

MARCELO PRUDENTE DE ASSIS

**LIMITAÇÕES NUTRICIONAIS PARA CULTURA DO ARROZ (*Oryza sativa* L.)
EM SOLOS ORGÂNICOS SOB INUNDAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, Área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Janice Guedes de Carvalho

Lavras

Minas Gerais - Brasil

1997

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e
Catalogação da Biblioteca Central da UFLA

Assis, Marcelo Prudente de.

Limitações nutricionais para cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) em solos orgânicos sob inundação / Marcelo Prudente de Assis. -- Lavras : UFLA, 1997.

49p. : il.

Orientadora: Janice Guedes de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Arroz - Nutrição mineral. 2. Diagnose por subtração 3. Solos orgânicos - Inundação. 4. Nutrientes. 5. Interações - Nutrientes 6. Silício

I. Universidade Federal de Lavras. II. Título

CDD-633.18891

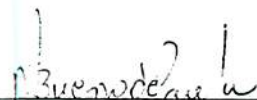
633.1887

MARCELO PRUDENTE DE ASSIS

LIMITAÇÕES NUTRICIONAIS PARA CULTURA DO ARROZ (*Oryza sativa* L.)
EM SOLOS ORGÂNICOS SOB INUNDAÇÃO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

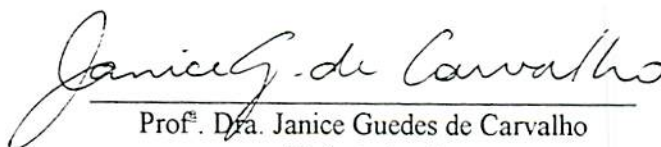
APROVADA EM 1^o DE AGOSTO DE 1997:



Dra. Miralda Bueno de Paula



Prof. Dr. Francisco Sandro R. de Hollanda



Prof.^a Dra. Janice Guedes de Carvalho
(Orientadora)

A MEUS PAIS PELO APOIO

DEDICO

"A função da ciência não é dar mais anos
à vida, mas dar mais vida aos anos".

John Osborne

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico (CNPq) pela oportunidade de realizar o curso e pela concessão da bolsa de estudos.

À Professora Janice Guedes de Carvalho pela orientação e amizade.

Ao Professor Nilton Curi pelo apoio e amizade.

À Dra. Miralda Bueno de Paula e ao Prof. Francisco Sandro. Rodrigues Holanda pelas sugestões apresentadas.

Ao acadêmico Jonas Chiarada Jacob pelo auxílio na condução do experimento.

Ao Pesquisador da PESAGRO Dr. Wander Eustáquio de Bastos Andrade pela coleta do solo.

À professora Hermínea Martinez, da Universidade Federal de Viçosa, pela minha primeira oportunidade de trabalhar com pesquisa e pelo estímulo para prosseguir.

Aos colegas de República Sebastião e Victor, pela amizade.

Ao colega Júlio César pela convivência diária, pela troca de idéias e pela amizade.

Aos colegas Mateus, Luciani, Paula, Renato, Marilusa, Vladmir, André, Arimura, Álvaro, Romilson e demais colegas pela amizade .

À Ana Rosa e Vanessa pela oportunidade de trabalharmos em conjunto e pela amizade.

A todos aqueles que, de forma indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	página
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO GERAL	01
1.1 Referências Bibliográficas.....	02
2 CAPÍTULO I - LIMITAÇÕES NUTRICIONAIS PARA A CULTURA DO ARROZ EM SOLOS ORGÂNICOS SOB INUNDAÇÃO - COMPONENTES DA PRODUÇÃO	
Resumo.....	03
Abstract.....	04
2.1 Introdução	05
2.2 Material e Métodos	08
2.3 Resultados e Discussão	11
2.4 Conclusões.....	17
2.5 Referências Bibliográficas.....	18
3 CAPÍTULO II - LIMITAÇÕES NUTRICIONAIS PARA A CULTURA DO ARROZ EM SOLOS ORGÂNICOS SOB INUNDAÇÃO. NUTRIÇÃO MINERAL	
Resumo.....	22
Abstract.....	23
3.1 Introdução	24
3.2 Material e Métodos	26
3.3 Resultados e Discussão	29
3.4 Conclusões.....	39
3.5 Referências Bibliográficas.....	40
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
APÊNDICE	45

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela		Página
1	Características químicas e físicas dos solos utilizados.....	9
2	Fontes de nutrientes utilizadas na adubação.....	10
3	Número de perfilhos por vaso em função dos tratamentos	12
4	Matéria seca da parte aérea em função dos tratamentos.....	13
5	Matéria seca da raiz em função dos tratamentos.....	15
6	Relação raiz/parte aérea em função dos tratamentos.....	16

CAPÍTULO II

Tabela		Página
1	Características químicas e físicas dos solos utilizados.....	27
2	Fontes de nutrientes utilizadas na adubação.....	28
3	Matéria seca da parte aérea em função dos tratamentos.....	29
4	Teores e acúmulos de N, P e K na parte aérea do arroz em função dos tratamentos.....	30
5	Teores e acúmulos de Ca, Mg e S na parte aérea do arroz em função dos tratamentos.....	30
6	Teores e acúmulos de B, Cu e Fe na parte aérea do arroz em função dos tratamentos.....	34
7	Teores e acúmulos de Mn e Zn na parte aérea do arroz em função dos tratamentos.....	34

RESUMO

ASSIS, Marcelo Prudente de. **Limitações nutricionais para cultura do arroz (*Oryza Sativa L.*) em solos orgânicos sob inundação**. Lavras: UFLA, 1997. 49p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)¹.

As respostas do arroz, à calagem, à adubação e à aplicação de silício em dois solos orgânicos sob inundação foram avaliadas em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Os solos estudados foram coletados nos municípios de Macaé (RJ) e Lambari (MG). Os tratamentos constaram da testemunha (solo natural), completo (calagem, N, P, K, S, B, Cu, Zn, Mo), completo menos calagem, completo menos um nutriente de cada vez (exceto Mo) e completo mais silício. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Cada parcela foi constituída por um vaso com 5,3 kg de solo com três plantas. O perfilhamento, produção de matéria seca da parte aérea e da raiz foram limitados principalmente pelas omissões de N, P, K e S. O teor de matéria orgânica não se mostrou um bom indicador da disponibilidade de N. Os níveis críticos propostos em literatura nem sempre foram efetivos para as condições do experimento. Os teores de P e K no solo e na planta não se revelaram bons indicadores do estado nutricional. A calagem foi importante principalmente como fonte de magnésio e como forma de diminuir a absorção de ferro. O silício se mostrou efetivo no aumento da absorção de fósforo e na redução dos teores de ferro.

¹ Orientadora: Prof^ª Janice Guedes de Carvalho; Membros da banca: Dr^ª Miralda Bueno de Paula e Prof. Francisco Sandro Rodrigues Holanda

ABSTRACT

NUTRITIONAL LIMITATION ON RICE CROP ON BOG FLOODED SOILS

An experiment was conducted under greenhouse conditions at The Soil Science Department of The Federal University of Lavras, located in Minas Gerais State, Brazil, in order to study the effect of liming and nutrient and silicon fertilization on flooded rice crop on two organic soils collected at Macaé and Lambari counties. The experimental design was a completely randomized and the experimental plot was a pot with three plants. The treatments were: a control (soil without fertilization), complete (lime +, N, P, K, S, B, Cu, Zn, Mo), complete with no lime, complete with omission each nutrient (except Molybdenum) and complete plus silicon. The tillering, shoot and root dry matter yield were mainly limited by N, P, K and S omissions. The organic matter content was not a good indicator of N availability. The critical levels proposed in the literature did not ever effective on the evaluation of nutrient availability. The P and K soil and plant levels were not good indicators of nutritional state. The mainly effect of liming was Mg supplying and reduction of Fe uptake. The addition of silicon increased the P uptake and decreased the Fe content.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Apesar da produtividade média de cereais, no Brasil ter aumentado de 1,3 para 2,0 t /ha entre 1961 e 1990, esse resultados foram inferiores aos obtidos por outros países, alguns mais pobres que o Brasil.

O uso de doses adequadas e balanceadas de fertilizantes ocupa lugar de destaque dentre os diferentes fatores de produção e produtividade. Para que a vocação agrícola possa ser realmente exercitada, há necessidade de não apenas se aumentar o consumo de fertilizantes, como também utilizá-los de maneira mais eficiente possível, refletindo em aumentos sensíveis de produtividade, e, por consequência, da produção e dos lucros do agricultor (Lopes, 1996).

A exploração de novas áreas para produção de alimentos tem se mostrado a cada dia mais limitante, uma vez que tais áreas encontram-se em fronteiras agrícolas distantes dos grandes centros consumidores, o que acarreta uma significativa elevação nos custos do produto final.

O aumento da produção pode ser obtido com menor custo de produção e menores gastos com transporte de insumos e dos produtos, através da exploração de áreas inseridas nas regiões agrícolas, porém ainda não exploradas. Neste contexto, a exploração das várzeas se apresenta como a melhor alternativa para a expansão das fronteiras agrícolas.

Os solos de várzea, porém, apresentam algumas limitações de natureza química, e, com a inundação, ocorrem mudanças no solo que podem alterar a disponibilidade de nutrientes, levando a respostas diferenciadas dos solos aerados.

As deficiências nutricionais podem ser avaliadas através do cultivo das plantas em vasos, utilizando-se a técnica do elemento faltante. Segundo Malavolta e Muraoka (1985), o ensaio em vasos indica o elemento ou elementos limitantes do crescimento e a composição mineral, e permite uma determinação qualitativa da resposta esperada. Na literatura existem poucas informações que

caracterizam as limitações nutricionais para cultura do arroz em solos de várzeas sob inundação, e a técnica do elemento faltante constitui o primeiro estágio de avaliação da fertilidade do solo.

Este trabalho teve como objetivo avaliar as principais limitações nutricionais para cultura do arroz em solos orgânicos sob inundação e seu efeito sobre a nutrição mineral da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LOPES, A. S. **Guia das melhores técnicas agrícolas**. São Paulo: ANDA, 1996. 28 p.

MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. **Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo: métodos de vegetação diagnose por subtração em vasos**. Piracicaba: CENA-USP, 1985. 7p. (Mimeografado).

CHAPTER I

NUTRITIONAL LIMITATIONS ON RICE CROP IN BOG FLOODED SOILS. I. YIELD PARAMETERS.

ABSTRACT - An experiment was conducted under greenhouse conditions at The Soil Science Department of The Federal University of Lavras, located in Minas Gerais State, Brazil, in order to study the effect of liming and nutrient and silicon fertilization on flooded rice crop on two organic soils collected at Macaé and Lambari counties. The experimental design was a completely randomized and the experimental plot was a pot with three plants. The treatments were: a control (soil without fertilization), complete (lime +, N, P, K, S, B, Cu, Zn, Mo), complete with no lime, complete with omission each nutrient (except Molybdenum) and complete plus silicon. The tillering was mainly limited by N and P omission, followed by K and S omission. The shoot dry matter yield was limited by N, P, K and S omissions in both soils and by liming in Lambari soil. The root dry matter yield was mainly limited by N, P, K and S absence. The shoot/root relationship was increased N and P absence in the soil from Lambari County. The organic matter content was not a good indicator of N availability and the soil analysis results were not an effective tool to indicate P and K availability. The silicon addition had no effects on these parameters. The flooded condition did not substitute the liming in the Lambari soil and also had no effects on P availability.

CHAPTER I

NUTRITIONAL LIMITATIONS ON RICE CROP IN BOG FLOODED SOILS. I. YIELD PARAMETERS.

