

ADUBAÇÃO FOSFATADA EM ARROZ, *Oryza sativa*, L., EM LATOSSOLO
DA REGIÃO DA IBIAPABA, CEARÁ, BRASIL.

JOSÉ MARIA FREIRE

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA,
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1983

Esta Dissertação foi apresentada como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

José Maria Freire

DISSERTAÇÃO APROVADA EM _____

José Nelson Espíndola Frota
Orientador da Dissertação

Fernando Felipe Ferreyra Hernandez

Alexandre Reinaldo da Costa Lima

DEDICO

À meus Pais *EPAMINONDAS* e *AGENORA*
com gratidão e admiração.

À minha Esposa *CILEIDE*
pela compreensão e ajuda.

Aos meus Filhos *JULIANA* e *HENRIQUE*
como incentivo para a vida.

AGRADECIMENTOS

À Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pela oportunidade e suporte financeiro para realização do curso de Mestrado.

Ao professor JOSÉ NELSON ESPÍNDOLA FROTA, pela orientação objetiva e amigável.

Ao professor MARDÔNIO AGUIAR COELHO, coordenador do Curso, pela atenção e confiança dispensada.

Ao professor ELDER GURGEL SOUZA MOREIRA, chefe do Departamento de Ciências do Solo, pelo incentivo e amizade.

Ao professor visitante FERNANDO FELIPE FERREYRA HERNANDEZ, pela maneira amigável como apoiou este trabalho e apresentou sugestões.

Aos colegas do Curso, pelo excelente convívio e aos funcionários do Departamento, pela presteza e servidão, em particular a ANTONIO LUIZ DE OLIVEIRA pela colaboração nos trabalhos de laboratório.

Ao Laboratório Instrumental de Análises do Departamento de Química Analítica e Físico Química, na pessoa do professor ANTONIO ENÉAS MENDES BEZERRA e sua equipe, pelas análises executadas.

Ao colega ALEXANDRE REINALDO DA COSTA LIMA, pela orientação estatística e sugestões.

À bibliotecária GERMANA TABOSA BRAGA PONTES e sua equipe, pelo suporte bibliográfico.

Ao senhor ANTONIO LISBOA POLICARPO BENTO, pelas reproduções desta dissertação e a todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| <u>LISTA DE TABELAS</u> | vii |
| <u>LISTA DE FIGURAS</u> | xi |
| <u>RESUMO</u> | xii |
| <u>ABSTRACT</u> | xiv |
| | |
| 1 - <u>INTRODUÇÃO</u> | 1 |
| | |
| 2 - <u>REVISÃO DA LITERATURA</u> | 5 |
| 2.1 - <u>Teor de Fósforo nos Solos</u> | 5 |
| 2.2 - <u>Disponibilidade e Dinâmica do Fósforo nos Solos</u> | 8 |
| 2.3 - <u>Uso de Fertilizantes Fosfatados</u> | 10 |
| | |
| 3 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u> | 18 |
| 3.1 - <u>Caracterização do Solo</u> | 18 |
| 3.2 - <u>Condução do Experimento e Delineamento Estatístico</u> | 18 |
| 3.3 - <u>Parâmetros Avaliados</u> | 22 |
| 3.3.1 - <u>Altura de Plantas</u> | 22 |
| 3.3.2 - <u>Produção de Matéria Seca de Palha e Grãos..</u> | 22 |
| 3.3.3 - <u>Determinação de P, K, Ca e Mg na Palha</u> | 23 |
| | |
| 4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> | 24 |
| 4.1 - <u>Altura de Plantas de Arroz</u> | 24 |
| 4.1.1 - <u>1º Cultivo</u> | 24 |
| 4.1.2 - <u>2º Cultivo</u> | 28 |
| 4.2 - <u>Matéria Seca da Palha</u> | 34 |
| 4.2.1 - <u>1º Cultivo</u> | 34 |
| 4.2.2 - <u>2º Cultivo</u> | 40 |

| | Página |
|--|--------|
| 4.3 - <u>Produção de Grãos</u> | 44 |
| 4.3.1 - 1º Cultivo | 44 |
| 4.3.2 - 2º Cultivo | 49 |
| 4.4 - <u>Teor de Fósforo na Palha de Arroz no 1º Cultivo</u> | 54 |
| 4.5 - <u>Teor de Potássio na Palha no 1º Cultivo</u> | 62 |
| 4.6 - <u>Teor de Cálcio na Palha no 1º Cultivo</u> | 65 |
| 4.7 - <u>Teor de Magnésio na Palha no 1º Cultivo</u> | 68 |
| 5 - <u>CONCLUSÕES</u> | 73 |
| 6 - <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> | 75 |

LISTA DE TABELAS

| TABELA | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Características físicas e químicas do solo da estação experimental da EPACE, Ubajara, Ceará, Brasil | 19 |
| 2 | Características das fontes de fósforo usadas no experimento | 21 |
| 3 | Altura média em cm, de plantas de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., por ocasião da colheita, em casa de vegetação, no 1º cultivo | 25 |
| 4 | Análise de variância para altura de plantas de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., por ocasião da colheita, em casa de vegetação, no 1º cultivo | 26 |
| 5 | Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial para altura de plantas de arroz, na casa de vegetação, no 1º cultivo | 29 |
| 6 | Altura média de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., em cm, por ocasião da colheita no 2º cultivo, em casa de vegetação | 30 |
| 7 | Análise de variância para altura de plantas de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., por ocasião da colheita no 2º cultivo em casa de vegetação. | 32 |
| 8 | Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial NPK na altura de plantas de arroz, na colheita do 2º cultivo em casa de vegetação | 33 |

TABELA

Página

| | | |
|----|--|----|
| 9 | Produção de matéria seca da palha de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., em g/vaso, no 1º cultivo, em casa de vegetação | 35 |
| 10 | Análise de variância para produção de matéria seca da palha, em g/vaso, de arroz <i>Oryza sativa</i> L., no 1º cultivo, em casa de vegetação | 36 |
| 11 | Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial para matéria seca da palha de arroz, no 1º cultivo, em casa de vegetação... | 37 |
| 12 | Produção de matéria seca da palha de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., em g/vaso, no 2º cultivo, em casa de vegetação | 41 |
| 13 | Análise de variância para produção de matéria seca da palha de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., no 2º cultivo, em casa de vegetação | 42 |
| 14 | Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial NPK na produção de matéria seca da palha de arroz, no 2º cultivo, em casa de vegetação | 43 |
| 15 | Análise de variância para produção de grãos de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., em g/vaso, no 1º cultivo em casa de vegetação | 45 |
| 16 | Produção de grãos de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., em g/vaso, no 1º cultivo em casa de vegetação | 46 |
| 17 | Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial NPK na produção de grãos de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., no 1º cultivo, em casa de vegetação | 50 |

TABELA

Página

| | | |
|----|---|----|
| 18 | Análise de variância para produção de grãos de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., no 2º cultivo, em casa de vegetação | 51 |
| 19 | Produção de grãos de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., em g/vaso, no 2º cultivo em casa de vegetação | 52 |
| 20 | Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial na produção de grãos de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., no 2º cultivo, casa de vegetação | 55 |
| 21 | Análise de variância do teor de fósforo na palha de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., no 1º cultivo em casa de vegetação | 57 |
| 22 | Teor de fósforo na palha de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., em ppm, no 1º cultivo, em casa de vegetação | 58 |
| 23 | Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial no teor de fósforo na palha, no 1º cultivo em casa de vegetação | 61 |
| 24 | Teor médio de potássio na palha de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., em ppm, no 1º cultivo, em casa de vegetação | 63 |
| 25 | Análise de variância do teor de potássio na palha de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., no 1º cultivo, em casa de vegetação | 64 |
| 26 | Teor de cálcio na palha de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., em ppm, no 1º cultivo, em casa de vegetação | 66 |
| 27 | Análise de variância no teor de cálcio da palha de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., no 1º cultivo, em casa de vegetação | 67 |

TABELA

Página

| | | |
|----|--|----|
| 28 | Análise de variância do teor de magnésio na palha de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., no 1º cultivo, em casa de vegetação | 69 |
| 29 | Teor de magnésio na palha de arroz, <i>Oryza sativa</i> L., em ppm, no 1º cultivo, em casa de vegetação | 70 |
| 30 | Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial NPK no teor de magnésio na palha, no 1º cultivo em casa de vegetação | 72 |

LISTA DE FIGURAS

| FIGURA | | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Distribuição da altura de plantas de arroz, na ausência e presença de calagem, no primeiro e no segundo cultivo, para as médias de superfosfato simples (SS) e triplo (ST), termofosfato Yoorin (T) e fosfato de Patos de Minas (R) | 27 |
| 2 | Distribuição da matéria seca da palha, na ausência e presença de calagem, no primeiro e no segundo cultivo, para as médias de superfosfato simples (SS) e triplo (ST), termofosfato Yoorin (T) e fosfato de Patos de Minas (R) | 39 |
| 3 | Distribuição da produção de grãos, na ausência e presença de calagem, no primeiro e no segundo cultivo, para as médias de superfosfatos simples (SS) e triplo (ST), termofosfato Yoorin (T) e fosfato de Patos de Minas (R) | 48 |
| 4 | Distribuição do teor de fósforo na palha de arroz, na ausência e presença de calagem, no primeiro cultivo, para as médias de superfosfato simples (SS) e triplo (ST), termofosfato Yoorin (T) e fosfato de Patos de Minas (R) | 60 |

RESUMO

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, utilizando um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico. Os efeitos da adubação foram verificados em arroz, *Oryza sativa* L., variedade IAC 164, em dois cultivos, no segundo cultivo foi estudado o efeito residual, não tendo sido feita a manutenção de adubação fosfatada.

O delineamento experimental usado foi o esquema fatorial $4 \times 4 \times 2$ com 4 tratamentos adicionais e 3 repetições. Os tratamentos constaram de 4 fontes de fósforo: superfosfatos triplo e simples, termofosfato Yoorin e fosfato de Patos de Minas, em quatro níveis, na ausência e presença de calagem. Os tratamentos adicionais foram divididos em testemunha absoluta, totalmente sem adubo, e com adubação nitrogenada e potássica, ambos na ausência e presença de calagem.

Os parâmetros avaliados foram: altura de plantas na época da colheita, peso de grãos, peso de matéria seca da palha, teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio na palha, sendo as três primeiras tomadas no fim do primeiro e segundo cultivo.

O nitrogênio e o potássio isoladamente favoreceram crescimento, produção de matéria seca e produção de grãos no primeiro cultivo. No segundo, apenas no crescimento de plantas houve aumento.

A aplicação de calagem proporcionou um aumento no crescimento das plantas, produção de matéria seca, produção

de arroz, teor de fósforo e magnésio na parte aérea e total de cálcio absorvido pela parte aérea no 1º cultivo. Para o 2º cultivo, na presença de fósforo, a calagem não exerceu influência nem para produção de matéria seca, nem para teor de fósforo na parte aérea das plantas.

Houve uma tendência para um aumento no crescimento, produção de matéria seca, produção de grãos e teor de fósforo na parte aérea, à medida que os níveis aplicados de P_2O_5 foram aumentados no primeiro cultivo. Na 2.ª avaliação apenas o teor de fósforo e produção de arroz aumentaram significativamente.

Na primeira época as fontes fosfatadas não exerceram influência de modo especial para crescimento e produção de arroz, no entanto na matéria seca e teor de fósforo na parte aérea houve diferença entre as fontes. O termofosfato Yoorin e os superfosfatos foram superiores ao fosfato de Patos de Minas. No 2º cultivo, novamente o fosfato de Patos de Minas foi inferior as outras três fontes, as quais não diferiram entre si.

A interação fontes x níveis foi significativa no 2º cultivo para todos os parâmetros, a exceção do teor de potássio na parte aérea. Enquanto que no primeiro cultivo, essa interação somente apresentou significância para teor de fósforo e magnésio na parte aérea.

Independente do uso de termofosfato, superfosfatos ou da época, a cultura do arroz em Latossolo Vermelho Amarelo, em condições de casa de vegetação, apresentou os melhores resultados com a aplicação de calagem e NPK.

ABSTRACT

In this dissertation four phosphate fertilizers: normal and concentrated superphosphates, thermal superphosphate "yoorin" and phosphate rock "Patos de Minas", were applied at four levels (30, 60, 90, 120 kg P₂O₅/ha), with and without lime, in a latossolo. Rice plants were grown for 91 days; after harvesting rice seed were germinated for same period of growth without adding fertilizers.

The experiments were conducted in a greenhouse, at normal climate conditions in Fortaleza, Ceará, Brazil.

Nitrogen and potassium fertilizers were applied as an additional treatment.

The plant height, dry matter and grain production, and the concentration of P, K, Ca and Mg in plants were determined.

In both periods of growth the P applied, promoted the plants height, dry matter, grain weight and P concentration. However, the dry matter production and P content were less promoted in rock phosphate treatment than in the others.

The NK treatment increased the height, dry matter and grain production in the first growth period, however in the second, only the plant height was increased.

In the first growth period an increase in height, dry matter, grain and P concentration were obtained when

the soil was limed, but in the second period just the height and grain production increased.

The best results were obtained when the soil was limed and fertilized with NPK, independently of the source of phosphorus.

1 - INTRODUÇÃO

O crescimento populacional atingiu nos dias de hoje altas taxas exigindo uma expansão na produção agrícola capaz de satisfazer, ou pelo menos procurar suprir, a demanda crescente de alimentos. Dentre as práticas agrícolas comprovadamente capazes de gerar uma melhor tecnologia, proporcionando aumentos de produção, destaca-se o uso de fertilizantes, que muitos autores concordam ser responsável por até 50% desse aumento, PETER (s.d.).

Dentre os nutrientes, o fósforo vem sendo objeto de estudos, notadamente pela sua essencialidade nas transformações energéticas dos processos vitais das plantas, além do seu comportamento no solo e um caráter limitante que ele assume no tocante ao desenvolvimento de raízes, parte aérea, frutificação e, segundo DOBEREINER et alii (1971), na nodulação e subsequente produção de composto nitrogenados em leguminosas.

A maioria dos solos tropicais e sub tropicais são pobres em fósforo, notadamente em fósforo disponível para as plantas. Todo e qualquer estudo sobre aplicação de adubos fosfatados está condicionado às características do solo, já que sua dinâmica no solo está em função principalmente de pH, textura, tipos de íons presentes no solo, TIWARI et alii (1979).

Levando-se em consideração as condições do solo propícias a rápida insolubilização dos fosfatos, reações com ferro e alumínio principalmente, a utilização de fertilizantes fosfáticos de alta solubilidade em água, constitui-se numa considerável perda de recursos, notadamente pelo alto custo destes.

Pesquisas sobre o assunto vem sendo conduzidas pelo Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - EMBRAPA. No IV simpósio sobre o cerrado, em 1976, patrocinado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em colaboração com a EMBRAPA, havia a preocupação em que fosse pesquisado uma maior utilização dos fosfatos naturais em solos ácidos, ricos em óxidos de ferro e de alumínio, características dos solos do Cerrado e Ibiapaba por exemplo. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo também vem executando trabalhos visando apresentar, como opção relativamente de baixo custo para o suprimento de fósforo, a utilização de fosfatos naturais e termofosfatos para a agricultura, BRAUN (1980).

O Brasil vem expandindo sua produção agrícola, conseqüentemente, aumentando sua demanda por fertilizantes, que em grande parte são importados. No caso específico dos fosfatos a importação atinge 25%. Os fertilizantes fosfatados mais utilizados são os superfosfatos, MAP e DAP, portadores de fósforo solúvel em água, que mesmo quando produzidos no país utilizam matéria prima importada. No Nordeste mais particularmente, os adubos fosfatados na sua totalidade são importados, fato que implica numa evasão de recursos em uma região reconhecidamente carente. É necessário portanto que sejam pesquisadas fontes alternativas de fósforo.

Estima-se que somente de ácido fosfórico a demanda será 2.113.000 t em P_2O_5 para 1985, o que acarretará para o país um deficit em torno de 1.000 mil t de P_2O_5 , ROCHA (1981), fato que alerta a um menor uso deste produto para a produção de fertilizantes fosfatados mais solúveis, incentivando a busca de novas opções.

O território nacional apresenta reservas de minerais fosfatados de expressiva significação econômica, destacando-se as jazidas do Nordeste, onde poderá haver produção de 20 milhões de toneladas de P_2O_5 , desde que seja forneci

do apoio necessário à exploração e beneficiamento, BNDE (1965). O Ceará também apresenta ótimas jazidas de fósforo, e poderá num futuro bem próximo passar a utilizar o fertilizante natural como um coadjuvante dos fertilizantes mais solúveis e que são responsáveis pelo encarecimento da adubação.

Os solos da Ibiapaba, Estado do Ceará, por serem originados de arenitos, pobres em minerais primários, apresentam baixos conteúdos de fósforo total, sendo que a maior parte do fósforo inorgânico, acha-se sob a forma de fosfato de alumínio, COSTA (1979). O baixo pH, bem como as atividades dos cátions de alumínio, são condições propícias para a retenção dos fosfatos aplicados, principalmente sob a forma de fosfatos de alumínio. Características semelhantes são observadas nos solos dos cerrados, LOPES & COX (1979), LOBATO (1982) e outros.

A microrregião da Ibiapaba, vem experimentando nos últimos anos um desenvolvimento acelerado, inclusive no segmento agrícola onde os órgãos governamentais têm injetado recursos em grande quantidade, sendo notório o avanço tecnológico obtido. Decorrente desse avanço, observa-se um aumento progressivo no uso de fertilizantes, embora haja carência de fundamentos da pesquisa no sentido de adequar essa prática cultural de modo mais racional. Notadamente o fósforo necessita da atenção dos pesquisadores, dado o seu comportamento nas condições de solo da região.

A Universidade Federal do Ceará, através do Departamento de Ciências do Solo vem desenvolvendo uma sequência de trabalhos naquela zona do Estado em relação ao fósforo: Inicialmente COSTA (1979) realizou o estudo do fracionamento do fósforo na camada arável do solo, posteriormente TEÓFILO (1981) procurou dar a conhecer as diversas formas de fósforo presentes no solo, inclusive com o comportamento do fertilizante aplicado em relação às plantas, finalmente

foi estudado a adsorção do fósforo em solos da região VIANA (1981).

Objetiva o presente trabalho avaliar a resposta do arroz à aplicação de adubos fosfatados insolúveis em água, fosfatos naturais e termofosfatos, em relação aos superfosfatos simples e triplo, na ausência e presença de calagem num Latossolo da região da Ibiapaba, Ceará, visando a viabilidade técnica e econômica da aplicação dos primeiros, quer isoladamente ou em combinação com os fosfatos altamente solúveis, extensivo as demais regiões do Estado que apresentassem solos com características semelhantes.

