

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
PRO-REITORIA PARA ASSUNTO DO INTERIOR
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

EFEITOS DE DIFERENTES NIVEIS DE GESSO E MATERIA ORGANICA
NA RECUPERACAO DE SOLO COM PROBLEMA DE SODIO.

57
11-11-1990
L. 1990

POR

EUCLIDENOR JERÔNIMO LEITE
(ENGENHEIRO AGRÔNOMO)

CAMPINA GRANDE - PARAIBA

NOVEMBRO - 1990

EFEITOS DE DIFERENTES NIVEIS DE GESSO E MATERIA ORGÂNICA
NA RECUPERAÇÃO DE SOLO COM PROBLEMA DE SÓDIO.

EUCLIDENOR JERÔNIMO LEITE

EFEITOS DE DIFERENTES NIVEIS DE GESSO E MATERIA ORGÂNICA
NA RECUPERAÇÃO DE SOLO COM PROBLEMA DE SODIO.

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO CURSO DE
POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA,
EM CUMPRIMENTO AS EXIGENCIAS PARA
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CI-
ENCIAS (M.Sc).

AREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE RECURSOS HIDRICOS

AREA DE ESTUDO : IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADORES : HANS RAJ GHEYI
NORMA CESAR DE AZEVEDO

CAMPINA GRANDE - PARAIBA

NOVEMBRO - 1990



L732e Leite, Euclidenor Jeronimo
Efeitos de diferentes niveis de gesso e materia organica
na recuperacao de solo com problema de sodio / Euclidenor
Jeronimo Leite. - Campina Grande, 1990.
64 p.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) -
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e
Tecnologia.

1. Agronomia 2. Cultura do Arroz 3. Solos Sodicos 4.
Solos Salinos 5. Dissertacao I. Gheyi, Hans Raj, Dr. II.
Azevedo, Norma Cesar de, Dra. III. Universidade Federal da
Paraiba - Campina Grande (PB) IV. Título

CDU 631.61(043)

EFEITOS DE DIFERENTES NÍVEIS DE GESSO E MATÉRIA ORGÂNICA
NA RECUPERAÇÃO DE SOLO COM PROBLEMA DE SÓDIO

EUCLIDENOR JERÔNIMO LEITE

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 22/11/90

Hans Raj Gheyi

HANS RAJ GHEYI - DOUTOR
Orientador

Norma Cesar de Azevedo

NORMA CESAR DE AZEVEDO - M.Sc.
Orientadora

Lucia Helena Garofalo Chaves

LÚCIA HELENA GAROFALO CHAVES - DOUTORA
Membro

CAMPINA GRANDE - PARAIBA

NOVEMBRO - 1990

Aos meus pais e irmãos,

Minha homenagem.

A minha querida esposa
e aos meus queridos filhos

DEDICO

"Nenhuma manhã - sem oração fervorosa

Nenhum trabalho - sem boa intenção

Nenhuma alegria - sem um obrigado a Deus."

A G R A D E C I M E N T O S

A Deus, pelo inefável dom da vida, pelo amparo e confortos nos momentos mais difíceis.

A sua esposa e filhos, Joana Dârc, Robson, Rossana e Rossandra, pelas orações, amor e compreensão durante o período de duração do curso.

Aos seus pais, pelos esforços que despenderam para sua formação moral e educacional.

De modo muito especial ao Dr Hans Raj Gheyi e à M.Sc. Norma César de Azevedo do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, pelas dedicadas e objetivas Orientações para a realização deste trabalho.

Ao Eng^o Agro^o M.Sc. Luis Carlos Silva, pesquisador da EMBRAPA - PB, pela valiosa colaboração e sugestões apresentadas.

A Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba que lhe concedeu esta oportunidade.

Ao CNPq/ PRONI pela concessão de bolsa de estudo e pela preciosa ajuda no custeio para elaboração deste trabalho.

Ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, nas pessoas dos senhores gerentes dos Perímetros Irrigados de Sumé e São Gonçalo e do diretor do departamento de águas e solos com sede em Campina Grande, pela colaboração prestada.

Aos funcionários do laboratório de Irrigação e Salinidade pelo auxílio prestado durante as análises.

Aos funcionários da EMATER-PB, especialmente a sra. Sonia Maria de Araújo Souto pelas dedicadas e incansáveis colaborações.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação, especialmente a José Geraldo Rodrigues dos Santos, José Bezerra dos Santos, Manoel Ferreira de Vasconcelos e Walter Santana de Sousa pelas valiosas sugestões e pela demonstração de amizade sincera.

