1,02	Aa	0,11	0,86	Bb	0,14	0,88	ABa	0,18	0,92
Médias			1,03			1,01			0,58			
DMS (L) =	0,15	DMS (C) =	0,14									
F. Bandeira	105		0,22	Aa	0,11	0,20	Aa	0,21	0,06	Bb	0,20	0,16
	135		0,21	Aa	0,10	0,19	Aa	0,16	0,14	Ba	0,16	0,18
Médias			0,22			0,19			0,10			
DMS (L) =	0,04	DMS (C) =	0,02									
Colmos	105		0,59	Aa	0,12	0,37	Ba	0,17	0,09	Cb	0,35	0,35
	135		0,46	Ab	0,13	0,25	Bb	0,12	0,17	Ca	0,16	0,29
Médias			0,53			0,31			0,13			
DMS (L) =	0,08	DMS (C) =	0,05									
Panículas	105		0,68	Ab	0,10	0,47	Bb	0,15	0,07	Ca	0,24	0,41
	135		2,16	Aa	0,13	0,81	Ba	0,12	0,16	Ca	0,17	1,04
Médias			1,42			0,64			0,12			
DMS (L) =	0,13	DMS (C) =	0,10									

* Para cada parte da planta, de cada variedade, dentro de cada linha (L), as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula e, dentro de cada coluna (C), as médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem, significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

por submersão contínua, todos os demais órgãos apresentaram maior concentração desse mineral nas condições de "sequeiro", à exceção de folhas-bandeiras e colmos, aos 135 dias, cujas quantidades acumuladas não diferiram, entre si, nas três disponibilidades d'água. O acúmulo de Mg aumentou, com a idade, nas folhas, nas folhas-bandeiras e nas panículas, na irrigação intermitente; nas folhas-bandeiras e nas panículas na submersão contínua e nas condições de "sequeiro". Esse acúmulo manteve-se estável a partir dos 105 dias de idade, nas folhas, na irrigação por submersão contínua e nas condições de "sequeiro", e nos colmos, em todas as três disponibilidades d'água. Na variedade 'IR 665-4-5-5' a maior concentração de Mg ocorreu nas panículas na irrigação por submersão contínua, ao passo que a menor ocorreu nas folhas-bandeiras, nas condições de "sequeiro". Nas panículas e nos colmos, a quantidade de Mg acumulada diminuiu com a restrição d'água. Nas folhas-bandeiras, o maior acúmulo ocorreu, simultaneamente, na submersão contínua e na irrigação intermitente, e o menor, nas condições de "sequeiro". Nas folhas, aos 135 dias, o maior acúmulo ocorreu na submersão contínua, e o menor na irrigação intermitente; a acumulação de Mg, nesse órgão, nas condições de "sequeiro", não apresentou diferença estatística, simultaneamente, entre as observadas na submersão contínua e na irrigação intermitente. O acúmulo de Mg aumentou com a idade nas folhas, nas folhas-bandeiras e nos colmos, nas condições de "sequeiro", e nas panículas na submersão contínua e na irrigação intermitente. Diminuiu nas folhas e nos colmos e na irrigação intermitente, e nos

colmos na submersão contínua. Permaneceu estável, a partir dos 105 dias, nas folhas e nas folhas-bandeiras na submersão contínua, nas folhas-bandeiras, na irrigação intermitente, e nas panículas nas condições de "sequeiro".

Observou-se tendência de aumentar na 'IAC 1246' e de diminuir na 'IR 665-4-5-5', a concentração de Mg nos órgãos da planta, com o aumento da restrição d'água, à exceção de panículas, na 'IAC 1246', que diminuiu a concentração de Mg com o aumento dessa restrição d'água.

FAGERIA (1976) estabeleceu os conteúdos críticos e adequados de Mg para a planta de arroz, fixando-os, aos 100 dias de idade nas seguintes faixas: de 0,12% a 0,17% e de 0,17% a 0,30%, respectivamente. FURLANI *et alii* (1977) estabeleceram, na maturação, os teores de Mg em três variedades de arroz, assim distribuídos: 'IR 665-4-5-5': 0,08%, 0,06%, 0,14% e 0,08% nas folhas, colmos, grãos descascados e cascas, respectivamente; 'IAC 435': 0,09%, 0,05%, 0,10% e 0,11%; 'IAC 120': 0,10%, 0,05%, 0,10%, 0,09%, para a mesma sequência de partes de plantas. HIROCE e SOUZA (1977) analisaram a composição da folha Y de duas variedades de arroz, em três idades diferentes, e obtiveram os seguintes resultados: 'IAC 435': 0,22%, 0,20% e 0,23% nas idades de 39, 65 e 91 dias, respectivamente; 'IAC 1246': 0,26%, 0,23% e 0,22%, nas idades de 35, 55 e 75 dias. CIBES e GAZTAMBIDES (1980) induziram sintomas de deficiência nutritiva em plantas de arroz da variedade 'Sinaloa'. Estabeleceram taxas de 0,40% e 0,91% de Mg na matéria seca da planta, na colheita, como níveis mínimo e adequado ao desenvolvimento da planta.

Os resultados deste trabalho estariam semelhantes com os obtidos por FURLANI *et alii* (1977) e HIROCE e SOUZA (1977).

4.3.2.7. Enxofre

Os percentuais e as médias de peso de S nos órgãos das plantas das variedades 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5' são apresentados na Tabela 14. Na variedade 'IAC 1246', o maior peso de S acumulado na planta ocorreu nas panículas, aos 135 dias de idade, nas condições de irrigação por submersão contínua; o menor peso acumulado ocorreu nos colmos, na idade de 135 dias, também na submersão contínua. O peso de S nas folhas, aos 135 dias, aumentou com a restrição d'água, muito embora não tenha ocorrido diferença significativa entre os teores de S encontrados, nesse órgão, na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro". Nas folhas-bandeiras, na mesma idade, o acúmulo de S não foi influenciado pelas disponibilidades d'água. A maior concentração de S nos colmos ocorreu na irrigação intermitente, seguindo-se, em escala decrescente, as condições de "sequeiro" e, por último, a irrigação por submersão contínua. Nas panículas, na irrigação por submersão contínua, acumularam-se os maiores teores de S, ao passo que, nas condições de "sequeiro", ocorreram as menores concentrações; aos 135 dias, teores acumulados de S nas panículas, na irrigação intermitente, não mostraram diferença estatística significativa da submersão contínua. Nas folhas e folhas-bandeiras, na irrigação por submersão contínua; nos colmos e panículas, na irrigação intermitente, a concentração de S aumentou com a ida

Tabela 14. Teores médios de Enxofre contidos nas plantas das duas variedades estudadas.

Partes da Planta	Idades Dias	Variedades	Modalidades de Irrigação									
			Submersão		Intermitente		Sequeiro		Médias			
			mg/planta	%	mg/planta	%	mg/planta	%	mg/planta	%		
'IAC 1246'												
Folhas	105		0,10	Cb*	0,01	2,40	Aa*	0,22	2,07	Ba*	0,15	1,52
	135		0,38	Ba	0,04	1,53	Ab	0,17	1,76	Ab	0,16	1,23
Médias			0,24			1,97			1,92			
DMS (L) =	0,33	DMS (C) =	0,18									
F.Bandeira	105		0,06	Bb	0,03	0,42	Aa	0,24	0,18	Aa	0,26	0,22
	135		0,41	Aa	0,17	0,47	Aa	0,19	0,57	Ab	0,16	0,48
Médias			0,23			0,45			0,38			
DMS (L) =	0,10	DMS (C) =	0,07									
Colmos	105		0,25	Ba	0,04	0,80	Ab	0,14	0,67	Aa	0,15	0,57
	135		0,18	Ca	0,03	1,03	Aa	0,23	0,57	Ba	0,11	0,59
Médias			0,21			0,91			0,62			
DMS (L) =	0,17	DMS (C) =	0,19									
Panículas	105		1,92	Aa	0,26	0,75	Bb	0,18	0,55	Ba	0,15	1,07
	135		2,17	Aa	0,15	2,07	Aa	0,14	0,79	Ba	0,15	1,68
Médias			2,04			1,41			0,67			
DMS (L) =	0,30	DMS (C) =	0,26									
'IR 665-4-5-5'												
Folhas	105		0,36	Ca	0,04	1,90	Aa	0,28	0,88	Bb	0,29	1,05
	135		0,33	Ba	0,04	1,07	Ab	0,18	1,20	Aa	0,24	0,86
Médias			0,34			1,49			1,04			
DMS (L) =	0,20	DMS (C) =	0,20									
F.Bandeira	105		0,14	Bb	0,07	0,29	Aa	0,32	0,09	Cb	0,30	0,17
	135		0,27	Aa	0,13	0,26	Aa	0,22	0,24	Aa	0,28	0,26
Médias			0,20			0,27			0,17			
DMS (L) =	0,05	DMS (C) =	0,05									
Colmos	105		0,17	Bb	0,03	0,50	Aa	0,23	0,06	Cb	0,21	0,24
	135		0,46	Ba	0,13	0,58	Aa	0,31	0,27	Ca	0,26	0,44
Médias			0,32			0,54			0,16			
DMS (L) =	0,09	DMS (C) =	0,10									
Panículas	105		0,80	Ab	0,12	0,72	Ab	0,23	0,07	Bb	0,22	0,53
	135		2,50	Aa	0,08	1,26	Ba	0,20	0,22	Ca	0,23	1,33
Médias			1,65			0,99			0,15			
DMS (L) =	0,17	DMS (C) =	0,15									

* Para cada parte de planta, de cada variedade, dentro de cada linha (L), as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula e, dentro de cada coluna (C), as médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem, significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

de da planta. Nos colmos e nas panículas, na submersão contínua e nas condições de "sequeiro", e nas folhas-bandeiras na irrigação intermitente, as concentrações de S mantiveram-se estáveis a partir dos 105 dias. Nas folhas, na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro", essa concentração diminuiu com a idade da planta. Na variedade 'IR 665-4-5-5', o maior peso de S acumulado na planta, aos 135 dias de idade, ocorreu, nas panículas, na irrigação por submersão contínua, ao passo que o menor acúmulo ocorreu nas panículas, nas condições de "sequeiro". O peso de S acumulado nas folhas aumentou com a restrição d'água, não diferindo entre si, entretanto, essas quantidades, quando comparadas na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro". Nas folhas-bandeiras, à semelhança da 'IAC 1246', aos 135 dias, não foram influenciadas pelas disponibilidades d'água. A maior concentração de S nos colmos ocorreu na irrigação intermitente, seguindo-se a irrigação por submersão contínua e, por último, as condições de "sequeiro". A restrição d'água reduziu, proporcionalmente, aos 135 dias de idade, o acúmulo de S nas panículas. Nas folhas-bandeiras, na submersão contínua; nas panículas, na submersão contínua e na irrigação intermitente; nas folhas, nas folhas-bandeiras, nos colmos e nas panículas, nas condições de "sequeiro", essa concentração aumentou com a idade da planta. Nas folhas, na irrigação por submersão contínua; nas folhas-bandeiras e nos colmos, na irrigação intermitente, mantiveram-se estáveis as concentrações de S, a partir dos 105 dias de idade. Nas folhas, na irrigação intermitente, essa concentração reduziu-se com a ida

de.

Observou-se, na variedade 'IAC 1246', tendência de aumentar a concentração de S com o aumento da restrição d'água, ao passo que na 'IR 665-4-5-5', a tendência foi de diminuir essa concentração com o aumento da restrição d'água.

FURLANI *et alii* (1977) determinaram a composição química inorgânica de três variedades de arroz, na época da maturação. Fixaram, para o S, na variedade 'IR 665-4-5-5', taxas de 0,07%, 0,12%, 0,17% e 0,11%, para folhas, colmos, grãos descascados e cascas, respectivamente; para a 'IAC 435', na mesma seqüência: 0,08%, 0,13%, 0,16% e 0,11%; para a 'IAC 120': 0,08%, 0,13%, 0,15% e 0,11%, ainda na mesma seqüência. CIBES e GAZTAMBIDE (1980) estabeleceram sintomas de deficiência nutritiva na variedade de arroz 'Sinaloa', determinando concentrações de 0,34% e 0,37% de S na matéria seca da parte aérea como mínima e adequada ao desenvolvimento da planta. Os resultados deste trabalho se assemelham com os obtidos por FURLANI *et alii* (1977), na variedade 'IR 665-4-5-5'.