Levar-se-á em consideração o efeito residual que estes fertilizantes poderão apresentar, aspecto este que poderá permitir suprimentos a médio e a longo prazo de fósforo em solos ácidos.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Teor de Fósforo nos Solos

O baixo teor de fósforo total nos solos agravado pela baixa disponibilidade para as plantas das formas existentes constitui-se num dos mais importantes fatores que limita a produção agrícola no mundo.

Na América Latina o conteúdo de fósforo total no solo é baixo, variando de 200 a 800 ppm, segundo estudos realizados por FASSBENDER (1975). Acrescentando ainda que o conteúdo de fósforo total no solo parece estar ligado à quantidade de matéria orgânica e evolução pedológica, apresentando desta forma as regiões tropicais, uma variabilidade alta no conteúdo de fósforo no solo, em função principalmente da pobreza da rocha que o originou.

MALAVOLTA (1967) enfatiza a importância do fósforo como sendo um dos elementos que mais tem se mostrado deficiente no Brasil, conseqüentemente o que mais limita o desenvolvimento da produção agrícola.

Nas regiões do cerrado brasileiro a intemperização elevada dos solos, conduz a uma fração mineral com a presença de óxidos de ferro e alumínio, alta acidez e uma baixa capacidade de troca de cátions, portanto, condições favoráveis para que grande parte do fósforo adicionado ao solo sob a forma de fosfatos solúveis torne-se adsorvido na fase sólida, fato que constitui-se numa grande limitação para a utilização agrícola neste tipo de solo, tornando-se desta forma, obrigatório um manejo adequado da adubação fosfatada ob

jetivando rendimentos econômicos satisfatórios, EMBRAPA (1980). Características que FAGERIA (1980) concorda, acrescentando que nos solos dos cerrados com alta saturação em alumínio e baixa disponibilidade do fósforo, é frequente a toxidez de alumínio e deficiência de fósforo nas plantas cultivadas.

Analisando características físicas, químicas e mineralógicas de solos de cerrado LOPES & COX (1979) também enfatizam que a alta capacidade de fixação dos fosfatos destes solos conjuntamente com valores baixos de fósforo solúveis reduzem severamente a produtividade das culturas.

A deficiência e adsorção de fósforo são também objetos de pesquisas na região nordestina. FONSECA et alii (1968) procedendo estudos com adubação em milho na região cacaueteira da Bahia constatou deficiência de fósforo nos solos desta região. SÁ JUNIOR et alii (1968) constatou que à medida que aumenta a quantidade de argila do solo, aumenta a adsorção de fósforo, sendo a adsorção superficial um fator dominante na retenção de fósforo nos solos desta região, ocorre também, uma interação fósforo-alumínio, insolubilizando o fósforo que torna-se mais intensa quando o nível de alumínio trocável alcança 1 m.e./100g.

MORAIS et alii (1979) também confirmaram a exigência dos solos da região cacaueteira à adubação fosfatada para a obtenção de produções compensadoras. GOMES & HOWELER (1980) apresentam resultados de experimentos com mandioca nos Estados da Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Sergipe e Bahia, nos quais o fósforo foi o elemento que proporcionou maiores incrementos à produção agrícola, ressaltando portanto a obrigatoriedade do uso de fertilizantes fosfatados na região. Idêntica recomendação também é feita dentro do programa nacional para difusão do uso de fertilizantes e corretivos, executado no convênio EMBRATER - FAO - MA quando resultados de 106 ensaios, nos Estados da Bahia, Maranhão,

Rio Grande do Norte, Sergipe e Ceará, responderam substancialmente à adubação fosfatada, CABALA-ROSAND et alii (1982). Citando ainda estes autores, os trabalhos de CABALA-ROSAND et alii (1976), GOMES & HOWELER (1980) e MARINHO & ALBUQUERQUE (1979) que comprovam a deficiência de fósforo nos solos nordestinos.

Particularmente no Estado do Ceará, diversos trabalhos têm identificado deficiência de fósforo no solo, com respostas satisfatórias à adubação fosfatadas, havendo aumentos em produções de mais de 100%, TÁVORA et alii (1971) e PAIVA et alii (1973). SILVA (1978) procedendo avaliação do fósforo disponível na região da Ibiapaba, Estado do Ceará, encontrou resposta à adição de fertilizantes fosfatados em todos os solos estudados. Os solos desta região por serem originados de arenitos, pobres em minerais primários, apresentam baixos conteúdos de fósforo total, sendo que a maior parte do fósforo inorgânico acha-se sob a forma de fosfato de alumínio, COSTA (1979). A presença de quantidades relativamente elevadas de alumínio e ferro solúveis são condições propícias para a retenção dos fosfatos aplicados, notadamente o fósforo solúvel em água sob a forma de fosfato de alumínio e ferro. Características são observadas nos solos do Cerrado, VOLKWEISS (1977), LOPES et alii (1979), EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1979) (1980) e LOBATO (1982) dentre outros.

Em solos aluviais do Estado do Ceará, de 41,4% a 96,2% do fósforo solúvel adicionado pode ser fixado, FROTA (1973), e caso as dosagens aplicadas aumentem, há um aumento em valores absolutos de fósforo fixado, embora percentualmente decresça.

Identificando as diversas frações do fósforo na camada arável dos solos da Ibiapaba, COSTA (1979) afirmou que o fósforo fracamente adsorvido, facilmente solubilizado, foi a menor fração que ocorreu no solo, indicando não haver

quantidades suficientes do nutriente para as plantas naque las condições. O fosfato de alumínio foi a forma ativa de fósforo encontrada em maior quantidade nos solos ácidos des ta região, variando de 58 a 123 ppm os valores de fósforo total no solo.

2.2 - Disponibilidade e Dinâmica do Fósforo nos Solos

O fósforo no solo encontra-se na forma de compostos de ferro, alumínio, cálcio e combinado na matéria orgânica, podendo esta última forma recuperar até 75% do fósforo total nas camadas superficiais do solo, ADAMS & WALKER (1958), e influencia de modo considerável a disponibilidade do nu triente. A matéria orgânica quando decomposta forma complexos com ferro e alumínio, evitando que o fósforo reaja com estes elementos dando compostos insolúveis. A decomposição da matéria orgânica também produz ácidos inorgânicos que dissolvem compostos insolúveis de fósforo encontrados nos solos, havendo desta forma aumento do fósforo disponível. RAIJ (1978) classifica todas estas formas em fósforo na so lução do solo, fósforo lábil e fósforo não-lábil. Como as plantas sã absorvem o fósforo da solução, esta é a forma prontamente disponível do nutriente. Entretanto como os te ores de fósforo na solução são muito baixos, in suficiente para suprir as necessidades dos plantios, as formas ch amadas de lábil e não-lábil devem ser consideradas para car acterizar a disponibilidade no nutriente. A adição de fósforo solúvel em água ao solo aumenta os teores de fósforo so lúvel e fósforo lábil, sendo que a forma lábil corresponde ao fósforo adsorvido. O envelhecimento do fósforo lábil vai a quirindo uma constituição mineralógica mais estável, menos solúvel, chamado de fósforo não-lábil.

A fixação do fósforo em solos ácidos ocorre principalmente com a precipitação de compostos insolúveis de fer-

ro e alumínio, THOMPSON & KELLY (1957). Quando o pH encontra-se abaixo de 5, o íon fosfato pode combinar-se com alumínio ou ferro formando compostos insolúveis. Na faixa de pH entre 5 e 6 é comum ocorrer em abundância óxidos hidratados de ferro e alumínio além de manganês, os quais reagindo com o íon fosfato o tornam insolúvel. Próximo à neutralidade a fixação do fósforo ocorre nas argilas silicatadas. Ele substitui hidroxilas da superfície ou forma ligações argila - Ca - fosfato, ficando numa forma razoavelmente disponível. COLEMAN (1944) afirma que grande parte do fósforo fixado é devido a substituição do íon hidróxido pelo íon fosfatado de tal modo que com a remoção de óxidos de ferro e alumínio, a fixação tanto na montmorilonita como na caulinita tende a decrescer. Observou também este autor, que após 30 dias de contato solo - fósforo, a fixação foi bem maior em solos ácidos, porém não houve influência de pH quando haviam decorrido apenas 24 horas de contato.

As soluções do solo influenciam diretamente no teor de fósforo adsorvido, a soma das atividades de todas as formas de alumínio e ferro determinam a concentração de fosfato na solução, HSU (1965), independente das formas de ferro e alumínio presentes, a precipitação e adsorção de fosfatos resultam de uma mesma força química. Este autor afirma ainda que o fosfato não é fixado como compostos do tipo variscita ou strengita em pH neutro, em solução de fosfato relativamente diluída, ele é adsorvido em hidróxidos de alumínio amorfos e óxidos e hidróxidos de ferro nos solos, completando-se a reação em poucas horas.

KAMPRAT (1977) é outro autor que correlaciona a quantidade de fósforo adsorvido pelos solos com o conteúdo de argila já que os óxidos de ferro e alumínio estão associados com esta fração granulométrica do solo.

Segundo o mesmo autor, a calagem tem um efeito benéfico na eficiência do fertilizantes fosfatado no solo, com

alta saturação de alumínio no complexo de troca. No entanto a adição de calagem além da requerida para neutralização do alumínio trocável, favorece a formação de fosfato tricálcico.

Em solos fracamente ácidos e próximos à neutralidade, o fósforo nativo e residual na forma de fosfato de alumínio é geralmente mais disponível do que nas formas de fosfato de cálcio e ferro, HALSTEAD (1978).

Em solos alcalinos a alta atividade dos íons Ca^{++} favorece a formação de fosfato tricálcico, menos solúvel que os fosfato mono e bicálcico.

2.3 - Uso de Fertilizantes Fosfatados

Os fosfatos naturais constituem-se na matéria prima para a produção dos fertilizantes fosfatados, podendo no entanto serem utilizados como adubos, atentando-se para a sua granulometria, cultura e solo, além do teor de fósforo contido. A eficiência do fertilizante está relacionada com a solubilidade em água e com o tamanho da partícula, maior superfície de exposição aos solventes do solo, consequentemente maior proporção de fósforo dissolvido. As fontes de fósforo solúveis em água, apresentam vantagens quando aplicadas em solos de baixa fixação de fósforo, em solos ácidos, porém, formam complexos com ferro e alumínio, tornando-se indisponíveis. Nestas condições, as fontes de fosfatos não solúveis em água, fosfatos naturais, apresentam-se melhores que os primeiros LAWTIN et alii (1956).

Os fosfatos solúveis em água são as melhores fontes de fósforo, no entanto devido o alto custo destes fertilizantes, notadamente em função da importação, tanto do ácido fosfórico como do enxofre para a composição do ácido sulfú-

rico, necessários para a solubilização dos fosfatos, além de consumo elevado de energia, fontes alternativas começam a ser pesquisadas.

Existindo no Brasil diversas jazidas de fosfatos, o uso de fosfatos naturais vem sendo intensamente inventivado. ALVAREZ et alii (1965) acreditam na possibilidade de redução no custo da adubação fosfatada em cana-de-açúcar. Em suas pesquisas eles comprovaram que a mistura de superfosfatos a fosfatos naturais proporcionava efeitos equivalentes aos da aplicação do fosfato mais solúvel isoladamente, chegando em alguns casos a apresentar um aumento de produção.

BLANCO et alii (1965) usaram cinco fertilizantes fosfatados buscando definir a melhor fonte de fósforo, e em que condições de pH do solo seriam obtidas as melhores respostas a esses fertilizantes, em um Latossolo Vermelho. Utilizando superfosfato simples e triplo, apatita de Araxá, fosforita de Olinda e fosfato Alvorada em três condições de acidez, concluíram que no 1º ano de cultura houve interação entre o calcário e tipo de fertilizante, havendo superioridade do superfosfato simples e triplo sobre os outros tratamentos. Já para a soja, cultura instalada no 2º ano, quando testou-se o efeito residual destes fertilizantes, não houve diferença significativa entre eles e não ocorreu interação, passando a existir uma igual disponibilidade de fósforo em todos os tratamentos. Os autores chamam a atenção para o fato do pH ter baixado no 2º ano, talvez por ação do sulfato de amônio que foi usado como fonte nitrogenada, fato que colaborou para a liberação de fósforo nos fertilizantes menos solúveis. Há desta forma uma relação entre disponibilidade de fósforo nos fertilizantes fosfatados e o pH do solo, sendo observado uma interação entre dose de fósforo e calagem. IGUE et alii (1970) quando estudaram o efeito da calagem e da adubação fosfatada em solo ácido e de baixa fertilidade, observaram que em três níveis de fósforo, havia um aumento

na produção a cada nível aplicado, e nos tratamentos onde não foi aplicado calcário e fósforo não houve produção.

GARGANTINI & SANTOS (1971) verificaram aumentos de produção sem o uso de calcário em até 9 vezes mais com a utilização de termofosfato em relação à testemunha e 3 vezes mais em relação à superfosfatos triplo, quando realizaram uma competição de fertilizantes fosfatados em soja, em Latossolo Vermelho Amarelo no município de Itirapina, São Paulo. Estas informações levam a supor que a acidez do solo auxilie no aumento da disponibilidade dos fosfatos naturais e termofosfato.

FROTA (1973) sugere que para o Estado do Ceará, a adubação fosfatada deve levar em consideração o teor de argila dos solos aluviais, sugerindo maior aplicação de fosfato aos solos argilosos. Além do mais, existe uma correlação entre o teor de cálcio trocável e o fósforo fixado.

ENGELSTAD et alii (1974), trabalhando em casa de vegetação e campo na Tailândia, competiram diversas rochas fosfatadas entre si em arroz irrigado, visando avaliar uma relação entre a solubilidade em citrato e a eficiência agrônômica na produção. Encontraram uma estreita correlação entre a resposta à aplicação de fósforo e a solubilidade em citrato de uma série de rochas fosfatadas, entretanto com uma correlação menor entre a solubilidade e a eficácia relativa na produção em comparação com a inicial. Baseado nestes parâmetros de eficiência agrônômica e no preço do fósforo nos fertilizantes, é possível optar por uma fonte de fósforo que embora tenha uma baixa solubilidade em relação ao superfosfato, por exemplo, mesmo apresentando uma menor disponibilidade inicialmente, pode no entanto suprir as necessidades do nutriente nas culturas posteriores, apresentando um custo bem mais econômico de adubação fosfatada e sem evidentemente comprometer a produção.

O efeito residual destes fertilizantes pode ser comprovado também por SILVA et alii (1977), que avaliaram em seis anos consecutivos o comportamento de termofosfatos e superfosfato simples em algodoeiro em Terra Roxa Estruturada, medianamente ácida e pobre em fósforo, chegando a conclusão que através dos anos havia uma tendência para melhor resposta da cultura à aplicação de termofosfatos, enquanto que o superfosfato simples demonstrou certa superioridade até o 4º ano de produção passando a decrescer relativamente a partir daí. Os termofosfatos concorreram para estabilizar o pH e elevar o nível de magnésio no solo, ao passo que o superfosfato simples acentuou a acidez do solo e o decréscimo do teor de magnésio no solo. Esta tendência do termofosfato em estabilizar o pH tem uma acentuada importância em solos ácidos.

Segundo KAMPRATH (1977) a rocha fosfatada pode ser usada em solos ácidos para aumentar o nível do fósforo disponível. Dentre os fatores os quais podem influenciar na eficiência deste fertilizante, o autor cita o pH do solo, granulometria da rocha, o tempo de contato do fosfato com o solo, além de, evidentemente a fonte de fertilizantes que indique o teor de fósforo existente.

TIWARI et alii (1979) afirmaram que em solos de texturas leves, não calcários, o uso da rocha fosfatada foi mais eficiente que os superfosfatos em 94%, levando-se em consideração o efeito residual. Seria portanto, recomendável a aplicação da metade da quantidade do fósforo requerido pela cultura, na forma de rocha e a outra metade sob a forma de superfosfatos, mais solúveis, fórmula que seria econômica e propiciaria um aumento no fósforo disponível para a brotação, havendo suprimento suficiente para o resto da cultura, decorrente do efeito residual da rocha fosfatada.

SUBRAMANIAN & GOPALA (1979) reconhecem que o tamanho da partícula afeta a disponibilidade dos fosfatos para

as plantas e para averiguar o efeito do grau de finura e o nível de aplicação de rocha fosfatada, conduziram experimentos em solos ácidos, pH 5, e pobres em fósforo. A produção de matéria seca e fósforo extraído tiveram os maiores valores a 300 kg/ha de P_2O_5 aplicado e as partículas passando através de peneira de mesh 100. Houve um aumento significativo no fósforo total extraído devido a aplicação de rocha fosfatada nos diferentes níveis, quando comparada à testemunha. O fósforo extraído foi afetado tanto pelo tamanho da partícula, como no nível de P_2O_5 , de uma maneira geral decrescendo com o decréscimo do tamanho da partícula até um nível de 400 kg de P_2O_5 /ha. Quando superfosfato e rocha fosfatada em mistura com superfosfato foram usados como fontes de fósforo, no mesmo solo, não houve diferença na produção de matéria seca para qualquer nível de fósforo aplicado, no entanto o fósforo extraído foi significativamente mais alto para o superfosfato isoladamente do que quando em mistura com a rocha fosfatada. O grau de acidez do solo é também uma característica que influencia bastante a solubilização dos fosfatos naturais. Em experimentos no Centro Nacional de Pesquisa dos Cerrados foi observado que a eficiência do fosfato de Patos de Minas diminuiu com o aumento de pH. Enquanto que o superfosfato triplo se comportou de maneira inversa, ocorrendo um acréscimo de rendimento à medida que se aumentou o nível de calagem EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1979).

MORAIS et alii (1979) ao estudar diferentes fontes de fósforo no crescimento do cacauzeiro, afirmou que a aplicação de fosfatos naturais isoladamente ou em combinação com fosfatos solúveis, constitui uma alternativa promissora para o suprimento de fósforo. O mesmo autor sugere que a solubilidade em ácido cítrico seja um índice na seleção dos fosfatos naturais, pois foi constatada maior eficiência agrônômica nas fontes naturais de fósforo que apresentavam maior solubilidade em ácido cítrico, como o termofosfato. As ro-

chas fosfatadas de menor solubilidade não diferiram da testemunha. A incorporação de calcário dolomítico contribuiu para melhorar a eficiência agrônômica de todos os adubos fosfatados, aumentando a absorção de fósforo pelas plântulas.

GOEDERT & LOBATO (1980) acreditam que os fosfatos naturais brasileiros apresentam grande potencial para uso como fertilizantes de aplicação direta, desde que sejam utilizados na adubação corretiva. Comparando o comportamento de fertilizantes de tratamento térmico, dois fosfatos naturais com o superfosfato triplo, os autores constataram o caráter de liberação lenta dos fosfatos no seu efeito residual, chegando inclusive a superar em produção o superfosfato triplo, de alta solubilidade. Este efeito residual ao lado da eficiência econômica, pode levar a escolha de um fertilizante fosfatado que apesar de sua baixa solubilidade, apresente um custo compensador BRAUN (1980).