Aos seus professores, companheiros e amigos e a todos aqueles que, de qualquer forma, cooperaram para o êxito deste trabalho.

RESUMO

Os objetivos deste trabalho consistiram em avaliar os efeitos de diferentes níveis de gesso e matéria orgânica, isolados e consorciados, na recuperação de solo com problemas de sodicidade, como também os seus efeitos posteriores no crescimento, desenvolvimento e produção da cultura do arroz (Oryza sativa, L.).

O trabalho foi desenvolvido em condições de casa de vegetação durante o período de outubro de 1988 a março de 1989, utilizando-se um solo sódico proveniente do Perímetro Irrigado de São Gonçalo (setor 10), Sousa - Pb, e a cultivar de arroz BR-IRGA-409. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com 3 repetições e 6 diferentes combinações de gesso e esterco de curral (EC) a saber: T₁ - Testemunha (sem corretivo), T₂ - 29,4 t/ha de EC equivalente a 1% do peso do solo a 20cm de profundidade, T₃ - 23t/ha equivalente à necessidade de gesso (NG) para substituir completamente o sódio trocável, T₄ - 75% NG + 25% EC usado no T₂, T₅ - 50% NG + 50% EC usado no T₂ e T₆ - 25% NG + 75% EC usado no T₂. Os corretivos foram incorporados nos primeiros 10cm de solo e durante o período de 50 dias, para realização da lavagem do solo, foi mantida uma lâmina de água constante de 5cm. Em seguida plantou-se as mudas de arroz, deixando-se apenas 3 plantas por vaso aos 15 dias. A partir de então, foi mantida a lâmina de água

constante de 5cm em todos os tratamentos.

Nos tratamentos onde foi incorporado pelo menos 50% NG (T_3 , T_4 e T_5), houve uma lixiviação de sódio aproximadamente 2 vezes mais em relação aos tratamentos T_2 e T_1 , enquanto para a testemunha a lixiviação começou no final do período. Outro aspecto importante a notar é que esses primeiros tratamentos tiveram também a velocidade de lixiviação de sódio relativamente muito elevada, uma vez que, aos 20 dias do início da recuperação, cerca de 70% do sódio existente no solo havia sido lixiviado.

Os valores de PST decresceram em todos os tratamentos, sendo o tratamento que recebeu 100% NG, o que apresentou maior eficiência. Observa-se a seguinte ordem de abaixamento de PST: $T_3 > T_4 > T_5 > T_4 > T_2 > T_1$. O abaixamento da PST foi maior nos tratamentos que receberam maior quantidade de gesso. No entanto, essas diferenças não foram marcantes entre os tratamentos que receberam NG equivalente a 50, 75 e 100% respectivamente. Os resultados obtidos ressaltam o efeito positivo da interação gesso/esterco de curral na recuperação de solo com problema de sódio.

De um modo geral, os tratamentos estudados, excetuando a testemunha, mostraram efeitos benéficos no crescimento, desenvolvimento e produção de arroz. Os resultados mostraram diferenças significativas entre os tratamentos ao nível de 1% de probabilidade no número de perfilhos e de panículas, na produção, no peso da parte aérea e radicular e no peso médio de 100 grãos. Na produção, os tratamentos apresentaram a seguinte sequência decrescente: T_5 - (38,0g), T_4 -

(36,0g), T₃ - (29,9g), T₄ - (22,4g), T₂ - (21,7g) e T₁ - (2,1g).

As análises do solo, após a colheita do arroz, mostraram que a cultura também promoveu uma redução da PST do solo em todos os tratamentos.

ABSTRACT

The objectives of present study were to evaluate effects of different doses of gypsum and organic matter, individually or in combination, in reclamation of a soil with sodicity problem as well as growth, development and production of rice (*Oryza sativa* L.) crop.