ABSTRACT - An experiment was conducted under greenhouse conditions at The Soil Science Department of The Federal University of Lavras, located in Minas Gerais State, Brazil, in order to study the effect of liming and nutrient and silicon fertilization on flooded rice crop on two organic soils collected at Macaé and Lambari counties. The experimental design was a completely randomized and the experimental plot was a pot with three plants. The treatments were: a control (soil without fertilization), complete (lime +, N, P, K, S, B, Cu, Zn, Mo), complete with no lime, complete with omission each nutrient (except Molybdenum) and complete plus silicon. The tillering was mainly limited by N and P omission, followed by K and S omission. The shoot dry matter yield was limited by N, P, K and S omissions in both soils and by liming in Lambari soil. The root dry matter yield was mainly limited by N, P, K and S absence. The shoot/root relationship was increased N and P absence in the soil from Lambari County. The organic matter content was not a good indicator of N availability and the soil analysis results were not an effective tool to indicate P and K availability. The silicon addition had no effects on these parameters. The flooded condition did not substitute the liming in the Lambari soil and also had no effects on P availability.

2.1 INTRODUÇÃO

A inundação desencadeia no solo uma série de mudanças químicas e eletroqu micas que afetam profundamente a disponibilidade de nutrientes e, conseq entemente, o crescimento da cultura do arroz.

A presença de uma lâmina d'água sobre a superfície do solo inundado reduz drasticamente as trocas gasosas entre solo e atmosfera. Nessas condições, o O₂ e outros gases atmosféricos penetram no solo apenas por difusão na água intersticial. Esse processo, porém, é cerca de dez mil vezes mais lento que a difusão no solo bem drenado. A conseqüência imediata é que, dentro de poucas horas, os microrganismos aeróbicos consomem o O₂ dissolvido na água, ficando o solo praticamente isento de oxig nio molecular. Nessa condição, passam a predominar no solo os microrganismos anaeróbicos ou anaeróbicos facultativos que utilizam substâncias oxidadas solúveis (nitratos, óxidos de manganês, óxidos de ferro, sulfatos, dentre outras) como receptores de elétrons, reduzindo-as (Ponnamperuma, 1972). Moraes (1973) ressalta, porém, que a drástica restrição na difusão do oxig nio não implica que todo o perfil do solo inundado esteja desprovido de ar, pois a concentração de O₂ pode ser alta na camada superficial, onde a difusão de O₂ é suficiente para o consumo de microrganismos aeróbicos. Segundo Ponnamperuma (1972), formam-se de duas zonas distintas no solo inundado: a zona de oxidação e a zona de redução. Estas duas camadas apresentam regimes químico e biológico totalmente diferentes. Suas diferenças vão desde o tipo de microrganismo predominante (aeróbico ou anaeróbico) até a forma em que aparecem os compostos químicos (oxidado ou reduzido) e ocorrência de processos bioquímicos.

Segundo Ponnamperuma (1972), o potencial de oxi-redução é o principal fator diferenciador entre solos inundados e bem drenados, sendo que o baixo potencial de oxi-redução

dos solos inundados indica seu estado de redução, enquanto o alto potencial dos solos bem drenados reflete o seu estado de oxidação. A intensidade de decréscimo do potencial de oxirredução após a inundação está relacionada com o seu valor inicial, com o pH inicial, com o conteúdo de matéria orgânica, temperatura e a quantidade de receptores de elétrons (agentes oxidantes) existentes no solo.

Quando um solo ácido é inundado, normalmente o pH decresce durante os primeiros dias, atinge um mínimo e então cresce assintoticamente, estabilizando-se em valores próximos ao neutro, algumas semanas mais tarde. O aumento do pH se deve à liberação de íons OH^- ou consumo de íons H^+ verificados nas reações de redução. Este aumento depende da relação entre os íons H^+ ou OH^- e número de elétrons envolvidos na reação. A redução do ferro apresenta a mais alta relação íons H^+ : elétrons, provocando com isso maior variação de pH (Ponnamperuma, 1972).

Essas alterações eletroquímicas podem alterar a disponibilidade dos nutrientes: o NO_3^- é perdido por desnitrificação, os teores de manganês e ferro em solução aumentam devido à redução dos óxidos, a disponibilidade de P pode ser aumentada, o sulfato é reduzido a sulfeto, os cátions podem ser deslocados do complexo de troca pelo ferro e passarem à solução do solo, os micronutrientes podem ter sua disponibilidade alterada seja pelo aumento de pH ou pela imobilização pelo sulfeto.

Com isso as respostas à aplicação de nutrientes nos solos inundados, não seguem o mesmo padrão dos solos oxidados, não podendo extrapolar dados de uma situação para outra. Portanto, tornam-se necessários estudos que caracterizem melhor as respostas à aplicação de nutrientes em solos de várzea.

Giúdice, Freire e Tanaka (1979) consideram que a nutrição mineral adequada das plantas é responsável por 50% do aumento da produtividade.

Dentre todos os nutrientes exigidos pela cultura do arroz o nitrogênio é o que mais limita a produção, principalmente nas cultivares modernas de alto rendimento (Peters e Calvert, 1982). A resposta ao nitrogênio tem sido verificada mesmo em solos com elevado teor de matéria orgânica, revelando que tal parâmetro não é bom indicador da disponibilidade de N para a cultura do arroz irrigado (Paula et al., 1990).

Como no caso do nitrogênio, o fósforo é importante para o perfilhamento. Por isso sua exigência é maior nas fases iniciais (Barbosa Filho, 1987). Embora alguns autores considerem incerta a resposta do arroz em condições de inundação à aplicação de P, Motta (1988) afirma que a inundação apenas diminui a resposta ao P, sendo sua deficiência mais uma regra que uma exceção.

As respostas à adubação potássica não têm sido verificadas com tanta frequência como para o nitrogênio e fósforo (Fornasieri Filho e Fornasieri, 1993). Segundo Tanaka, citado por estes autores, a deficiência de K não é muito freqüente em solos de várzea e geralmente está associada a toxidez de ferro.

A questão da calagem para o arroz irrigado apresenta controvérsias em função da elevação do pH pela inundação. A calagem seria indispensável naqueles solos com baixo teor de Ca+Mg e como forma de manejo no controle da toxidez de ferro.

Devido à aplicação do enxofre como nutriente secundário na forma de sulfato de amônio e superfosfato simples, pouca atenção tem sido dada à nutrição e à demanda de enxofre pelo arroz. Mas com a tendência de substituir estas formas de nutrientes por formulações mais concentradas a deficiência de enxofre tende a aumentar (Mesquita, 1993). Segundo Blair et al., citados por este autor, a disponibilidade de enxofre para o arroz em condições inundadas tem sido menor uma vez que as plantas absorvem enxofre somente na forma de sulfato.

Os trabalhos com micronutrientes em solos de várzea são escassos e resultados contraditórios. Cultivares modernos de alta produtividade e o uso de adubos concentrados podem levar a limitações por micronutrientes, como demonstrou Paula (1995), trabalhando com boro.

A adubação com silício, embora comum em outros países, ainda não é muito usada no Brasil. Mesmo não sendo considerado nutriente, a aplicação do silício traz inúmeros benefícios, destacando-se entre eles o aumento da disponibilidade de fósforo (Adams, 1980) e maior tolerância à toxidez de ferro (Fischer et al., 1990).

Segundo Malavolta e Muraoka (1985), o ensaio em vasos, utilizando a técnica do elemento faltante, indica o elemento ou elementos mais limitantes ao do crescimento e permite uma determinação qualitativa da resposta esperada.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da subtração de nutrientes e da adição de silício no crescimento do arroz.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, em Lavras - MG, utilizando a técnica do elemento faltante ou diagnose por subtração.

Foram utilizados dois solos orgânicos, provenientes dos municípios de Macaé- RJ e Lambari - MG . Os solos foram coletados na camada superficial (0-20 cm) e tiveram as características químicas e físicas avaliadas segundo a metodologia proposta por Vettori (1969) e modificada por EMBRAPA (1979). Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Após secos e peneirados, os solos foram acondicionados em vasos com capacidade para 5,3 kg e incubados com CaCO_3 e MgCO_3 puro para análise (exceto naqueles tratamentos em que se omitiu a calagem) na relação equivalente Ca:Mg de 4:1, com doses determinadas pelo método de saturação de bases para elevar o valor V para 50%. Os solos foram incubados durante uma semana com umidade próxima à capacidade de campo.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com onze tratamentos e quatro repetições, sendo cada solo considerado um experimento. Os tratamentos constaram de testemunha (solo natural), completo (calagem, N, P, K, S, B, Cu e Zn), completo menos calagem, completo menos um nutriente de cada vez e completo mais silício. O molibdênio foi aplicado em todos os tratamentos, exceto testemunha.

A adubação foi baseada em Malavolta (1980), com algumas modificações. As fontes e doses utilizadas são apresentadas na Tabela 2. Os nutrientes foram aplicados em forma de solução e misturados ao solo. O N foi parcelado em quatro aplicações e K em três. O termofosfato foi aplicado na forma sólida em quantidade calculada para fornecer todo o P do tratamento +silício, fornecendo com isso 177 mg de Si (solúvel em ácido cítrico a 2%) por kg de solo. A calagem

TABELA 1 Características químicas e físicas dos solos utilizados

	Solo Macaé	Solo Lambari
pH (água)	4	4,7
Fósforo (mg/dm ³)	39	7
Potássio (mg/dm ³)	175	39
Cálcio (mmol/dm ³)	33	17
Magnésio (mmol/dm ³)	10	6
Alumínio (mmol/dm ³)	26	21
Sódio (mmol/dm ³)	1	-
H + Al (mmol/dm ³)	232	153
Soma de Bases (mmol/dm ³)	48	24
CTC efetiva (mmol/dm ³)	74	45
CTC potencial (mmol/dm ³)	280	177
Saturação de alumínio (%)	35	47
Saturação de bases (%)	20	14
Enxofre (mg/dm ³)	206	5,6
Boro (mg/dm ³)	0,46	0,07
Cobre (mg/dm ³)	1,2	3,3
Ferro (mg/dm ³)	580	200
Manganês (mg/dm ³)	17	32
Zinco (mg/dm ³)	3,0	1,5
Matéria orgânica (g/kg)	213	220
Areia (g/kg)	80	300
Silte (g/kg)	440	370
Argila (g/kg)	480	330

para este tratamento foi feita levando em conta o CaO e MgO fornecidos pelo termofosfato.

As sementes de arroz, cultivar Sapucaí, após tratadas em solução de hipoclorito de sódio a 1%, foram semeadas em bandejas com vermiculita e posteriormente transplantadas para os vasos em número de três plantas por vaso.

A umidade do solo foi mantida em aproximadamente 70% do volume total de poros (VTP) por uma semana depois do plantio. Após esse período, o solo foi inundado mantendo-se constante uma lâmina de água de 5 ± 1 cm, usando-se água desmineralizada.

O experimento foi conduzido até a floração quando foi feita a contagem do número de perfilhos e a colheita, separando-se as plantas em raiz e parte aérea. A parte aérea foi lavada em água comum e depois em água destilada e, depois de seca em estufa a 60 °C com circulação forçada, foi pesada e. As raízes foram lavadas em água comum, secas em estufa e pesadas.