4.3.2.8. Cobre

As médias de pesos por planta e as proporções, em ppm, de Cu nos órgãos da planta de arroz da variedade 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5' são apresentadas na Tabela 15. Na variedade 'IAC 1246', o conteúdo de Cu acumulado em qualquer um dos órgãos analisados não foi influenciado pelos níveis de disponibilidades d'água estudados. Nas folhas e nas folhas-bandeiras, nas três disponibilidades d'água, e nas panículas, na submersão contínua, as concentrações de Cu mantiveram-se estáveis

Tabela 15. Teores médios de Cobre contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas.

Partes da Planta	Idades Dias	Variedades	Modalidades de Irrigação						
			Submersão		Intermitente		Sequeiro		Médias
			ppm	ug/planta	ppm	ug/planta	ppm	ug/planta	
'IAC 1246'									
Folhas	105		2,2 Aa ^a	1,78	2,4 Aa ^a	2,59	2,5 Aa ^a	3,38	2,4
	135		2,3 Aa	2,09	2,5 Aa	2,33	2,6 Aa	2,91	2,5
Médias			2,2		2,4		2,5		
DMS (L) =	0,31	DMS (C) =	0,29						
F. Bandeira	105		2,3 Aa	0,40	2,4 Aa	0,47	2,3 Aa	0,51	2,3
	135		2,6 Aa	0,64	2,6 Aa	0,61	2,5 Aa	0,58	2,6
Médias			2,4		2,5		2,4		
DMS (L) =	0,39	DMS (C) =	0,38						
Colmos	105		2,2 Ab	1,30	2,2 Ab	1,25	2,2 Ab	1,03	2,2
	135		2,5 Aa	1,55	2,6 Aa	1,17	2,7 Aa	1,38	2,6
Médias			2,3		2,4		2,4		
DMS (L) =	0,37	DMS (C) =	0,29						
Panículas	105		3,2 Aa	2,39	3,2 Ab	1,31	3,5 Ab	1,29	3,3
	135		4,4 Aa	6,26	4,6 Aa	6,91	4,7 Aa	2,42	4,5
Médias			3,8		3,9		4,1		
DMS (L) =	0,38	DMS (C) =	0,27						
'IR 665-4-5-5'									
Folhas	105		2,4 ABa	2,33	2,6 Aa	1,74	2,2 Ba	0,662	2,4
	135		2,3 Aa	2,05	2,6 Aa	1,58	2,5 Aa	1,253	2,5
Médias			2,3		2,6		2,3		
DMS (L) =	0,34	DMS (C) =	0,38						
F. Bandeira	105		2,4 Aa	0,49	2,1 Ab	0,19	2,3 Aa	0,07	2,3
	135		2,5 Aa	0,54	2,4 Aa	0,29	2,5 Aa	0,22	2,5
Médias			2,4		2,2		2,4		
DMS (L) =	0,35	DMS (C) =	0,21						
Colmos	105		2,4 Aa	1,19	2,6 Aa	0,55	2,3 Aa	0,06	2,4
	135		2,6 Aa	0,93	2,6 Aa	0,48	2,5 Aa	0,26	2,6
Médias			2,5		2,6		2,4		
DMS (L) =	0,30	DMS (C) =	0,25						
Panículas	105		3,1 Ab	2,07	3,3 Ab	1,03	3,2 Ab	0,10	3,2
	135		4,4 Aa	7,14	4,3 Aa	2,79	4,3 Aa	0,42	4,3
Médias			3,8		3,8		3,7		
DMS (L) =	0,37	DMS (C) =	0,32						

* Para cada parte de planta, de cada variedade, dentro de cada linha (L), as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula e, dentro de cada coluna (C), as médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem, significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

a partir dos 105 dias de idade. Nos colmos, nas três disponibilidades d'água, e nas panículas, na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro", o acúmulo de Cu aumentou com o aumento da idade da planta. Na variedade 'IR 665-4-5-5', o conteúdo de Cu, na idade de 135 dias, nas folhas, nas folhas-bandeiras, nos colmos e nas panículas, nas três disponibilidades d'água estudadas, não mostraram diferença estatística nas quantidades de Cu acumuladas. Nas folhas e nos colmos, nas três disponibilidades d'água, nas folhas-bandeiras, na irrigação por submersão contínua e nas condições de "sequeiro", as concentrações de Cu mantiveram-se estáveis a partir dos 105 dias de idade. Nas folhas-bandeiras, na irrigação intermitente, e nas panículas, nas três disponibilidades d'água, a concentração de Cu aumentou com o avanço da idade.

CHERIAM *et alii* (1968) analisaram a absorção de nutrientes pelas plantas de arroz cultivadas em solos inundados e não inundados. Concluíram que a acumulação de nutrientes nos tecidos da planta aumentava com o incremento da disponibilidade desses nutrientes no solo e variava, para cada nutriente, de acordo com a disponibilidade d'água. Concluíram, ainda, que a concentração de Cu na matéria seca da parte aérea das plantas colhidas com 5 semanas de idade, correspondia a uma faixa que variava de 2,2 a 7,2 ppm e de 2,2 a 5,9 ppm, para solos não inundados e solos inundados, respectivamente, dependendo da maior ou menor disponibilidade desse e de outros nutrientes no solo. PANDE *et alii* (1976) estudaram o efeito da utilização de Cu, Zn, B e Mo na composição mineral da planta e

na produtividade do arroz. Concluíram que a acumulação de Cu na planta de arroz dependia da disponibilidade de outros nutrientes. Essa acumulação atingia valores de 10,2 ppm e de 24,8 ppm, nos grãos e na matéria seca da parte aérea, respectivamente, quando na presença de N, P, K, Ca, mas na ausência de adição de Cu, Zn, B e Mo. A adição de Cu, Zn e Mo, na presença daqueles macronutrientes minerais, determinava uma concentração de 11,8 ppm, e 30,5 ppm de Cu nos grãos e na matéria seca da parte aérea, respectivamente. CHAUDHRY *et alii* (1977), analisando o mecanismo de susceptibilidade diferencial de duas variedades de arroz ('IR 6' e 'Basmati 370') à deficiência de Zn, acharam, também, uma concentração de Cu na matéria seca das plantas colhidas aos 55 dias de idade de 4,1 ppm a 14,4 ppm, em decorrência da susceptibilidade de cada variedade e das características dos solos. GILMOUR (1977), estudando o efeito do tempo de submersão do solo na disponibilidade de nutrientes para a planta de arroz de duas variedades ('Starbonnet' e 'Nato'), achou as seguintes concentrações para 'Starbonnet', aos 27 dias do semeio: 17 ppm, 12 ppm e 16 ppm, na matéria seca da planta toda, da parte aérea e da folha apical, respectivamente; aos 41 dias: 5 ppm, 6 ppm e 6 ppm, para a mesma seqüência; aos 55 dias: 4 ppm, 4 ppm, 6 ppm e 6 ppm, para a planta toda, para a parte aérea, para a folha intermediária e para a folha apical, respectivamente; aos 69 dias: 8 ppm, 6 ppm, 5 ppm e 7 ppm; aos 83 dias: 5 ppm, 5 ppm, 5 ppm e 6 ppm; aos 122 dias: 2 ppm, 5 ppm, 3 ppm e 6 ppm, respeitada sempre a última seqüência. Para a variedade 'Nato', aos 27 dias: 16 ppm, 11 ppm e 15 ppm; aos

41 dias: 5 ppm, 4 ppm e 5 ppm, em ambas as idades, respeitada a seqüência de matéria seca da planta toda, da parte aérea e da folha apical; aos 55 dias: 3 ppm, 3 ppm, 5 ppm e 6 ppm; aos 69 dias: 7 ppm, 5 ppm, 5 ppm e 5 ppm; aos 83 dias: 6 ppm, 5 ppm, 6 ppm e 6 ppm; aos 104 dias: 6 ppm, 7 ppm, 8 ppm e 7 ppm, todas essas na seqüência de matéria seca da planta toda, da parte aérea, da folha intermediária e da folha apical. FURLANI *et alii* (1977) estabeleceram a composição química inorgânica das plantas de três variedades de arroz. Fixaram a concentração de Cu na matéria seca, para a variedade 'IR 665-4-5-5', nos seguintes valores: 2,7 ppm, 2,7 ppm, 6,4 ppm e 7,8 ppm, para folhas, colmos, grãos descascados e cascas, respectivamente; para 'IAC 435': 2,6 ppm, 2,5 ppm, 4,7 ppm e 8,7 ppm; para 'IAC 120': 2,5 ppm, 2,8 ppm, 5,4 ppm e 9,1 ppm, respeitada a seqüência inicial de órgãos e tecidos. GALRÃO *et alii* (1978), com a finalidade de avaliar o efeito da disponibilidade de micronutrientes no rendimento e na composição química do arroz, em condições de cerrados, conduziram trabalho experimental, em que um dos tratamentos recebeu os micronutrientes B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. Outros tratamentos foram constituídos pela omissão de um micronutriente de cada vez. Concluíram que a concentração de Cu na matéria seca da parte aérea da planta, no tratamento completo, correspondeu a 1,8 ppm, ao passo que, no tratamento com a omissão de Cu, correspondeu a 0,9 ppm.

As proporções de Cu acumuladas nos órgãos da planta, obtidas neste trabalho, são semelhantes às obtidas por CHERIAN *et alii* (1968), por FURLANI *et alii* (1977) e por GALRÃO

et alii (1978), mas são discordantes das obtidas por PANDE *et alii* (1976), CHAUDHRY *et alii* (1977) e GILMOUR (1977), cuja concentração de Cu, nos órgãos da planta, diminuiu com a idade.

4.3.2.9. Ferro

Na Tabela 16 são apresentados os teores médios, em ppm, e em ug por planta, encontrados na planta das variedades 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5'. Na variedade 'IAC 1246' a maior concentração de Fe nas folhas, na idade de 135 dias, ocorreu na irrigação intermitente, reduzindo-se, seqüencialmente, na submersão contínua e nas condições de "sequeiro". As folhas-bandeiras, na mesma idade, tiveram maior concentração na irrigação por submersão contínua, a qual, por sua vez, não diferiu da concentração encontrada na irrigação intermitente; o menor teor de Fe nessas folhas foi encontrado nas condições de "sequeiro". Nos colmos, as maiores quantidades de Fe foram encontradas na irrigação por submersão contínua, ao passo que na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro" verificou-se quantidades semelhantes entre si e menores que as encontradas nas condições de submersão contínua. Nas panículas, as maiores quantidades de Fe, foram encontradas, simultaneamente, na irrigação intermitente e nas condições de "sequeiro", e as menores quantidades, detectadas nas condições de Submersão contínua. Nas folhas e nos colmos em todas as três disponibilidades d'água; nas folhas-bandeiras, na irrigação intermitente; e nas panículas, nas condições de "sequeiro", aumentou o teor de Fe na matéria seca com a idade da planta, ao passo que nas fo-

Tabela 15. Teores médios de Ferro contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas.