The study was conducted in green house during the period of October 1988 to March 1989, utilising a sodic soil of Irrigated Perimeter of São Gonçalo (Sector 10), Sousa-PB and BR-IRGA 409 rice cultivar. A completely randomised experimental design with 6 different combinations of gypsum and farm yard manure (FYM) and 3 replications was adopted. The following treatments were studied: T₁ - Control (without amendment), T₂ - 29,4 t/ha FYM equivalent to 1% of soil weight (20 cm depth), T₃ - 23 t/ha gypsum equivalent to gypsum requirement (GR) to substitute completely exchangeable sodium, T₄ - 75% GR + 25% FYM used in T₂, T₅ - 50% GR + 50% FYM used in T₂ and T₆ - 25% GR + 75% FYM used in T₂. The amendments were incorporated in first 10 cm of soil and during next 50 days a constant 5 cm water layer was maintained for leaching. At the end of this period, rice seedlings were transplanted and thinned to 3 plants/ pot after 15 days. From then on, a constant 5 cm water layer was maintained in all treatments.

In treatments where at least 50% GR was incorporated (T_3 , T_4 and T_5) leaching of sodium was found to be approximately 2 times compared to T_2 and T_1 whereas in control leaching started only at the end of leaching period. Another important aspect to note in these treatments was velocity of sodium substitution. In first 20 days of reclamation approximately 70% of existing sodium had been leached.

The values of exchangeable sodium percentage (ESP) decreased in all treatments and the treatment with 100% GR presented higher efficiency. The following order of ESP decrease was observed: $T_3 > T_4 > T_5 > T_6 > T_2 > T_1$. The decrease in ESP was higher in treatments which received higher amounts of gypsum, however, differences among treatments with 50, 75 and 100% GR were not remarkable. The results obtained show positive effect of interaction gypsum-FYM in reclamation of sodic soil.

In a general way the treatments studied, except control, showed beneficial effects in growth, development and production of rice. The results showed significant differences among treatments at 0.01 level of probability for no. of tillers and panicles, production, stalk and root weight and weight of 100 grains. In production, the treatments studied presented following decreasing order: T_5 (38.0g), T_4 (36.0g), T_3 (29.9g), T_6 (22.4g), T_2 (21.7g) and T_1 (2.1g).

The soil analysis after harvest of rice crop, showed that crop also promoted a decrease in ESP of soil in all treatments.

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| FIGURA 1 - Diagrama esquemático do sistema de abastecimento para manutenção do nível constante de água sobre a superfície do solo, utilizado no experimento..... | 25 |
| FIGURA 2 - Volume de água percolado (A) e quantidade de sódio lixiviado (B) em função do nº de dias de lavagem do solo..... | 32 |
| FIGURA 3 - Número de perfilhos e de panículas do arroz em função dos tratamentos..... | 40 |
| FIGURA 4 - Produção média do arroz (A) e percentagem de esterilidade das espiguetas (B) em função dos tratamentos..... | 40 |
| FIGURA 5 - Percentagem de sódio trocável encontrada nos diferentes tratamentos, nas diferentes fases do trabalho..... | 50 |

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|--|--------|
| TABELA 1 - Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento..... | 22 |
| TABELA 2 - Composição química da água de saneamento utilizada no experimento..... | 26 |
| TABELA 3 - Valores médios de percentagem de sódio trocável (PST), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e pH do solo obtidos no início, antes do plantio e final do experimento sob os diferentes tratamentos..... | 34 |
| TABELA 4 - Resumo da análise de variância do número médio de perfilhos sob diferentes tratamentos..... | 37 |
| TABELA 5 - Número médio de perfilhos obtido sob diferentes tratamentos..... | 37 |
| TABELA 6 - Resumo da análise de variância do número médio de panículas sob diferentes tratamentos..... | 38 |
| TABELA 7 - Número médio de panículas obtido sob diferentes tratamentos..... | 38 |

| | |
|---|----|
| TABELA 8 - Resumo da análise de variância das produções médias de arroz em casca corrigida para 13% de umidade, sob diferentes tratamentos..... | 41 |
| TABELA 9 - Produção média de arroz obtida sob diferentes tratamentos..... | 41 |
| TABELA 10 - Resumo da análise de variância da porcentagem de esterilidade das espiguetas de arroz, sob diferentes tratamentos..... | 43 |
| TABELA 11 - Porcentagem média de esterilidade das espiguetas sob diferentes tratamentos..... | 43 |
| TABELA 12 - Resumo da análise de variância do peso médio de 100 grãos corrigido para umidade padrão (13%), sob diferentes tratamentos. | 44 |
| TABELA 13 - Peso médio de 100 grãos corrigido para umidade padrão (13%), sob diferentes tratamentos..... | 44 |
| TABELA 14 - Resumo da análise de variância do peso da matéria seca da parte aérea das plantas de arroz, sob diferentes tratamentos..... | 46 |