TABELA 2 Fontes e doses de nutrientes utilizadas na adubação

Nutriente	Fonte	Doses (mg/kg)
N	$\text{NH}_2\text{CONH}_2, (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{MAP}$	400
P	$\text{MAP}, \text{KH}_2\text{PO}_4, \text{Termofosfato}$	200
K	$\text{KCl}, \text{K}_2\text{SO}_4$	350
S	$\text{NH}_4\text{SO}_4, \text{K}_2\text{SO}_4$	31
B	H_3BO_3	0,5
Cu	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	1,5
Zn	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	5
Mo	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,1

Foram avaliadas as seguintes variáveis:

- número de perfilhos por vaso;
- peso da matéria seca da parte aérea (folha + colmos);
- peso da matéria seca da raiz;
- relação raiz / parte aérea;

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Duncan .

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Número de perfilhos

Os resultados da contagem do número de perfilhos são apresentados na Tabela 3. No solo Macaé, os maiores decréscimos no perfilhamento ocorreram na ausência de N (47,35%), P (33,64%), tratamentos estes que não diferiram da testemunha, K (21,18%) e Cu (20,87%). Os demais tratamentos apresentaram redução no perfilhamento, não chegando, porém a atingir diferença significativa do tratamento completo. O acréscimo do silício não influenciou no perfilhamento.

Para o solo Lambari, o perfilhamento foi drasticamente reduzido pela omissão dos macronutrientes, principalmente P (73,71%) e N (71,65%), que não diferiram estatisticamente da testemunha. A omissões de S e K reduziram o perfilhamento em menor intensidade (27,84 e 24,23%, respectivamente). Dentre os micronutrientes, a omissão zinco foi a que mais afetou o perfilhamento, embora o valor não tenha diferido do tratamento completo. A ausência da calagem e a adição do silício não afetaram o perfilhamento.

Tais resultados estão de acordo com Fageria (1984), que afirma que os nutrientes necessários para um ativo perfilhamento são N, P e S. De acordo com Ishizuka e Tanaka, citados por este autor, para um ativo perfilhamento é necessária uma concentração de N nas plantas acima de 35 g/kg, sendo que com 20 g/kg o perfilhamento cessa e, abaixo de 15, os perfilhos morrem.

Fageria (1980) encontrou aumentos significativos do perfilhamento em função da aplicação de P. Segundo Honya, citado por Fageria (1984), quando o P está abaixo de 2,5 g/kg o perfilhamento cessa.

Existem poucos relatos na literatura de redução de perfilhamento por deficiência de K, porém Fornasieri Filho e Fornasieri (1993) citam que essa deficiência pode reduzir o perfilhamento.

TABELA 3 Número de perfilhos por vaso em função dos tratamentos

Tratamento	Solo	
	Macaé	Lambari
	-----Número de perfilhos por vaso-----	
Testemunha	37,25 e	9,75 d
Completo	80,25 a	48,50 ab
- Calagem	74,50 ab	48,25 ab
- N	42,25 de	13,75 d
- P	53,25 cd	12,75 d
- K	63,25 bc	36,75 c
- S	71,25 ab	35,00 c
- B	69,50 ab	47,50 ab
- Cu	63,50 bc	51,75 a
- Zn	70,75 ab	43,00 b
+ Silício	80,00 a	50,25 a
C.V.(%)	14,51	11,09

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5%.

A redução no perfilhamento na ausência do S, no solo Lambari, pode ser explicada, segundo Marschner (1986) pelo acúmulo de nitrogênio não protéico, que retarda o crescimento das plantas. Bastos (1993) também encontrou efeito do enxofre no perfilhamento do arroz.

2.3.2 Matéria seca da parte aérea

A produção de matéria seca em função dos tratamentos é apresentada na Tabela 4. No solo Macaé, a matéria seca da parte aérea foi afetada pela omissão de N, P e K que foram respectivamente 29,18, 18,85 e 26,78% menores que o tratamento completo. A adição de silício, embora tenha sido superior ao tratamento completo, não chegou a apresentar diferença estatística.

No solo Lambari, N, P e K também foram os elementos mais limitantes, podendo se acrescentar ao grupo o S. A calagem também reduziu a produção de matéria seca, embora em menor proporção. A omissões de boro e cobre propiciaram produção de matéria seca superior ao tratamento completo, indicando que estes elementos podem ter provocado fitotoxicidade.

TABELA 4 Matéria seca da parte aérea em função dos tratamentos

Tratamento	Solo	
	Macaé	Lambari
	-----g / vaso-----	
Testemunha	72,25 c	7,45 g
Completo	161,36 a	96,86 b
- Calagem	151,52 a	87,42 c
- N	114,27 b	24,56 f
- P	130,94 b	16,45 f
- K	118,14 b	47,37 e
- S	154,79 a	73,01 d
- B	171,79 a	109,29 a
- Cu	161,07 a	107,97 a
- Zn	163,85 a	97,37 b
+ Silício	170,91 a	99,52 b
C.V.(%)	9,65	8,33

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5%.

A resposta ao nitrogênio era esperada uma vez que, em solos de várzea, o teor de matéria orgânica, de acordo com Paula et al. (1990), não é um bom indicador da disponibilidade de nitrogênio. Segundo estes autores, o crescimento das plantas é mais limitado pela deficiência de nitrogênio do que de outros nutrientes.

A resposta ao P no solo Macaé surpreende uma vez que o solo apresenta elevados teores do elemento e normalmente a inundação aumenta sua disponibilidade. Os resultados, porém, estão de acordo com Teo, Beytrouty e Gbur (1995) e Grande, Curi e Quaggio (1986), que não encontraram nenhuma correlação entre os teores de P extraídos pelo extrator Mehlich e o P absorvido pelo arroz irrigado e com Motta (1988), que encontrou resposta à aplicação do nutriente, mesmo em solos com alto teor de P extraído por Mehlich.

A resposta ao potássio no solo Macaé, cujo teor inicial do elemento é considerado alto entra em contradição com Moraes e Freire (1974), que afirmam que a disponibilidade de K é aumentada pela redução do Fe e do Mn, que deslocam o K do complexo de troca para a solução do solo. Contudo, ao mesmo tempo em que sua concentração em solução aumenta, o K passa a sofrer a competição do Fe no processo de absorção. Segundo Vahl, Anghinoni e Volkweiss (1993), esta competição é de natureza mista, ou seja, competitiva e não competitiva, visto que o excesso de Fe aumentou o K_m e diminuiu o V_{max} , além de aumentar o C_{min} . Estes autores sugerem que o Fe pode ocupar o lugar do Ca na estrutura do carregador alterando a sua estrutura e impedindo a ligação do K. A presença de inibidores formados em condições de inundação (ácido sulfídrico, azida e cianeto) também pode ter contribuído para reduzir a absorção do elemento (Mitsui, citado por Fornasier Filho e Fornasier, 1993).

O uso da calagem para arroz em condições de inundação é controverso, uma vez que a inundação eleva o valor do pH para valores próximos do neutro (Ponnamperuma, 1972). No solo Lambari, porém, a omissão da calagem reduziu significativamente a produção de matéria seca. Esse resultado concorda com Guilherme (1990), que concluiu que, em alguns solos, a simples inundação não substitui a calagem em termos de acidez. Outra explicação seria o baixo teor de Mg neste solo. Pedroso et al. (1985), sugerem aplicar calcário quando a soma de Ca+Mg no solo for menor que 50 mmol./dm^3 para suprir a planta com estes nutrientes. Neste solo, o teor de Mg é baixo indicando que houve deficiência deste nutriente.

Bertoni (1997) também constatou decréscimo na produção de matéria seca de arroz na dose $1,5 \text{ mg/kg}$ de Cu, considerada adequada para a maioria das culturas. Paula (1995), trabalhando com B, não constatou fitotoxicidade mesmo usando doses superiores àquela usada no presente trabalho.

A ausência de resposta ao silício está de acordo com Okuda e Takahashi (1965) que afirmam que o efeito deste é mais acentuado na produção de grãos, não alterando de forma marcante os demais parâmetros.

2.3.3 Matéria seca das raízes

Os dados de produção de raízes são apresentados na Tabela 5. No solo Macaé, as maiores limitações ao crescimento radicular foram propiciadas pela omissão dos nutrientes N, P e K, sendo que houve superioridade estatística do tratamento completo sobre todos os outros tratamentos.

TABELA 5 Matéria seca da raiz em função dos tratamentos

Tratamento	Solo	
	Macaé	Lambari
	-----g / vaso-----	
Testemunha	21,45 d	4,30 e
Completo	56,17 a	43,04 a
- Calagem	42,67 b	37,48 b
- N	30,08 cd	11,82 d
- P	27,55 cd	7,95 e
- K	27,11 cd	14,52 d
- S	36,01 bc	30,42 c
- B	41,26 b	40,01 ab
- Cu	40,42 b	43,33 a
- Zn	35,81 bc	41,34 ab
+ Silício	39,12 b	37,78 b
C.V.(%)	15,81	9,39

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5%.

No solo Lambari, o crescimento de raízes foi limitado principalmente por N, P, K e S.

Para o solo Lambari, os resultados estão de acordo com Clarkson (1984), que afirma que os nutrientes que mais afetam o crescimento radicular são o N e o P, enquanto os efeitos do K e do S, embora significativos, são menos pronunciados.

Para o caso do solo Macaé, o K foi o elemento que mais limitou o crescimento radicular, provavelmente pelo seu papel no aumento do poder de oxidação das raízes, e, portanto, maior resistência á toxicidade de Fe, e também pelo seu papel na síntese e transporte de carboidratos. Segundo Troughton, citado por Barber (1984), o desenvolvimento das raízes depende do excesso de carboidratos que não é utilizado pela parte aérea.

2.3.4 Relação raiz /parte aérea

A relação raiz parte /aérea é apresentada na Tabela 6.

TABELA 6 Relação raiz/parte aérea em função dos tratamentos

Tratamento	Solo	
	Macaé	Lambari
Testemunha	0,29 b	0,58 a
Completo	0,35 a	0,44 bcd
- Calagem	0,29 b	0,43 abc
- N	0,26 bc	0,48 bcd
- P	0,21 c	0,50 ab
- K	0,23 bc	0,31 e
- S	0,23 bc	0,42 bcd
- B	0,24 bc	0,37 de
- Cu	0,25 bc	0,41 bcde
- Zn	0,22 c	0,43 bcd
+ Silício	0,23 bc	0,38 c
C.V.(%)	13,91	15,57

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5%.

Os resultados do solo Lambari estão de acordo com a literatura (Fornasieri Filho, 1982) que afirma que a deficiência de N e a de P aumentam a relação raiz/ parte aérea. Segundo Russel (1977), quando esses nutrientes são adicionados ocorre um maior crescimento da parte aérea que não é acompanhando na mesma proporção pelas raízes. Para o solo Macaé, o comportamento não se repetiu, podendo indicar uma flutuação na disponibilidade de nutrientes (P e Fe, principalmente) ao longo do ciclo. Segundo Brower, citado por Russel (1977), em cereais, na transição para o período reprodutivo, o peso da parte aérea continua a aumentar, enquanto a morte de raízes velhas não é compensada por novo crescimento. Havendo uma alteração reversível na quantidade de nutrientes colocados a disposição da planta em determinada fase do ciclo, raiz ou parte aérea seria mais afetada, podendo alterar a relação raiz / parte aérea.

5 CONCLUSÕES

As omissões de N, P e K limitaram o perfilhamento em ambos os solos. O Cu foi limitante apenas no Solo Macaé e o S apenas no solo Lambari.

A produção de matéria seca da parte aérea foi limitada pelas omissões N, P e K e no solo Lambari pelas omissões de S e da calagem. O B e o Cu provocaram redução na produção de matéria seca.

A produção de matéria seca da raiz foi limitada principalmente pelas omissões de N, P, K e S.