Partes da Planta	Idades em Dias	Variedades	Modalidades de Irrigação						
			Submersão		Intermitente		Sequeiro		Médias
			ppm	ug/planta	ppm	ug/planta	ppm	ug/planta	
'IAC 1246'									
Folhas	105		133,4 Ab ^a	108,15	105,9 Bb ^a	113,17	99,9 Bb ^a	107,67	113,4
	135		233,0 Ba	211,91	254,7 Aa	233,24	141,6 Ca	139,03	209,8
Médias			183,2		180,3		120,7		
DMS (L) =	16,39	DMS (C) =	14,87						
F.Bandeira	105		226,7 Aa	39,91	195,1 Bb	38,04	193,1 Ba	42,58	205,0
	135		241,6 Aa	59,23	236,8 Aa	55,36	206,7 Ba	48,59	228,4
Médias			234,1		215,9		199,9		
DMS (L) =	27,56	DMS (C) =	27,13						
Colmos	105		116,7 Ab	69,00	111,1 Ab	64,12	109,2 Ab	49,83	112,3
	135		150,4 Aa	91,72	125,7 Ba	55,41	124,1 Ba	62,18	133,4
Médias			133,5		118,4		116,6		
DMS (L) =	17,32	DMS (C) =	10,35						
Paniculas	105		25,5 Ba	19,16	33,0 Aa	13,41	28,7 ABb	14,56	29,1
	135		26,3 Ba	36,99	36,3 Aa	18,56	36,1 Aa	40,97	32,9
Médias			25,9		34,6		32,4		
DMS (L) =	5,92	DMS (C) =	2,23						
'IR 665-4-5-5'									
Folhas	105		120,0 Ab	117,54	119,9 Ab	80,15	115,1 Ab	35,02	118,3
	135		162,3 Aa	107,16	162,5 Aa	97,88	153,9 Ba	75,65	159,7
Médias			141,1		141,2		134,5		
DMS (L) =	7,29	DMS (C) =	7,29						
F.Bandeira	105		118,3 Ab	24,60	119,1 Ab	10,90	113,1 Ab	3,53	116,8
	135		166,7 Aa	35,84	172,0 Aa	19,26	168,8 Aa	13,25	169,2
Médias			141,2		145,5		140,9		
DMS (L) =	6,71	DMS (C) =	5,47						
Colmos	105		108,3 Ab	53,69	104,7 Ab	22,33	105,7 Ab	3,06	106,0
	135		165,9 Aa	59,53	163,3 Aa	31,72	165,1 Aa	15,95	164,8
Médias			137,1		134,0		135,4		
DMS (L) =	5,07	DMS (C) =	5,38						
Paniculas	105		47,0 Ab	30,85	46,9 Ab	14,69	46,0 Ab	1,38	46,6
	135		68,1 Aa	111,10	70,3 Aa	45,39	69,5 Aa	6,87	69,3
Médias			57,5		58,6		57,7		
DMS (L) =	4,69	DMS (C) =	3,39						

* Para cada parte de planta, de cada variedade, dentro de cada linha (L), as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula e, dentro de cada coluna (C), as médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

lhas-bandeiras, na submersão contínua e nas condições de "sequeiro", nas panículas, na submersão contínua e na irrigação intermitente, essa quantidade manteve-se estável a partir dos 105 dias de idade. Na variedade 'IR 665-4-5-5' as concentrações de Fe nas folhas foram semelhantes na irrigação por submersão contínua e na irrigação intermitente e significativamente menores nas condições de "sequeiro", aos 135 dias de idade. Nas folhas-bandeiras, nos colmos e nas panículas, nas três disponibilidades d'água, não se detectou diferença estatística significativa entre as quantidades de Fe acumuladas. Em todas as disponibilidades d'água e em todos os órgãos analisados a quantidade de Fe acumulado aumentou com a idade da planta.

CLARCK *et alii* (1957) estudando, em casa de vegetação, o efeito da redução do solo, decorrente da adição de matéria orgânica e da sua submersão, sobre a absorção de Fe e de Mn pelas plantas de arroz das variedades 'Calusa 1 600' e 'Korean CI-8649' em dois tipos de solo, concluíram que além do comportamento varietal, a concentração de Fe na matéria seca da planta estava correlacionada com o estágio oxirredutivo dos solos. O aumento do tempo de submersão do solo e da quantidade de matéria orgânica incorporada, aumentou progressivamente, o estágio redutivo desse solo, condição que, associada à idade da planta, aumentou, proporcionalmente, a concentração de Fe na matéria seca da planta. Esses pesquisadores estabeleceram as concentrações de 150 ppm, e 220 ppm, na matéria seca, para o início do período de submersão do solo, nas idades de 53 e 74 dias

de vida, respectivamente, com a adição, de 1,6% do peso do solo, de matéria orgânica. CHERIAN *et alii* (1968), estudando a absorção de nutrientes pela planta de arroz em solos inundados e em solos não inundados, estabeleceram concentrações de Fe na matéria seca da parte aérea da planta, à semelhança do que fizeram para o Cu, fixando faixa variável de 27,5 ppm a 48,2 ppm, nos solos não submersos e faixa de 22,7 ppm a 58,2 ppm nos solos submersos. A variação, dentro de cada faixa, estava condicionada à maior ou menor disponibilidade desse e de outros nutrientes no solo. WESTFALL *et alii* (1971), analisando o efeito do suprimento de Fe e Zn no controle da clorose do arroz cultivado em solos calcários, em duas variedades de arroz, estabeleceram as concentrações de 46 ppm e 32 ppm de Fe na matéria seca da folha Y, no perfilhamento máximo, como suficientes para controlar o aparecimento de clorose em plantas jovens das variedades 'Dawn' e 'Bluebelle', respectivamente. YOON *et alii* (1975) desenvolveram ensaio experimental em condições de campo com a finalidade de estabelecer o conteúdo de Fe, Mn e Zn nas folhas Y da planta de arroz da variedade 'Bonnet 73', em relação à adição de matéria orgânica ao solo, à concentração desses nutrientes na solução do solo e à idade da planta. Concluíram que a disponibilidade de Fe na solução do solo aumentou, com o tempo de submersão, até os 36 dias, permanecendo estável a partir dessa época. Estabeleceram concentrações de 65 ppm, 49 ppm, 41 ppm, 29 ppm e 29 ppm para as idades de 16, 23, 36, 48 e 66 dias após a submersão, respectivamente, para a adição de 1 500 kg de matéria orgânica, e de 59 ppm, 61 ppm, 43

ppm, 32 ppm e 29 ppm, na mesma seqüência de idades, para adição de 6 000 kg de matéria orgânica. CHAUDHRY *et alii* (1977) estudaram o mecanismo de susceptibilidade de duas variedades de arroz à deficiência de Zn e determinaram, dentre outras, a concentração de Fe na matéria seca da planta de arroz, com a idade de 55 dias, estabelecendo a faixa de 190 ppm a 342 ppm, em decorrência das características do solo e a susceptibilidade de cada variedade. FURLANI *et alii* (1977), estudando a composição química inorgânica de três variedades de arroz fixaram concentração de Fe, de 169 ppm, 169 ppm, 56 ppm e 150 ppm, nas folhas, colmos, grãos descascados e cascas, para a variedade 'IR 665-4-5-5'; 246 ppm, 145 ppm, 28 ppm e 125 ppm, na mesma seqüência, para a variedade 'IAC 435', e de 255 ppm, 197 ppm, 31 ppm e 102 ppm, ainda na mesma seqüência, para a variedade 'IAC 120'. GILMOUR (1977) estudou o efeito do tempo de submersão do solo sobre a disponibilidade de nutrientes para as plantas de duas variedades de arroz, achando concentrações de 545 ppm, 266 ppm, 239 ppm, 95 ppm, 116 ppm e 57 ppm de Fe, nas idades de 27, 41, 55, 69, 83 e 122 dias, respectivamente, para a matéria seca da planta toda da variedade 'Starbonnet'; de 158 ppm, 107 ppm, 116 ppm, 75 ppm, 138 ppm e 67 ppm na parte aérea da mesma variedade, na mesma seqüência de idades; de 504 ppm, 179 ppm, 180 ppm, 115 ppm, 82 ppm e 98 ppm na folha apical da mesma variedade, ainda na mesma seqüência de idades; de 142 ppm, 88 ppm, 82 ppm e 75 ppm na folha intermediária da mesma variedade, nas idades de 55, 69, 83 e 122 dias. Para a variedade 'Nato' estabeleceu taxas de 614 ppm, 329 ppm, 222 ppm,

100 ppm, 110 ppm e 102 ppm na matéria seca da planta toda, nas idades de 27, 41, 55, 69, 83 e 104 dias; de 151 ppm, 106 ppm, 104 ppm, 73 ppm, 146 ppm e 78 ppm, na parte aérea, nessa sequência de idades; de 530 ppm, 204 ppm, 188 ppm, 98 ppm, 71 ppm e 82 ppm, na folha apical na mesma sequência de idades; de 148 ppm, 82 ppm, 88 ppm e 89 ppm na folha intermediária, nas idades de 55, 69, 83 e 104 dias. SRIVASTAVA *et alii* (1977) analisaram a influência genotípica e a disponibilidade de nutrientes no solo na absorção de Fe por sete variedades de arroz de porte baixo e dez variedades de porte alto, concluindo que o incremento da disponibilidade de nutrientes no solo aumentava a absorção e a concentração de Fe na matéria seca da parte aérea. A concentração de Fe nessa matéria seca foi maior que a concentração desse elemento mineral na matéria seca dos grãos. A média da concentração de Fe nas variedades foi de 170 ppm e de 165 ppm nos grãos e de 359 ppm e 321 ppm na matéria seca da parte aérea, nas variedades de porte baixo e de porte alto, respectivamente. GALRÃO *et alii* (1978), avaliando o efeito da disponibilidade de micronutrientes no rendimento e na composição química do arroz, em condições de cerrados, estabeleceram concentrações de Fe na matéria seca da planta, na colheita, de 49,7 ppm no tratamento que recebeu B, Ca, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn e de 51,6 ppm no tratamento que recebeu esses micronutrientes, menos Fe. VORM e DIEST (1979) estudaram, em solução nutritiva, os efeitos da variação do pH, das fontes de N e de Si e dos níveis de P na absorção de Fe e Mn. Concluíram que fontes de N, variações do pH do solo e do suprimento de P e Si influenciava-

ram na concentração de Fe na matéria seca da parte aérea mais que na das raízes. A concentração de Fe na matéria seca da parte aérea variou de 53 ppm a 76 ppm, em razão da variação desses parâmetros.

As quantidades de Fe obtidas, na matéria seca dos órgãos da planta, deste trabalho foram semelhantes às obtidas pelos pesquisadores CLARCK *et alii* (1957), CHAUDHRY *et alii* (1977), FURLANI *et alii* (1977) e GILMOUR (1977), sendo, entretanto, discordantes das obtidas por CHERIAN *et alii* (1968), WESTFALL *et alii* (1971), YOON *et alii* (1975), SRIVASTAVA *et alii* (1977), GALRÃO *et alii* (1978) e VORM e DIEST (1979).

4.3.2.10. Manganês

As médias de peso por planta e as proporções, em ppm, de Mn nos órgãos das plantas de arroz das variedades 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5' são apresentadas na Tabela 17. Na variedade 'IAC 1246' o conteúdo de Mn acumulado nos órgãos analisados não foi influenciado pelos níveis de disponibilidades d'água, à exceção de folhas, nas condições de "sequeiro", em que foi menor. Em todos os órgãos estudados, nas três disponibilidades d'água, o conteúdo de Mn aumentou com a idade da planta. Na variedade 'IR 665-4-5-5' o conteúdo de Mn nos órgãos analisados não foi influenciado pelas disponibilidades d'água, mas aumentou, sempre, com a idade das plantas.

CLARCK *et alii* (1957) estudaram, em casa de vegetação, o efeito da adição de matéria orgânica e da submersão, em dois tipos de solos, sobre a absorção de Fe e Mn pelas

Tabela 17. Teores médios de Manganês contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas.