FAGERIA (1980) observou ainda que a produção de matéria seca, o número de perfilhos e o índice de área foliar aumentaram com a aplicação de 200 kg de fósforo e que a absorção de fósforo foi máxima após 112 dias da cultura, frutificação, decrescendo após este período, sendo este decréscimo resultante da translocação desse elemento para os grãos durante a maturação.

Comparativamente com um fósforo solúvel em água, o superfosfato triplo, os fosfatos naturais brasileiros têm mostrado uma eficiência inicial de 3 a 20%, o efeito residual no entanto eleva esta eficiência para 27 a 45% após alguns anos, foi o que concluíram RAIJ *et alii* (1982), acrescentando ainda que os melhores fosfatos foram o alvorada, de Olinda e o fosfato de alumínio do Maranhão.

Estudando o efeito de diversos fosfatos em soja, BRAGA *et alii* (1980) concluíram que os fosfatos de rocha de natureza apatítica, apenas moídos, sem posterior tratamento

industrial, foram inferiores aos termofosfatos, hiperfosfatos, fosfato de alumínio e superfosfato triplo. Este último juntamente com o termofosfato Yoorin foram os melhores tratamentos. Estes autores estudaram ainda o efeito da aplicação combinada de 50 kg/ha de P_2O_5 como superfosfato triplo no sulco em adição a 400 kg/ha aplicados a lanço, na forma de superfosfato triplo e fosfato natural, chegando à conclusão que a aplicação localizada contribuiu para equivalência das outras fontes aplicadas a lanço. RAIJ & DIEST (1980) fazem algumas observações sobre o uso de rocha fosfatada como uma grande possibilidade para aumentar o suprimento de fósforo nos solos deficientes neste elemento. Ressaltam que a eficiência dos fosfatos naturais, está na dependência de suas propriedades intrínsecas, bem como nas características dos solos, notadamente acidez, condição obrigatória para a dissolução das apatitas. Outro aspecto abordado como importante no uso dos fosfatos é o tempo de incubação. Os autores avaliaram a eficiência de três rochas apatíticas, uma rocha fosfatada calcinada de alumínio e o superfosfato triplo. Concluíram que este último é o que fornecia mais altas quantidades de fósforo, no entanto, perdia a eficiência com o decorrer do tempo de incubação. As rochas fosfatadas mantiveram sua eficiência original, fato presumivelmente devido o balanço entre o fósforo liberado pelo fertilizante e o convertido em fósforo lábil dentro das formas de liberação mais lenta do solo.

O fósforo é um dos nutrientes mais limitantes da produção de arroz em solos do Cerrado. O uso do arroz como cultura que viesse a fornecer resposta à adubação fosfatada é observado em vários trabalhos. FAGERIA *et alii* (1977) afirmaram que o crescimento da planta e produção de matéria seca em arroz, foram influenciados significativamente pelo fósforo, assim como a produção de grãos. Além disso foram propostas análises econométricas, as quais baseada no preço de arroz, indicariam qual a dosagem mais apropriada de fósforo para a cultura.

HUNDAL et alii (1979) também usaram o arroz como cultura resposta. Estudando a eficiência de fertilizantes fosfatados de diferentes solubilidades em água, foi avaliado em casa de vegetação o desempenho de nitrofosfato 30% solúvel em água e mistura de nitrofosfato de 50 e 70% de solubilidade em água, comparando com superfosfato isoladamente e fosfato bicálcico. Sendo os solos utilizados de reações neutra e alcalina, a eficiência dos fertilizantes para o arroz, aumentou na proporcionalidade com que o nível de fósforo solúvel em água foi aumentando, havendo ligeira superioridade do superfosfato, não havendo no entanto, diferenças significativas entre o fosfato bicálcico e a mistura nitrofosfato-superfosfato 70%. O nitrofosfato 30% solúvel em água comportou-se como o tratamento de menor eficiência.

De acordo com RAMASWAMI & RAY (1979) o uso de fertilizante fosfatado promoveu aumentos significativos na produção de grãos e matéria seca em arroz, mas não influenciou no crescimento do sistema radicular. Os autores conduziram um experimento com arroz em vasos, utilizando cinco grupos de solos. A aplicação de fósforo aumentou o fósforo e potássio extraído nos grãos e o potássio na matéria seca, havendo uma estreita correlação entre a produção de grãos e o fósforo disponível no solo. Tanto a produção de matéria seca como de grãos mantiveram a mesma tendência dentro dos grupos de solos estudados.

3 - MATERIAL E MÉTODO

Para alcançar os objetivos propostos foi conduzido um experimento em casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, com condições ambientais de temperatura, umidade, precipitação e insolação.

3.1 - Caracterização do Solo

O solo utilizado foi proveniente da estação experimental da EPACE em Ubajara, Ceará, classificado pela Divisão de Pedologia e Geologia da SUDEC, como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico A moderado, textura média, fase floresta subperenifólia, relevo suave ondulado (LVd 10), com a formação geológica e litológica do siluriano devoniano inferior, formação serra grande - arenito, Ceará (1980). O material coletado para o experimento foi dos 25 cm superficiais.

As características físicas e químicas foram determinadas pelo Laboratório do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará e estão apresentados na TABELA 1.

3.2 - Condução do Experimento e Delineamento Estatístico

A cultura utilizada para resposta à adubação fosfatada foi o arroz, *Oryza sativa* L., variedade IAC 164, safra 80/81. HECKLER (1981) descreve esta cultivar como precoce,

TABELA 1 - Características físicas e químicas de solo da estação experimental da EPACE, Ubajara, Ceará, Brasil, 1982.

| Areia Grossa (%) | Areia Fina (%) | Silte (%) | Argila (%) | Argila dispersa em Água (%) | Classificação Textural | Grau de Flocculação (%) | Densidade Real g/cm ³ |
|------------------|----------------|-----------|------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 42,2 | 36,5 | 9,2 | 12,1 | 2,1 | Franco Arenoso | 83 | 2,61 |

| Umidade (%) 1/3 atm | 15 atm | Água Útil (%) | H ₂ O ^{pH} | KCl | CE a 25°C mmhos/cm | Carbono (%) | Nitrogênio (%) | C/N | Matéria Orgânica (%) |
|------------------------|--------|---------------|--------------------------------|-----|-----------------------|-------------|----------------|-----|----------------------|
| 7,9 | 4,3 | 3,6 | 4,9 | 4,2 | 0,21 | 1,32 | 0,103 | 12 | 2,27 |

| P Assimilável mg/100g | PST | Complexo Sortivo | | | | mE/100g de solo | | | | V (%) |
|--------------------------|------|------------------|------------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------|------|-------|
| | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺⁺ | S | H ⁺ +Al ⁺⁺⁺ | Al ⁺⁺⁺ | CTC | |
| 0,13 | 1,08 | 1,0 | 1,0 | 0,07 | 0,1 | 2,17 | 7,10 | 0,73 | 9,27 | 23 |

possuindo boa resistência a doenças e seca, originada dos cruzamentos das cultivares Dourado precoce e IAC 1246.

O plantio foi realizado em sacos de polietileno, com 3 kg de solo, tendo sido deixado 5 plantas por saco. Após a colheita, foi efetuado um segundo plantio, nos mesmos sacos, e apenas repetindo a adubação nitrogenada e potássica, a fim de avaliar-se o efeito residual do fósforo.

O delineamento experimental usado foi o esquema fatorial $4 \times 4 \times 2$ com 4 tratamentos adicionais, inteiramente ao acaso, com 3 repetições, procedendo-se a comparação dos contrastes de médias pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) é teste t.

O experimento constou de 36 tratamentos resultantes da combinação de 4 fontes de fósforo, (superfosfato triplo, superfosfato simples, termofosfato e rocha fosfatada), cujas características constam na TABELA 2, em quatro níveis, (30, 60, 90 e 120 kg/ha de P_2O_5 , que corresponderam respectivamente aos níveis 1, 2, 3 e 4), na ausência e presença de calagem. Além destes tratamentos, existiram os tratamentos adicionais que funcionaram como testemunhas, um totalmente sem adubo e o outro com adubação nitrogenada e potássica apenas, na ausência e presença de calagem.

A calagem foi feita utilizando-se carbonato de cálcio, de acordo com recomendação do laboratório do Departamento de Ciências do Solo do CCA - UFC, sendo 1 t/ha, o que representou 1,07 gramas por saco com 3 kg de solo. O pH inicial era de 4,9 em H_2O e 4,2 em KCl. Após 27 dias da aplicação o pH era de 5,1 em H_2O , foi então feita uma nova calagem na mesma dosagem anterior e após 30 dias o pH em água foi 6,0, tendo então sido feita a adubação e plantio.

A adubação nitrogenada e potássica foi baseada na análise de fertilidade do solo, a qual recomendou 60 kg de N e 60 kg de K_2O /ha, quantidades compatíveis com as recomendadas para adubação em arroz por CARVALHO et alii (1978)

TABELA 2 - Características das fontes de fósforo usadas no experimento.

| FONTE | Teor P_2O_5 total (%) | Teor P_2O_5 solúvel em água (%) | Granulometria (mm) |
|----------------------------------|-------------------------------|---|-----------------------|
| Superfosfato triplo | 43 | 40 | < 0,50 |
| Superfosfato simples | 18 | 16 | < 0,50 |
| Termofosfato Yoorim | 16 | - | < 0,15 |
| Fosfato de Patos de Minas, MG | 24 | - | < 0,15 |

EMATERCE (1978) e DYNIA (1979). Como fonte nitrogenada foi utilizada uréia e cloreto de potássio como fonte potássica. A adubação nitrogenada foi dividida em duas aplicações, uma por ocasião do plantio e outra por ocasião do florescimento do arroz, em torno de 60 dias após o plantio. As adubações potássica e fosfatada foram aplicadas de uma só vez.

O solo sempre foi mantido com umidade próxima à capacidade de campo, recebendo cada recipiente cerca de 500 ml de água a cada 48 horas.

3.3 - Parâmetros Avaliados

As variáveis estudadas foram: altura de plantas por ocasião da colheita, peso da produção de matéria seca da palha, peso de grãos, teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio na palha. As três primeiras foram tomadas no fim do primeiro e do segundo cultivo, para verificação do efeito residual, e as demais apenas no 1º cultivo.

3.3.1 - Altura de Plantas

Foi tomada a altura das cinco plantas de cada vaso, do solo até o ápice da panícula, aos 90 dias após a germinação, por ocasião da colheita.

3.3.2 - Peso da Produção de Matéria Seca da Palha e Grãos

As panículas foram pesadas logo após a colheita, sendo posteriormente colocadas em estufa a 70°C durante 72 ho-

ras, quando novamente foram pesadas, aproveitando-se a ocasião e determinando-se a matéria seca da palha, para somente a partir do peso seco das panículas calcular-se 12% de umidade e fornecer os dados de produção com este percentual determinado, de umidade.

3.3.3 - Determinação de P, K, Ca e Mg na Palha

A parte aérea (palha), seca em estufa foi triturada em moinho tipo Wiley, com malha 40 mesh, ficando pronta para preparo da solução conforme metodologia descrita por CHAPMAN & PRATT (1961).

O fósforo foi determinado pelo método do Vanadato molibdato descrito por CHAPMAN & PRATT (1961), utilizando-se o espectrofotômetro, com a intensidade de cor lida a 420 nm.

O potássio foi determinado por fotometria de chama. Cálcio e magnésio foram determinados para absorção atômica, utilizando-se o laboratório instrumental de análises do Departamento de química analítica e físico-química da UFC.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Altura de Plantas de Arroz

4.1.1 - 1º Cultivo

As médias de altura apresentadas na TABELA 3, permitem afirmar que nos tratamentos adicionais isoladamente a presença de nitrogênio e potássio teve um efeito positivo na altura do arroz, independente de calagem, aumentando na média geral de 47,9 para 56,4 cm. Essa diferença foi significativa pelo teste F a nível de 1%, conforme mostra a análise de variância apresentada na TABELA 4. Para o fatorial observa-se que apenas a presença de calagem foi significativa, proporcionando um aumento de altura de plantas de 50,7cm para 54,0cm. A FIGURA 1 ilustra o comportamento dos fertilizantes fosfatados em relação à calagem no 1º cultivo e 2º cultivo. Quando utilizou-se adubação completa, variando apenas fontes e níveis de fósforo, presença ou ausência de calagem, não houve diferença significativa nem entre as fontes de fósforo aplicadas, nem quanto aos níveis, deixando supor que o nível mais baixo desse elemento já foi suficiente para o crescimento da planta. FAGERIA & BARBOSA FILHO (1982) procedendo uma avaliação de cultivares de arroz, afirmaram que o cultivar IAC 164, o mesmo usado no presente trabalho, não é muito exigente a fósforo, razão porque, segundo os autores, talvez não tenha realmente havido resposta com relação a altura de plantas ao fósforo. Trabalhando com soja BRAGA et alii (1980) obtiveram em condições de campo num Latossolo Vermelho Escuro, maiores alturas de planta com

TABELA 3 - Altura média em cm, de plantas de arroz, *Oryza sativa* L., por ocasião da colheita, em cada de vegetação, no 1º cultivo.

| A D I C I O N A I S | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|-------|---------|------|
| ADUBAÇÃO | CALAGEM | | | | MÉDIA** | |
| | Ausência | % | Presença | | | |
| Ausência | 48,1 | | 47,7 | | 47,9 | |
| NK | 53,4 | | 59,3 | | 56,4 | |
| Média | 50,8 | | 53,5 | | - | |
| F A T O R I A L | | | | | | |
| NÍVEIS | FONTES | | | | MÉDIA | |
| | Superfos fato simp. | Superfos fato trip. | Termofos fato | Rocha | | |
| 30 | 49,7 | 51,0 | 53,4 | 53,7 | 52,0 | |
| 60 | 51,1 | 52,0 | 53,4 | 54,4 | 52,7 | |
| 90 | 54,1 | 55,0 | 49,0 | 53,8 | 53,0 | |
| 120 | 50,2 | 55,1 | 51,0 | 50,8 | 51,8 | |
| CALAGEM | NÍVEIS | | | | MÉDIA** | |
| Ausência | 30 | 47,7 | 48,8 | 50,4 | 50,2 | 50,7 |
| | 60 | 52,8 | 51,2 | 52,9 | 50,5 | |
| | 90 | 52,4 | 49,5 | 48,7 | 54,1 | |
| | 120 | 48,5 | 51,1 | 52,2 | 50,3 | |
| MÉDIA | | 50,4 | 50,2 | 51,1 | 51,3 | |
| Presença | 30 | 51,7 | 53,2 | 56,5 | 57,1 | 54,0 |
| | 60 | 49,4 | 52,8 | 54,0 | 58,2 | |
| | 90 | 55,8 | 60,4 | 49,3 | 53,6 | |
| | 120 | 52,0 | 59,1 | 49,8 | 51,4 | |
| MÉDIA | | 52,2 | 56,4 | 52,4 | 55,1 | |
| MÉDIA FONTES | | 51,3 | 53,3 | 51,7 | 53,2 | |

(**) significativo ($\alpha = 0,01$) pelo Teste F.

TABELA 4 - Análise de variância para altura de plantas de arroz, *Oryza sativa* L., por ocasião da colheita, em casa de vegetação, no 1º cultivo.

| CAUSAS DA VARIAÇÃO | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|-------------------------------------|------|--------------|----------|----------|
| Tratamentos | (35) | (1.228,4834) | 35,0995 | 1,37 ns |
| Tratamentos Adicionais vs. Fatorial | 1 | 0,4747 | 0,4747 | 0,02 |
| Tratamentos Adicionais | (3) | (267,6454) | 89,2151 | 3,49 * |
| Adubação | 1 | 215,4769 | 215,4769 | 8,43 ** |
| Calagem | 1 | 22,4954 | 22,4954 | 0,88 |
| Interação Adub. x calagem | 1 | 29,6731 | 29,6731 | 1,16 |
| Fatorial | (31) | (960,3633) | 30,9795 | 1,21 |
| Fonte (F) | 3 | 72,7200 | 24,24 | 0,95 |
| Níveis (N) | 3 | 23,9256 | 7,9752 | 0,31 |
| Calagem (C) | 1 | 261,7892 | 261,7892 | 10,24 ** |
| Interação F x N | 9 | 249,0842 | 27,6760 | 1,08 |
| Interação F x C | 3 | 88,7648 | 29,5883 | 1,16 |
| Interação N x C | 3 | 43,4605 | 14,4868 | 0,57 |
| Interação F x N x C | 9 | 220,6190 | 24,5132 | 0,96 |
| Resíduo | 72 | 1.841,2985 | 25,5736 | - |
| TOTAL | 107 | 3.069,7819 | - | - |

CV = 9,66%.

(**) Significativo ($\alpha = 0,01$) pelo teste F.

(*) Significativo ($\alpha = 0,05$) pelo teste F.