As omissões de N e P aumentaram a relação raiz parte aérea no solo Macaé.

Não houve resposta ao silício nos componentes da produção.

O teor de matéria orgânica não se mostrou um bom indicador da disponibilidade de N. Os níveis críticos de P e K no solo não se mostraram bons indicadores da disponibilidade desses elementos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, F. Interactions of phosphorus with other elements in soil and in plants. In: CHASAWNEH, F. E.; SAMPLES, E.C.; KAMPRATH, E. J. (eds.). **The role of phosphorus in agriculture**, Madison: American Society of Agronomy, 1980. p.655-680.
- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanist approach**. New York: J. Wiley, 1984. 398p.
- BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz:(sequeiro e irrigado)**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 129p.(Boletim Técnico, 9).
- BASTOS, F. J. M. **Efeito do ferro, gesso agrícola e do calcário na produção de arroz (*Oryza sativa* L.) em solos de várzea inundados**. Lavras: ESAL, 1993. 90 p.(Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- BERTONI, J.C. **Efeito do cobre na nutrição e crescimento do arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado em solos de várzea sob inundação**. Lavras: UFLA, 1997. 57p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: ROSAND, P.C.(ed.). **Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1984. p.45-75.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos e análises de solos**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, F. Interactions of phosphorus with other elements in soil and in plants. In: CHASAWNEH, F. E.; SAMPLES, E. C.; KAMPRATH, E. J. (eds.). **The role of phosphorus in agriculture**, Madison: American Society of Agronomy, 1980. p.655-680.
- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanist approach**. New York: J. Wiley, 1984. 398p.
- BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz:(sequeiro e irrigado)**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 129p.(Boletim Técnico, 9).
- BASTOS, F. J. M. **Efeito do ferro, gesso agrícola e do calcário na produção de arroz (*Oryza sativa* L.) em solos de várzea inundados**. Lavras: ESAL, 1993. 90 p.(Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- BERTONI, J.C. **Efeito do cobre na nutrição e crescimento do arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado em solos de várzea sob inundação**. Lavras: UFLA, 1997. 57p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: ROSAND, P.C.(ed.). **Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1984. p.45-75.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos e análises de solos**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.

- FAGERIA, N.K. Influência da aplicação de fósforo no crescimento, produção e absorção de nutrientes do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.1, p.26-31, jan./abr. 1980.
- FAGERIA, N.K. **Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz**. Goiânia: Campus, 1984. 341p.
- FISCHER, R.G.; ELMORI, I.E.; MILAN, P.A.; BISSANI, C.A. Efeito do calcário e fontes de silício sobre a toxidez de ferro em arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.43, n.390 p.6-10, mar./jul. 1990.
- FORNASIERI FILHO, D. **Efeitos do N, P, K, S e Zn no desenvolvimento, produção e composição mineral do arroz (*Oryza sativa* L.) cv IAC47 e IAC 435**. Piracicaba: ESALQ, 1982. 155p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221p.
- GIÚDICE, R.M. del.; FREIRE, F.M.; TANAKA, R.T. Nutrição mineral e adubação do arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.5, n.55, p.40-50, jul. 1979.
- GRANDE, M.A.; CURI, N.; QUAGGIO, J.A. Disponibilidade de fósforo pelos extratores de Mehlich e resina, em solos cultivados com arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.1, p.45-50, jan./abr. 1986.
- GUILHERME, L. R. G. **Calagem e inundação em solos de várzea cultivados com arroz: alterações em pH, nitrogênio, fósforo e enxofre**. Lavras: ESAL, 1990. 113 p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. **Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo: métodos de vegetação e diagnose por subtração em vasos**. Piracicaba: CENA-USP, 1985. 7p. (Mimeografado).

- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1986. 649p.
- MESQUITA, H.A. de. **Efeito do gesso e do calcário em solo aluvial cultivado com arroz (*Oryza sativa* L.)**. Lavras: ESAL, 1993. 81p.(Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- MORAES, J. F. V. Efeitos da inundação do solo. I. Influência sobre o pH, o potencial de óxido-redução e a disponibilidade do fósforo no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.8, n.7, p.93-101, 1973.
- MORAES, J.F.V.; FREIRE, C.J. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos a inundação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 9, n.9, p. 35-43, 1974.
- MOTTA, A.C.V. **Avaliação da disponibilidade de fósforo em solos de várzea do estado de Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1988. 95p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)
- OKUDA, A; TAKAHASHI, E. The role of silicon. In: HOPKINS, J. (ed.). **The mineral nutrition of rice plant**. Baltimore: Oxford & IBH, 1965. p.123-146.
- PAULA, M.B de. **Eficiência de extratores e níveis críticos de boro disponível em amostras de solos aluviais e hidromórficos sob a cultura do arroz inundado**. Lavras: UFLA, 1995. 69p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).
- PAULA, M.B. de; CARVALHO, J.G. de; SOARES, A.A.; NOGUEIRA, F.D. Avaliação da fertilidade de solo de várzea (Glei Húmico) para a cultura do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.4, p.571-577, abr. 1990.
- PEDROSO, B.A. **Arroz irrigado: obtenção e manejo de cultivares**. Porto Alegre: Sagra, 1985. 175p.
- PETERS, G.A.; CALVERT, H.F. The Azzola - Anabaena symbiosis. In: RAOS, N.S.S. (ed.). **Advances in agricultural microbiology**, New Delhi: Oxford & Igh, 1982. p191-218.

- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, New York, v.24, p.29-96, 1972 .
- RUSSEL, R. S. **Plant root systems:** their function and interaction with the soil. Maidenhead-England: McGraw-Hill, 1977. 298p.
- TEO, Y.H.; BEYTROUTY, C.A.; GBUR, E.E. Relating soil test P uptake by paddy rice. **Soil Science**, Baltimore, v.159, n.6, p409-414, June 1995.
- VAHL, L.C; ANGHINONI, I; VOLKWEISS, S.J. Cinética da absorção de potássio afetada por ferro, cálcio e magnésio em genótipos de arroz de diferentes sensibilidades à toxicidade de ferro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.2, p 269-273, maio/ago. 1993
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7)

3 CAPÍTULO II

LIMITAÇÕES NUTRICIONAIS PARA A CULTURA DO ARROZ EM SOLOS ORGÂNICOS SOB INUNDAÇÃO - NUTRIÇÃO MINERAL

RESUMO - As respostas do arroz, à calagem, à adubação e à aplicação de silício em dois solos orgânicos sob inundação foram avaliadas em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Os solos estudados foram coletados nos municípios de Macaé (RJ) e Lambari (MG) Os tratamentos constaram da testemunha (solo natural), completo (calagem, N, P, K, S, B, Cu, Zn, Mo), completo menos calagem, completo menos um nutriente de cada vez (exceto Mo) e completo mais silício. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Cada parcela foi constituída por um vaso com 5,3 kg de solo com três plantas. Os níveis críticos propostos em literatura nem sempre foram efetivos para as condições do experimento. Os teores de P e K no solo e na planta não se revelaram bons indicadores do estado nutricional. A calagem foi importante principalmente como fonte de magnésio e como forma de diminuir a absorção de ferro. O silício se mostrou efetivo no aumento da absorção de fósforo e na redução dos teores de ferro.

CHAPTER II

NUTRITIONAL LIMITATIONS IN RICE CROP ON BOG FLOODED SOILS. II. MINERAL NUTRITION.

ABSTRACT - An experiment was conducted under greenhouse conditions at The Soil Science Department of The Federal University of Lavras, located in Minas Gerais State, Brazil, in order to study the effect of liming and nutrient and silicon fertilization on flooded rice crop on two organic soils collected at Macaé and Lambari counties. The experimental design was a completely randomized and the experimental plot was a pot with three plants. The treatments were: a control (soil without fertilization), complete (lime +, N, P, K, S, B, Cu, Zn, Mo), complete with no lime, complete with omission each nutrient (except Molybdenum) and complete plus silicon. The critical levels proposed in the literature did not ever effective on the evaluation of nutrient availability. The P and K soil and plant levels were not good indicators of nutritional state. The main effect of liming was Mg supplying and reduction of Fe uptake. The addition of silicon increased the P uptake and decreased the Fe content.

3.1 INTRODUÇÃO

O arroz é um dos cereais mais importantes, uma vez que mais da metade da população o consome como alimento principal. No Brasil, a cultura ocupa uma área de 4,4 milhões de hectares. A produtividade, no entanto, ainda é baixa (2,3 t/ha) se comparada por exemplo com a produtividade da Austrália que chega a 8,0 t/ha (FAO, citado por Mayol, 1996).

A maior produtividade do arroz inundado e o fato de em algumas regiões do país as várzeas constituírem a única alternativa para a expansão da fronteira agrícola, tem levado à incorporação ao processo produtivo dos solos de várzea, incluindo os solos orgânicos.

Os solos orgânicos, segundo Curi, Resende e Santana (1988) são geralmente pobres (alguns podem ser ricos na camada superficial), ácidos e com elevada relação C / N. Este fato, aliado ao uso de cultivares de alta produtividade, torna obrigatório o uso de fertilizantes.

A inundação gera no solo algumas mudanças como diminuição do potencial redox, aumento do pH, alterações na forma e disponibilidade dos nutrientes (Ponnamperuma, 1972), que tornam as respostas à aplicação de nutrientes nestes solos diferentes dos solos aerados. Assim, em solos de várzea, muitas vezes os níveis críticos de nutrientes no solo não são efetivos na indicação da disponibilidade destes (Paula et al., 1990).

As deficiências nutricionais podem então ser avaliadas pelo cultivo de plantas em vasos, utilizando-se a técnica do elemento faltante. Segundo Malavolta e Muraoka (1985), o ensaio em vasos indica o elemento ou elementos limitantes do crescimento e a composição mineral, e permite uma determinação qualitativa da resposta esperada.

A análise química da planta fornece o valor integrado de todos os fatores que influenciam a sua composição no momento da amostragem. Comparando-se a concentração de um dado nutriente com níveis críticos previamente estabelecidos, pode-se determinar a o estado nutricional

dessa planta. O nível crítico não é um ponto mas uma faixa e varia com idade da planta, cultivar, interação entre nutrientes, dentre outros fatores (Fageria, 1984).

Muitas vezes, a relação entre nutrientes é mais importante que a concentração em si. Para o arroz inundado tem grande importância a interação dos elementos com o ferro, que tem sua disponibilidade aumentada pela inundação. Barbosa Filho, Fageria e Stone (1983) verificaram que estas relações em plantas normais eram de duas a cinco vezes maiores que nas plantas com toxidez.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da subtração de nutrientes, da calagem e da adição de silício na nutrição mineral do arroz em solo sob inundação.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo, na Universidade Federal de Lavras, em Lavras - MG utilizando a técnica do elemento faltante ou diagnose por subtração.

Foram utilizados materiais de dois solos orgânicos, provenientes de Macaé - RJ e Lambari - MG . Os solos foram coletados na camada superficial (0-20 cm) e tiveram as características químicas e físicas avaliadas segundo a metodologia proposta por Vettori (1969) e modificada por EMBRAPA (1979). Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Após secos e peneirados, os solos foram acondicionados em vasos com capacidade para 5,3 kg e incubados com CaCO_3 e MgCO_3 puro para análise (exceto naqueles tratamentos em que se omitiu a calagem) na relação equivalente Ca:Mg de 4:1, com doses determinadas pelo método de saturação de bases para elevar o valor V para 50%. Os solos foram incubados durante uma semana com umidade próxima à capacidade de campo.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com onze tratamentos e quatro repetições, sendo cada solo considerado um experimento. Os tratamentos constaram de testemunha (solo natural), completo (calagem, N, P, K, S, B, Cu e Zn), completo menos calagem, completo menos um nutriente de cada vez e completo mais silício. O molibdênio foi aplicado em todos os tratamentos, exceto testemunha.