Partes da Planta	Idades em Dias	Variedades	Modalidades de Irrigação						Médias
			Submersão		Intermitente		Sequeiro		
			ppm	ug/planta	ppm	ug/planta	ppm	ug/planta	
'IAC 1246'									
Folhas	105		66,7 Ab ^a	54,11	66,7 Ab ^a	71,28	66,4 Ab ^a	89,87	66,6
	135		90,6 Aa	82,45	87,4 Aa	80,06	81,8 Ba	91,67	86,6
Médias			73,5		77,0		4,1		
DMS (L) =	3,64	DMS (C) =	3,43						
F. Bandeira	105		66,6 Ab	11,73	66,4 Ab	12,94	66,7 Ab	14,71	66,6
	135		89,2 Aa	21,88	89,2 Aa	20,99	88,8 Aa	20,87	89,1
Médias			77,9		77,8		77,7		
DMS (L) =	5,67	DMS (C) =	6,08						
Colmos	105		64,2 Ab	37,94	64,0 Ab	36,94	63,2 Ab	28,83	63,6
	135		71,2 Aa	43,41	71,0 Aa	31,30	68,4 Aa	34,28	70,2
Médias			67,7		67,5		65,8		
DMS (L) =	4,16	DMS (C) =	3,16						
Panículas	105		12,3 Ab	9,24	12,4 Ab	5,06	12,3 Ab	4,53	12,3
	135		23,7 Aa	33,40	24,0 Aa	35,65	23,5 Aa	12,04	23,8
Médias			18,0		18,2		17,9		
DMS (L) =	3,53	DMS (C) =	3,37						
'IR 665-4-5-5'									
Folhas	105		63,2 Ab	66,80	69,0 Ab	46,12	68,1 Ab	20,72	68,4
	135		85,3 Aa	76,75	86,6 Aa	52,16	84,3 Aa	41,44	85,4
Médias			76,7		77,8		76,2		
DMS (L) =	4,16	DMS (C) =	3,85						
F. Bandeira	105		63,3 Ab	14,20	64,2 Ab	5,87	65,8 Ab	2,11	66,1
	135		85,5 Aa	18,28	86,6 Aa	10,21	85,9 Aa	7,40	85,8
Médias			76,9		75,4		75,8		
DMS (L) =	4,51	DMS (C) =	4,03						
Colmos	105		64,8 Ab	32,13	64,2 Ab	13,69	65,8 Ab	1,75	64,9
	135		85,5 Aa	30,53	86,1 Aa	15,88	85,9 Aa	8,90	85,8
Médias			75,1		75,1		75,8		
DMS (L) =	3,67	DMS (C) =	2,94						
Panículas	105		18,3 Ab	12,01	18,4 Ab	5,76	18,5 Ab	0,55	18,4
	135		24,9 Aa	40,62	26,0 Aa	16,79	26,3 Aa	2,60	25,7
Médias			21,6		22,2		22,4		
DMS (L) =	2,96	DMS (C) =	2,41						

* Para cada parte da planta, de cada variedade, dentro de cada linha (L), as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula e, dentro de cada coluna (C), as médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

plantas de duas variedades de arroz, concluindo que a concentração de Mn na matéria seca estava relacionada com a característica genética da variedade e com o estado oxirredutivo do solo. O aumento do tempo de submersão, da quantidade de matéria orgânica incorporada ao solo e da idade da planta, aumentou proporcionalmente, a concentração de Mn na matéria seca. Fixaram concentrações de 2 700 ppm e 3 300 ppm na matéria seca das plantas, nas idades de 53 e 74 dias, respectivamente, no início da submersão do solo, e de 700 ppm e 800 ppm, nessas idades, depois de longo período de submersão, após a adição de 1,6 %, em peso, de matéria orgânica ao solo. CHERIAN *et alli* (1968) analisaram a absorção de nutrientes pela planta de arroz, em solos inundados e não inundados, estabelecendo as concentrações de Mn na matéria seca da parte aérea da planta, à semelhança do que foi feito para Cu e Fe. Fixaram a faixa de 186 ppm a 242 ppm para solos não submersos e a faixa de 413 ppm a 1 053 ppm para solos submersos. A variação, dentro de cada faixa, estava condicionada à disponibilidade desse e de outros nutrientes minerais no solo. WEERARATNA (1969) estudou, em casa de vegetação, a absorção de Mn pela planta de arroz, nas condições de solo submerso e solo não submerso, concluindo que em quaisquer condições a absorção de Mn foi mais elevada na 3.^a e 4.^a e, posteriormente, na 9.^a e 10.^a semana. O arroz cultivado em solos submersos, mal drenados, assimilou mais Mn e apresentou alta taxa de acumulação na matéria seca, em comparação com as condições de submersão em solo drenado. OBERMUELLER e MIKKELSEN (1974) estudaram o efeito do manejo da

água de irrigação e do estado de agregação do solo sobre o desenvolvimento da planta de arroz e absorção de nutrientes. Concluíram que o manejo d'água e o estado de agregação do solo influenciavam a absorção de nutrientes pela planta. Determinaram as concentrações de Mn na matéria seca da parte aérea da planta aos 160 dias de idade. Fixaram essas concentrações de 359 ppm, 397 ppm e 335 ppm para solos não submersos, para agregados do tamanho de 5 a 15 mm, de 2 a 5 mm e solos "pudlados", respectivamente, e de 69 ppm, 72 ppm e 78 ppm para solos submersos, na mesma escala de tamanho de agregados. YOON *et alii* (1975) estudaram, em condições de campo, o conteúdo de Fe, Mn e Zn contido nas folhas Y das plantas de arroz da variedade 'Bonnet 73', em razão da adição de matéria orgânica ao solo, da concentração desses nutrientes na solução do solo e da idade da planta. Concluíram que a concentração de Mn nas folhas Y diminuiu com o tempo de submersão, não sendo alterada pela adição crescente de matéria orgânica ao solo. Fixaram concentrações de 697 ppm, 508 ppm, 349 ppm, 431 ppm e 361 ppm para a adição de 1 500 kg/ha de matéria orgânica, aos 16, 23, 36, 48 e 66 dias de submersão, respectivamente, e de 615 ppm, 450 ppm, 315 ppm, 410 ppm e 369 ppm para 6 000 kg/ha de matéria orgânica, nas mesmas épocas. FURLANI *et alii* (1977) estabeleceram a composição química de três variedades de arroz. Indicaram as concentrações de 305,2 ppm, 134,6 ppm, 71,0 ppm e 85,0 ppm para a variedade 'IR 665-4-5-5', nas folhas, colmos, grãos descascados e cascas, respectivamente, de 167,4 ppm, 83,6 ppm, 46,7 ppm e 37,4 ppm para a 'IAC 435', na mesma sequência, e de

205,6 ppm, 69,1 ppm, 52,9 ppm e 33,3 ppm, para a variedade 'IAC 120', nessa mesma seqüência. GILMOUR (1977) estudou a absorção de micronutrientes por plantas de arroz das variedades 'Starbonnet' e 'Nato', em relação à idade da planta e da concentração de nutrientes na solução do solo. Estabeleceram, para a 'Starbonnet', concentrações de 815 ppm, 932 ppm e 1 175 ppm, aos 27 dias de idade, na matéria seca da planta toda, da parte aérea e da folha apical, respectivamente; de 1 224 ppm, 1 089 ppm e 2 277 ppm, aos 41 dias, na mesma seqüência de matéria seca; de 995 ppm, 739 ppm, 1 100 ppm e 2 070 ppm, aos 55 dias, na matéria seca da planta toda, da parte aérea, da folha intermediária e da folha apical; de 925 ppm, 723 ppm, 1 135 ppm e 1 950 ppm, aos 69 dias, nessa mesma seqüência; de 893 ppm, 610 ppm, 928 ppm e 1 460 ppm, aos 83 dias, ainda na mesma seqüência; de 444 ppm, 1 017 ppm, 979 ppm e 1 120 ppm, aos 122 dias, também na mesma seqüência. Para a variedade 'Nato', fixaram as concentrações de 809 ppm, 876 ppm e 1 187 ppm, para a idade de 27 dias, na matéria seca da planta toda, da parte aérea e da folha apical, respectivamente; de 1 328 ppm, 1 194 ppm e 2 440 ppm, na idade de 41 dias, na seqüência anterior; de 980 ppm, 656 ppm, 1 095 ppm e 2 082 ppm, para a idade de 55 dias, na matéria seca da planta toda, da parte aérea, da folha intermediária e da folha apical, respectivamente; de 903 ppm, 650 ppm, 995 ppm e de 1 550 ppm, na idade de 69 dias, nessa mesma seqüência de matéria seca; de 905 ppm, 653 ppm, 935 ppm e de 1 108 ppm, para a idade de 83 dias, ainda na mesma seqüência; de 918 ppm, 1 646 ppm, 1 256 ppm e

1 523 ppm, na idade de 104 dias, também na mesma sequência de matéria seca. GALRÃO *et alii* (1978) avaliaram o efeito da disponibilidade de micronutrientes no rendimento e na composição química da planta de arroz cultivada em condições de cerrados. Estabeleceram a concentração de Mn na matéria seca da parte aérea da planta, na ocasião da colheita, em 7,9 ppm, quando as plantas recebiam B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, e de 7,5 ppm quando as plantas recebiam esses micronutrientes, menos Mn. RAMASWAMY *et alii* (1978) analisaram a concentração de micronutrientes, destacando Fe e Mn, nas folhas de duas variedades de arroz, uma susceptível e outra tolerante à cercosporiose. Concluíram que para a variedade susceptível a concentração de Fe e Mn foi sempre maior que para a não susceptível. Estabeleceram concentrações de Mn de 0,41 ppm, 0,26 ppm, 0,11 ppm, 0,09 ppm, na folha-bandeira, na terceira, segunda e primeira folhas, respectivamente, para a variedade susceptível, e 0,36 ppm, 0,14 ppm e 0,03 ppm, na folha-bandeira, na terceira e segunda folhas, respectivamente, para a variedade tolerante. VORM e DIEST (1979) analisaram, em solução nutritiva, os efeitos das fontes de N e de Si, dos níveis de P e da variação de pH na absorção de Fe e Mn pelas plantas de arroz. Concluíram que as concentrações de Mn nas folhas de arroz não foram influenciadas pelas fontes de N; que o aumento da disponibilidade de P aumentou a concentração de Mn nas raízes mais que na parte aérea, ao passo que a elevação de pH do solo aumentou a absorção de Mn e sua concentração na parte aérea da planta. Fixaram a faixa de 590 ppm a 4 010 ppm para a variedade 'IR 8' e de 650 ppm a

4 650 ppm para a variedade 'Apani', na matéria seca da parte aérea, aos 67 dias de idade. Os aumentos, dentro de cada faixa, estariam relacionados com o aumento das disponibilidades de P e Mn na solução nutritiva.

Os resultados deste trabalho, relativamente às quantidades de Mn na matéria seca, são parcialmente semelhantes às quantidades obtidas por FURLANI *et alii* (1977) e discordantes das obtidas por CLARCK *et alii* (1957), CHERIAN *et alii* (1968), OBERMUELLER e MIKKELSEN (1974), YOON *et alii* (1975), GILMOUR (1977) e VORM e DIEST (1979), por apresentarem, todas, quantidades muito maiores que as obtidas neste trabalho, e dos obtidos por GALRÃO *et alii* (1978) e RAMASWAMY *et alii* (1978), por apresentarem quantidades muito menores. Os resultados destes trabalhos foram também discordantes dos obtidos por OBERMUELLER e MIKKELSEN (1974) que concluíram que a irrigação por submersão contínua aumentava a quantidade de Mn na matéria seca da parte aérea da planta de arroz.

4.3.2.11. Zinco

As médias, em peso, e as concentrações, em ppm, dos teores de Zn contidos nos órgãos analisados das variedades 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5' são apresentadas na Tabela 18. Nas duas variedades, 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5', a concentração de Zn nos órgãos da planta não foi influenciada pelas disponibilidades d'água em nenhuma das idades estudadas, ao passo que aumentou, com a idade da planta, em todas as disponibilidades d'água analisadas.

Tabela 13. Teores médios de Zinco contidos nas plantas de arroz das duas variedades estudadas.