| | |
|---|----|
| TABELA 15 - Peso médio da matéria seca da parte aérea do arroz obtida na colheita, sob diferentes tratamentos..... | 46 |
| TABELA 16 - Resumo da análise de variância do peso seco da raiz das plantas de arroz, sob diferentes tratamentos..... | 47 |
| TABELA 17 - Peso médio seco da raiz de arroz, sob diferentes tratamentos..... | 47 |
| TABELA 18 - Peso médio fresco e seco da parte aérea e raízes do arroz obtido aos 150 dias sob diferentes tratamentos..... | 48 |

INDICE

| | Página |
|--|--------|
| AGRADECIMENTOS..... | v |
| RESUMO..... | vii |
| ABSTRACT..... | x |
| LISTA DE FIGURAS..... | xii |
| LISTA DE TABELAS..... | xiii |
| CAPITULO I - INTRODUÇÃO..... | 1 |
| CAPITULO II - REVISÃO DE LITERATURA..... | 4 |
| 1 - ORIGEM E CARACTERISTICA DOS SO- LOS SALINOS E SÓDICOS..... | 4 |
| 2 - RECUPERAÇÃO DE SOLOS SÓDICOS..... | 7 |
| 3 - O ARROZ COMO CULTURA TOLERANTE E RECUPERADORA DE SOLOS SALINOS E/OU SÓDICOS..... | 16 |
| CAPITULO III - MATERIAIS E METODOS..... | 21 |
| 1 - LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO..... | 21 |
| 2 - SOLO..... | 21 |
| 3 - DELINEAMENTO EXPERIMENTAL..... | 23 |
| 4 - CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO..... | 23 |

| | Página |
|---|--------|
| 5 - CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS ESTU- DADAS..... | 28 |
| 5.1 - Número de perfilhos e de panículas..... | 28 |
| 5.2 - Percentagem de esterilidade das espiguetas..... | 28 |
| 5.3 - Peso de 100 grãos..... | 28 |
| 5.4 - Peso da matéria seca da par- te aérea e raíz..... | 28 |
| 5.5 - Produção de grãos..... | 29 |
| 6 - ANÁLISE DE SOLO E ÁGUA..... | 29 |
| 7 - ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 29 |
| CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 31 |
| 1 - EFEITO DA APLICAÇÃO DOS CORRETI- VOS NAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO... | 31 |
| 2 - EFEITOS DA APLICAÇÃO DE DIFEREN- TES CORRETIVOS NO CRESCIMENTO, DE- SENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE AB- ROZ (<u>Oryza sativa</u> , L.) EM SOLO SO- DICO..... | 36 |
| 2.1 - Número de perfilhos e de panículas..... | 36 |
| 2.2 - Produção de arroz..... | 39 |

| | Página |
|---|--------|
| 2.3 - Percentagem de esterilidade das espiguetas..... | 39 |
| 2.4 - Peso médio de 100 grãos..... | 42 |
| 2.5 - Peso da matéria seca da parte aérea..... | 42 |
| 2.6 - Peso seco da raiz..... | 45 |
| 3 - EFEITO DO ARROZ (<u>Oryza sativa</u> , L.) NAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO..... | 49 |
| CAPÍTULO V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 52 |
| LITERATURA CITADA..... | 54 |

CAPITULO I

INTRODUÇÃO

O aumento constante da população mundial exige um incremento na produção agrícola, tanto em quantidade como em qualidade, para atender à crescente demanda de alimento e matéria prima. Portanto, há necessidade de se ampliar as áreas agrícolas principalmente em condições irrigadas nas regiões áridas e semi-áridas, que abrangem 55% da área continental do globo.

A salinidade e/ou sodicidade dos solos constitui-se num dos principais problemas da agricultura irrigada, principalmente em regiões áridas e semi-áridas. De acordo com estimativa de Kovda & Szabolcs (1979), 954 milhões de hectares são afetados por tais problemas no mundo, dos quais aproximadamente 4,5 milhões são localizados no Brasil.