1º CULTIVO

2º CULTIVO

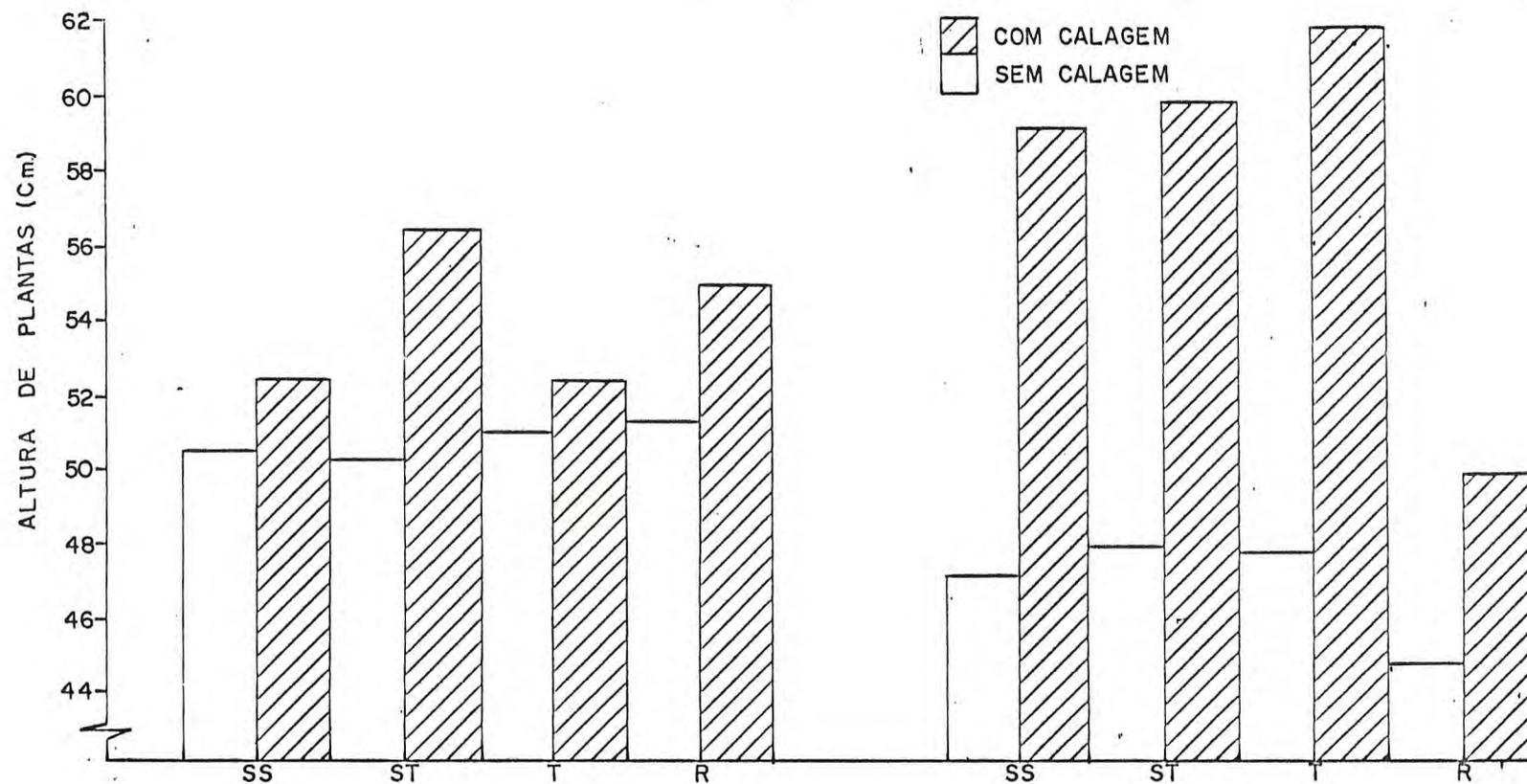


FIGURA 1 - Distribuição da altura de plantas de arroz, na ausência e presença de calagem, no primeiro e no segundo cultivo, para as médias de superfosfato simples (SS) e triplo (ST), tertofosfato Yoorin (T) e fosfato de Patos de Minas (R).

o uso de termofosfato Yoorin e o superfosfato triplo, no entanto os efeitos significativos dos fosfatos somente evidenciaram-se a partir de 200 kg de P_2O_5 por hectare. FAGERIA et alii (1977), já haviam constatado com arroz irrigado que as plantas respondiam a fósforo, no tocante a altura, sendo esta resposta condicionada aos níveis de fósforo em todas as fases do crescimento. A aplicação de 200 e 400 kg de P_2O_5 /ha proporcionaram diferenças significativas na altura das plantas na maturação e colheita.

Nos tratamentos adicionais, o aumento de altura de plantas em função da calagem não foi verificado, supõe-se devido não haver uma adubação equilibrada de nutrientes, já que o fósforo não foi adicionado. FAGERIA et alii (1977) estudando altura de plantas de arroz irrigado, não obtiveram resposta à aplicação de calagem em um solo de pH 5,8 e um teor médio de fósforo disponível. A necessidade de uma adubação completa e equilibrada é fortalecida quando verifica-se a TABELA 5, onde são comparados os contrastes mais importantes pelo teste t. Nota-se que o único contraste significativo foi aquele que comparou a adubação NPK na presença de calagem com o tratamento que tinha apenas calagem.

Saliente-se que embora o teste t não tenha apresentado significância entre o contraste testemunha absoluta vs. NPK mais calagem, o resultado foi próximo do limite da significância ao nível de 5% tendência a mostrar-se significativo. Portanto pode-se concluir que a cultura do arroz, no solo estudado, necessita conjuntamente de calagem e adubação NPK para um maior crescimento das plantas.

4.1.2 - 2ª Cultivo

As alturas médias inclusas na TABELA 6, mostram que nos tratamentos adicionais, o melhor tratamento foi aquele

TABELA 5 - Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial para altura de plantas de arroz, na colheita, em casa de vegetação, no 1º cultivo.

| CONTRASTES | Teste t |
|--|---------------------|
| Testemunha absoluta vs. NPK | 0,86 |
| Testemunha absoluta vs. NPK c/ calagem | 1,96 ⁽¹⁾ |
| NK vs. NPK | 0,90 |
| Calagem s/ adubação vs. NPK c/ calagem | 2,09* |
| NK + calagem vs. NPK c/ calagem | 1,76 |

(1) próximo ao limite de significância a 5%. (t. tab = 1,98).

(*) significativo a 5%.

TABELA 6 - Altura média de arroz, *Oryza sativa* L., em cm, por ocasião da colheita no 2º cultivo, em casa de vegetação.

| A D I C I O N A I S | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|---------|---------|------|
| ADUBAÇÃO | CALAGEM** | | | | MÉDIA** | |
| | Ausência | | Presença | | | |
| Ausência | 38,9 | | 48,5 | | 43,7 | |
| NK | 47,3 | | 58,8 | | 53,0 | |
| Média | 43,1 | | 53,6 | | - | |
| F A T O R I A L | | | | | | |
| NÍVEIS | FONTES | | | | MÉDIA | |
| | Superfos fato simp. | Superfos fato trip. | Termofos fato | Rocha | | |
| 30 | 52,1 a | 52,0 ab | 53,8 a | 47,6 a | 51,4 | |
| 60 | 52,3 a | 57,5 a | 55,3 a | 45,9 a | 52,7 | |
| 90 | 51,4 a | 48,6 b | 56,8 a | 50,0 a | 51,7 | |
| 120 | 56,3 a | 57,1 a | 52,9 a | 45,1 a | 52,8 | |
| CALAGEM | NÍVEIS | | | | MÉDIA** | |
| Ausência | 30 | 44,9 | 47,1 | 43,4 | 44,4 | 46,8 |
| | 60 | 47,3 | 53,5 | 49,0 | 45,6 | |
| | 90 | 43,5 | 41,1 | 49,3 | 46,5 | |
| | 120 | 52,5 | 49,7 | 49,3 | 41,9 | |
| MÉDIA | | 47,0 A | 47,8 A | 47,7 A | 44,6 A | |
| Presença | 30 | 59,3 | 56,9 | 64,2 | 50,8 | 57,5 |
| | 60 | 57,4 | 61,4 | 61,6 | 46,2 | |
| | 90 | 59,3 | 56,1 | 64,3 | 53,6 | |
| | 120 | 60,2 | 64,5 | 56,5 | 48,2 | |
| MÉDIA | | 59,0 A | 59,7 A | 61,6 A | 49,7 B | |
| MÉDIA** | | 53,0 A' | 53,8 A' | 54,7 A' | 47,1 B' | |
| FONTES | | | | | | |

(**) significativo ($\alpha = 0,01$) pelo Teste F.
d.m.s. FONTES = 3,7 (Letras maiúsculas com apóstrofe e sentido horizontal).
d.m.s. NÍVEIS/FONTES = 7,4 (letras minúsculas e sentido vertical).
d.m.s. FONTES/CALAGEM = 5,3 (Letras maiúsculas e sentido horizontal).

que recebeu nitrogênio, potássio e calagem, que apresentou uma altura média de 58,8cm. Houve resposta tanto para a calagem como para a aplicação de nitrogênio e potássio. Quando foi feita adubação com NPK, a presença de calagem proporcionou uma altura média de 57,5cm, enquanto que na ausência de calagem esta média diminuiu para 46,8cm; Este aumento na altura de plantas, quando foi aplicado carbonato de cálcio, foi observado em todas as fontes de fósforo, como é ilustrado na FIGURA 1.

Entre as fontes fosfatadas usadas, a rocha proporcionou a menor altura de plantas, enquanto que as outras três não diferiram entre si. Novamente confirmou-se que os melhores tratamentos foram aqueles onde havia a presença de NPK e calagem. Embora não tenha sido feita a análise estatística comparando os dados dos dois cultivos, é válido salientar que no 1º cultivo, os tratamentos que não receberam calagem apresentaram alturas superiores às do 2º cultivo, no entanto, na presença de calagem, à exceção do fosfato de Patos de Minas, as alturas de plantas foram maiores no 2º cultivo. Esse resultado confirma a necessidade da aplicação da calagem ser feita com antecedência ao plantio.

Os contrastes apresentados na TABELA 8 indicaram que há resposta, em altura de plantas, quando aplica-se fertilizantes em comparação para a testemunha absoluta, ou quando o solo tenha apenas recebido a calagem. Essa resposta passa a ser maior quando adiciona-se a calagem aos fertilizantes. Como abordado anteriormente, em altura de plantas no primeiro cultivo, não há resposta também no 2º cultivo à adubação fosfatada isoladamente.

TABELA 7 - Análise de variância para altura de plantas de arroz, *Oryza sativa* L., por ocasião da colheita, no 2º cultivo em casa de vegetação.

| CAUSAS DA VARIAÇÃO | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|-------------------------------------|------|------------|----------|-----------|
| Tratamentos | (35) | (5.479,60) | 156,56 | 6,53 ** |
| Tratamentos Adicionais vs. Fatorial | 1 | 153,88 | 153,88 | 6,42 * |
| Tratamentos Adicionais | (3) | (596,40) | 198,80 | 8,30 ** |
| Adubação | 1 | 262,08 | 262,08 | 10,94 ** |
| Calagem | 1 | 331,38 | 331,38 | 13,83 ** |
| Interação Adub. x Calagem | 1 | 2,94 | 2,94 | 0,12 ns |
| Fatorial | (31) | (4.729,32) | 152,5587 | 6,37 ** |
| Fonte (F) | 3 | 838,75 | 279,5833 | 11,67 ** |
| Níveis (N) | 3 | 38,96 | 12,9867 | 0,54 ns |
| Calagem (C) | 1 | 2.763,30 | 2.763,30 | 115,32 ** |
| Interação F x N | 9 | 514,41 | 57,1567 | 2,39 |
| Interação F x C | 3 | 268,25 | 89,4167 | 3,73 * |
| Interação N x C | 3 | 132,65 | 44,2167 | 1,85 ns |
| Interação F x N x C | 9 | 173,00 | 19,2222 | 0,80 ns |
| Resíduo | 72 | 1.725,28 | 23,9622 | - |
| TOTAL | 107 | 7.204,88 | - | - |

CV = 9,46%.

(*) Significativo ($\alpha = 0,05$) pelo teste F.

(**) Significativo ($\alpha = 0,01$) pelo teste F.

TABELA 8 - Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial NPK na altura de plantas de arroz, na colheita do 2º cultivo em casa de vegetação.

| CONTRASTES | Teste t |
|---------------------------------------|----------|
| Testemunha absoluta vs. NPK | 2,70 ** |
| Testemunha absoluta vs. NPK + calagem | 6,38 *** |
| NK vs. NPK | 0,17 ns |
| Calagem vs. NPK + calagem | 3,11 ** |
| NK + calagem vs. NPK + calagem | 0,43 ns |

(**) significativo a 1%.

(***) significativo a 0,1%.

4.2 - Matéria Seca da Palha

4.2.1 - 1ª Cultivo

A produção de matéria seca da palha nos diferentes tratamentos empregados, tem suas médias apresentadas na TABELA 9; Os resultados da análise de variância estão na TABELA 10, onde constata-se significância de adubação nos tratamentos adicionais, fontes de fósforo e calagem no fatorial, além da interação de fontes com calagem. Os contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial, TABELA 11, mostram que todas as comparações feitas foram estatisticamente significativas, excetuando-se adubação NK comparada com o tratamento que continha adubação NPK, ambos na ausência de calagem, não havendo portanto resposta a fósforo nestas condições. No entanto, na presença de calagem o fósforo participou para o aumento da palha, como pode ser observado através do contraste entre as médias de NK com calagem versus NPK com calagem, quando a média de produção de matéria seca aumentou de 4,2 para 5,1 g/vaso.

Observando-se as médias de produção de palha, nota-se que houve um aumento nos tratamentos adubados com NK em relação aos não adubados. Analisando todas as médias, pode-se concluir que os melhores tratamentos são aqueles que receberam a adubação completa mais calagem. No fatorial a maior produção absoluta foi obtida com o superfosfato triplo, 5,0g/vaso, seguida do superfosfato simples e termofosfato Yoorin, ambos com 4,8g/vaso, e finalmente a rocha fosfatada com uma média de 4,0g/vaso, sendo que apenas esta última fonte diferiu estatisticamente dos demais. Resultados semelhantes foram alcançados por BRAGA et alii (1980) com soja.

Comparando-se fontes dentro de calagem, observa-se

TABELA 9 - Produção de matéria seca da palha de arroz, *Oryza sativa* L., em g/vaso, no 1º cultivo, em casa de vegetação.

| A D I C I O N A I S | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|--------|---------|-----|
| ADUBAÇÃO | CALAGEM | | | | MÉDIA** | |
| | Ausência | | Presença | | | |
| Ausência | 2,7 | | 3,1 | | 2,9 | |
| NK | 3,8 | | 4,2 | | 4,0 | |
| Média | 3,3 | | 3,7 | | - | |
| F A T O R I A L | | | | | | |
| NÍVEIS | FONTES | | | | MÉDIA | |
| | Superfos fato simp. | Superfos fato trip. | Termofos fato | Rocha | | |
| 30 | 4,6 | 4,8 | 4,7 | 4,1 | 4,5 | |
| 60 | 4,8 | 4,8 | 5,0 | 3,9 | 4,6 | |
| 90 | 4,9 | 5,1 | 4,7 | 4,0 | 4,7 | |
| 120 | 4,9 | 5,4 | 5,0 | 4,0 | 4,8 | |
| CALAGEM | NÍVEIS | | | | MÉDIA** | |
| Ausência | 30 | 4,0 | 4,2 | 4,1 | 3,8 | 4,3 |
| | 60 | 4,6 | 4,4 | 4,6 | 3,8 | |
| | 90 | 4,4 | 4,6 | 4,4 | 3,8 | |
| | 120 | 4,5 | 4,5 | 4,8 | 3,8 | |
| MÉDIA | | 4,37bAB | 4,27bAB | 4,46bA | 3,80aB | |
| Presença | 30 | 5,2 | 5,4 | 5,3 | 4,4 | 5,1 |
| | 60 | 5,1 | 5,3 | 5,4 | 4,0 | |
| | 90 | 5,4 | 6,1 | 5,0 | 4,1 | |
| | 120 | 5,3 | 6,3 | 5,2 | 4,1 | |
| MÉDIA | | 5,3aA | 5,8aA | 5,2aA | 4,2aB | |
| MÉDIA** | | 4,8A' | 5,0A' | 4,8A' | 4,0B' | |
| FONTES | | | | | | |

(**) significativo ($\alpha = 0,01$) pelo Teste F.
 d.m.s. FONTES = 0,40 (Letras maiúsculas com apóstrofe e sentido horizontal).
 d.m.s. FONTES/CALAGEM = 0,6 (Letras maiúsculas e sentido horizontal)
 d.m.s. CALAGEM/FONTES = 0,4 (Letras minúsculas e sentido vertical).

TABELA 10 - Análise de variância para produção de matéria seca da palha, em g/vaso, de arroz, *Oryza sativa* L., no 1º cultivo, em casa de vegetação.

| CAUSAS DA VARIAÇÃO | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|-------------------------------------|------|-----------|---------|----------|
| Tratamentos | (35) | (62,3581) | 1,7817 | 6,33 ** |
| Tratamentos Adicionais vs. Fatorial | 1 | 15,0707 | 15,0707 | 53,58 ** |
| Tratamentos Adicionais | (3) | (4,0035) | 1,3345 | 4,74 ** |
| Adubação | 1 | 3,5100 | 3,5100 | 12,48 ** |
| Calagem | 1 | 0,4921 | 0,4921 | 1,75 ns |
| Interação Adub. x Calagem | 1 | 0,0014 | 0,0014 | 0,005ns |
| Fatorial | (31) | (43,2839) | 1,3963 | 4,96 ** |
| Fontes (F) | 3 | 15,5575 | 5,1858 | 18,44 ** |
| Níveis (N) | 3 | 1,0131 | 0,3377 | 1,20 ns |
| Calagem (C) | 1 | 18,6649 | 18,6649 | 66,35 ** |
| Interação F x N | 9 | 1,4871 | 0,1652 | 0,59 ns |
| Interação F x C | 3 | 4,2109 | 1,4036 | 4,99 ** |
| Interação N x C | 3 | 0,2940 | 0,0980 | 0,35 ns |
| Interação F x N x C | 9 | 2,0564 | 0,2285 | 0,81 ns |
| Resíduo | 72 | 20,2517 | 0,2813 | - |
| TOTAL | 107 | 82,6098 | - | - |

CV = 11,7%.

(*) Significativo ($\alpha = 0,05$) pelo teste F.

(**) Significativo ($\alpha = 0,01$) pelo teste F.

TABELA 11 - Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial para matéria seca da palha de arroz, no 1º cultivo, em casa de vegetação.

| CONTRASTES | Teste t |
|---------------------------------------|----------|
| Testemunha absoluta vs. NPK | 4,70 *** |
| Testemunha absoluta vs. NPK + calagem | 7,49 *** |
| NK vs. NPK | 1,34 ns |
| Calagem s/ adubação vs. NPK + calagem | 6,29 *** |
| NK c/ calagem vs. NPK + calagem | 2,77 ** |

(**) significativo a 1%.

(***) significativo a 0,1%.

que na ausência de calagem, a rocha fosfatada apresentou o menor resultado. Procedendo-se comparações da calagem dentro de cada fonte, verifica-se que todos os tratamentos foram superiores quando receberam calagem, a exceção daquele com rocha fosfatada, que independentemente da presença ou ausência de calagem, apresentou menores produções de matéria seca. Esse comportamento é ilustrado na FIGURA 2 que apresenta a distribuição da matéria seca da palha, na ausência e presença de calagem no 1º cultivo e 2º cultivo para as diversas fontes fosfatadas.

GOEDERT & LOBATO (1980) afirmaram que a solubilidade lenta dos fosfatos naturais torna-os adequado apenas para a adubação corretiva, visando elevar o nível de fósforo no solo a médio e longo prazo. Esses autores acrescentaram ainda que o termofosfato Yoorin mostra um efeito corretivo da acidez do solo, provavelmente em virtude do seu conteúdo de silicato de magnésio.