Partes da Planta	Idades Dias	Variedades	Modalidades de Irrigação						Médias
			Submersão		Intermitente		Sequeiro		
			ppm	ug/planta	ppm	ug/planta	ppm	ug/planta	
'IAC 1246'									
Folhas	105		14,7 Ab*	11,92	14,6 Ab*	15,60	14,5 Ab*	19,63	14,6
	135		21,8 Aa	19,83	22,0 Aa	20,15	22,0 Aa	24,65	21,9
Médias			18,2		18,3		18,2		
DMS (L) =	1,74	DMS (C) =	1,64						
F.Bandeira	105		16,0 Ab	2,82	17,0 Ab	3,31	15,9 Ab	3,51	16,3
	135		22,9 Aa	5,61	22,7 Aa	5,31	23,1 Aa	5,43	22,9
Médias			19,4		19,3		19,5		
DMS (L) =	2,51	DMS (C) =	2,03						
Colmos	105		33,4 Ab	19,75	34,0 Ab	19,62	33,8 Ab	15,42	33,7
	135		41,1 Aa	25,06	40,9 Aa	18,03	40,2 Aa	20,14	40,7
Médias			37,2		37,4		37,0		
DMS (L)=	2,46	DMS (C) =	2,39						
Panículas	105		15,8 Ab	11,83	15,8 Ab	6,42	15,6 Ab	5,73	15,7
	135		20,9 Aa	29,39	21,6 Aa	32,12	21,1 Aa	10,70	21,2
Médias			18,3		18,7		18,4		
DMS (L) =	1,55	DMS (C) =	1,64						
'IR 665-4-5-5'									
Folhas	105		33,2 Ab	32,51	33,1 Ab	22,13	33,3 Ab	10,13	33,2
	135		53,9 Aa	48,50	53,2 Aa	32,04	53,1 Aa	26,10	53,4
Médias			43,5		43,2		43,2		
DMS (L) =	3,26	DMS (C) =	3,01						
F.Bandeira	105		34,1 Ab	7,09	33,8 Ab	3,09	33,9 Ab	1,04	33,9
	135		53,3 Aa	11,40	53,0 Aa	6,25	53,9 Aa	4,57	53,4
Médias			43,7		43,4		43,4		
DMS (L) =	3,53	DMS (C) =	3,63						
Colmos	105		33,3 Ab	16,51	33,0 Ab	7,04	33,6 Ab	0,89	33,3
	135		53,4 Aa	19,07	53,0 Aa	9,77	53,8 Aa	5,58	53,4
Médias			43,3		43,0		43,7		
DMS (L) =	2,77	DMS (C) =	2,88						
Panículas	105		15,4 Ab	10,11	14,8 Ab	4,64	15,2 Ab	0,46	15,1
	135		24,2 Aa	39,48	23,8 Aa	15,37	23,1 Aa	2,28	23,7
Médias			19,8		19,3		19,1		
DMS (L) =	2,94	DMS (C) =	2,90						

* Para cada parte de planta, de cada variedade, dentro de cada linha (L), as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula e, dentro de cada coluna (C), as médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

CHERIAN *et alii* (1968) estudaram a absorção de nutrientes pela planta de arroz em solos inundados e não inundados e, à semelhança do que fizeram para Cu, Fe e Mn, estabeleceram a concentração de Zn na matéria seca da parte aérea da planta. Fixaram as faixas de concentração de 21,8 ppm a 34,0 ppm, para solos não submersos, e de 16,6 ppm a 24,7 ppm, para solos inundados. A variação dessa concentração na matéria seca de plantas colhidas após 5 semanas de vida variava, dentro de cada faixa, de acordo com a concentração desse e de outros nutrientes no solo. WESTFALL *et alii* (1971) analisaram o efeito do suprimento de Fe e Zn no controle de clorose em plantas de arroz. Estabeleceram concentrações de 12,7 ppm e 32 ppm na folha Y, no final do estágio de perfilhamento, como suficiente para controlar a clorose nas variedades 'Dawn' e 'Bluebelle', respectivamente. GIORDANO e MORTVEDT (1972) estudaram o efeito do suprimento de Zn sobre a produção de grãos de plantas de arroz cultivadas em regime de solo submerso e não submerso. Concluíram que a produção de grãos aumentava com o crescimento da disponibilidade de P e de Zn e que o crescimento da disponibilidade de P aumentava a absorção de Zn, a qual foi sempre maior nas condições de solo inundado. OBERMULLER e MIKKELSEN (1974) analisaram os efeitos do manejo da água de irrigação e o estado de agregação do solo sobre a absorção de nutrientes e sobre o desenvolvimento da planta de arroz cultivada em solos inundados e não inundados. Verificaram que a maior absorção de Zn ocorreu sempre nos solos não inundados. Estabeleceram concentração de 682 ppm, 698 ppm e 672 ppm, para solos não inunda-

dos, e de 144 ppm, 136 ppm e 85 ppm, para solos inundados, com agregados nos tamanhos de 5 a 15 mm e de 2 a 5 mm e com os resultantes da "pudlagem" do solo, respectivamente. YOON *et alii* (1975) analisaram o conteúdo de Fe, Mn e Zn nas folhas Y da variedade 'Bonnet 73' cultivada em solos que receberam adições de matéria orgânica. Concluíram que a concentração de Zn nas folhas Y diminuiu com a idade da planta, o mesmo acontecendo com a concentração desse nutriente na solução do solo, a qual diminuiu com o tempo de submersão. Estabeleceram concentrações de 47 ppm, 29 ppm, 21 ppm, 14 ppm e 14 ppm, nas idades de 16, 23, 36, 48 e 66 dias, para adição de 1 500 kg/ha de matéria orgânica, e de 38 ppm, 31 ppm, 19 ppm, 21 ppm e 16 ppm, para adição de 6 000 kg/ha de matéria orgânica, nas mesmas idades. PANDE *et alii* (1976) analisaram o efeito da utilização dos nutrientes Cu, Zn, B, Ca e Mo sobre a composição mineral e produção de grãos da planta de arroz. Concluíram que a disponibilidade desses nutrientes influenciava a concentração de Zn na matéria seca. Essa concentração atingia 13,2 ppm e 26,7 ppm na matéria seca dos grãos e da parte aérea, respectivamente, com a adição de N, P, K e Ca, mas com ausência da adição de Cu, Zn, B e Mo. A adição desses nutrientes, na presença daqueles elevou essas proporções para 14,6 ppm e 29,8 ppm na matéria seca dos grãos e da parte aérea, respectivamente. RASHID *et alii* (1976) estudaram, utilizando Zn marcado, a absorção de Zn e os efeitos inibidores dessa absorção por íons existentes em solos submersos, em duas variedades de arroz. Concluíram que Ca, Mg, H, Cu, H_2PO_4 , Mn e Fe reduziram a absorção de Zn pelas plantas de ar-

roz em solos inundados, muito embora ocorressem diferenças no comportamento varietal nessa absorção. Destacaram o fato de que essa redução era maior em solos submersos, chamando a atenção para o fato de que análise química de solos submersos, por meio de amostras de solo seco, acusou disponibilidade de Zn maior que as confirmadas em condições de campo. CHAUDHRY *et alii* (1977) estudaram a susceptibilidade de duas variedades de arroz à deficiência de Zn, concluindo que essa susceptibilidade decorria do caráter genético peculiar a cada variedade. Fixaram a faixa de concentração de Zn de 12,8 ppm a 31,2 ppm na matéria seca de folhas de plantas com 55 dias de idade. As variações, dentro dessa faixa, decorriam da característica varietal e da disponibilidade desse e de outros nutrientes no solo. FURLANI *et alii* (1977) analisaram a composição química de três variedades de arroz. Estabeleceram concentração de 54,1 ppm, 54,1 ppm, 24,1 ppm e 23,6 ppm na matéria seca da parte aérea de plantas da variedade 'IR 665-4-5-5', colhidas na maturação, nas folhas, colmos, grãos descascados e casca, respectivamente; de 17,6 ppm, 42,8 ppm, 18,2 ppm e 29,0 ppm, para a variedade 'IAC 435', na mesma época e sequência; de 24,1 ppm, 35,9 ppm, 21,6 ppm e 29,2 ppm, para a 'IAC 120', na mesma época e sequência. GILMOUR (1977) estudou o efeito do tempo de submersão do solo sobre a disponibilidade de nutrientes para as plantas de arroz. Fixou, na matéria seca da variedade 'Starbonnet', concentração de 43 ppm, 28 ppm, 16 ppm, 20 ppm, 26 ppm e 21 ppm, nas idades de 27, 41, 55, 69, 83 e 122 dias, respectivamente, para a planta toda; de 29 ppm, 22 ppm, 18 ppm, 22 ppm,

28 ppm e 31 ppm, nessas idades, para a parte aérea; de 27 ppm, 27 ppm, 18 ppm, 11 ppm, 26 ppm e 28 ppm, nas mesmas idades, para a folha apical; e de 15 ppm, 12 ppm, 18 ppm e 18 ppm, para a folha intermediária, nas idades de 55, 69, 83 e 122 dias, respectivamente. Para a variedade 'Nato' concentração de 44 ppm, 29 ppm, 29 ppm, 27 ppm, 30 ppm e 18 ppm, para a matéria seca da planta toda, nas idades de 27, 41, 55, 69, 83 e 104 dias, respectivamente; 30 ppm, 24 ppm, 25 ppm, 22 ppm, 25 ppm e 17 ppm, para a matéria seca da parte aérea, nas mesmas idades; 28 ppm, 30 ppm, 24 ppm, 12 ppm, 20 ppm e 14 ppm, para a folha apical, ainda nas mesmas idades; 22 ppm, 16 ppm, 19 ppm e 16 ppm, para a folha intermediária, nas idades de 55, 69, 83 e 104 dias, respectivamente. IRRI (1969 e 1977) desenvolveu estudos com a finalidade de estabelecer os efeitos das características dos solos, dos regimes de irrigação e das concentrações de nutrientes minerais na solução do solo sobre a disponibilidade de Zn sobre sua absorção pela planta de arroz. Concluiu que a disponibilidade de Zn estava relacionada com as características do solo e com o manejo da água de irrigação, verificando que, além da capacidade peculiar de cada variedade, a absorção desse nutriente era proporcional à sua concentração na solução do solo. A presença de outros nutrientes minerais e de matéria orgânica e as variações de pH do solo influenciaram a absorção de Zn pela planta de arroz. Fixou de 33 ppm na matéria seca da parte aérea como nível crítico e 758 ppm como nível tóxico. Afirmou, ainda, que, depois da deficiência de N e de P, a deficiência de Zn era o mais importante fator limitante da produ-

tividade do arroz cultivado em condições de irrigação por submersão contínua. SAKAL (1977) analisou, em condições de campo, a resposta varietal ao suprimento de Zn. Concluiu que, das seis variedades estudadas, somente uma não respondeu com aumento da produção de matéria seca à suplementação de Zn. A maior disponibilidade de Zn aumentou sua concentração nos tecidos da planta, em todos os estádios de seu desenvolvimento. Estabeleceu a faixa de 4,18 ppm a 16,88 ppm para a concentração de Zn na matéria seca da parte aérea, no estágio de perfilhamento, e a concentração de 28,04 ppm a 48,61 ppm no estágio de iniciação da panícula. A variação, dentro de cada faixa, era consequência do comportamento varietal e da concentração desse e de outros nutrientes na solução do solo. GALRÃO *et alii* (1978) avaliaram o efeito da disponibilidade de micronutrientes no rendimento e na composição química do arroz cultivado em condições de cerrados. Estabeleceram concentração de Zn na matéria seca da planta, na colheita, de 2,1 ppm quando a planta recebia B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, e Zn e de 0,4 ppm quando a planta recebia esses nutrientes, menos Zn.

As quantidades de nutrientes minerais, contidos nos órgãos da planta de arroz, obtidos neste trabalho são semelhantes às obtidas por WESTFALL *et alii* (1971), PANDE *et alii* (1976), CHAUDHRY *et alii* (1977), FURLANI *et alii* (1977), GILMOUR (1977) e SAKAL (1977). Foram entretanto diferentes das obtidas por CHERIAN *et alii* (1968), que observaram aumento da concentração de Zn em plantas de arroz cultivadas em submersão contínua, comparativamente à das plantas cultivadas em condições

de "sequeiro", ocorrência não observada neste trabalho. Foi diferente, pelas quantidades acumuladas, dos trabalhos de GIORDANO e MORTVEDT (1972), OBERMULLER e MIKKELSEN (1974), RASHID *et alii* (1976), IRRI (1969 e 1977) e GALRÃO *et alii* (1978). YOON *et alii* (1975), ao contrário de CHERIAN *et alii* (1968), observaram que a proporção de Zn, na matéria seca da planta, diminuiu na irrigação por submersão, quando comparada com as condições de "sequeiro".

4.3.2.12. Distribuição proporcional de matéria seca e nutrientes minerais nos órgãos da planta de arroz.

Utilizando-se do peso por planta, constante das Tabelas de 8 a 18, organizou-se as Tabelas 19 e 20, distribuindo-se, percentualmente, para cada órgão, o total de matéria seca e nutrientes acumulados em cada idade. A comparação dessa distribuição percentual permitiu analisar as alterações proporcionais da composição dos órgãos da planta. Observou-se que o aumento da restrição d'água alterou a proporção de matéria seca e de nutrientes minerais em todos os órgãos analisados, em ambas as variedades, sendo esse efeito mais drástico na 'IR 665-4-5-5'. A proporção de matéria seca e nutrientes minerais, em cada disponibilidade d'água, aumentou sempre nas panículas, diminuindo nos outros órgãos, destacadamente, nas folhas, com a idade. Esse fato corrobora com a idéia de que a panícula deve desempenhar papel importante nos processos metabólicos responsáveis pela produção de hidratos de carbono necessários ao enchimento das espiguetas. As proporções de K, Fe e Mn foram

Tabela 12 Distribuição e acumulação percentual, de matéria seca e de nutrientes minerais nas plantas de arroz da variedade 'IAC 1246'.