A adubação foi baseada em Malavolta (1980), com algumas modificações. As fontes e doses utilizadas são apresentadas na Tabela 2. Os nutrientes foram aplicados em forma de solução e misturados ao solo. O N foi parcelado em quatro aplicações e K em três. O termofosfato foi aplicado na forma sólida em quantidade calculada para fornecer todo o P do tratamento mais

silício, fornecendo com isso, 177 mg de Si (solúvel em ácido cítrico a 2%). A calagem para este tratamento foi feita levando em conta o CaO e MgO fornecidos pelo termofosfato.

TABELA 1 Características químicas e físicas dos solos utilizados

	Solo Macaé	Solo Lambari
pH (água)	4	4,7
Fósforo (mg/dm ³)	39	7
Potássio (mg/dm ³)	175	39
Cálcio (mmol/dm ³)	33	17
Magnésio (mmol/dm ³)	10	6
Alumínio (mmol/dm ³)	26	21
Sódio (mmol/dm ³)	1	-
H + Al (mmol/dm ³)	232	153
Soma de Bases (mmol/dm ³)	48	24
CTC efetiva (mmol/dm ³)	74	45
CTC potencial (mmol/dm ³)	280	177
Saturação de alumínio (%)	35	47
Saturação de bases (%)	20	14
Enxofre (mg/dm ³)	206	5,6
Boro (mg/dm ³)	0,46	0,07
Cobre (mg/dm ³)	1,2	3,3
Ferro (mg/dm ³)	580	200
Manganês (mg/dm ³)	17	32
Zinco (mg/dm ³)	3,0	1,5
Matéria orgânica (g/kg)	213	220
Areia (g/kg)	80	300
Silte (g/kg)	440	370
Argila (g/kg)	480	330

As sementes de arroz, cultivar Sapucaí, após tratadas em solução de hipoclorito de sódio a 1%, foram semeadas em bandejas com vermiculita e posteriormente transplantadas para os vasos em número de três plantas por vaso.

O solo foi mantido com umidade igual a 60% do volume total de poros (VTP) por uma semana depois do plantio. Após esse período, o solo foi inundado mantendo-se constante uma lâmina de água de 5 cm, usando-se água desmineralizada.

O experimento foi conduzido até a floração quando foi feita a colheita, separando-se as plantas em raiz e parte aérea. A parte aérea foi lavada em água comum e depois em água destilada e, depois de seca em estufa a 60 °C com circulação forçada, foi pesada e moída em moinho tipo Wiley.

Os teores de nutrientes foram determinados segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). As amostras de material seco da palha (folha + colmo) foram submetidas à digestão nitroperclórica para determinação dos teores de macro e micronutrientes, exceto o boro, cujas amostras foram submetidas à digestão por via seca. As concentrações de cálcio, magnésio, foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica; o potássio por fotometria de chama, fósforo e boro por colorimetria, enxofre por turbidimetria e o nitrogênio pelo método de Kjeldahl.

TABELA 2 Fontes e doses de nutrientes utilizadas na adubação cobre, ferro, manganês e zinco

Nutriente	Fonte	Doses (mg/kg)
N	NH ₂ CONH ₂ , (NH ₄) ₂ SO ₄ , MAP	400
P	MAP, KH ₂ PO ₄ , Termofosfato	200
K	KCl, K ₂ SO ₄	350
S	NH ₄ SO ₄ , K ₂ SO ₄	31
B	H ₃ BO ₃	0,5
Cu	CuSO ₄ .5H ₂ O	1,5
Zn	ZnSO ₄ .7H ₂ O	5
Mo	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	0,1

Foram avaliados as seguintes variáveis:

- teores de macro e micronutrientes na parte aérea;
- acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Duncan.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Macronutrientes

A produção de matéria seca é apresentada na Tabela 3, com a finalidade de permitir melhor visualização dos efeitos de diluição / concentração. Os teores e acúmulos de N, P e K são apresentados na Tabela 4.

TABELA 3. Produção de matéria seca da parte aérea

Tratamento	Solo	
	Macaé	Lambari
	-----g / vaso-----	
Testemunha	72,25 c	7,45 g
Completo	161,36 a	96,86 b
- Calagem	151,52 a	87,42 c
- N	114,27 b	24,56 f
- P	130,94 b	16,45 f
- K	118,14 b	47,37 e
- S	154,79 a	73,01 d
- B	171,79 a	109,29 a
- Cu	161,07 a	107,97 a
- Zn	163,85 a	97,37 b
+ Silício	170,91 a	99,52 b
C.V.(%)	9,65	8,33

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5%.

Os teores de N, no solo Macaé, não foram alterados pelos tratamentos, embora o tratamento -N apresente uma tendência a ter valores menores. Já no solo Lambari, os teores foram influenciados pelos tratamentos, sendo maiores para o tratamento -P, seguido pelo -K. Para o primeiro solo, a ausência de diferença significativa se deve a um efeito de diluição/concentração

TABELA 4. Teores e acúmulos de N, P e K na parte aérea do arroz em função dos tratamentos

Tratamento	Solo Macaé						Solo Lambari					
	N		P		K		N		P		K	
	Teor (g/kg)	Acúmulo (g/vaso)	Teor (g/kg)	Acúmulo (g/vaso)	Teor (g/kg)	Acúmulo (g/vaso)	Teor (g/kg)	Acúmulo (g/vaso)	Teor (g/kg)	Acúmulo (g/vaso)	Teor (g/kg)	Acúmulo (g/vaso)
Testemunha	18,75 a	1,40 c	3,45 ab	0,26 d	11,44 c	0,85 c	13,15 c	0,01 d	0,36 f	0,003 e	22,88bc	0,17 cd
Completo	20,40 a	3,30 a	3,23 ab	0,52 a	15,51abc	2,52 a	11,13 c	1,08 ab	1,34bcd	0,13 bc	22,33bcd	2,16 a
- Calagem	18,42 a	2,75 ab	3,31 ab	0,50 ab	17,38 ab	2,63 a	11,26 c	1,00 abc	1,24 cd	0,11 c	24,86 b	2,17 a
- N	17,87 a	2,08 bc	3,09 ab	0,36 cd	20,79 a	2,38 ab	8,46 c	0,21 d	1,94 a	0,05 de	23,76bc	0,58 c
- P	20,98 a	2,73 ab	2,94 b	0,33 bcd	15,51abc	2,00 ab	28,36 a	0,47 cd	0,56 ef	0,01 e	29,37 a	0,49 cd
- K	24,15 a	2,82 ab	3,62 a	0,43 abc	11,33 c	1,39 bc	19,06 b	0,90 bc	1,85 ab	0,09 cd	2,20 e	0,10 d
- S	20,35 a	3,15 ab	3,42 ab	0,53 a	14,30 bc	2,22 ab	12,42 c	0,91 bc	1,82 ab	0,13 bc	22,33bcd	1,63 b
- B	19,42 a	3,34 a	3,09 ab	0,53 a	15,73abc	2,71 a	13,52 c	1,48 a	1,58abc	0,17 ab	20,45cd	2,23 a
- Cu	19,92 a	3,20 a	3,03 ab	0,49 ab	16,50abc	2,66 a	9,80 c	1,06 ab	1,04 de	0,11 c	19,03 d	2,07 a
- Zn	22,22 a	3,61 a	3,43 ab	0,55 a	17,60 ab	2,86 a	9,26 c	0,91 bc	1,38bcd	0,13 bc	21,01cd	2,04 ab
+ Silício	20,55a	3,51 a	3,19 ab	0,54 a	12,32 bc	2,09 ab	11,16 c	1,11 ab	2,04 a	0,20 a	21,90bcd	2,18 a
C.V.(%)	15,91	15,40	8,24	11,53	15,65	18,76	16,67	26,10	15,44	21,39	7,49	12,26

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5%.

TABELA 5. Teores e acúmulos de Ca, Mg e S na parte aérea do arroz em função dos tratamentos

Tratamento	Solo Macaé						Solo Lambari					
	Ca		Mg		S		Ca		Mg		S	
	Teor (g/kg)	Acúmulo (g/vaso)	Teor (g/kg)	Acúmulo (g/vaso)	Teor (g/kg)	Acúmulo (g/vaso)	Teor (g/kg)	Acúmulo (g/vaso)	Teor (g/kg)	Acúmulo (g/vaso)	Teor (g/kg)	Acúmulo (g/vaso)
Testemunha	4,11 b	0,30 d	3,92 b	0,30 c	5,05 abc	0,37 c	7,88 a	0,06 e	2,39 de	0,02 e	1,50 de	0,01 h
Completo	5,84 ab	0,95 abc	3,89 b	0,63 ab	3,85 d	0,62 ab	9,34 a	0,90 ab	4,31bc	0,42 bc	1,16 e	0,11 cde
- Calagem	5,10 ab	0,78 bc	3,46 b	0,52 abc	4,20 bcd	0,64 ab	8,80 a	0,76 bc	2,30 e	0,20 d	1,10 e	0,10 def
- N	5,75 ab	0,65 cd	3,62 b	0,42 bc	5,51 a	0,63 ab	8,60 a	0,21 de	3,41 cd	0,08 e	2,28 bc	0,06 fgh
- P	6,02 ab	0,76 bc	4,21 b	0,56 abc	4,04 cd	0,52 bc	10,84 a	0,18 e	2,86 de	0,05 e	2,35 b	0,04 gh
- K	5,61 ab	0,66 cd	6,97 a	0,80 a	5,22 ab	0,61 ab	11,44 a	0,54 cd	10,45 a	0,49 ab	3,96 a	0,19 a
- S	5,78 ab	0,90 abc	5,28 ab	0,82 a	4,02 cd	0,63 ab	10,88 a	0,79 abc	4,82 b	0,35 c	1,02 e	0,07 efg
- B	5,12 ab	0,88 abc	3,55 b	0,61 ab	4,01 cd	0,69 a	9,67 a	1,06 ab	4,21 bc	0,46 ab	1,23 de	0,13 bcd
- Cu	7,02 a	1,13 ab	3,56 b	0,58 abc	3,69 d	0,59 ab	10,54 a	1,14 a	5,03 b	0,54 a	1,37 de	0,15 abc
- Zn	7,44 a	1,20 a	5,02 ab	0,80 a	4,24 bcd	0,68 ab	10,46 a	1,02 ab	4,69 b	0,46 abc	1,57 de	0,15 abc
+ Silício	6,08 ab	1,04 abc	3,99 b	0,68 ab	3,27 d	0,56 ab	10,08 a	1,00 ab	4,16 bc	0,41 bc	1,76 cd	0,17 ab
C.V.(%)	19,83	20,63	25,06	20,29	10,95	11,58	16,53	21,18	9,59	13,64	12,65	19,46

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5%.

uma vez que nos acúmulos houve diferenças significativas, com os tratamentos -N e testemunha acumulando uma quantidade menor do nutriente. Mas, como esses tratamentos foram os que apresentaram as menores produções de matéria seca, essa diferença não se manifestou nos teores. Para o segundo solo, a explicação é a mesma: os tratamentos com maior teor de N apresentaram reduzida produção de matéria seca e baixo acúmulo de N.

Ao se fazer a comparação destes teores com os níveis críticos (18-26 g/kg) propostos por Fageria, citado por Fornasieri Filho e Fornasieri (1993), verifica-se que, no solo Macaé, apenas o tratamento -N está abaixo do nível crítico. Já no segundo solo, a maioria dos tratamentos apresenta valores inferiores ao crítico.