Os resultados do presente trabalho são coerentes com os obtidos por CHAUDHARY et alii (1979), os quais, estudando cinco fertilizantes fosfatados, concluíram que os mais solúveis em água foram superiores na produção de matéria seca em trigo, em comparação aos mais solúveis em citrato, em níveis mais baixos, não sendo no entanto significativo para níveis mais elevados. Os níveis de fósforo não exerceram qualquer influência no presente trabalho, no que concerne a produção da palha, resultado que está também de acordo com o encontrado por FAGERIA et alii (1977). Estes autores não obtiveram aumento na produção de matéria seca, para arroz irrigado, por ocasião da colheita com aplicações até 400 kg de P_2O_5 /ha, embora na maturação houvesse diferença significativa. FAGERIA (1980) ratificou estes resultados, quando afirmou que a produção de matéria seca em arroz irrigado, obedece a uma curva sigmóide. Nos setenta dias iniciais, a matéria seca aumentou pouco, passando a aumentar

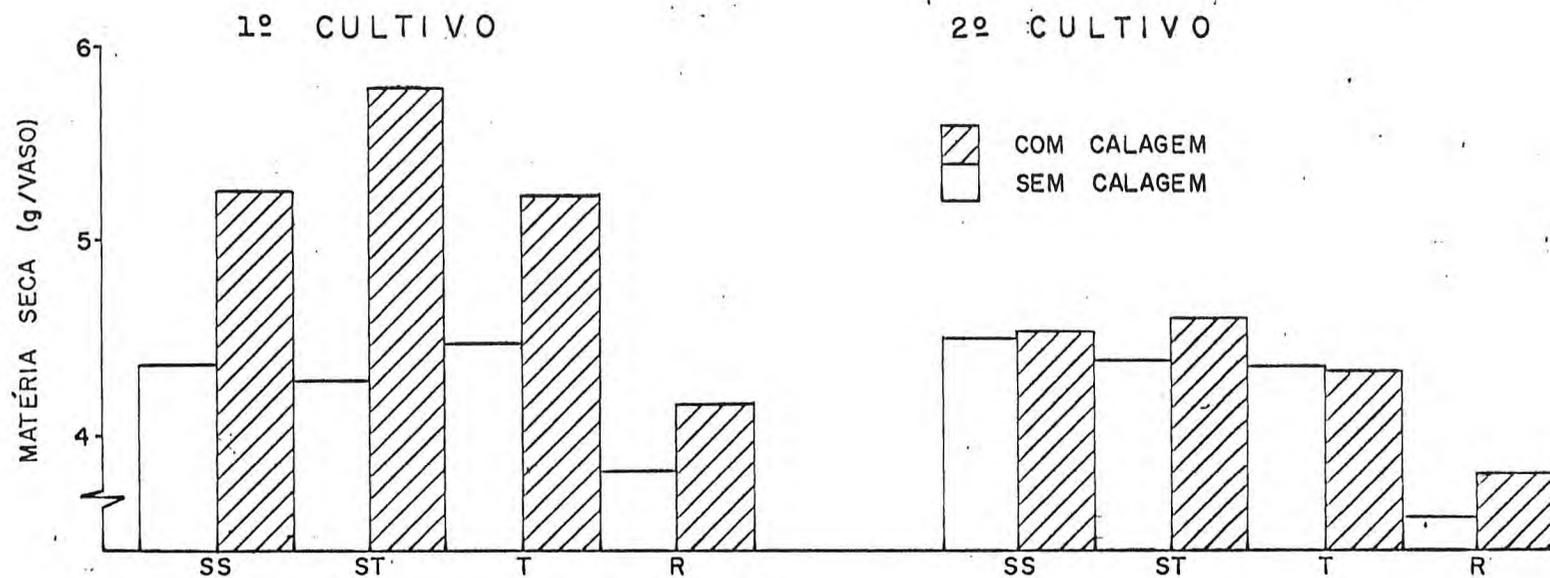


FIGURA 2 - Distribuição da matéria seca da palha, na ausência e presença de calagem, no primeiro e no segundo cultivo, para as médias de superfosfato simples (SS) e triplo (ST), termofosfato Yoorin (T) e fosfato de Patos de Minas (R).

quase linearmente a partir do perfilhamento até o florescimento, quando passa a mostrar tendência sinóptica, havendo efeito significativo das dosagens de fósforo, apenas na fase de floração.

4.2.2 - 2º Cultivo

As médias de matéria seca da palha do arroz podem ser comparadas na TABELA 12. A análise da variância do 2º cultivo, está contida na TABELA 13, onde verifica-se que as fontes de fósforo foram significativas a nível de 1%, bem como a interação das fontes com os níveis. A TABELA 14 contém as significâncias para o teste t nos diversos contrastes. Dentro dos tratamentos adicionais, ao contrário do que ocorreu na 1.ª época, a adição de nitrogênio, potássio e/ou calagem não resultou em aumento significativo de matéria seca. Para o fatorial, as fontes de fósforo apresentaram uma produção de matéria seca semelhante ao do 1º cultivo, não havendo diferença significativa entre o superfosfato triplo, superfosfato simples, ambos com 4,5 g/vaso, e termofosfato, 4,4 g/vaso. O fosfato de Patos de Minas, foi o que produziu menor quantidade de matéria seca, 3,7 g/vaso. No 2º cultivo não houve influência da calagem para produção de matéria seca. Comparando os tratamentos adicionais com fatorial, observa-se que enquanto a testemunha absoluta apresentou uma produção de matéria seca de 3,1 g/vaso, a aplicação de NPK e NPK + calagem, aumentou a produção para 4,2 e 4,3 g/vaso respectivamente, evidenciando a resposta à aplicação dos fertilizantes. Nos tratamentos sem calagem, observa-se o efeito residual da adubação fosfatada aplicada no primeiro cultivo, o qual é observado na comparação da produção de palha do tratamento que recebeu unicamente adubação NK, 2,8 g/vaso, com os que receberam adubação NPK, 4,2 g/vaso. Porém na presença de calagem, não houve resposta à adu-

TABELA 12 - Produção de matéria seca da palha de arroz, *Oryza sativa* L., em g/vaso, no 2º cultivo, em casa de vegetação.

| A D I C I O N A I S | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|-------|-------|-----|
| ADUBAÇÃO | CALAGEM | | | | MÉDIA | |
| | Ausência | | Presença | | | |
| Ausência | 3,1 | | 3,0 | | 3,0 | |
| NK | 2,8 | | 3,9 | | 3,4 | |
| Média | 2,9 | | 3,5 | | - | |
| F A T O R I A L | | | | | | |
| NÍVEIS | FONTES | | | | MÉDIA | |
| | Superfos fato simp. | Superfos fato trip. | Termofos fato | Rocha | | |
| 30 | 3,8 b | 4,5 ab | 3,4 a | 4,1 a | 4,0 | |
| 60 | 5,2 a | 3,7 b | 4,7 a | 3,4 a | 4,2 | |
| 90 | 5,1 ab | 4,8 ab | 4,7 a | 3,8 a | 4,6 | |
| 120 | 3,8 b | 5,0 a | 4,7 a | 3,5 a | 4,2 | |
| CALAGEM | NÍVEIS | | | | MÉDIA | |
| Ausência | 30 | 4,5 | 4,4 | 3,3 | 4,4 | 4,2 |
| | 60 | 4,9 | 3,4 | 4,2 | 3,7 | |
| | 90 | 5,1 | 4,7 | 5,3 | 3,8 | |
| | 120 | 3,3 | 5,1 | 4,6 | 2,5 | |
| MÉDIA | | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 3,6 | |
| Presença | 30 | 3,1 | 4,7 | 3,5 | 3,9 | 4,3 |
| | 60 | 5,5 | 4,0 | 5,1 | 3,1 | |
| | 90 | 5,1 | 4,9 | 4,1 | 3,9 | |
| | 120 | 4,3 | 4,9 | 4,7 | 4,4 | |
| MÉDIA | | 4,5 | 4,6 | 4,3 | 3,8 | |
| MÉDIA** | | 4,5A | 4,5A | 4,4A | 3,7B | |
| FONTES | | | | | | |

(**) significativo a 1% pelo Teste F.
 d.m.s. FONTES = 0,7.
 d.m.s. NÍVEIS/FONTES = 1,3.

TABELA 13 - Análise de variância para produção de matéria seca da palha de arroz, *Oryza sativa* L., no 2º cultivo, em casa de vegetação.

| CAUSAS DA VARIAÇÃO | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|-------------------------------------|------|-----------|---------|----------|
| Tratamentos | (35) | (66,0179) | 1,8862 | 2,51 ** |
| Tratamentos Adicionais vs. Fatorial | 1 | 11,8371 | 11,8371 | 15,76 ** |
| Tratamentos Adicionais | (3) | (2,2648) | 0,7549 | 1,00 ns |
| Adubação | 1 | 0,2883 | 0,2883 | 0,38 ns |
| Calagem | 1 | 0,8965 | 0,8965 | 1,19 ns |
| Interação Adub. x Calagem | 1 | 1,08 | 1,08 | 1,44 ns |
| Fatorial | (31) | (51,9160) | 1,6747 | 2,23 ** |
| Fontes (F) | 3 | 10,4868 | 3,4956 | 4,65 ** |
| Níveis (N) | 3 | 4,9585 | 1,6528 | 2,20 ns |
| Calagem (C) | 1 | 0,3614 | 0,3614 | 0,48 ns |
| Interação F x N | 9 | 20,8395 | 2,3155 | 3,08 ** |
| Interação F x C | 3 | 0,2775 | 0,0925 | 0,12 ns |
| Interação N x C | 3 | 4,3483 | 1,4494 | 1,93 ns |
| Interação F x N x C | 9 | 10,644 | 1,1827 | 1,57 ns |
| Resíduo | 72 | 54,0958 | 0,7513 | - |
| TOTAL | 107 | 120,1137 | - | - |

CV = 20,96%.

(**) Significativo ($\alpha = 0,01$) pelo teste F.

TABELA 14 - Contrastes entre os tratamentos adicionais e factorial NPK na produção de matéria seca da palha de arroz, no 2º cultivo, em casa de vegetação.

| CONTRASTES | Teste t |
|---------------------------------------|---------|
| Testemunha absoluta vs. NPK | 2,17 * |
| Testemunha absoluta vs. NPK + calagem | 2,41 * |
| NK vs. NPK | 2,74 ** |
| Calagem vs. NPK + calagem | 2,51 * |
| NK + calagem vs. NPK + calagem | 0,74 ns |

(*) significativo a 5%.

(**) significativo a 1%.

bação fosfatada, resultados semelhantes dos obtidos na altura de plantas. A FIGURA 2 ilustra o comportamento da produção de matéria seca da parte aérea do arroz no 2º cultivo na ausência e presença de calagem para os diversos fertilizantes fosfatados.

4.3 - Produção de Grãos

4.3.1 - 1º Cultivo

O peso de grãos com 12% de umidade foi tomado como parâmetro de produção. Ressalte-se que a presença de panículas chochas, independente de tratamentos, concorreu para uma elevação no coeficiente de variação, 23,5%, como pode ser visto na TABELA 15, a qual apresenta também a análise de variância.

Semelhantemente aos dois parâmetros já avaliados, altura de plantas e produção de palha, houve uma resposta à adubação nitrogenada e potássica, como pode ser constatado na TABELA 16. Nos tratamentos adicionais, em que havia a ausência de fósforo na adubação, a calagem não apresentou qualquer influência nem em relação à testemunha absoluta, nem ao tratamento NK, resultado discordante do encontrado por BLANCO et alii (1965), que indicaram haver uma relação linear positiva e altamente significativa da presença de calagem nos tratamentos sem fósforo. No entanto na presença de fósforo, a calagem produziu efeito positivo quando aplicada em dosagens equivalentes a 2 t/ha, contudo, na aplicação de 4 t/ha, as produções diminuíram em relação à 1.^a dose, chegando a ser inclusive inferior à ausência de calagem, nos tratamentos que receberam fosfatos naturais. Resultados coerentes com o do presente trabalho, onde um aumento no fa

TABELA 15 - Análise de variância para produção de grãos de arroz, *Oryza sativa* L., em g/vaso, no 1º cultivo em casa de vegetação.

| CAUSAS DA VARIAÇÃO | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|-------------------------------------|------|-----------|--------|---------|
| Tratamentos | (35) | (29,3417) | 0,8383 | 0,97 ns |
| Tratamentos Adicionais vs. Fatorial | 1 | 1,9599 | 1,9599 | 2,26 ns |
| Tratamentos Adicionais | (3) | (5,9475) | 1,9825 | 2,29 ns |
| Adubação | 1 | 4,7754 | 4,7754 | 5,51 * |
| Calagem | 1 | 1,1347 | 1,1347 | 1,31 ns |
| Interação Adub. x Calagem | 1 | 0,0374 | 0,0374 | 0,04 ns |
| Fatorial | (31) | 21,4343 | 0,6914 | 0,80 ns |
| Fontes (F) | 3 | 3,8679 | 1,2893 | 1,49 ns |
| Níveis (N) | 3 | 0,6500 | 0,2167 | 0,25 ns |
| Calagem (C) | 1 | 4,3308 | 4,3308 | 5,00 * |
| Interação F x N | 9 | 4,1554 | 0,4617 | 0,53 ns |
| Interação F x C | 3 | 1,6809 | 0,5603 | 0,65 ns |
| Interação N x C | 3 | 1,6249 | 0,5416 | 0,63 ns |
| Interação F x N x C | 9 | 5,1244 | 0,5694 | 0,66 ns |
| Resíduo | 72 | 62,3792 | 0,8664 | - |
| TOTAL | 107 | 91,7209 | - | - |

CV = 23,50%.

(*) Significativo ($\alpha = 0,05$) pelo teste F.

TABELA 16 - Produção de grãos de arroz, *Oryza sativa* L., em g/vaso, no 1º cultivo em casa de vegetação.

| A D I C I O N A I S | | | | | |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------|-------|--------|
| ADUBAÇÃO | CALAGEM | | | | MÉDIA* |
| | Ausência | | Presença | | |
| Ausência | 2,7 | | 3,2 | | 3,0 |
| NK | 3,9 | | 4,6 | | 4,2 |
| Média | 3,3 | | 3,9 | | - |
| F A T O R I A L | | | | | |
| NÍVEIS | FONTES | | | | MÉDIA |
| | Superfos fato simp. | Superfos fato trip. | Termofos fato | Rocha | |
| 30 | 3,8 | 4,0 | 4,0 | 3,8 | 3,9 |
| 60 | 4,0 | 4,1 | 4,1 | 3,7 | 4,0 |
| 90 | 4,3 | 4,4 | 3,7 | 4,1 | 4,1 |
| 120 | 3,8 | 4,8 | 4,0 | 3,6 | 4,0 |
| CALAGEM | NÍVEIS | | | | MÉDIA* |
| Ausência | 30 | 3,3 | 3,8 | 3,4 | 3,6 |
| | 60 | 4,3 | 4,0 | 4,1 | 3,4 |
| | 90 | 3,9 | 3,6 | 3,5 | 4,4 |
| | 120 | 3,5 | 4,4 | 4,2 | 3,4 |
| MÉDIA | | 3,8 | 3,9 | 3,8 | 3,7 |
| Presença | 30 | 4,3 | 4,3 | 4,7 | 4,0 |
| | 60 | 3,8 | 4,3 | 4,1 | 3,9 |
| | 90 | 4,8 | 5,2 | 3,9 | 3,8 |
| | 120 | 4,0 | 5,3 | 3,8 | 3,7 |
| MÉDIA | | 4,2 | 4,8 | 4,1 | 3,8 |
| MÉDIA FONTES | | 4,0 | 4,3 | 4,0 | 3,8 |

(*) significativo ($\alpha = 0,05$) pelo Teste F.

torial de 3,8 para 4,2 g/vaso foi proporcionado pela aplicação da calagem. Na FIGURA 3 observa-se o aumento de produção de grãos, verificado quando havia a adição de calagem às fontes fosfatadas usadas.

. Não houve diferenças significativas entre os fertilizantes fosfatados, nem entre os níveis em que o fósforo foi aplicado ao solo, para produção de arroz. Pode-se observar porém que há uma tendência nos superfosfatos a um aumento de produção para os maiores níveis. BLANCO *et alii* (1965) estudando o comportamento de fontes fosfatadas, em trigo e soja, observaram um aumento de produção de trigo quando a dose de P_2O_5 foi duplicado de 1,5 para 3,0 g de P_2O_5 /vaso de 6 kg. Estes autores encontraram ainda que os superfosfatos foram superiores aos fosfatos naturais, os quais não diferiram entre si. CHAUDARY *et alii* (1979) estudando cinco fertilizantes fosfatados, sendo quatro solúveis em água e um solúvel em citrato, em solos calcários, encontraram que o fertilizante solúvel em citrato foi inferior na produção de grãos, em relação aos outros, quando aplicados em níveis baixos, no entanto, em teores elevados, não foi significativa a diferença entre fertilizantes. No presente trabalho como as fontes e os níveis não foram significativos, presume-se que uma vez atingido o nível de fósforo no solo exigido para a cultura, a natureza da espécie iônica do fósforo não é relevante. A testemunha absoluta teve produção inferior à obtida pela rocha fosfatada, mesmo ao nível mais baixo, indicando que em solos deficientes em fósforo, há respostas favoráveis tanto às formas solúveis como às insolúveis em água. RAMOS (1982) procedendo uma avaliação da eficiência de oito fertilizantes fosfatados nas culturas de trigo e soja, em um Latossolo Vermelho Escuro argiloso, encontrou que a eficiência em produção de algumas fontes variou no decorrer dos anos sob a influência da calagem, sendo as maiores diferenças no primeiro ano. Os superfosfatos mostraram comportamento semelhante ao termofosfato Yoorin como

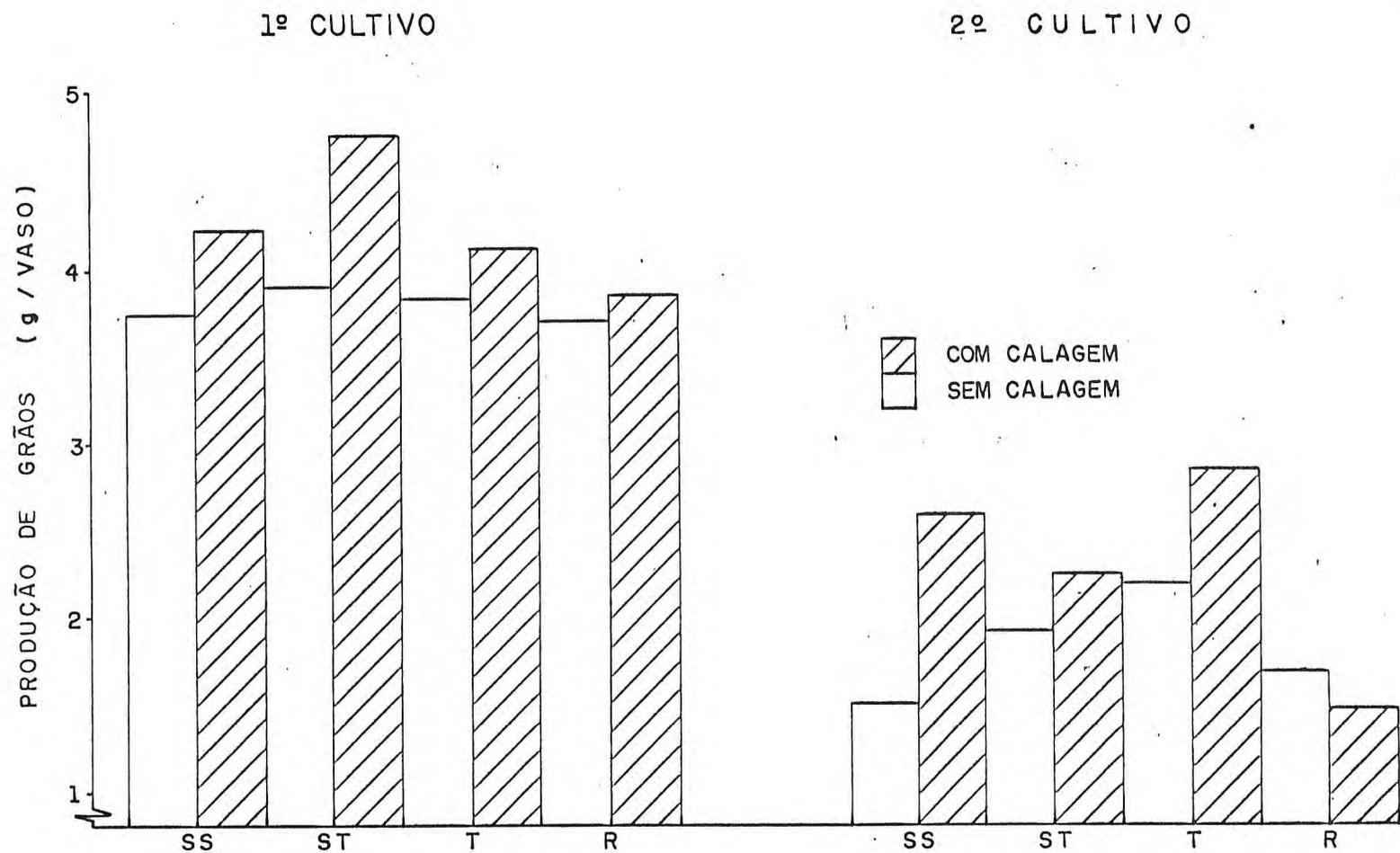


FIGURA 3 - Distribuição da produção de grãos, na ausência e presença de calagem, no primeiro e no segundo cultivo, para as médias de superfosfatos simples (SS) e triplo (ST), termofosfato Yoorin (T) e fosfato de Patos de Minas (R).

fontes eficientes na produção, exceto o superfosfato triplo na ausência de calagem no 1º ano. A eficiência dos fosfatos naturais relacionou-se como o teor de fósforo solúvel em ácido cítrico. No rendimento de soja, efeito residual, o termofosfato Yoorin superou as demais fontes, possivelmente devido ao maior teor de magnésio que era possuidor, e a maior rapidez com que foi colocado em disponibilidade no solo.