Idades da Planta	Modalidades de Suprimento d'água														
	Submersão Contínua					Irrigação Intermitente					"Sequeiro"				
	Órgãos da Planta					Órgãos da Planta					Órgãos da Planta				
	Folha	F.Band.	Colmo	Panic.	Totais	Folha	F.Band.	Colmo	Panic.	Totais	Folha	F.Band.	Colmo	Panic.	Totais
Matéria Seca															
105	35	8	25	32	100	47	9	26	18	100	57	9	19	15	100
135	29	8	19	44	100	30	8	14	48	100	47	10	21	22	100
Nitrogênio															
105	37	10	10	43	100	48	13	12	27	100	65	11	9	14	100
135	17	7	10	66	100	18	8	9	65	100	45	13	12	30	100
Fósforo															
105	21	9	13	57	100	46	9	22	23	100	48	13	17	22	100
135	9	4	8	79	100	10	6	11	73	100	35	9	21	34	100
Potássio															
105	44	6	42	8	100	62	9	22	7	100	69	10	14	7	100
135	12	5	70	13	100	13	5	67	15	100	54	12	29	7	100
Cálcio															
105	76	8	8	8	100	84	6	4	6	100	82	5	6	7	100
135	65	15	9	11	100	67	14	7	12	100	78	10	5	7	100
Magnésio															
105	44	9	14	33	100	55	10	19	16	100	70	6	14	10	100
135	32	10	12	46	100	58	9	11	30	100	62	13	11	14	100
Enxofre															
105	4	3	11	82	100	55	10	18	17	100	60	5	19	16	100
135	12	13	6	69	100	39	9	20	41	100	48	15	15	22	100
Cobre															
105	39	7	22	41	100	46	9	22	23	100	54	8	17	21	100
135	20	6	15	59	100	21	5	11	63	100	40	8	19	33	100
Ferro															
105	44	17	29	8	100	49	17	28	6	100	59	20	23	7	100
135	53	15	23	9	100	64	15	15	6	100	48	17	21	14	100
Manganês															
105	48	10	34	8	100	56	10	29	5	100	65	11	21	3	100
135	46	12	24	18	100	48	12	19	21	100	58	13	21	8	100
Zinco															
105	26	6	43	25	100	35	7	44	14	100	44	8	35	13	100
135	25	7	31	37	100	27	7	24	42	100	40	9	33	18	100

Tabela 20. Distribuição e acumulação percentual, de matéria seca e de nutriente minerais nas plantas de arroz da variedade 'IR 665-4-5-5'.

Modalidades de Suprimento d'água															
Idades	Submersão Contínua					Irrigação Intermitente					"Sequeiro"				
de	Órgãos da Planta				Totais	Órgãos da Planta				Totais	Órgãos da Planta				Totais
Planta	Folha	F.Band.	Colmo	Panic.		Folha	F.Band.	Colmo	Panic.		Folha	F.Band.	Colmo	Panic.	
Matéria Seca															
105	42	9	21	28	100	52	7	17	24	100	78	8	7	7	100
135	29	7	11	53	100	39	8	12	41	100	63	11	13	13	100
Nitrogênio															
105	43	15	13	29	100	49	11	9	31	100	67	12	8	13	100
135	25	6	5	64	100	29	7	6	58	100	52	14	10	14	100
Fósforo															
105	36	10	18	36	100	44	10	18	28	100	60	12	13	15	100
135	14	4	4	78	100	18	7	11	64	100	49	13	21	17	100
Potássio															
105	51	9	31	8	100	58	12	21	9	100	84	7	5	4	100
135	23	6	56	14	100	25	12	51	12	100	60	15	17	8	100
Cálcio															
105	79	8	7	6	100	78	7	6	9	100	81	8	5	6	100
135	56	12	9	13	100	75	8	6	11	100	82	8	4	6	100
Magnésio															
105	41	9	23	27	100	52	9	17	22	100	57	12	17	14	100
135	26	6	12	56	100	41	9	12	38	100	55	10	13	12	100
Enxofre															
105	25	9	12	54	100	56	8	15	21	100	80	8	5	7	100
135	9	8	13	70	100	34	8	18	48	100	52	12	14	12	100
Cobre															
105	38	8	19	35	100	50	5	16	29	100	74	8	7	11	100
135	20	6	15	59	100	31	6	9	54	100	58	10	12	20	100
Ferro															
105	51	11	24	14	100	63	8	17	12	100	81	8	7	4	100
135	34	11	19	36	100	50	10	16	24	100	68	12	14	6	100
Manganes															
105	53	11	26	10	100	65	8	19	8	100	82	8	7	3	100
135	46	11	18	25	100	55	10	17	18	100	69	12	15	4	100
Zinco															
105	49	11	25	15	100	60	8	19	13	100	81	8	7	4	100
135	41	10	16	33	100	50	10	15	25	100	68	12	14	6	100

sempre altas na folha e no colmo, comparativamente às da panícula que foi baixa, em todas as disponibilidades d'água analisadas. Para o Ca, observou-se comportamento semelhante; mas, nesse caso, a alta proporção ocorreu, quase que exclusivamente, nas folhas. GARGANTINI e BLANCO (1965) comprovaram, na variedade 'Dourado-Precoce', que a quantidade de K e Ca, contidas nos grãos, era pequena, correspondendo a 0,8% e 4%, do total de K e Ca, respectivamente, acumulados na planta.

4.4. Produção de grãos

A análise de variância dos dados de produção de grãos, em kg/ha, obtidos nas duas variedades e nas três disponibilidades d'água, apresentada na Tabela 21, mostrou efeito significativo, ao nível de 1% de probabilidade, para disponibilidades d'água, na produção de grãos. Observou-se, também, efeito significativo, a 1% de probabilidade, para variedades, na irrigação por submersão contínua e nas condições de "sequeiro". Na irrigação intermitente não foi observada diferença estatística significativa de produção de grãos entre as duas variedades.

Os dados de produção de grãos obtidos nas duas variedades, nas três disponibilidades d'água, são apresentados na Tabela 22. Observou-se que a variedade 'IR 665-4-5-5' foi mais produtiva no regime de irrigação por submersão contínua, ao passo que a variedade 'IAC 1246' apresentou maior produção de grãos no regime de "sequeiro". Na irrigação intermitente as variedades apresentaram produção de grãos semelhantes, entre si, menores que as da submersão contínua e maiores que as das

Tabela 21. Análise de variância dos dados de produção de grãos das variedades 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5', em três disponibilidades d'água.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F
Disponibilidade d'água	2	111 193 000,0000	55 596 600,0000	6 599,23 (**)
ERRO (A)	9	75 822, 000	8 424,7100	
Parcela	(11)	(111 268 822,4000)		
Variedade / submersão	1	449 209,8100	449 209,8100	51,88 (**)
Variedade / Intermitente	1	3 382,5310	3 382,5310	0,39 (ns)
Variedade / Sequeiro	1	164 881,5312	164 881,5312	19,04 (**)
ERRO (B)	9	77 920,9000	8 657,8800	
Total	23			

condições de "sequeiro".

Tabela 22. Produção de grãos, em kg/ha, obtidos nas duas variedades de arroz, em três disponibilidades d'água.

Variedades	Disponibilidades d'água		
	Irrigação por submersão	Irrigação intermitente	Condições de "sequeiro"
'IAC 1246'	5 046,3	1 662,8	303,9
'IR 665-4-5-5'	5 520,2	1 621,7	16,8

A adaptabilidade das variedades 'IAC 1246' e 'IR 665-4-5-5' às condições de "sequeiro" e de irrigação por submersão contínua, respectivamente, são conhecidas. JOHN *et alii* (1974) observaram, em ensaio experimental, que plantas de arroz cultivadas em condições de anaerobiose apresentaram redução no desenvolvimento do sistema radicular. Verificaram, também, que plantas adaptadas à anaerobiose mostraram maior eficiência na absorção de nutrientes. Essa maior eficiência compensou o menor desenvolvimento radicular, permitindo maior produtividade de grãos. PUSHPAVESA e ESCURO (1974) analisaram a influência de caracteres morfológicos da folha sobre a fotossíntese e produção de grãos, em duas variedades e sete novas seleções de arroz. Concluíram que a eficiência fotossintética estava correlacionada com a espessura da folha e era significativamente diferente entre as seleções estudadas. A produção de

grãos, por sua vez, correlacionou-se estreitamente com a largura da folha-bandeira e com índice de área foliar, no estágio de florescimento. Nessa correlação, a área e o ângulo da folha-bandeira foram mais importantes que seu comprimento e espessura.

A variedade 'IR 665-4-5-5' é atribuída arquitetura foliar adequada, associada a menor porte de planta, o que permite o cultivo de maior número de plantas por unidade de área, sem interferência no seu desempenho fotossintético, assegurando aumento da produtividade de grãos.

RAGHU *et alii* (1975) estudaram o comportamento de três variedades de arroz, em vários níveis de disponibilidade de água no solo. Concluíram que a variação dos teores de água no solo interferia na produtividade do arroz. A menor produção de grãos foi obtida no regime de "sequeiro", ao passo que a maior produção foi obtida quando o solo era mantido saturado de água durante todo o ciclo da cultura. A produtividade de grãos diminuiu com o aumento da restrição de água e as variedades mostraram diferença no nível de tolerância à deficiência de água. REYNIERS *et alii* (1976) observaram o crescimento e a produção de grãos de uma variedade adaptada às condições de "sequeiro" e de outra selecionada para condições de submersão contínua, ambas submetidas à abundância e restrição de água, concluindo que a sucção de raízes era maior na profundidade de 7,5 cm para a variedade 'IR 5' no regime de submersão contínua. Nas profundidades de 15,30 e 60 cm passou a prevalecer, com o tempo, a variedade 'Morobérékan', de "sequeiro", com mai

or potencial de sucção. Essa variedade apresentou, em todas as profundidades analisadas, maior peso seco de raízes, que atingiram, no final do ciclo, profundidade próxima de 120 cm, ao passo que as da 'IR 5' atingiram, na mesma época, a profundidade de 60 cm.

A variedade 'IAC 1246' apresentou, nas condições de "sequeiro", maior produtividade de grãos, comparativamente à 'IR 665-4-5-5'. Essa conhecida adaptabilidade da 'IAC 1246' à restrição hídrica poderia estar correlacionada com características do sistema radicular, com destaque para seu desenvolvimento em profundidade, ao longo do perfil do solo.

4.4.1. Consumo de nutrientes minerais

A Tabela 23, com as quantidades, em peso, de nutrientes minerais consumidos, por hectare, pelas duas variedades, nas três disponibilidades d'água permitiu verificar que o maior consumo de nutrientes ocorreu no regime de irrigação por submersão contínua, ao passo que o menor ocorreu nas condições de "sequeiro", permanecendo a irrigação intermitente na posição de consumo intermediário. Nas condições de submersão contínua a variedade 'IR 665-4-5-5' consumiu sempre mais nutrientes que a variedade 'IAC 1246', à exceção de N, Cu, Fe e Mn, que foram mais consumidos por esta variedade. Nas condições de irrigação intermitente a variedade 'IAC 1246' consumiu mais nutrientes, à exceção de Mg, S, Mn e Zn, que foram mais consumidos pela 'IR 665-4-5-5'; nas condições de "sequeiro", continuou consumindo mais nutrientes, à exceção de Zn, que foi consumido em maior quantidade pela variedade 'IR 665-4-5-5'. Obser-

Tabela 23 Consumo de nutrientes minerais de duas variedades de Arroz em três níveis de disponibilidades d'água.