Os teores de P apresentaram comportamentos bem distintos em cada solo. No solo Macaé, o maior teor ocorreu no tratamento -K, o menor no tratamento -P, não havendo diferença significativa entre os demais. Para o tratamento -K, este maior teor reflete apenas um efeito de concentração, uma vez que tal tratamento apresentou baixa produção de matéria seca ou um efeito da maior absorção de Mg, exercendo um efeito sinérgico sobre a absorção de P (Malavolta, 1980). O maior acúmulo de P no tratamento -Zn está de acordo com Loneragan et al. citados por Carvalho (1991).

Para o solo Lambari, os maiores teores ocorreram no tratamento +Si e no tratamento -N e os menores no tratamento -P e testemunha. Esse maior teor de P no tratamento +Si, reforçado pelo fato deste tratamento apresentar também maior acúmulo do nutriente, permite concluir que a aplicação de silício pode aumentar a disponibilidade de P para as plantas. Segundo Adams (1980), isto ocorre pelo deslocamento do P adsorvido para a solução ou bloqueio dos sítios de adsorção pelo silicato. Méndez Baldeón (1995), também encontrou aumento na quantidade de P acumulado com a aplicação de termofosfato, mas atribuiu esse efeito a capacidade do silicato, contido no termofosfato, de elevar o pH, uma vez que o uso de corretivo mais superfosfato triplo tiveram o mesmo efeito. Para o tratamento -N, o maior teor se deve apenas à menor produção de matéria seca. A ausência de calagem também diminuiu o teor e acúmulo de P, provavelmente pela alteração no pH ou pelo efeito sinérgico do Mg sobre a absorção deste. Segundo Malavolta (1980), esse efeito é explicado pelo papel do Mg nas reações de fosforilação.

Em ambos os solos ocorreu redução nos teores e acúmulos de P na ausência de Cu. Iorio et al. (1996), trabalhando com alface, constataram que o aumento da concentração do P e Cu em

solução levou a aumentos na concentração foliar de P. Em baixos níveis de Cu, porém, não houve efeito do aumento do P nos teores foliares deste elemento.

Os teores de P nas plantas cultivadas no solo Macaé ficaram acima do nível crítico (1,3-1,5 g/kg) proposto por Fornasieri Filho (1982), mas, para o solo Lambari, a maioria ficou abaixo. A limitação na produção de matéria seca com os teores acima dos níveis críticos reforça a importância dos níveis críticos serem determinados para cada cultivar.

O teor de K, no solo Macaé, foi maior no tratamento -N e menor nos tratamentos -K e testemunha. Esse maior teor no tratamento -N, reforçado pelo acúmulo relativamente alto, permite supor que houve uma competição entre NH_4^+ e K^+ , concordando com Lamond, citado por Daliparthi, Barker e Mondal (1994), que afirma que o NH_4^+ pode limitar o acúmulo de K. No solo inundado, que só possui nitrogênio na forma amoniacal, esta interação pode ser limitante quando o teor de K é baixo. O maior teor de K, no Solo Lambari, ocorreu no tratamento -P, devido a um efeito de concentração comprovado pelo baixo valor do acúmulo do nutriente neste tratamento. O alto valor do teor e acúmulo do K no tratamento menos calagem mostra que houve competição do Ca e/ou Mg com este elemento. Já o alto teor do tratamento -N, mostra apenas um efeito de concentração. O baixo teor de K no tratamento -Zn pode ser explicado segundo Cakmak e Marschner, citados por Carvalho (1991), pela perda de K através da membrana devido à baixa atividade da enzima dismutase do superóxido e conseqüente alteração na permeabilidade da membrana, causada pela deficiência de Zn.

Os teores de K ficaram dentro dos limites do nível crítico (10-22 g/kg) proposto por Ward, citado por Fornasieri e Fornasieri Filho (1993), exceto para o tratamento -K, no solo Lambari. A limitação ao crescimento na ausência de K em ambos os solos permite concluir que o nível crítico não foi efetivo para o solo Macaé.

Os teores e acúmulos de Ca, Mg e S são apresentados na Tabela 5.

O teor de Ca, para o solo Macaé, foi maior nos tratamentos -Zn e -Cu e menor no tratamento testemunha. Graham et al. (1987) constataram em plantas de cevada deficientes em zinco um aumento na absorção de Ca. Segundo Malavolta (1980), o zinco pode deslocar o Ca dos sítios de troca. O tratamento -calagem teve seu teor de Ca diminuído porém sem apresentar diferença estatística dos maiores teores. Para o solo Lambari, os teores de Ca não foram alterados

pelos tratamentos, sendo que a diferença entre quantidades acumuladas reflete apenas a produção de matéria seca. O tratamento -Cu apresentou o maior acúmulo de Ca.

Os teores de Ca na planta ficaram acima do nível crítico (6 g/kg) proposto por Trani, citado por Fornasieri Filho e Fornasieri (1993) no solo Lambari e, no solo Macaé, alguns tratamentos ficaram ligeiramente abaixo.

O maior teor de Mg, para o solo Macaé, foi propiciado pela omissão de K, indicando uma competição entre ions de mesma carga, comprovada pelo alto acúmulo do nutriente nesse tratamento. Para o solo Lambari o menor teor ocorreu no tratamento menos calagem indicando que a limitação à produção de matéria seca por este tratamento pode ser devida ao papel do Mg como nutriente. O maior teor ocorreu no tratamento K, indicando uma competição entre ions reforçada pelo fato do acúmulo do Mg no referido tratamento ser superado apenas pelo tratamento -Cu. A omissão de B e a de Zn também apresentaram altos acúmulos de Mg, concordando com Graham et al. (1987) que constataram em plantas de cevada deficientes em zinco um aumento na absorção de Ca e Mg. As omissões de P e N propiciaram teores baixos de Mg.

Para o solo Macaé, os teores de Mg na parte aérea estão acima do nível crítico (3,0 mg/kg) proposto por Trani, citado por Fornasieri e Fornasieri Filho (1993). Para o solo Lambari, os tratamentos, testemunha e - calagem apresentam teores abaixo do nível crítico, concordando com o fato da calagem ter limitado a produção de matéria seca neste solo.

Os teores de S, no solo Macaé, foram maiores para o tratamento -N e menores para os tratamentos completo, -Cu e +Si, indicando uma diluição, uma vez que estes tratamentos apresentaram valores relativamente altos de matéria seca. Para o solo Lambari, o maior teor ocorreu no tratamento -K, seguido pelo -P e pelo -N. Os menores teores ocorreram no tratamento -S, não diferindo significativamente, porém, do tratamento completo.

Os teores de enxofre na parte aérea ficaram acima do crítico (1,5 g/kg) proposto por Osinani e Kang, citados por Fornasieri Filho e Fornasieri (1993) no solo Macaé e, no solo Lambari, alguns tratamentos ficaram abaixo deste nível.

3.3.2 Micronutrientes

Os teores e acúmulos de B, Cu e Fe são apresentados na Tabela 6. Para o B, no solo Macaé, os teores foram inferiores nos tratamentos -B e testemunha e superiores nos tratamentos -N e -K. Essa superioridade pode ser explicada por um efeito de concentração uma vez que tais tratamentos produziram menos matéria seca. Para o solo Lambari, os maiores teores e acúmulos ocorreram nos tratamentos -Zn e +Si. De acordo com Graham et al. (1987), a absorção do B em plantas de cevada com omissão no suprimento de zinco foi maior que naquelas que receberam Zn e, em níveis excessivos de B, os sintomas de toxidez apareceram primeiramente em tecidos deficientes em Zn. O solo Lambari está de acordo com Graham et al. (1987) que observou aumento na absorção de B com o fornecimento de P.

Os teores de B ficaram abaixo do nível crítico (17-35 mg/kg) proposto por Paula (1995) no solo Macaé nos tratamentos testemunha e -B e, para o solo Lambari, em todos os tratamentos. A produção de matéria seca, porém, não foi limitada no primeiro solo e no segundo houve efeito depressivo do boro, mostrando, conforme demonstrado pela citada autora, que os níveis críticos variam de acordo com o solo.

O teor de cobre, no solo Macaé, foi aumentado pela omissão de P, não havendo diferença significativa para os demais tratamentos. Os maiores acúmulos nos tratamentos -P e -Zn comprovam que estes elementos em altas concentrações diminuem a absorção do Cu. Haldar e Mandal (1981) encontraram resultados semelhantes em arroz e consideraram como causa principal a redução na disponibilidade do Cu no solo resultante da aplicação de P e Zn. O alto valor do acúmulo no tratamento -S, mostra que a formação de sulfetos de baixa solubilidade também contribuiu para reduzir a absorção do elemento, concordando com Bastos (1993). Para o solo Lambari, os maiores teores foram obtidos nos tratamentos -K, menos calagem e -P, seguidos pelo -S. Graham, citado por Cochiam (1991), também verificou redução na absorção de Cu em presença de K e atribuiu tal efeito à ação despolarizante do K no potencial da membrana, decrescendo o gradiente eletroquímico para a absorção do Cu. Para o tratamento -P o efeito de concentração parece ser a principal causa. Para o tratamento -calagem a causa pode ser a redução na disponibilidade do Cu ou o efeito antagônico do Ca sobre a absorção de Cu (Malavolta, 1980).

TABELA 6. Teores e acúmulos de B, Cu e Fe na parte aérea do arroz em função dos tratamentos

Tratamento	Solo Macaé						Solo Lambari					
	B		Cu		Fe		B		Cu		Fe	
	Tcor (mg/kg)	Acúmulo (mg/vaso)	Tcor (mg/kg)	Acúmulo (mg/vaso)	Tcor (mg/kg)	Acúmulo (mg/vaso)	Tcor (mg/kg)	Acúmulo (mg/vaso)	Tcor (mg/kg)	Acúmulo (mg/vaso)	Tcor (mg/kg)	Acúmulo (mg/vaso)
Testemunha	14,84bc	1,11 b	11,82 b	0,88 e	205,35ab	15,38 c	9,69 c	0,07 d	2,68bcd	0,02 d	223,69 c	1,70 d
Completo	17,85abc	2,86 a	9,38 b	1,51 bcd	202,71ab	32,63 abc	11,73abc	1,14 ab	3,63 bc	0,35 b	272,35 c	26,43abc
- Calagem	18,97abc	2,87 a	9,99 b	1,51 bcd	307,64 a	46,75 a	12,80abc	1,12 ab	5,48 a	0,48 a	384,46 a	33,51 a
- N	22,56 a	2,58 a	8,99 b	1,02 de	179,41 b	20,99 bc	13,59abc	0,33 cd	1,91 d	0,05 a	239,55 c	5,84 d
- P	18,98abc	2,49 a	20,18 a	2,53 a	157,66 b	20,83 bc	11,32 bc	0,18 d	5,16 a	0,08 d	275,07bc	4,53 d
- K	20,24ab	2,39 a	10,19 b	1,19 cde	306,84 a	35,91ab	11,09 bc	0,52 cd	6,24 a	0,30 bc	377,64ab	17,86 c
- S	16,92abc	2,64 a	10,09 b	1,57 bc	192,05 b	29,72 abc	11,11 bc	0,81 bc	3,70 b	0,27 bc	279,86bc	20,41 bc
- B	12,20 c	2,10 ab	8,37 b	1,44 bcd	182,07 b	31,39 abc	12,75abc	1,39 a	2,52 d	0,28 bc	285,14abc	31,16 a
- Cu	16,32abc	2,61 a	8,73 b	1,41 bcd	209,46ab	34,22 abc	13,40abc	1,47 a	1,82 d	0,20 c	290,50abc	30,89 a
- Zn	16,31abc	2,66 a	18,85 b	1,77 b	229,91ab	37,72 ab	16,83 a	1,64 a	2,61bcd	0,25bc	282,31abc	27,46 ab
+ Silício	16,75abc	2,87 a	8,91 b	1,52 bcd	164,17 b	28,41 abc	15,73 ab	1,56 a	2,55 cd	0,25 bc	261,52 c	26,04abc
C.V.(%)	16,74	19,33	22,35	14,34	21,85	26,69	17,18	24,10	12,92	18,56	14,83	17,91