A TABELA 17 apresenta o teste t para os contrastes, onde observa-se que a testemunha absoluta, 2,7 g/vaso, diferiu da adubação NPK isoladamente, 3,8 g/vaso, e de uma maneira mais acentuada quando esta adubação foi feita na presença de calagem, 4,2 g/vaso. Os demais contrastes não apresentaram diferenças significativas.

4.3.2 - 2º Cultivo

Novamente a ocorrência de panículas chochas, independente do tratamento, ocasionou uma variação muito alta na produção de arroz, o que é constatado no alto coeficiente de variação, apresentado na TABELA 18, a qual mostra a análise de variância, onde observa-se significância no fatorial para fontes, níveis, calagem e a interação fontes com níveis.

As médias de produção no 2º cultivo, estão apresentadas na TABELA 19. Os melhores resultados foram obtidos com os tratamentos que receberam NPK e calagem. Os tratamentos adicionais não apresentaram diferenças significativas entre si.

Analisando os níveis dentro de fatorial constata-se que os tratamentos com a maior dosagem de fósforo no segundo cultivo, correspondente a 120 kg de P_2O_5 /ha, apresentaram a maior produção média, 2,7 g/vaso, induzindo a associar es

TABELA 17 - Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial NPK na produção de grãos de arroz, *Oryza sativa* L., no 1º cultivo, em casa de vegetação.

| CONTRASTES | Teste t |
|---------------------------------------|---------|
| Testemunha absoluta vs. NPK | 1,99 * |
| Testemunha absoluta vs. NPK + calagem | 2,75 ** |
| NK vs. NPK | 0,09 |
| Calagem vs. NPK + calagem | 1,85 |
| NK + calagem vs. NPK + calagem | 0,64 |

(*) significativo a 5%.

(**) significativo a 1%.

TABELA 18 - Análise de variância para produção de grãos de arroz, *Oryza sativa* L., no 2º cultivo, em casa de vegetação.

| CAUSAS DA VARIAÇÃO | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|-------------------------------------|------|----------|-------|---------|
| Tratamentos | (35) | (83,094) | 2,374 | 2,90 ** |
| Tratamentos Adicionais vs. Fatorial | 1 | 6,362 | 6,362 | 7,78 ** |
| Tratamentos Adicionais | (3) | (4,740) | 1,580 | 1,93 ns |
| Adubação | 1 | 0,221 | 0,221 | 0,27 ns |
| Calagem | 1 | 2,623 | 2,623 | 3,21 ns |
| Interação Adub. x Calagem | 1 | 1,896 | 1,896 | 2,32 ns |
| Fatorial | (31) | (71,992) | 2,322 | 2,84 ** |
| Fontes (F) | 3 | 10,700 | 3,567 | 4,36 ** |
| Níveis (N) | 3 | 16,267 | 5,422 | 6,63 ** |
| Calagem (C) | 1 | 5,078 | 5,078 | 6,21 * |
| Interação F x N | 9 | 18,841 | 2,093 | 2,56 * |
| Interação F x C | 3 | 5,441 | 1,814 | 2,22 ns |
| Interação N x C | 3 | 1,708 | 0,569 | 0,70 ns |
| Interação F x N x C | 9 | 13,957 | 1,551 | 1,9 ns |
| Resíduo | 72 | 58,887 | 0,818 | - |
| TOTAL | 107 | 141,981 | - | - |

CV = 46,17%.

(*) Significativo ($\alpha = 0,05$) pelo teste F.

(**) Significativo ($\alpha = 0,01$) pelo teste F.

TABELA 19 - Produção de grãos de arroz, *Oryza sativa* L., em g/vaso, no 2º cultivo em casa de vegetação.

| A D I C I O N A I S | | | | | |
|---------------------|----------|--|----------|--|-------|
| ADUBAÇÃO | CALAGEM | | | | MÉDIA |
| | Ausência | | Presença | | |
| Ausência | 1,1 | | 1,2 | | 1,1 |
| NK | 0,5 | | 2,3 | | 1,4 |
| Média | 0,8 | | 1,7 | | - |

| F A T O R I A L | | | | | |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------|--------|---------|
| NÍVEIS | FONTES | | | | MÉDIA** |
| | Superfos fato simp. | Superfos fato trip. | Termofos fato | Rocha | |
| 30 | 1,8 a | 1,7 b | 1,6 a | 2,4 ab | 1,7 B |
| 60 | 1,6 a | 1,5 b | 2,3 a | 3,6 a | 1,7 B |
| 90 | 2,4 a | 1,5 b | 2,8 a | 3,4 a | 2,1 AB |
| 120 | 2,4 a | 3,6 a | 1,9 a | 1,3 b | 2,7 A |

| CALAGEM | NÍVEIS | | | | | MÉDIA * |
|-------------------|--------|----------|----------|--------|--------|---------|
| Ausência | 30 | 1,6 | 1,9 | 1,0 | 1,7 | 1,8 |
| | 60 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,0 | |
| | 90 | 1,6 | 0,8 | 2,8 | 2,8 | |
| | 120 | 1,2 | 3,2 | 3,2 | 1,3 | |
| MÉDIA | | 1,5 | 1,9 | 2,2 | 1,7 | |
| Presença | 30 | 2,1 | 1,4 | 2,1 | 2,0 | 2,3 |
| | 60 | 1,5 | 1,2 | 2,8 | 1,6 | |
| | 90 | 3,1 | 2,2 | 2,9 | 1,0 | |
| | 120 | 3,6 | 4,0 | 3,6 | 1,3 | |
| MÉDIA | | 2,6 | 2,2 | 2,8 | 1,5 | |
| MÉDIA** FONTES | | 2,0 A'B' | 2,1 A'B' | 2,5 A' | 1,6 B' | |

(*) significativo ($\alpha = 0,05$) pelo Teste F.

(**) significativo ($\alpha = 0,01$) pelo Teste F.

d.m.s. FONTES = 0,69 (Letras maiúsculas e sentido horizontal).

d.m.s. NÍVEIS = 0,69 (Letras maiúsculas e sentido vertical).

d.m.s. NÍVEIS/FONTES = 1,37 (Letras minúsculas e sentido vertical).

ta maior produção ao efeito residual, no qual possa ter havido um maior liberação de fósforo nos níveis mais elevados. Este resultado é corroborado pelo trabalho de BLANCO et alii (1965) que estudando o efeito residual de adubação fosfatada em soja encontraram resultados altamente significativos para níveis elevados. De modo semelhante, CORDEIRO et alii (1979) afirmaram que o efeito residual do fosfato de Patos de Minas, nos níveis de P_2O_5 aplicados, foi linear em relação à produção de soja. MAGALHÃES et alii (1979) também encontraram que o efeito residual da adubação fosfatada foi marcante, para dois cultivares de trigo, em solo de cerrado, essencialmente nas doses mais elevadas de fósforo e calagem.

A calagem não exerceu influência de modo particular em nenhuma fonte. No entanto, na média geral ela aumentou a produção de 1,8 para 2,3 g/vaso. A FIGURA 3 ilustra como foi a distribuição da produção de arroz no 2º plantio, onde observa-se que houve uma tendência a menores produções em relação ao 1º cultivo. BLANCO et alii (1965) em trabalho citado anteriormente, afirmaram que na ausência de fósforo não houve significância para o efeito de calagem, porém quando foi aplicado fertilizante fosfatado, a produção aumentou linearmente com a aplicação de calcário dolomítico até 4 t/ha. Não houve para efeito residual nenhuma interação entre calcário e os diversos fosfatos usados.

O termofosfato Yoorin foi a fonte fosfatada que apresentou maior produção, 2,5 g/vaso, embora estatisticamente não difira dos superfosfatos, os quais não diferiram do fosfato de Patos de Minas, que apresentou a menor produção de grãos no 2º cultivo, 1,6 g/vaso. Talvez o termofosfato libere fósforo num prazo mais longo que os superfosfatos, razão pela qual poderia ser superior a estes, com o decorrer do tempo. O curto período de tempo decorrido entre os dois cultivos, talvez tenha concorrido para que a rocha fosfatada não tenha liberado fósforo suficiente para a cultura.

CORDEIRO et alii (1979) estudando os efeitos de níveis e fontes de fósforo na produção e no rendimento econômico da soja na região de Dourados, afirmaram que o fosfato de Patos de Minas apresentou uma eficiência média de 62% em relação ao superfosfato triplo, no efeito residual. Entretanto, com uma manutenção de fósforo, 70 kg/ha de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo, esta eficiência chegou a atingir 83% no nível de 640 kg de P_2O_5 /ha, resultado que é confirmado por BORKET et alii (1979).

No presente trabalho os superfosfatos não diferiram entre si e apresentaram menores produções de grãos no 2º cultivo em relação ao primeiro. RAMOS (1982) afirmou ao estudar efeito residual de oito fosfatos em soja, que o termo fosfato Yoorin comportou-se como uma das melhores fontes, superando os superfosfatos, e os fosfatos naturais a partir do 2º ano de aplicação, foram mais eficientes que os superfosfatos.

O teste t para os contrastes, está apresentado na TABELA 20 onde observa-se que houve significância entre testemunha absoluta vs. NPK + calagem e NK vs. NPK, diferindo desta forma do 1º cultivo, quando não houve resposta à adubação fosfatada. Considerando-se que o cultivar usado neste trabalho, IAC 164, tem boa capacidade de utilizar fósforo do solo, FAGERIA & BARBOSA FILHO (1982), presume-se que o baixo teor de fósforo existente no solo foi suficiente para o primeiro cultivo, entretanto já não o foi para o segundo, havendo portanto uma resposta da cultura à aplicação do fósforo.

4.4 - Teor de Fósforo na Palha de Arroz

4.4.1 - 1º Cultivo

O teor de fósforo na palha de plantas de arroz, ex

TABELA 20 - Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial na produção de grãos de arroz, *Oryza sativa* L., no 2º cultivo, em casa de vegetação.

| CONTRASTES | Teste t |
|---------------------------------------|---------|
| Testemunha absoluta vs. NPK | 1,38 ns |
| Testemunha absoluta vs. NPK + calagem | 2,24 * |
| NK vs. NPK | 2,37 * |
| Calagem vs. NPK + calagem | 1,98 ns |
| NK + calagem vs. NPK + calagem | 0,009ns |

(*) significativo a 5%.

presso em ppm, foi semelhante nos tratamentos adicionais, mas diferiu no fatorial em relação a fontes, níveis, calagem, além das interações fontes e níveis, fontes e calagem (TABELA 21). As médias dos tratamentos adicionais não apresentam nenhuma diferença entre si, visto que o solo era pobre em fósforo, e não foi adicionado o nutriente, de tal forma que a concentração nas plantas era baixa, em relação àqueles tratamentos que receberam adubação fosfatada.

As médias no fatorial, TABELA 22, mostram um aumento gradual do nível 30 até 120 kg de P_2O_5 /ha, respectivamente 1360 ppm a 2361 ppm, permitindo afirmar que à medida que maiores quantidades de fósforo foram adicionadas houve resposta na concentração.

A interação entre fontes e níveis foi significativa. A concentração de fósforo na planta quando usou-se o superfosfato simples, atingiu 3006 ppm no nível de 120 kg de P_2O_5 /ha, sendo esta a maior concentração obtida. No termo fosfato, os níveis de 90 e 120 kg de P_2O_5 /ha não diferiram entre si, mas foram superiores aos dois níveis inferiores. Com relação ao superfosfato triplo e fosfato de Patos de Minas, não houve diferença significativa entre os níveis, embora pudesse ser notado em números absolutos uma tendência de aumento da concentração de fósforo na parte aérea com o aumento das dosagens no solo, principalmente para o superfosfato triplo, cujo comportamento tende a ser semelhante ao superfosfato simples.

O teor médio de fósforo na parte aérea aumentou significativamente de 1723 para 1948 ppm, quando houve aplicação de carbonato de cálcio. Entretanto, este não foi o comportamento padrão em todas as fontes: O uso da calagem no superfosfato simples e termofosfato proporcionou o aumento no teor de fósforo observado, porém no superfosfato triplo não houve diferença entre ausência e presença de calagem. Possivelmente em virtude da produção de matéria seca ter

TABELA 21 - Análise de variância do teor de fósforo na palha de arroz, *Oryza sativa* L., no 1º cultivo em casa de vegetação.

| CAUSAS DA VARIAÇÃO | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|-------------------------------------|------|--------------|-------------|----------|
| Tratamentos | (35) | (70.095.978) | 2.002.742,2 | 8,02 ** |
| Tratamentos Adicionais vs. Fatorial | 1 | 13.074.408 | 13.074.408 | 52,37 ** |
| Tratamentos Adicionais | (3) | (563.799) | 187.933 | 0,75 ns |
| Adubação | 1 | 4.033 | 4.033 | 0,02 ns |
| Calagem | 1 | 33.920 | 33.920 | 0,14 ns |
| Interação Cal. x Adicionais | 1 | 525.846 | 525.846 | 2,11 ns |
| Fatorial | (31) | (56.457.770) | 1.821.218,4 | 7,29 ** |
| Fontes (F) | 3 | 26.681.113 | 8.893.704,3 | 35,62 ** |
| Níveis (N) | 3 | 13.652.246 | 4.550.748,7 | 18,23 ** |
| Calagem (C) | 1 | 1.214.550 | 1.214.550 | 4,86 * |
| Interação F x N | 9 | 4.568.120 | 507.568,9 | 2,03 * |
| Interação F x C | 3 | 6.499.855 | 2.166.618,3 | 8,68 ** |
| Interação N x C | 3 | 1.506.590 | 502.196,7 | 2,01 ns |
| Interação F x N x C | 9 | 2.335.296 | 259.477,3 | 1,04 ns |
| Resíduo | 72 | 17.975.794 | 249.663,8 | - |
| TOTAL | 107 | 88.071.772 | - | - |

CV = 29,18%.

(*) Significativo ($\alpha = 0,05$) pelo teste F.

(**) Significativo ($\alpha = 0,01$) pelo teste F.

TABELA 22 - Teor de fósforo na palha de arroz, *Oryza sativa* L., em ppm, no 1º cultivo, em casa de vegetação.

| A D I C I O N A I S | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|---------|-----------|------|
| ADUBAÇÃO | CALAGEM | | | | MÉDIA | |
| | Ausência | | Presença | | | |
| Ausência | 484 | | 1009 | | 747 | |
| NK | 866 | | 554 | | 710 | |
| Média | 675 | | 782 | | | |
| F A T O R I A L | | | | | | |
| NÍVEIS | FONTES | | | | MÉDIA** | |
| | Superfos fato simp. | Superfos fato trip. | Termofos fato | Rocha | | |
| 30 | 1363 b | 1604 a | 1633 b | 840 a | 1360 c' | |
| 60 | 1817 b | 1831 a | 2103 b | 667 a | 1629 b' | |
| 90 | 2107 b | 1864 a | 2894 a | 1105 a | 1992 a'b' | |
| 120 | 3006 a | 2349 a | 2914 a | 1174 a | 2361 a' | |
| CALAGEM | NÍVEIS | | | | MÉDIA* | |
| Ausência | 30 | 1383 | 1610 | 1585 | 984 | 1723 |
| | 60 | 1350 | 1593 | 1468 | 1101 | |
| | 90 | 2026 | 2026 | 2437 | 1453 | |
| | 120 | 2566 | 2569 | 2202 | 1218 | |
| MÉDIA | | 1831 bA | 1949 aA | 1923 bA | 1189 aB | |
| Presença | 30 | 1343 | 1598 | 1681 | 697 | 1948 |
| | 60 | 2283 | 2070 | 2738 | 433 | |
| | 90 | 2187 | 1703 | 3351 | 756 | |
| | 120 | 3446 | 2128 | 3626 | 1130 | |
| MÉDIA | | 2315 aAB | 1875 aB | 2849 aA | 754 bC | |
| MÉDIA** | | 2073A'B' | 1912 B' | 2386 A' | 972 C' | |
| FONTES | | | | | | |

(*) significativo ($\alpha = 0,05$) pelo Teste F.

(**) significativo ($\alpha = 0,01$) pelo Teste F.

d.m.s. FONTES = 379 (Letras maiúsculas com apóstrofe e sentido horizontal).

d.m.s. NÍVEIS = 379 (Letras minúsculas com apóstrofe e sentido vertical).

d.m.s. NÍVEIS/FONTES = 759 (Letras minúsculas e sentido vertical).

d.m.s. CALAGEM/FONTES = 405 (Letras minúsculas e sentido vertical).

d.m.s. FONTES/CALAGEM = 537 (Letras maiúsculas e sentido horizontal).

sido proporcionalmente maior no tratamento com superfosfato triplo, na presença de calagem, o que implicaria numa diluição do fósforo na planta. O fósforo total absorvido neste tratamento foi de 10,86 mg. enquanto que na ausência de calagem foi apenas 8,32 mg. Os tratamentos onde foram aplicados a rocha, apresentaram a média de 754 ppm na presença de calagem, enquanto que na ausência o teor de fósforo foi de 1.189 ppm, comportando-se, desde modo inversamente às demais fontes que aumentaram o teor de fósforo na presença de calagem, levando a crer que o fósforo de Patos de Minas liberou menor quantidade de fósforo quando aplicou-se carbonato de cálcio, elevando-se o pH.