Nutrientes	Disponibilidades d'água					
	Irrigação Submersão		Irrigação Intermitente		Condição "Sequeiro"	
Minerais	'IAC 1246'	'IR 665-4-5-5'	'IAC 1246'	'IR 665-4-5-5'	'IAC 1246'	'IR 665-4-5-5'
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
N	123,39	82,29	77,88	74,81	66,00	44,80
P	23,21	33,55	16,10	15,34	10,52	6,31
K	217,14	256,18	135,56	74,14	59,16	43,52
Ca	26,04	29,45	17,96	15,92	13,87	8,94
Mg	17,96	21,03	11,07	19,12	10,94	6,05
S	14,67	23,45	9,04	21,32	8,10	5,35
	g/ha	g/ha	g/ha	g/ha	g/ha	g/ha
Cu	55,26	52,65	26,14	23,95	16,61	9,16
Fe	2 161,70	1 746,03	1 215,27	1 028,32	653,35	512,75
Mn	933,83	837,70	500,30	602,71	385,46	539,58
Zn	350,05	585,34	223,37	329,63	147,23	174,01

vou-se, para ambas as variedades, acentuada redução no consumo de nutrientes com o aumento da restrição d'água.

As variedades selecionadas pelo IRRI apresentam elevada eficiência na utilização do N, característica admitida por muitos pesquisadores como indispensável para garantir alta produtividade de grãos. Na irrigação por submersão contínua, condição para a qual foi selecionada, a variedade 'IR 665-4-5-5' consumiu maiores quantidades de P, K, Ca, Mg e S que a 'IAC 1246', menos produtiva, ao passo que o N e os micronutrientes analisados, foram mais consumidos pela 'IAC 1246'. Esse menor consumo de N pela variedade 'IR 665-4-5-5' parece confirmar a convicção desses pesquisadores de que o elevado potencial de produção dessa variedade estaria vinculado a uma maior eficiência de utilização do N assimilado.

4.4.2. Eficiência de utilização de nutrientes

Estabeleceu-se o quociente entre o peso de grãos produzidos e a quantidade de nutriente mineral consumido como índice de eficiência de utilização do nutriente mineral pelas variedades de arroz analisadas. A Tabela 24 apresenta os índices de eficiência de utilização de nutrientes minerais. Nas condições de irrigação por submersão contínua, a variedade 'IR 665-4-5-5' mostrou índice de eficiência de utilização maior somente para N, Cu, Fe e Mn, confirmando sua característica de alta eficiência na utilização de N. Nas condições de "sequeiro" a variedade 'IAC 1246' mostrou-se mais eficiente na utilização de todos os nutrientes minerais analisados, confirmando sua adaptabilidade às condições de restrição d'água. Na irri-

Tabela 24. Eficiência de utilização de nutrientes minerais na produção de grãos.

Nutrientes	Submersão Contínua			Irrigação Intermitente			Sequeiro		
	kg grão/kg nutriente			kg grão/kg nutriente			kg grão/kg nutriente		
	'IAC 1246' 'IR 665-4-5-5' 'IAC 1246' 'IR 665-4-5-5' 'IAC 1246' 'IR 665-4-5-5'								
N	40,90	67,08	21,35	21,68	4,60	0,37			
P	217,42	164,54	103,28	105,72	28,89	2,66			
K	23,24	21,55	12,27	21,87	5,14	0,39			
Ca	193,79	187,44	92,58	101,87	21,91	1,88			
Mg	280,97	262,49	150,21	84,82	27,78	2,78			
S	343,99	235,40	183,94	76,06	37,52	3,14			
	kg grão/g nutriente			kg grão/g nutriente			kg grão/g nutriente		
Cu	91,32	104,85	63,61	67,71	18,25	1,83			
Fe	2,33	3,16	1,37	1,58	0,46	0,03			
Mn	5,40	6,59	3,32	2,69	0,79	0,03			
Zn	14,42	9,43	7,44	4,92	2,06	0,10			

gação intermitente a eficiência de utilização de N foi semelhante, nas duas variedades, aumentando, na variedade 'IR 665-4-5-5', para P, K, Ca e Cu e diminuindo para Mg, S, Fe, Mn e Zn, comparativamente à variedade 'IAC 1246'. A restrição d'água reduziu sempre, para ambas as variedades, a eficiência de utilização dos nutrientes minerais.

4.5. Considerações gerais

As quantidades de matéria seca acumuladas por planta e por unidade de área, bem como a produtividade de grãos nas duas variedades, foram diminuídas com a restrição d'água, confirmando, assim, a seletividade do arroz para as condições de suprimento d'água abundante. Essa seletividade, decorrente de seleção natural, que é consequência do hábito tradicional de se cultivar arroz, desde sua domesticação, em solos saturados d'água, prevaleceu também para a variedade 'IAC 1246', selecionada para condições de suprimento d'água deficiente.

A restrição d'água influenciou o comportamento da variedade. O perfilhamento teve sua intensidade reduzida até mesmo na variedade selecionada para que apresentasse bom desempenho nessa condição. Entretanto, a variedade 'IR 665-4-5-5', selecionada para apresentar elevada produção de grãos, quando cultivada em condições de suprimento d'água abundante, apresentou comportamento irregular quando submetida à restrição hídrica. Na irrigação intermitente apresentou redução drástica do número de planta por unidade de área, ao passo que aumentou o perfilhamento e a mortalidade de perfilhos quando o suprimento

d'água para a cultura ficou restrito às chuvas. Essa restrição d'água aumentou, para a 'IAC 1246' e diminuiu para a 'IR 665-4-5-5', as quantidades de nutrientes acumuladas na planta, apesar de reduzir sempre o consumo desses nutrientes por unidade de área. Essa redução de consumo por área, para a 'IAC 1246', foi consequência da redução de matéria seca por planta e do número de plantas por área, ao passo que, para a 'IR 665-4-5-5', além dessas, ocorreu também redução dos teores de nutrientes na planta. A variedade 'IAC 1246' destacou-se com maiores acúmulos de macronutrientes, ao passo que a 'IR 665-4-5-5' destacou-se pelo acúmulo de micronutrientes. A idade, nas duas variedades, foi mais importante que o comportamento da variedade e as disponibilidades d'água para o acúmulo de micronutrientes na planta. As variedades adaptadas à restrição d'água apresentam características de desenvolvimento do sistema radicular que permitem acesso a regiões mais profundas do perfil do solo, em busca de suprimento d'água e, conseqüentemente, de sais minerais. A assimilação de micronutrientes tem sido considerada importante, pelos pesquisadores, para produção de grãos superiores a 6 000 kg/ha. Nessa condição, variedades selecionadas para alta produtividade de grãos apresentariam maior capacidade de assimilação e acumulação de micronutrientes. Esses detalhes, associados a características de atividade de estômatos, de transpiração, de fluxo ascendente de água, etc..., poderiam estar contribuindo para estabelecer a capacidade peculiar de cada variedade nessa acumulação de macro e micronutrientes.

A irregularidade na produção de matéria seca por unidade de área, na variedade 'IAC 1246', e no acúmulo de N por planta, nas duas variedades, em condições de "sequeiro"; nos teores de K acumulados na variedade 'IR 665-4-5-5', e os de S na variedade 'IAC 1246', ambas na irrigação intermitente, suscitaram dúvidas sobre esses comportamentos, os quais deveriam ser analisados com ajuda de ensaios experimentais que permitissem analisar, detalhadamente, as ocorrências que viessem a ser observadas no período compreendido entre as idades de 45 a 125 dias.

As características relacionadas com a adubação de arroz submetidos a tipos diversos de suprimento d'água deveriam ser reanalisadas sob o aspecto econômico. Na variedade 'IAC 1246', a mudança do abastecimento d'água, do regime de submersão contínua para a irrigação intermitente ou para as condições de "sequeiro" determinou, respectivamente, uma redução de 67% e 94% na produção de grãos. O consumo de nutrientes minerais, entretanto, foi reduzido em menor proporção. N reduziu 37% e 46%; P, 30% e 55%, e K, 38% e 73%, respectivamente, para a irrigação intermitente e condições de "sequeiro". A mudança do suprimento d'água da irrigação intermitente para as condições de "sequeiro" determinou uma redução de 82% na 'IAC 1246' e 99% na 'IR 665-4-5-5', na produção de grãos, ao passo que o consumo de nutrientes reduziu de 15%, 40% e 56%, na 'IAC 1246', para N, P e K, respectivamente, e de 40%, 59% e 41%, para a mesma sequência de nutrientes, na 'IR 665-4-5-5'.

Essas avaliações mostram que a redução de con-

sumo de nutrientes não foi proporcional à redução ocorrida na produção de grãos. A análise dessas relações, considerando o preço do adubo e o preço do produto colhido, deveria ser efetivada para que permitisse aos técnicos recomendações mais racionais com referência ao uso de fertilizantes nas três modalidades de cultura de arroz.

5. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos neste trabalho tiram-se as seguintes conclusões:

- 1) O regime de irrigação por submersão contínua, onde o suprimento d'água era abundante, foi condição que permitiu maior produtividade de grãos às duas variedades;
- 2) A restrição d'água influenciou a produção de grãos e o acúmulo de nutrientes minerais na planta;
- 3) Quando ocorreu redução no suprimento d'água, a variedade 'IAC 1246' destacou-se com maiores acúmulos de macronutrientes, ao passo que a 'IR 665-4-5-5' se destacou no acúmulo de micronutrientes;
- 4) No regime de irrigação intermitente, as duas variedades apresentaram produtividade de grãos semelhantes e menores que as obtidas na submersão contínua;
- 5) Nas condições de "sequeiro", onde o suprimento d'água estava restrito às chuvas, a variedade 'IAC 1246'

mostrou-se mais produtiva que a 'IR 665-4-5-5', mas com produtividade menor que as obtidas na irrigação intermitente;

6) Nas duas variedades a restrição d'água determinou redução na produtividade de grãos maior que a ocorrida no consumo de nutrientes minerais por unidade de área;

7) Na irrigação por submersão contínua, a variedade 'IAC 1246', para uma produção de 5 046 Kg de grãos e de 9 575 Kg de matéria seca de parte aérea, consumiu 123 Kg de N, 23 Kg de P, 217 Kg de K, 26 Kg de Ca, 18 Kg de Mg, 15 Kg de S, 55 g de Cu, 2 162 g de Fe, 934 g de Mn e 350 g de Zn, ao passo que a 'IR 665-4-5-5', para uma produção de 5 520 Kg de grãos e 11 832 Kg de matéria seca, consumiu 82 Kg de N, 33 Kg de P, 256 Kg de K, 29 Kg de Ca, 21 Kg de Mg, 23 Kg de S, 53 g de Cu, 1 746 g de Fe, 838 g de Mn e 585 g de Zn.

Na irrigação intermitente, a 'IAC 1246', para uma produção de 1 663 Kg de grãos e 9 095 Kg de matéria seca, consumiu 78 Kg de N, 16 Kg de P, 136 Kg de K, 18 Kg de Ca, 11 Kg de Mg, 9 Kg de S, 26 g de Cu, 1 215 g de Fe, 500 g de Mn e 223 g de Zn. A 'IR 665-4-5-5', para uma produção de 1 622 Kg de grãos e 8 078 Kg de matéria seca, consumiu 75 Kg de N, 15 Kg de P, 74 Kg de K, 16 Kg de Ca, 19 Kg de Mg, 21 Kg de S, 24 g de Cu, 1 028 g de Fe, 603 g de Mn e 330 g de Zn.

No regime de "sequeiro", a 'IAC 1246', para a produção de 304 Kg de grãos e 5 379 Kg de matéria seca, consumiu 66 Kg de N, 10 Kg de P, 59 Kg de K, 14 Kg de Ca, 11 Kg de Mg, 8 Kg de S, 17 g de Cu, 653 g de Fe, 385 g de Mn e 147 g de Zn. A 'IR 665-4-5-5', para a produção de 17 Kg de grãos e 3 507

Kg de matéria seca, consumiu 45 Kg de N, 6 Kg de P, 43 Kg de K, 9 Kg de Ca, 6 Kg de Mg, 5 Kg de S, 9 g de Cu, 513 g de Fe, 540 g de Mn e 174 g de Zn.

8) Nas condições de irrigação por submersão contínua, a 'IR 665-4-5-5' apresentou índices de eficiência de utilização de nutrientes maiores que os da 'IAC 1246', somente para N, Cu, Fe e Mn. Nas condições de "sequeiro" a 'IAC 1246' mostrou-se mais eficiente na utilização dos nutrientes minerais analisados.