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5%

TABELA 7. Teores e acúmulos de Mn e Zn na parte aérea do arroz em função dos tratamentos

Tratamento	Solo Macaé				Solo Lambari			
	Mn		Zn		Mn		Zn	
	Tcor (mg/kg)	Acúmulo (mg/vaso)	Tcor (mg/kg)	Acúmulo (mg/vaso)	Tcor (mg/kg)	Acúmulo (mg/vaso)	Tcor (mg/kg)	Acúmulo (mg/vaso)
Testemunha	224,68 ab	16,86 d	115,77abc	8,81 b	1332,50 a	9,97 c	64,81 ab	0,49 d
Completo	227,06 ab	36,65 ab	181,77 a	29,38 a	1979,50 a	191,67 a	68,08 ab	6,63 ab
- Calagem	224,41 ab	33,98 abc	126,16abc	18,92 ab	1691,25 a	146,96 a	84,68 a	7,41 ab
- N	217,15 ab	25,00 cd	65,73 c	7,59 b	1642,50 a	41,14 bc	68,73 ab	1,68 cd
- P	187,99 b	25,07 cd	150,83 ab	19,65 ab	1898,13 a	30,93 c	76,23 ab	1,27 cd
- K	230,88 ab	27,23 bcd	89,87 bc	10,35 b	1269,00 a	59,95 bc	63,24 ab	3,01 c
- S	222,57 ab	34,47 abc	119,37abc	18,33 ab	1592,00 a	115,95 ab	77,60 ab	5,67 b
- B	237,77 a	40,87 a	102,79 bc	17,83 ab	1539,75 a	168,32 a	74,57 ab	8,12 a
- Cu	224,68 ab	36,32 ab	105,63abc	16,91 b	1733,13 a	188,74 a	69,85 ab	7,56 ab
- Zn	206,47 ab	34,07 abc	106,94abc	17,67 ab	1905,00 a	185,33 a	61,95 b	6,04 ab
+ Silício	219,32 ab	37,32 ab	102,05 bc	17,66 ab	1722,13 a	171,06 a	65,31 ab	6,49 ab
C.V.(%)	8,71	14,20	27,13	30,39	21,02	26,70	13,15	17,44

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5%

A omissão do cobre diminuiu os teores do elemento na planta, juntamente com -N e -B. O menor teor no tratamento -B pode ser explicado pela diluição.

Os teores de cobre ficaram acima do nível crítico (4 mg/kg) proposto por Fageria (1984) no solo Macaé e abaixo em todos os tratamentos do solo Lambari, exceto -P, -K e -calagem.

O maior teor e maior acúmulo de Fe, para os dois solos, ocorreram no tratamento -calagem, seguido pelo -K. O tratamento +silício apresentou tendências a ter menores teores de Fe.

Os menores teores de Fe quando se aplicou a calagem estão de acordo com vários autores como Barbosa Filho, Fageria e Stone (1983); Fischer et al. (1990) e Freire et al. (1985), que afirmam ser a calagem uma eficiente prática de controle da toxidez de ferro.

De acordo com Fischer et al. (1990), o efeito benéfico da calagem está relacionado a três fatores: aumento do pH do solo, maior suprimento de Ca e Mg e diminuição da concentração de íons ferro na solução do solo. Vários autores atribuem o efeito da calagem na diminuição da concentração de ferro na solução ao aumento do pH e a conseqüente redução na solubilidade do ferro. Mello (1991), no entanto constatou que em alguns solos a concentração de ferro em solução foi reduzida sem que o pH fosse substancialmente alterado, sugerindo que possam haver outros fatores envolvidos. Moore Jr. e Patrick Jr. (1989) verificaram que a absorção de ferro pela planta de arroz está mais correlacionada à relação Fe^{2+} : soma de cátions divalentes em solução do que à atividade do ferro em si, sugerindo que a competição seria o principal fator a limitar a absorção deste elemento.

A maior absorção de Fe na ausência de K tem a seguinte explicação: plantas deficientes em K apresentam drásticas mudanças em seu metabolismo. Nessas plantas, compostos de baixo peso molecular acumulam-se, porque vários processos de síntese não se completam. Estando o K envolvido na permeabilidade das membranas da raiz, a sua deficiência aumenta a permeabilidade e a perda de metabólitos (Ottow et al., 1983). Essa perda de metabólitos aumenta a população microbiana e a atividade na rizosfera, levando ao aumento do consumo de O_2 , desnitrificação e a redução do Fe. O suprimento contínuo de metabólitos e o aumento na demanda de O_2 estimulam os microrganismos anaeróbicos facultativos e obrigatórios a reduzir o Fe (III), usando-o como acceptor de elétrons para continuar as reações de obtenção de energia. O aumento do consumo de

O₂ e a dissolução da capa de Fe₂O₃, culminam com a quebra do mecanismo de exclusão resultando em uma excessiva absorção de Fe por fluxo de massa (Trolldenier, 1977).

Os baixos teores de Fe no tratamento com adição de silício estão de acordo com Fischer et al. (1990), que encontraram redução nos teores de ferro com adição de termofosfato. De acordo com Okuda e Takahashi (1965), o silício aumenta o poder de oxidação das raízes, favorecendo a oxidação do ferro e sua deposição nas raízes, diminuindo sua absorção.

Segundo Howeler (1973), os níveis críticos (tóxicos), variam de 300-500 mg/kg. No presente trabalho, embora a maioria das plantas não tenha atingido esse nível, ocorreram sintomas de toxidez em todos os tratamentos.

Os teores e acúmulos de Mn e Zn são apresentados na Tabela 7. Os teores de Mn, no solo Macaé foram maiores no tratamento -B e menores no tratamento -P, ficando os demais em posição intermediária. O maior acúmulo de Mn também ocorreu no tratamento -B, indicando que de alguma forma o B pode reduzir a absorção de Mn. Para o solo Lambari não houve diferença significativa entre os teores nos diferentes tratamentos.

Os teores de Mn ficaram acima do nível crítico no solo Macaé e, no solo Lambari, embora altos, não chegaram atingir o nível de toxidez que, segundo Malavolta et al. (1981), é de 2500 mg/kg. Estes autores citam que, em certos solos, as plantas podem apresentar 3000 mg/kg de Mn sem apresentarem sintomas de toxidez e produzirem normalmente.

Para os teores de Zn, no solo Macaé, o maior valor ocorreu, no tratamento completo e o menor no tratamento -N. Salam e Subramanian, citados por Karimian (1995), também verificaram o aumento da absorção de Zn em arroz quando se adicionou N. Segundo Olsen, também citado por este autor, este aumento na absorção se deve ao decréscimo no pH causado pela aplicação de N. A omissão de P, apresentou tendência de aumentar os teores de Zn, porém estes não chegaram a superar o tratamento completo, provavelmente devido aos maiores teores de Zn neste solo, mostrando que a interação P x Zn, ocorre quando o teor de Zn no solo é baixo. O acúmulo relativamente alto do nutriente mostra que, na presença de P, o Zn foi menos absorvido. As omissões de B, Si e K também diminuíram o teor de Zn. Para os dois primeiros, a explicação pode ser o efeito diluição. Já a omissão de K de alguma forma parece diminuir a absorção de Zn. Para o solo Lambari, os teores de Zn foram maiores no tratamento menos calagem e menores no tratamento -Zn. Para os demais tratamentos que são estatisticamente iguais aos dois valores

extremos, nota-se a tendência dos tratamentos -S, -P e -B de serem superiores e do tratamento -K de ser inferior. Os baixos teores no tratamento -S, juntamente com o menor acúmulo do nutriente neste tratamento mostram que aplicação de S, reduziu a absorção de Zn pela formação de ZnS. O maior teor de Zn no tratamento -P se deve principalmente ao efeito de concentração mostrado pelo baixo acúmulo do nutriente neste tratamento e pela baixa produção de matéria seca. Os teores ficaram acima do nível crítico (15-20 mg/kg), proposto por Fageria, citado por Fornasier Filho e Fornasier (1993) em ambos os solos.

5 CONCLUSÕES

Os níveis críticos propostos em literatura nem sempre foram efetivos para as condições do experimento.

Os teores de P no solo e na planta, não se revelaram bons indicadores do estado nutricional, uma vez que ocorreu limitação ao crescimento mesmo quando estes valores se apresentavam acima do nível crítico.

A limitação ao crescimento na ausência de K, mesmo com teores de K no solo e na planta acima do crítico reforça a idéia que o nível crítico não depende apenas do elemento em si, mas da sua interação com outros nutrientes, do manejo e da cultivar.

A calagem foi importante principalmente como fonte de magnésio e como forma de diminuir a absorção de ferro.

O silício, embora não tenha influenciado os parâmetros de crescimento, se mostrou efetivo no aumento da absorção de fósforo e na redução dos teores de ferro.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, F. Interactions of phosphorus with other elements in soil and in plants. In: CHASAWNEH, F. E.; SAMPLES, E.C.; KAMPRATH, E. J. (eds.). **The role of phosphorus in agriculture**. Madison : American Society of Agronomy, 1980. p.655-680.
- BARBOSA FILHO, M.P; FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo d'água e calagem em relação à produtividade e toxidez de ferro em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** , Brasília, v.18, n.8, p.903-910, ago. 1983.
- BASTOS, F. J. M. **Efeito do ferro, gesso agrícola e do calcário na produção de arroz (*Oryza sativa* L.) em solos de várzea inundados**. Lavras: ESAL, 1993. 90 p.(Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- CARVALHO, V.L.M. de. **Efeitos metabólicos da interação zinco x boro sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv carioca)**. Piracicaba: ESALQ, 1991. 114p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- COCHIAM, L.V. Mechanisms of nutrient uptake and translocation in plants. In: MORTVERDT. J.J. (ed.). **Micronutrients in agriculture**, 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1991. p.230-296
- CURI, N; RESENDE, M.; SANTANA, D.P. de. Solos de várzea de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.152, p.3-10, 1988.
- DALIPARTHY, J.; BARKER, A.V.; MONDAL, S.S. Potassium fractions with other nutrients in crops: a review focusing on the tropics. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.17, n.11, p.1859-1866, Oct. 1994.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos e análises de solos**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- FAGERIA, N.K. **Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz**. Goiânia: Campus, 1984. 341p.
- FISCHER, R.G.; ELMORI, I.E.; MILAN, P.A.; BISSANI, C.A. Efeito do calcário e fontes de silício sobre a toxidez de ferro em arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.43, n.390, p.6-10, mar./jul. 1990.
- FORNASIERI FILHO, D. **Efeitos do N, P, K, S e Zn no desenvolvimento, produção e composição mineral do arroz (*Oryza sativa* L.) cv IAC47 E IAC 435**. Piracicaba: ESALQ, 1982. 155p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221p.
- FREIRE, F.M.; NOVAIS, R.F. de; SOARES, P.C.; COSTA, P.C.; FARIA, E.A. Calagem e adubação orgânica e manejo da água no controle no controle da toxidez de ferro em arroz irrigado. **Revista Ceres**, Viçosa, v.33, n.180, p.162-169, mar./abr. 1985.
- GRAHAM, R.D.; WELCH, R.M.; GRUNES, D.L.; CARY, E.E.; NORVELL, A.W. Effect of zinc deficiency on accumulation of boron and other mineral nutrients in barley. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51,n.3, p.652-657, May/June 1987.
- HALDAR, M; MANDAL, L.N. Effect of phosphorus and zinc on the growth and phosphorus, zinc, copper iron and manganese nutrition in rice. **Plant and Soil**, The Hague, v.59, n.3, p.415-425, 1981.
- HOWELER, R.H. Iron-induced orangine disease in rice in relation to physico-chemical changes in a flooded oxissol. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.37, n.5, p.898-903, Sept./Oct. 1973.