Ao verificar-se a variação de fontes dentro da calagem constatou-se que, na ausência de calagem a rocha fosfatada foi inferior às demais, como pode ser visto na FIGURA 4, apesar do meio ácido supostamente liberar o fósforo insolúvel em água. Possivelmente tal resultado ocorreu por não haver acidez suficiente para uma rápida solubilização do fosfato, aliado ao fato que o tempo poderia ter sido insuficiente para que houvesse reações que permitissem a liberação de fósforo nesta fonte.

Na presença de calagem novamente a rocha fosfatada foi a fonte que apresentou menor teor de fósforo na parte aérea do arroz. O termofosfato e superfosfato simples foram superiores às demais fontes, embora o superfosfato triplo não diferisse deste último.

No que diz respeito às fontes, a que apresentou maior teor médio de fósforo na palha, foi o termofosfato magnésiano Yoorin com 2386 ppm não diferindo, porém, do superfosfato simples que apresentou uma concentração de 2073 ppm, não diferindo este do superfosfato triplo com um teor de 1912 ppm. A rocha fosfatada foi a fonte que apresentou o menor teor de fósforo, 972 ppm. A TABELA 23 apresenta o teste t para os contrastes, onde, todos os contrastes realiza

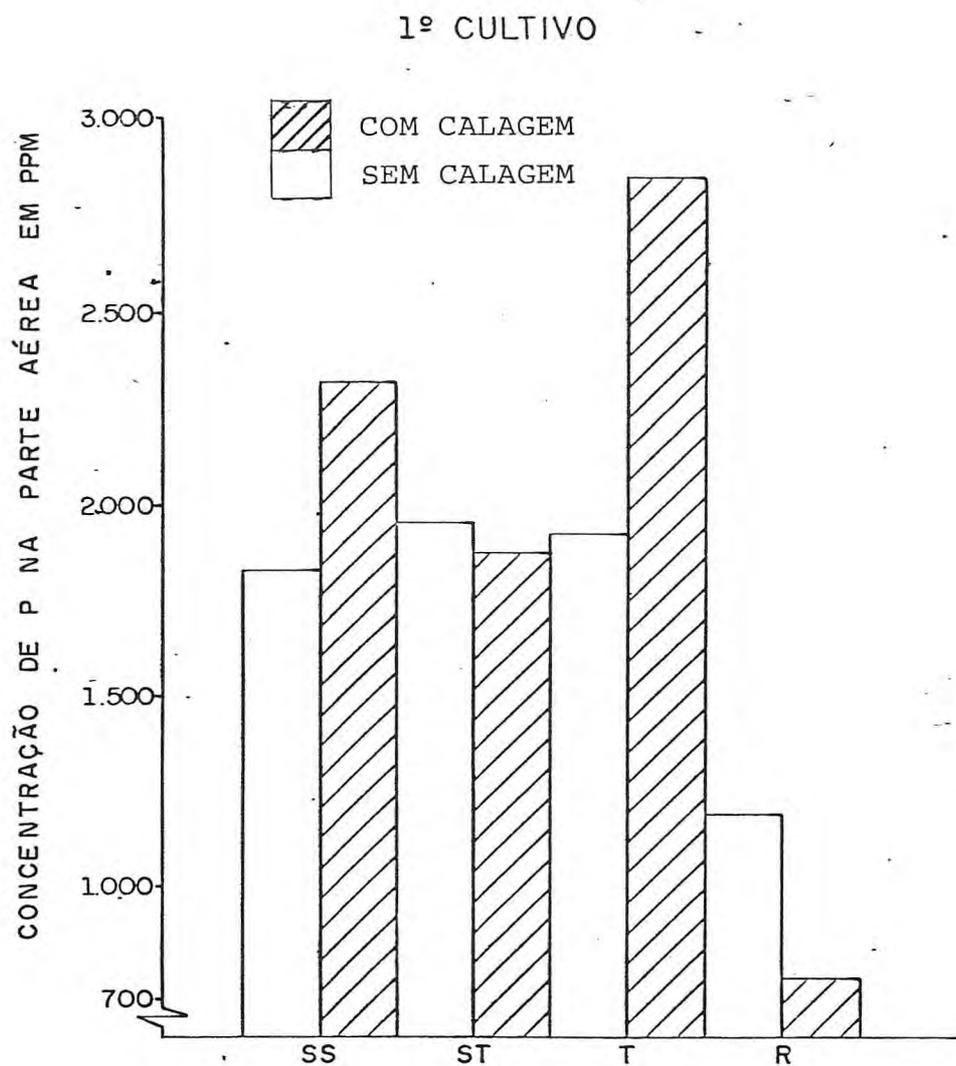


FIGURA 4 - Distribuição do teor de fósforo na palha de arroz, na ausência e presença de calagem, no primeiro cultivo, para as médias de superfosfato simples (SS) e triplo (ST), termofosfato Yoorin (T) e fosfato de Patos de Minas (R).

TABELA 23 - Contrastes entre os tratamentos adicionais e factorial no teor de fósforo na palha, no 1º cultivo em casa de vegetação.

| CONTRASTES | Teste t |
|---------------------------------------|----------|
| Testemunha absoluta vs. NPK | 4,17 *** |
| Testemunha absoluta vs. NPK + calagem | 4,92 *** |
| NK vs. NPK | 2,88 ** |
| Calagem vs. NPK + calagem | 2,40 * |
| NK + calagem vs. NPK + calagem | 4,69 *** |

(*) significativo a 5%.

(**) significativo a 1%.

(***) significativo a 0,1%.

dos foram significativos. Sempre que foi aplicado o fósforo, houve aumento no teor de fósforo encontrado na planta, demonstrando resposta da cultura à adubação fosfatada. Saliente-se, no entanto, que todas as diferenças significativas no tocante a teor de fósforo na parte aérea, não refletiram-se nem para altura de plantas, nem para produção de grãos.

WARD et alii (1973), afirmaram que reduções na produção de arroz deverão ocorrer quando houver deficiência de fósforo, acrescentando que tal fato acontece quando o teor de fósforo na planta esteja abaixo de 1000 ppm. Para o estágio de diferenciação da panícula, os teores médios nas folhas completamente desenvolvidas é de 1800 a 2900 ppm.

Os resultados de concentração de fósforo na palha, nas condições deste experimento, os teores de fósforo no arroz são menores que os propostos por WARD et alii, embora deva-se levar em consideração que estes resultados foram encontrados no final do ciclo da cultura, quando já tinha havido translocação de fósforo para os grãos.

4.5 - Teor de Potássio na Palha no 1º Cultivo

As TABELAS 24 e 25 apresentam respectivamente os teores médios de potássio na palha de arroz e análise de variância. O teor médio de potássio nos tratamentos onde não houve adubação, atingiu 7050 ppm, aumentando para 8567 ppm na presença de nitrogênio e potássio, não havendo influência do carbonato de cálcio. No fatorial, os teores médios de potássio na palha do arroz foram de 7678 e 7365 ppm, respectivamente para ausência e presença de calagem, não dife-

TABELA 24 - Teor médio de potássio na palha de arroz, *Oryza sativa* L., em ppm, no 1º cultivo, em casa de vegetação.

| A D I C I O N A I S | | | | | | |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------|--------|---------|------|
| ADUBAÇÃO | CALAGEM | | | | MÉDIA** | |
| | Ausência | | Presença | | | |
| Ausência | 6800 | | 7300 | | 7050 | |
| NK | 8933 | | 8200 | | 8567 | |
| Média | 7867 | | 7750 | | - | |
| F A T O R I A L | | | | | | |
| NÍVEIS | FONTES | | | | MÉDIA | |
| | Superfos fato simp. | Superfos fato trip. | Termofos fato | Rocha | | |
| 30 | 6700 | 7633 | 6857 | 7927 | 7279 | |
| 60 | 7717 | 8317 | 7073 | 7860 | 7742 | |
| 90 | 8000 | 7150 | 7047 | 7970 | 7542 | |
| 120 | 7500 | 7077 | 7083 | 8433 | 7523 | |
| CALAGEM | NÍVEIS | | | | MÉDIA | |
| Ausência | 30 | 6800 | 7200 | 6480 | 7920 | 7678 |
| | 60 | 7867 | 8533 | 7680 | 7920 | |
| | 90 | 8400 | 7333 | 7360 | 8240 | |
| | 120 | 7600 | 7120 | 7600 | 8800 | |
| MÉDIA | | 7667 | 7547 | 7280 | 8220 | |
| Presença | 30 | 6600 | 8067 | 7233 | 7933 | 7365 |
| | 60 | 7567 | 8100 | 6467 | 7800 | |
| | 90 | 7600 | 6967 | 6733 | 7700 | |
| | 120 | 7400 | 7033 | 6567 | 8067 | |
| MÉDIA | | 7292 | 7542 | 6750 | 7875 | |
| MÉDIA** | | 7479 ab | 7544 ab | 7015 b | 8048 a | |
| FONTES | | | | | | |

(**) significativo ($\alpha = 0,01$) pelo Teste F.
d.m.s. FONTES = 611.

TABELA 25 - Análise de variância do teor de potássio na palha de arroz, *Oryza sativa* L., no 1º cultivo, em casa de vegetação.

| CAUSAS DA VARIAÇÃO | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|-------------------------------------|------|--------------|-----------|----------|
| Tratamentos | (35) | (44.081.067) | 1.259.459 | 1,95 ** |
| Tratamentos Adicionais vs. Fatorial | 1 | 877.837 | 877.837 | 1,36 ns |
| Tratamentos Adicionais | (3) | (8.082.500) | 2.694.167 | 4,17 ** |
| Adubação | 1 | 6.900.833 | 6.900.833 | 10,67 ** |
| Calagem | 1 | 40.833 | 40.833 | 0,63 ns |
| Interação Adub. x Calagem | 1 | 1.140.834 | 1.140.834 | 1,76 ns |
| Fatorial | (31) | (35.120.730) | 1.132.927 | 1,75 * |
| Fontes (F) | 3 | 12.852.579 | 4.284.193 | 6,62 ** |
| Níveis (N) | 3 | 2.582.613 | 860.871 | 1,33 ns |
| Calagem (C) | 1 | 2.362.537 | 2.362.537 | 3,65 ns |
| Interação F x N | 9 | 10.333.071 | 1.148.119 | 1,78 ns |
| Interação F x C | 3 | 880.913 | 293.638 | 0,45 ns |
| Interação N x C | 3 | 3.632.279 | 1.210.760 | 1,87 ns |
| Interação F x N x C | 9 | 2.476.738 | 275.193 | 0,43 ns |
| Resíduo | 72 | 46.565.333 | 646.741 | - |
| TOTAL | 107 | 90.646.400 | - | - |

CV = 10,65%.

(*) Significativo ($\alpha = 0,05$) pelo teste F.

(**) Significativo ($\alpha = 0,01$) pelo teste F.

rindo estatisticamente. A rocha fosfatada foi a fonte que apresentou a maior média com 8048 ppm, o termofosfato que apresentou a menor com 7015 ppm, não diferindo dos superfosfatos, os quais não diferiram entre si. Da mesma forma que a calagem, os níveis de fósforo não apresentaram diferenças significativas, assim como em nenhuma interação foi significativa. WARD et alii (1973), encontraram no estágio de diferenciação da panícula, valores médios de potássio nas folhas, completamente desenvolvidas, de 11.700 ppm a 25.300 ppm. Resultados estes que são superiores aos encontrados no presente trabalho, possivelmente pelo fato de que na presente análise já houve translocação do potássio, fato que não ocorre no trabalho de WARD et alii, que foi num estágio diferente da cultura. IGUE & GARGANTINI (1970), embora não estudassem o teor de potássio nas plantas, afirmaram que o potássio em teores baixos no solo aumentou com a aplicação de duas toneladas de calcário por hectare, no entanto, o uso de 4 t/ha parece reduzir o teor de potássio no solo.

4.6 - Teor de Cálcio na Palha no 1º Cultivo

A TABELA 26 apresenta teores médios de cálcio na palha de arroz e a TABELA 27 sua respectiva análise de variância.

Pode-se observar que nos tratamentos adicionais não houve qualquer diferença entre eles, não havendo deste modo influência da calagem para um aumento na concentração de cálcio na planta, na ausência de fósforo. Para o fatorial pode-se notar que a média dos tratamentos nos quais não foi aplicado o carbonato de cálcio, apresentou uma concentração

TABELA 26 - Teor de cálcio na palha de arroz, *Oryza sativa* L., em ppm, no 1º cultivo, em casa de vegetação.

| A D I C I O N A I S | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|-------|---------|
| ADUBAÇÃO | CALAGEM** | | | | MÉDIA |
| | Ausência | | Presença | | |
| Ausência | 4333 | | 4500 | | 4417 |
| NK | 3556 | | 5200 | | 4378 |
| Média | 3945 | | 4850 | | - |
| F A T O R I A L | | | | | |
| NÍVEIS | FONTES | | | | MÉDIA |
| | Superfos fato simp. | Superfos fato trip. | Termofos fato | Rocha | |
| 30 | 4670 | 4072 | 5223 | 4513 | 4620 |
| 60 | 5346 | 4930 | 5014 | 5938 | 5307 |
| 90 | 4602 | 4475 | 3728 | 4748 | 4388 |
| 120 | 3864 | 4929 | 4243 | 4439 | 4369 |
| CALAGEM | NÍVEIS | | | | MÉDIA** |
| Ausência | 30 | 4889 | 4167 | 5056 | 4889 |
| | 60 | 5444 | 4833 | 5000 | 4889 |
| | 90 | 5056 | 4778 | 4444 | 5056 |
| | 120 | 4300 | 5167 | 5222 | 5222 |
| MÉDIA | | 4922 | 4736 | 4931 | 5014 |
| Presença | 30 | 4452 | 3978 | 5391 | 4136 |
| | 60 | 5247 | 5026 | 5029 | 5320 |
| | 90 | 4148 | 4171 | 3011 | 4439 |
| | 120 | 3429 | 4690 | 3263 | 3656 |
| MÉDIA | | 4319 | 4466 | 4173 | 4805 |
| MÉDIA FONTES | | 4621 | 4601 | 4552 | 4909 |

(**) significativo ($\alpha = 0,01$) pelo Teste F.

TABELA 27 - Análise de variância no teor de cálcio da palha de arroz, *Oryza sativa* L., no 1º cultivo, em casa de vegetação.

| CAUSAS DA VARIAÇÃO | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|-------------------------------------|------|--------------|-----------|---------|
| Tratamentos | (35) | (42.929.854) | 1.226.567 | 1,17 ns |
| Tratamentos Adicionais vs. Fatorial | 1 | 523.183 | 523.183 | 0,50 ns |
| Tratamentos Adicionais | (3) | (4.100.334) | 1.366.778 | 1,31 ns |
| Adubação | 1 | 4.557 | 4.557 | 0,004ns |
| Calagem | 1 | 2.458.880 | 2.458.880 | 2,35 ns |
| Interação Adub. x Calagem | 1 | 1.636.897 | 1.636.897 | 1,57 ns |
| Fatorial | (31) | (38.306.337) | 1.235.688 | 1,18 ns |
| Fontes (F) | 3 | 276.492 | 92.164 | 0,09 ns |
| Níveis (N) | 3 | 8.304.178 | 2.768.059 | 2,65 ns |
| Calagem (C) | 1 | 7.638.253 | 7.638.253 | 7,31 ** |
| Interação F x N | 9 | 11.617.136 | 1.290.793 | 1,24 ns |
| Interação F x C | 3 | 775.878 | 258.626 | 0,25 ns |
| Interação N x C | 3 | 6.514.116 | 2.171.372 | 2,08 ns |
| Interação F x N x C | 9 | 40.087.466 | 4.454.163 | 4,26 ** |
| Resíduo | 72 | 75.213.519 | 1.044.632 | - |
| TOTAL | 107 | 118.143.373 | - | - |

CV = 22,25%.

(**) Significativo ($\alpha = 0,01$) pelo teste F.

de cálcio na parte aérea 4.901 ppm, enquanto que aqueles com calagem apresentaram concentração menor, 4.337 ppm. De modo semelhante ao teor de fósforo na planta, quando aplicou-se superfosfato triplo, a maior produção de matéria seca nos tratamentos com carbonato de cálcio pode ter proporcionado uma maior diluição no teor de cálcio na parte aérea. O total de cálcio na planta foi de 20,68 mg e 22,16 mg, respectivamente para ausência e presença de calagem. É presumível que do ponto de vista nutricional os fertilizantes contivessem cálcio suficiente para a cultura, de uma feita que não há significância entre as fontes na ausência e presença de calagem, como também não há influência de calagem dentro de cada fonte, ficando a calagem com o objetivo básico de apenas corrigir o pH. Os valores médios de cálcio encontrados são maiores que os encontrados por WARD et alii (1973) quando para o estágio de diferenciação da panícula encontraram valores médios de 1.900 ppm a 3.900 ppm. FAGERIA (1980) afirma que as concentrações de cálcio na planta aumentam até 35 dias, passando a decrescer gradualmente à medida que a planta aumenta de idade, atingindo o máximo de absorção no florescimento, permanecendo constante posteriormente.

4.7 - Teor de Magnésio na Palha no 1º Cultivo

A análise de variância para o teor de magnésio na parte aérea, TABELA 28, apresenta significância para os tratamentos adicionais na calagem e para o fatorial com relação a fontes, calagem e interação fontes x níveis.

Os teores médios de magnésio na parte aérea do arroz para todos os tratamentos estão contidos na TABELA 29. Na ausência de fósforo, a aplicação de carbonato de cálcio pro

TABELA 28 - Análise de variância do teor de magnésio na palha de arroz, *Oryza sativa* L., no 1º cultivo, em casa de vegetação.

| CAUSAS DA VARIAÇÃO | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|-------------------------------------|------|--------------|------------|-----------|
| Tratamentos | (35) | (19.553.491) | 558.671 | 19,73 ** |
| Tratamentos Adicionais vs. Fatorial | 1 | 582.401 | 582.410 | 20,57 ** |
| Tratamentos Adicionais | (3) | (3.242.222) | 1.080.741 | 38,17 ** |
| Adubação | 1 | 45.880 | 45.880 | 1,62 ns |
| Calagem | 1 | 3.193.008 | 3.193.008 | 112,76 ** |
| Interação Adub. x Calagem | 1 | 3.334 | 3.334 | 0,12 ns |
| Fatorial | (31) | (15.728.868) | 507.383 | 17,92 ** |
| Fontes (F) | 3 | 625.015 | 208.338 | 7,36 ** |
| Níveis (N) | 3 | 84.093 | 28.031 | 0,99 ns |
| Calagem (C) | 1 | 14.079.080 | 14.079.080 | 497,21 ** |
| Interação F x N | 9 | 545.805 | 60.645 | 2,14 * |
| Interação F x C | 3 | 96.749 | 32.250 | 1,14 ns |
| Interação N x C | 3 | 30.414 | 10.138 | 0,36 ns |
| Interação F x N x C | 9 | 267.712 | 29.746 | 1,05 ns |
| Resíduo | 72 | 2.038.751 | 28.316 | - |
| TOTAL | 107 | 21.592.242 | - | - |

CV = 5,55%.