6. LITERATURA CITADA

- ALDRICH, S. R. 1977. Plant analysis: Problems and Opportunities. *in*: DINAUER R. C. editor. *Soil Testing and Plant Analysis*, 3 ed. Madison USA, Soil Sci. Soc. Amer. Inc. p. 213-221.
- BANERJEE, N. K. e L. M. SHUKLA, 1977. Studies on the effect of changing the environments of paddy roots on the uptake of zinc, manganese and iron. *Plant and soil*, Netherlands, 46 (3): 643-647. (Short communication).
- BRASIL, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1980. *Anuário Estatístico do Brasil*. V. 41. 840 p.
- BROADBENT, F. E. e D. S. MIKKELSEN, 1968. Influence of Placement on Uptake of Tagged Nitrogen by Rice. *Agronomy J.*, Madison, USA. 60: 674-677.
- CHAUDHRY, F. M., S. M. ALAM, A. RASHID e A. LATIF, 1977. Mechanism of differential susceptibility of two rice varieties to zinc deficiency. *Plant and Soil*, Netherlands, 46 (3):

637-642. (Short communication).

CHERIAN, E. C., G. M. PAULSEN e L. S. MURPHY, 1958. Nutrient Uptake by Lowland Rice Under Flooded and Nonflooded Soil Conditions. *Agronomy J.* Madison, USA, 60: 554-557.

CIBES, H. R. e S. GAZTAMBIDE, 1980. Mineral-Deficiency Symptoms Displayed by Rice Plants Grown Under Controlled Conditions in the Greenhouse. *The Jo of Agriculture of the University of Puerto Rico*, Rio Piedras, LXIV (4): 369-378.

CLARCK, F., D. C. NEARPASS e A. W. SPECHT, 1957. Influence of Organic Additions and Flooding on Iron and Manganese Uptake by Rice. *Agronomy J.*, Madison, USA, 49 (11): 586-589.

DEL GIUDICE, R. M., S. S. BRANDÃO, J. D. GALVÃO e F. R. GOMES, 1974. Irrigação por Aspersão: Profundidade de Rega e Limites D'água Disponível. *Experientiae*, Viçosa, 18 (5): 103-123.

FAGERIA, N. K., 1976. Critical P, K, Ca and Mg contents in the tops of rice and peanut plants. *Plant and Soil*, Netherlands, 45: 421-431.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION of the UNITED NATIONS (FAO), Roma, Italy, 1981. *FAO Monthly Bulletin of Statistics*, 4 (10): 12-23.

FURLANI, P. R., O. C. BATAGLIA e A. M. C. FURLANI, 1977. Composição Química Inorgânica de Três Cultivares de Arroz. *Bragantia*, Campinas, 36 (8): 110-115.

GALRÃO, E. Z., A. R. SUHET e D. M. G. de SOUSA, 1978. 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: 129-132p.

GARGANTINI, H. e H. G. BLANCO, 1965. Absorção de nutrientes pe la cultura do arroz. *Bragantia*, Campinas. 24 (38): 515-528.

GILMOUR, J. T., 1977. Micronutrient Status of the Rice Plant. I. Plant and soil solution concentrations as a function of time. *Plant and Soil*, Netherlands, 46: 549-557.

GILMOUR, J. T., 1977a. Micronutrient Status of the Rice Plant. II. Micronutrient uptake rate as a function of time. *Plant and Soil*, Netherlands, 46: 559-564.

GIORDANO, P. M. e J. J. MORTVEDT, 1972. Rice Response to Zn in Flooded and Nonflooded Soil. *Agronomy J.*, Madson, USA, 64: 521-524.

GRIST, D. H., 1970, *Rice*, 4 ed. London, Logman. 548 p.

HIROCE, R., D. M. SOUZA, 1977. Teores de Macronutrientes na Folha Y do Arroz. *Bragantia*, Campinas, 36: XXIII-XXV. (Nota nº 6).

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI), los Baños, Philippines, 1969. Zinc Nutrition of Rice. *Annual Report 1969*. 155-161p.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI), los Baños, Philippines, 1977. *Zinc deficiency in rice: a review of research at the International Rice Research Institute*, Los Baños. 18 p. (IRPS nº 9).

- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI), los Baños, Philippines, 1979. *Rainfed Lowland Rice: Selected Papers from the 1978 International Rice Research Conference*. 341p.
- ISHIZUKA, Y., 1971. Engineering for Higher Yields. in: DINAUER, R. C. editor *Physiological Aspects of Crop Yield*, 3 ed, Madison, USA, Amer. Soc. Agronomy Crop Sci. Soc. Amer. p. 15-25.
- JOHN, C. D., V. LIMPINUNTANA e H. GREENWAY, 1974. Adaptation of Rice to Anaerobiosis. *Aust. J. Physiol.*, Melbourne, Austrália, 1 (4): 513-520.
- MANDAL, L. N. e S. K. KHAN, 1976. Influence of Different Moisture Regimes on the Transformation of Applied Phosphate in Rice Soils and Its Availability to Rice Plants. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, India, 23 (4): 374-381.
- MELSTED, S. W., H. L. MOTTO e T. R. PECK 1969. Critical Plant Nutrient Composition Values Useful in Interpreting Plant Analysis Data. *Agronomy J.*, Madison, USA, 61 (L): 17-20.
- MILLER, M. H., 1974. Effects of Nitrogen on Phosphorus Absorption by Plants. in: CARSON, E. W., editor. *The Plant Root and Its Environment*. Charlottesville, USA, University Press of Virginia, p. 643-668.
- MORAIS, J. F. V., 1971. *A Redução do solo em relação com a absorção de nutrientes e o crescimento do arroz*. Pelotas IPEAS. 2 p.
- MURATA, Y., 1971. Physiological Responses to Nitrogen in

- Plants. in: DINAUER, R. C. editor *Physiological of Crop Yield*, 3 ed, Madison, USA, Amer. Soc. Agronomy Crop Sci. Soc. Amer. p. 235-256.
- NANDI, S. e L. N. MANDAL, 1977. Influence of organic matter and chemical changes in soil on growth and nutrition of rice under different moisture regimes. *Indian J. of Agricultural Sci.*, India, 47 (8): 411-414.
- OBERMUELLER, A. J. e D. S. MIKKELSEN, 1974. Effects of Water Management and Soil Aggregation on the Growth and Nutrient Uptake of Rice. *Agronomy J.*, Madison, USA, 66 (5):627-632.
- PANDE, H. K., V. P. SINGH e G. B. MANNA, 1976. Effect of copper, zinc, boron, calcium, molybdenum application on yield and nutrient content of rice. *Riso*, Italy, 25 (4): 325-332.
- PATRICK, Jr., W. H., R. D. DELAUNE e F. J. PETERSON, 1974. Nitrogen utilization by rice using N-depleted ammonium sulfate. *Agronomy J.*, Madison, USA, 66 (6): 819-820.
- PUSHPAVESA, R., P. B. ESCURO e ED. B. PANTASTICO, 1974. Influence of some morphological leaf characters and photosynthesis on yield of rice. *Philippine Agriculturist* Australia. 58 (1-2): 30-39.
- RAGHU, J. S., S. R. SHARMA, S. D. CHOUBEY, 1975. Response of different rice varieties to various moisture regimes. *JNKVV Research J.* India, 9 (3-4): 161-162.
- RAMASWAMY, K., R. PERUMAL e S. V. PANDURANGAN, 1978. A preliminary note on the estimation of microelements in rice leaves.

Riso Italy, 27 (2): 127-129.

RASHID, A., F. M. CHAUDHRY, e M. SHARIF, 1976. Micronutrient availability to cereals from calcareous soils. III. Zinc absorption by rice and its inhibition by important ions of submerged soils. *Plant and soil* Netherlands, 45: 613-623.

REDDY, K. R. e W. H. PATRICK, Jr. 1976. Yield and Nitrogen Utilization by Rice as Affected by Method and Time of Application of Labelled Nitrogen. *Agronomy J.*, Madison, USA, 68 (6): 965-969.

REDDY, K. R. e W. H. PATRICK, Jr., 1980. Uptake of fertilizer nitrogen and soil nitrogen by rice using N-labelled nitrogen fertilizer. *Plant and soil* Netherlands, 57 (2-3): 375-381.

REHATTA, S. B., W. DIJKSHOORN e J. E. M. LAMPE, 1979. Nitrogen uptake by rice plants from a dry soil at maintained water supply from a greater depth. *Netherland J. Agric. Sci.* Netherlands, 27: 99-110.

REYNIERS, F. N., J. M. KALMS e J. RIDDERS 1976. Differences de comportement d'un riz pluvial e d'un riz irrigue en condition d'alimentation hydrique deficitaire. *Agronomie Tropicale* France, 31 (2): 179-187.

SAKAL, R., 1977. Note on varietal response of rice to soil-applied zinc. *Indian J. Agric. Sci.* India, 47 (9): 480-482.

SARRUGE, J. R. e H. P. HAAG, 1974. *Análises Químicas em Plantas*, Piracicaba, ESALQ. 56p. (Publicação especial).

SINGH, O. P., R. A. SINGH e M. SINGH, 1978. Effect of compaction and nitrogen placement on yield and nitrogen uptake by rainfed and rice wheat. *Annals of Arid Zone, India*, 17 (2): 123-132.

SLATYER, R. O., 1971. Physiological Significance of Internal Water Relations to Crop Yield. in: DINAUER, R. C. editor *Physiological Aspects of Crop Yield*, 3 ed., Madison, USA, Amer. Soc. Agronomy Crop Sci. Soc. Amer. p. 53-79.

SPRAGUE, G. F., 1971. Germ Plasm Manipulation of the Future. in: DINAUER, R. C. editor *Physiological Aspects of Crop Yield*, 3 ed. Madison, USA, Amer. Soc. Agronomy Crop. Sci. Soc. Amer. p. 376-386.

SRIVASTAVA, O. P., B. C. SETHI e D. V. S. PANWAR, 1977. Iron Uptake in Rice as Influenced by Genotypic Variation and Fertilizer Application. *J. Indian Soc. Sci. India*, 25 (4): 405-409.

TOTH, S. 1978. Formation of the total nitrogen content in the leaves of rice plants of diverse ages. *Riso, Italy*, 27 (2): 115-119.

UEXKULL, H. R. von, 1976. *Aspects of Fertilizer Use in Modern, High-Yield Rice Culture*, Bern, Switzerland, International Potash Institute. 74p. (IPI - Bulletin N. O. 3).

VORM, P. D. J. V. e A. V. DIEST, 1979. Aspects of the Fe and Mn nutrition of rice plants II. Iron and manganese uptake by rice plants, grown on aerobic water cultures. *Plant and Soil Netherlands*, 52: 19-29.

- YOON, S. K., J. T. GILMOUR e B. R. WELLS, 1975. Micronutrient Levels in the Rice Plant Y Leaf as a Function of Soil Solution Concentration. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, USA, 39 (4): 685-688.
- WALLIHAN, E. F. e J. C. MOOMAW, 1967. Selection of Index Leaf for Studying the Critical Concentration of Nitrogen in Rice Plants. *Agronomy J.*, Madison, USA, 59 (1): 473-474.
- WARD, R. C., D. A. WHINTNEY e D. G. WESTFALL, 1977. Plant Analysis as an Aid in Fertilizing Small Grains. *in*: DINAUER, R. C., editor. *Soil Testing and Plant Analysis*, 3 ed., Madison, USA, Soil Sci. Soc. Amer. Inc. p. 330-348.
- WEERARATNA, C. S., 1969. Absorption of Manganese by Rice Under Flooded and Unflooded Conditons. *Plant and Soil Netherlands XXX* (1): 121-125. (Short communication).
- WELCH, C. D., 1977. Opportunities to Improve Soil Testing Programs. *in*: DINAUER, R. C., editor. *Soil Testing and Plant Analysis*, 3 ed., Madison, USA, Soil Sci. Soc. Amer. Inc. p. 330-348
- WESTFALL, D. G., W. B. ANDERSON e R. J. HODGES, 1971. Iron and Zinc Response of Chlorotic Rice Grown on Calcareous Soils. *Agronomy J.*, Madison, USA, 63 (4): 702-705.