- IORIO, A.F. de; GORGOSHIDE, L.; RENDINA, A.; BARROS, M.J. Effect of phosphorus, copper and zinc addition on the phosphorus / copper and phosphorus / zinc interaction in lettuce. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.19, n.3/4, p.481-491, Mar./Apr. 1996.
- KARIMIAN, N. Effect of nitrogen and phosphorus on zinc nutrition of corn in a calcareous soil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.18, n.10, p.2261-2271, Oct. 1995.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. GOMES, I.A.; CRUZ, A.P. et al. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XIII. Efeito das deficiências de micronutrientes nas variedades IAC-25 e IAC-47. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v.38, p.669-685. 1981.
- MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. **Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo: métodos de vegetação diagnose por subtração em vasos**. Piracicaba: CENA-USP, 1985. 7p. (Mimeografado).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 210p.
- MAYOL, R. M. **Nutrição mineral e desenvolvimento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), cultivado em soluções nutritivas com diferentes concentrações de ferro**. Piracicaba: ESALQ, 1996. 114p. (Dissertação - Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas)
- MELLO, J.W.V. **Dinâmica do fósforo, ferro e manganês e disponibilidade do fósforo para o arroz em solos inundados**. Viçosa: UFV, 1991. 212 p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- MÉNDEZ BALDEÓN, J.R. **Efeito da ação alcalinizante do e da competição entre silicato e fosfato na eficiência do termofosfato magnésiano em solos ácidos**. Piracicaba: ESALQ, 1995. 88p.(Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)
- MOORE JR; P.A.; PATRICK JR W.H. Iron availability and uptake by rice in acid sulfate soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.53, n.2, p.471-476, Mar./Apr. 1989.

- OKUDA, A; TAKAHASHI, E. The role of silicon. In: HOPKINS, J. **The mineral nutrition of rice plant**. Baltimore: Oxford & IBH, 1965, p.123-146.
- OTTOW, J.C.G.; BENCKISER, G., WATANABE, I.; SANTIAGO, S. Multiple nutritional soil stress as the prerequisite for iron toxicity of wetland rice (*Oryza sativa* L.). **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.60, n.2, p.102-106, Apr. 1983.
- PAULA, M.B. de. **Eficiência de extratores e níveis críticos de boro disponível em amostras de solos aluviais e hidromórficos sob a cultura do arroz inundado**. Lavras: UFLA, 1995. 69p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).
- PAULA, M.B. de; CARVALHO, J.G. de; SOARES, A.A.; NOGUEIRA, F.D. Avaliação da fertilidade de solo de várzea (Glei Húmico) para a cultura do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.4, p.571-577, abr. 1990.
- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, New York, v.24, p.29-96, 1972 .
- TROLLDENIER, G. Mineral nutrition and reduction process in the rhizosphere of rice. **Plant and Soil**, The Hague, v.47, n.1, p.193-202, May 1977
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sugerem-se estudos adicionais uma vez que os experimentos de subtração de nutrientes visam apenas determinar quais os nutrientes mais limitantes ao crescimento e permitindo apenas uma determinação qualitativa da resposta esperada. Para determinação de doses adequadas devem ser feitos outros estudos e inclusive em condições de campo.

Para a calagem em solos de várzea devem ser feitos estudos visando determinar a dose adequada para fornecer cálcio e/ou magnésio e minimizar a toxidez de ferro, já que o pH parece não ser um fator limitante em condições de inundação. Os critérios atualmente em uso levam a grandes doses de calcário, que podem acelerar a decomposição da matéria orgânica.

Para avaliar melhor o efeito dos micronutrientes, a cultura deve ser conduzida até o final do ciclo, já que o efeito mais marcante destes é na produção de grãos.

Para o silício, deve-se trabalhar com doses maiores e também conduzir a cultura até o fim do ciclo.

Para o fósforo e o potássio, sugere-se trabalhar com extratores, considerando sempre a influência do ferro na resposta a qualquer nutriente em solo de várzea.

APÊNDICE

Tabela 1A Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) das características de crescimento do arroz em função dos tratamentos no solo Campos

Causa de variação	Quadrado médio			
	Parâmetro avaliado			
	No de perfilhos	Matéria seca da parte aérea	Matéria seca da raiz	Relação raiz parte aérea
Tratamento	8253,6363**	36391,9108**	3620,0771**	0,0642**
Resíduo	2858,2500	6292,9655	1078,6907	0,0413
CV(%)	14,51	9,65	15,82	13,93
Média geral	64,20	143,08	36,15	0,25

**Significativo a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2A Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) das características de crescimento do arroz em função dos tratamentos no solo Lambari

Causa de variação	Quadrado médio			
	Parâmetro avaliado			
	No de perfilhos	Matéria seca da parte aérea	Matéria seca da raiz	Relação raiz parte aérea
Tratamento	10569,1818**	59994,7897**	9522,5753**	0,2122**
Resíduo	509,2500	1113,2583	234,1252	0,1488
CV(%)	11,09	8,33	9,39	0,43
Média geral	36,11	69,75	28,37	15,57

**Significativo a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3A Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos teores de macronutrientes na parte aérea do arroz em função dos tratamentos no solo Campos

Causa de variação	Quadrado médio					
	Parâmetro avaliado					
	Teor N	Teor P	Teor K	Teor Ca	Teor Mg	Teor S
Tratamento	127,0316 ^{NS}	1,7797*	328,0375**	32,6909*	42,2651*	18,9067**
Resíduo	343,2257	2,3736	189,4860	43,7823	38,6096	7,2503
CV(%)	15,91	8,24	15,65	19,83	25,06	10,95
Média geral	20,28	3,24	15,31	5,81	4,32	4,28

**Significativo a nível de 5% de probabilidade.

NS não significativo

Tabela 4A Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos teores de macronutrientes na parte aérea do arroz em função dos tratamentos no solo Lambari

Causa de variação	Quadrado médio					
	Parâmetro avaliado					
	Teor N	Teor P	Teor K	Teor Ca	Teor Mg	Teor S
Tratamento	1305,348**	12,2744**	1831,9220**	49,3346 ^{NS}	196,7545**	29,2327**
Resíduo	165,148	1,4878	81,0219	87,7688	5,9277	1,6335
CV(%)	16,67	15,44	7,49	16,53	9,59	12,65
Média geral	13,42	1,38	20,92	9,86	4,42	1,75

**Significativo a nível de 5% de probabilidade.

NS não significativo

Tabela 5A Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos acúmulos de macronutrientes na parte aérea do arroz em função dos tratamentos no solo Campos

Causa de variação	Quadrado médio					
	Parâmetro avaliado					
	Acúmulo N	Acúmulo P	Acúmulo K	Acúmulo Ca	Acúmulo Mg	Acúmulo S
Tratamento	17,4817**	0,3602**	15,0122**	2,5510**	1,0828**	0,3099**
Resíduo	6,5700	0,0941	5,6762	0,9934	0,5057	0,1568
CV(%)	15,40	11,53	18,76	20,63	20,29	11,58
Média geral	2,90	0,46	2,21	0,84	0,61	0,59

**Significativo a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6A Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos acúmulos de macronutrientes na parte aérea do arroz em função dos tratamentos no solo Lambari

Causa de variação	Quadrado médio					
	Parâmetro avaliado					
	Acúmulo N	Acúmulo P	Acúmulo K	Acúmulo Ca	Acúmulo Mg	Acúmulo S
Tratamento	6,8459**	0,1592**	32,2877**	6,0556**	1,4952**	0,1333**
Resíduo	1,5763	0,0163	1,0267	0,7207	0,0617	0,0146
CV(%)	26,10	21,39	12,26	21,18	13,64	19,46
Média geral	0,83	0,10	1,44	0,70	0,32	0,11

**Significativo a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7A Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos teores de micronutrientes na parte aérea do arroz em função dos tratamentos no solo Campos

Causa de variação	Quadrado médio				
	Parâmetro avaliado				
	Teor B	Teor Cu	Teor Fe	Teor Mn	Teor Zn
Tratamento	305,5468**	438,5686**	104773,423**	7074,9657 ^{NS}	37663,2226**
Resíduo	281,6289	188,0947	71286,7443	12147,9222	32209,3905
CV(%)	16,74	22,35	21,87	8,71	27,13
Média geral	17,45	10,68	212,48	220,27	115,17

**Significativo a nível de 5% de probabilidade.

NS não significativo

Tabela 8A Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos teores de micronutrientes na parte aérea do arroz em função dos tratamentos no solo Lambari

Causa de variação	Quadrado médio				
	Parâmetro avaliado				
	Teor B	Teor Cu	Teor Fe	Teor Mn	Teor Zn
Tratamento	178,248**	91,5939**	100196,3448**	2033623,5000 ^{NS}	1971,6947*
Resíduo	157,925	6,6760	60318,2849	4038948,5625	2832,6101
CV(%)	17,18	12,92	14,83	21,02	13,15
Média geral	12,73	3,48	288,3747	1664,13	70,48

*, ** Significativo a nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

NS não significativo

Tabela 9A Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos acúmulos de micronutrientes na parte aérea do arroz em função dos tratamentos no solo Campos

Causa de variação	Quadrado médio				
	Parâmetro avaliado				
	Acúmulo B	Acúmulo Cu	Acúmulo Fe	Acúmulo Mn	Acúmulo Zn
Tratamento	10,2023**	7,4228**	3138,7656**	2036,9916**	1463,3621**
Resíduo	7,5115	1,4971	2178,6120	665,3946	844,3831
CV(%)	19,33	14,34	26,69	14,20	30,39
Média geral	2,47	1,49	30,44	31,62	16,65

**Significativo a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9A Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos acúmulos de micronutrientes na parte aérea do arroz em função dos tratamentos no solo Lambari

Causa de variação	Quadrado médio				
	Parâmetro avaliado				
	Acúmulo B**	Acúmulo Cu**	Acúmulo Fe**	Acúmulo Mn**	Acúmulo Zn**
Tratamento	13,2929**	0,7413**	5342,7300**	198683,7191**	311,6048**
Resíduo	1,6675	0,0602	445,9783	33360,1072	24,5471
CV(%)	24,10	18,56	17,91	26,70	17,44
Média geral	0,93	0,23	20,53	119,093	4,94

**Significativo a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10A Características da cultivar Sapucaí

Características	
Ciclo de maturação (dias)	160
Floração (dias)	130
Altura das plantas (cm)	80
Perfilhamento	Ótimo
Acamamento	Resistente
Comprimento de panículas (cm)	23,2
Peso de 100 grãos (g)	254
Resistência a doenças	
• Brusone	Moderadamente resistente
• Mancha de grãos	Moderadamente resistente
Tolerância à toxidez de ferro	Tolerante
Produção de grãos (kg/ha)	5.636
Renda de benefício de grãos (%)	69,5