(*) Significativo ($\alpha = 0,05$) pelo teste F.

(**) Significativo ($\alpha = 0,01$) pelo teste F.

TABELA 29 - Teor de magnésio na palha de arroz, *Oryza sativa* L., em ppm, no 1º cultivo, em casa de vegetação.

| A D I C I O N A I S | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|--------|---------|
| ADUBAÇÃO | CALAGEM** | | | | MÉDIA |
| | Ausência | | Presença | | |
| Ausência | 2261 | | 3326 | | 2794 |
| NK | 2418 | | 3416 | | 2917 |
| Média | 2340 | | 3371 | | - |
| F A T O R I A L | | | | | |
| NÍVEIS | FONTES | | | | MÉDIA |
| | Superfos fato simp. | Superfos fato trip. | Tesmosfos fato | Rocha | |
| 30 | 3198 a. | 3118 a | 3248 a | 2912 a | 3119 |
| 60 | 3127 ab | 3092 a | 3276 a | 2939 a | 3109 |
| 90 | 2964 ab | 3067 a | 3060 a | 3077 a | 3042 |
| 120 | 2916 b | 3148 a | 3254 a | 3031 a | 3087 |
| CALAGEM | NÍVEIS | | | | MÉDIA** |
| Ausência | 30 | 2762 | 2739 | 2783 | 2573 |
| | 60 | 2817 | 2710 | 2818 | 2554 |
| | 90 | 2664 | 2742 | 2675 | 2532 |
| | 120 | 2610 | 2761 | 2904 | 2653 |
| MÉDIA | | 2713 | 2738 | 2795 | 2578 |
| Presença | 30 | 3634 | 3497 | 3712 | 3250 |
| | 60 | 3438 | 3473 | 3734 | 3324 |
| | 90 | 3263 | 3392 | 3445 | 3621 |
| | 120 | 3222 | 3535 | 3603 | 3409 |
| MÉDIA | | 3389 | 3474 | 3623 | 3401 |
| MÉDIA** | | 3051 B | 3106 AB | 3209 A | 2990 B |
| FONTES | | | | | |

(**) significativo ($\alpha = 0,01$) pelo Teste F.
d.m.s. FONTES = 128.
d.m.s. NÍVEIS/FONTES = 256.

porcionou uma elevação no teor de magnésio nas plantas, tanto no tratamento sem adubação como no tratamento NK, com médias de 2.340 ppm e 3.371 respectivamente para ausência e presença de calagem. A aplicação de NK não proporcionou aumento significativo no teor de magnésio na planta. No fatorial a presença de calagem elevou a média de 2.706 ppm para 3.472 ppm. Atendimento a este aumento foi observada para todas as fontes. Entre as fontes usadas, o fosfato de Patos de Minas apresentou a menor média, 2.990 ppm, sem no entanto diferir dos superfosfatos. O termofosfato Yoorin com um teor médio de 3.209 ppm apresentou o maior valor absoluto do teor de magnésio, contudo não diferiu do superfosfato triplo.

O teste t foi usado para verificar a significância dos contrastes, permitindo verificar que na ausência de calagem tanto a adubação completa foi significativa como houve resposta à adubação fosfatada, TABELA 30.

Os teores médios de magnésio na parte aérea do arroz encontrados no presente trabalho concordam com os teores médios encontrados por WARD *et alii* (1973), no estágio de diferenciação da panícula, na faixa de 1.600 a 3.900 ppm, sendo que a maioria dos dados do presente trabalho situam-se no limite superior desta amplitude.

TABELA 30 - Contrastes entre os tratamentos adicionais e fatorial NPK no teor de magnésio na palha, no 1º cultivo em casa de vegetação.

| CONTRASTES | Teste |
|---------------------------------------|-----------|
| Testemunha absoluta vs. NPK | 4,44 *** |
| Testemunha absoluta vs. NPK + calagem | 12,09 *** |
| NK vs. NPK | 2,88 ** |
| Calagem vs. NPK + calagem | 1,46 ns |
| NK + calagem vs. NPK + calagem | 0,56 ns |

(***) significativo a 0,1%.

(**) significativo a 1%.

5 - CONCLUSÕES

Para o Latossolo Vermelho Amarelo distrófico estudado, os resultados encontrados permitiram as seguintes conclusões:

(1) O nitrogênio e o potássio conjuntamente e na ausência de fósforo favoreceram no primeiro cultivo a altura de plantas, as produções de palha e grãos, bem como no teor de potássio na parte aérea. No segundo cultivo apenas o crescimento das plantas apresentou resposta à esta aplicação.

(2) No 1º cultivo a calagem com carbonato de cálcio na presença de fósforo, proporcionou um aumento na altura de plantas, na produção de matéria seca da palha, produção de grãos, teor de fósforo e magnésio na parte aérea e no total de cálcio. Na ausência de fósforo, a calagem respondeu favoravelmente para altura de plantas, produção de matéria seca e grãos e no teor de potássio. No 2º cultivo a calagem favoreceu a altura de plantas tanto na ausência como na presença de fósforo, e a produção de grãos, apenas na presença de fósforo.

(3) Houve uma tendência para um aumento de altura, de produção de palha, de produção de grãos e no teor de fósforo na parte aérea do arroz, com a aplicação crescente de fósforo, na média de todas as fontes nos níveis de 30 a 90 kg/ha, para o primeiro cultivo. No 2º cultivo somente a produção de grãos e palha apresentaram esta tendência.

(4) No 1º cultivo a cultura do arroz respondeu de maneira semelhante à aplicação dos superfosfatos e ao termo fosfato Yoorin, entretanto a produção de palha e o teor de fósforo foram menores nos tratamentos onde houve a aplicação do fosfato de Patos de Minas. Resultados semelhantes foram obtidos no segundo cultivo, ressalte-se que os tratamentos com termofosfato Yoorin apresentaram tendência para melhores resultados.

(5) O teor de fósforo na parte aérea, foi maior para os níveis mais elevados de fósforo aplicado ao solo. A calagem proporcionou aumento para teor de fósforo nos tratamentos com superfosfato simples e termofosfato Yoorin, a diminuição no tratamento com fosfato de Patos de Minas. Os superfosfatos e o termofosfato Yoorin apresentaram maior produção de matéria seca com calagem, o fosfato de Patos de Minas não respondeu à calagem.

(6) A cultura do arroz em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico nas condições estudadas de casa de vegetação, apresentou tendências a um aumento de produção quando da aplicação de calagem e adubação NPK.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, A.F.R. & WALKER, T.W. Studies of soil organic matter. Soil Science, 85: 307-18, 1958.
- ALVAREZ, R. et alii. Adubação da cana de açúcar XII - experiências com misturas de fosfatos. Bragantia, 24(16): 181-9, 1965.
- BLANCO, H.G. et alii. Comportamento de fertilizantes fosfatados em diferentes condições de acidez do solo para o trigo, com estudo do efeito residual para a soja. Bragantia, 24: 261-79, 1965.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - BNDE. Mercado brasileiro de fertilizantes 1950 - 1970. Rio de Janeiro, BNDE - Departamento Econômico. 1965. p. 26-6.
- BRAGA, N.R. et alii. Efeitos de fosfatos sobre o crescimento e produção de soja. Rev. Bras. Ciência do Solo, 4:36-9, 1980.
- BRAUN, W.A.G. Relações fosfato-solo-planta e termofosfatos. Fertilizantes, São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2(1):3-8, 1980.
- CABALA-ROSAND, P.; SANTANA, M.B. & SANTANA, C.J.L. de A adubação fosfatada na Região Nordeste. In: OLIVEIRA, A.J. de, et alii. Adubação fosfatada no Brasil, Brasília. EMBRAPA, 1982. p.241-96. (EMBRAPA, DID. Documentos, 21).
- CARVALHO, H.W.L. de, et alii. Efeito de diferentes níveis de N, P e densidade de plantio na produção de arroz irrigado. Barreiras, EMBRAPA/UEPAE de Barreiras, 1978, 8p. (Comunicado Técnico, 02).
- CEARÁ, SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO. Levantamento e reconhecimento dos solos da região natural da Ibiapaba. Fortaleza, SUDEC, 1980. 358p.

- CHAPMAN, H.D. & PRATT, P.F. Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences, 1961. p.161-174.
- CHAUDHARY, M.L.; GUPTA, A.P.; KHANA, S.S. & BATHLA, R. N. Direct, residual and cumulative effect of some phosphatic fertilizers on the yield and phosphorus uptake by wheat. (Triticum aestivum). Bull. Indian Soc. Soil Sci, Sv. (12): 539-44, 1979.
- COLLEMAN, R. The mechanism of phosphate fixation of montmorillonitic and kaolinitic clays. Soil Sci. Soc. Proc., 72-8, 1944.
- CORDEIRO, D.S. et alii. Efeitos de níveis e fontes de fósforo na produção e no rendimento econômico da soja na região de Dourados. Rev. Bras. Ciência do Solo, 3:100-5, 1979
- COSTA, R.I. Fracionamento do fósforo da camada arável de seis perfis das unidades de solos mais representativas da Região da Ibiapaba, Ceará, Brasil. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1979. 54p. (Dissertação M.S.)
- DOBEREINER, J. et alii. As leguminosas na agricultura tropical. In: Anais do Seminário sobre Metodologia e Planejamento de Pesquisa com Leguminosas Tropicais. Rio de Janeiro, Inst. de Pesq. Agropec. do Centro Sul, p.10. 1971.
- DYNIA, J.F. et alii. Recomendação de fertilizantes e corretivos em quatro níveis de exigência dos solos. Rio de Janeiro EMBRAPA/SNLCS, 1979 34p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Brasília. EMBRAPA. 1979. v.3. p.41-65.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Brasília. EMBRAPA. CPAC. 1980 v.4. p.27-43.
- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO CEARÁ. Comissão Estadual de Fertilidade de Solo. Recomendações de adubação para o Estado do Ceará: 1ª aproximação. EMATER-CE. 1978. 68p.

- ENGELSTAD, O.P.; JUGSUJIND, A. & DATTA, S.K. de. Response by flooded rice to phosphate rocks varying in citrate solubility. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 38:524-9, 1974.
- FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. & LOPES, A.M. Resposta do arroz irrigado à aplicação de fósforo, zinco e calcário. Rev. Bras. de Ciência do Solo. 1:72-6, 1977.
- FAGERIA, N.K. Influência da aplicação de fósforo no crescimento, produção e absorção de nutrientes do arroz irrigado. Rev. Bras. de Ciência do Solo. 4:26-31, 1980.
- FAGERIA, N.K. & BARBOSA FILHO, M.P. Avaliação de cultivares de arroz em função de suas tolerâncias ao baixo nível de fósforo disponível no solo. Rev. Bras. Ciência do Solo. 6: 146-51, 1982.
- FASSBENDER, H.W. Química de suelos - con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba. Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas de La OEA 1975 p.268-307.
- FROTA, J.N.E. Fixação de fósforo em solos aluviais. Ciência Agrônômica, Fortaleza, 3(1-2):89-94, 1973.
- GARGANTINI, H. & SANTOS, D. dos. Competição de fertilizantes fosfatados em soja. Bragantia, 30:117-24, 1971.
- GOEDERT, W.I. & LOBATO, E. Eficiência agrônômica de fosfatos em solo de Cerrado. Pesq. Agropec. Brasileira, Brasília. 15(3):311-18, 1980.
- GOMES, J. de C. & HOWELER, R.H. Cassava production in two fertility soils. In: Cassava Cultural Practices, Salvador, BA. 1980. Proceedings of Workshop. Brasília. EMBRAPA, 1980. p.93-102.
- HALSTEAD, R.L. Chemical availability of native and applied phosphorus in soils and their textural fractions. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 31(3):414-18, 1967.

- HECKLER, J.G. & SILVA, C.A.S. da. Caracterização das culturas de arroz (*Oryza sativa* L.) recomendados para o Estado do Mato Grosso do Sul. Dourados. EMBRAPA/UEPAE. Dourados. 1981, 6p. (Comunicado Técnico, 5).
- HOLANDA, F.J.M. Fósforo. In: Curso de atualização em fertilidade do solo. Fortaleza, Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura, 1980. s.p.
- HSU, P.H. Adsorption of phosphate by aluminium and iron in soils. Soil Sci. Soc. Proc. 28(4):474-8, 1964.
- HUNDAL, H.S.; ARORA, B.R. & SEKHON, G.S. Efficiency of phosphatic fertilizers differing in water soluble phosphorus in rice. J. Indian Soc. Soil Sci., 27(3)330-3, 1979.
- IGUE, K. et alii. Efeito da calagem e da adubação fosfatada em solo ácido e de baixa fertilidade na cultura do trigo. Bragantia, 29:59-65, 1970
- KAMPRAT, E.J. Residual effect of large application of phosphate on high phosphorus fixing soil. Agronomy Journal, 59:25-7, 1967.
- KAMPRAT, E.J. Phosphorus fixation and availability in highly weathered soils. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4. Belo Horizonte, Itatiaia, 1977. p.
- KAPUR, M.L.; RAMA, D.S.; SHARMA, K.M. & MEELU, O.P. Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to graded doses of phosphorus on soil varying in available P status. Bull. Indian Soc. Soil Sci., (12):445-9, 1979.
- LAWTIN, K.C. et alii. Influence of particle size, water solubility and placement of fertilizer on the nutrient value of phosphorus in mixed fertilizers. Soil Science, 82:465-76, 1956.
- LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região Centro Oeste. In: OLIVEIRA, A.J. de. Adubação Fosfatada no Brasil, Brasília, EMBRAPA, 1982. p.201-40.

- LOPES, A.S. & COX, F.R. Relação de características físicas, químicas e mineralógicas com fixação de fósforo em solos sob cerrados. Rev. Bras. Ci. Solo 3:82-8, 1979.
- MAGALHÃES, J.C.A.J. de., LOBATO, E. & RODRIGUES, L.H. Calagem e adubação fosfatada para dois cultivares de trigo em solo de cerrados. Rev. Bras. Ciência do Solo 3:24-9, 1979.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola; adubos e adubação. 2^a Ed. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1967, 606p.
- MALAVOLTA, E. HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. & BRASIL SOBRINHO, M. O.C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. p.33-57.
- MINHAS, R.S. & KICK, H. Comparative availability of superphosphate and rock phosphate fractions after heavy doses. Fert. News Indian 19(7):12-6, 1974.
- MORAIS, F.I. de O.; SANTANA, C.J.L. de, & CHEPOTE, R.E. Efeitos da aplicação de diferentes fontes de fósforo no crescimento do cacauzeiro em casa de vegetação. Theobroma, 9:11-28, 1979.
- PAIVA, J.B. & BEZERRA, F.F. Adubação fosfatada em feijão de corda, *Vigna sinensis* (L) Savi, visando a produção de vagem madura. Relatório Técnico de Pesquisa. In: CEARÁ. UNIVERSIDADE FEDERAL, Fortaleza. 1973. p.24-7.
- PETER, A. Von. A contribuição dos fertilizantes para o aumento da produção. São Paulo. ANDA. s.d. 21p.
- RAIJ, B. Van; Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. Rev. Bras. Ciência do Solo. 1:1-9, 1978.
- RAIJ, B. Van & DIEST, A. Van. Phosphorus supplying power of rock phosphates in an oxisol. Plant and Soil. 55:97-104, 1980.
- RAIJ, B. Van; CABALA - ROSAND, P. & LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil apreciação geral, conclusões e recomendações. In: OLIVEIRA, A.J. de, et alii. Adubação fosfatada no Brasil, Brasília. EMBRAPA, 1982. p.9-28.

- RAMASWANI, P.P. & RAY, D. Influence of phosphorus fertilization on P transformation, microbiological activities, nutrient uptake and yield of rice. Bull. Indian Soc. Soil Sci., (12):270-3, 1979.
- RAMOS, M.C. Avaliação da eficiência de oito fosfatos para as culturas de trigo e soja em latossolo vermelho escuro argiloso. Rev. Bras. Ciência do Solo, 6:38-42, 1982.
- ROCHA, M. A indústria brasileira de fertilizantes; Panorama atual e perspectivas. In: Curso de Atualização em Fertilidade do Solo. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina. CCA. p.01-13, 1981.
- SÁ JUNIOR, J.P.M.; GOMES, I.F. & VASCONCELOS, A.L. Retenção de fósforo em solos da zona da mata de Pernambuco. Pesq. Agropec. Brasileira, Brasília 3:183-44, 1968.
- SILVA, G.R. da. Métodos de laboratório na avaliação de fósforo disponível em solos do Estado do Ceará. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1978. 41p. (Dissertação M.S.).
- SILVA, N.M. da; FERRAZ, C.A.M. & CAMPANA, M.P. Competição entre superfosfato simples e termofosfato em ensaio permanente com algodoeiro. Rev. Bras. Ciência do Solo, 1:34-8, 1977.
- SUBRAMANIAM, K. & GOPALA REDDI, G. Availability of phosphorus in rock phosphatic with respect to level of application and particle size. Bull. Indian Soc. Soil Sci., (12): 516-18, 1979.
- TÁVORA, F.J.F.; ALVES, J.F. & NUNES, R. de P. Adubação fosfatada em feijão de corda, Vigna sp. Ciência Agronômica, Fortaleza, 1(1):23-6, 1971.
- THOPSON, H.C. & KELLY, W.C. Vegetable crops, 5^a ed. New York. Mc Graw Hill, 1957, p.52-9.
- TIWARI, R.N. et alii. Effect of rockphosphate, superphosphate and their mixtures on yield and phosphorus uptake by crops in soil of Uttar pradesh. Bull. Indian Soc. Soil Science. (12):537-38, 1979.

- VIANA, M.F. Adsorção de fósforo em solos da Região da Ibiapaba, Estado do Ceará. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará. 1981. 77p. (Dissertação M.S.).
- VOLKWEISS, S.J. & RAIJ, B. Van. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4. Belo Horizonte Itatiaia, 1977, p.317-32.
- WARD, R.C.; WHITNEY, D.A. & WESTFALL, D.G. Plants analysis as an aid in fertilizing small grains. In. WALSH, L.M. & BEATON, J. D. ed. Soil testing and plant analysis. Soil Science Society of America, Wisconsin. USA. 1973. p.329-48.