O Nordeste do Brasil apresenta 52% de sua área classificada como semi-árida, o que levou à criação de diversos perímetros irrigados na região. Entretanto, na maioria desses perímetros, o uso indiscriminado de água associado às perdas excessivas por percolação e à falta de drenagem adequada, provocou elevação do lençol freático e consequentemente os problemas de salinidade e/ou sodicidade em níveis preocupantes. Em alguns deles, a sodicidade dos solos atingiu um índice tão elevado que a produção agrícola

foi drasticamente reduzida, provocando o abandono de diversas áreas anteriormente produtivas. Nesse sentido, Goes (1978), mostrou que os perímetros irrigados do Nordeste já apresentavam naquela época, cerca de 25% de suas áreas seriamente comprometidas por sais e sódio trocável e Cavalcante & Silveira (1983) estimam que desses 25%, cerca de 10% já foram completamente abandonadas, representando grandes prejuízos sócio-econômicos pois além de provocar migração das famílias dos colonos, a implantação de um projeto de irrigação requer maciças aplicações de capital.

Face à crescente necessidade de alimentos e devido aos problemas sociais e os investimentos neles envolvidos, a conservação desses solos tem uma importância muito grande para o governo. Urge-se portanto que sejam desenvolvidos estudos sobre a utilização e/ou recuperação dessas áreas.

Um dos maiores problemas dos solos com alta percentagem de sódio trocável (PST) é a baixa permeabilidade (Richards, 1954 e Pizarro, 1978), e esse problema pode ser solucionado com a utilização de corretivos químicos ou aplicação de grandes quantidades de matéria orgânica (FAO/UNESCO, 1973).

O tipo de corretivo, como também a quantidade a ser aplicada, dependem das características do solo, dos custos e da disponibilidade dos corretivos (Richards, 1954). Dentre os vários corretivos usados, o gesso tem apresentado os melhores resultados devido ao seu menor custo e fácil disponibilidade no mercado em relação a outros corretivos

tais como ácido sulfúrico, enxofre e cloreto de cálcio. Por outro lado, o esterco de gado tem mostrado resultados positivos na reutilização das terras abandonadas nos perímetros irrigados do Nordeste, embora necessite de mais tempo para correção do solo que a maioria dos corretivos (Ghegi et alii, 1987).

Os principais objetivos deste trabalho consistiram em estudar os efeitos de diferentes níveis de gesso e matéria orgânica, isolados e consorciados, na recuperação de um solo com problemas de sódio trocável, como também os seus efeitos posteriores no crescimento, desenvolvimento e produção de arroz (Oryza sativa, L.) irrigado.

CAPITULO II

REVISÃO DE LITERATURA

1 - ORIGEM E CARACTERISTICAS DOS SOLOS SALINOS E SÓDICOS

A ocorrência de solos afetados por sais é geralmente mais frequente nas regiões áridas e semi-áridas do mundo em locais onde há chuvas estacionais, drenagem restrita e lençol freático alto. Os sais solúveis do solo têm como origem, intemperismo dos minerais e rochas que constituem a crosta terrestre, embora, esse fator, por si só, não provoque salinização dos solos (Pizarro, 1978). Geralmente, esses sais são transportados pelas águas e depositados em depressões, onde, sob condições de alta temperatura, pouca precipitação pluviométrica e/ou drenagem restrita, concentram-se resultando em formação de solos salinos (FAO/UNESCO, 1973). No entanto, o problema da salinidade tem maior importância econômica e social, quando, em consequência de manejo inadequado da irrigação, um solo produtivo torna-se salino.

Estudos realizados por Ayers et alii (1960), na Espanha, mostraram que a água das chuvas e de irrigação, ao percolar através do solo, arrasta consigo os sais solúveis, e ao encontrar camadas horizontais de baixa permeabilidade, formadas pela acumulação dos carbonatos, sulfatos ou argila,

tende a mover-se lateralmente e a aflorar na superfície das encostas.

A passagem de água de chuva através do solo tem ação redutora do teor de sais, enquanto a evaporação e a transpiração têm ação concentradora de sais. Havendo predominância destes dois últimos fenômenos pode ocorrer a salinização do solo (Pizarro, 1978).

Varallyay & Szabolcs (1974), ressaltam a importância da água subterrânea, indicando que ela acumula os produtos solúveis de intemperização, provenientes de grandes áreas, em locais de terras baixas; transporta os sais solúveis do solo de camadas subsuperficiais, de depósitos geológicos e/ou camadas profundas do solo, para os horizontes superficiais e impede a lixiviação dos sais derivados dos locais de intemperização e/ou água de irrigação.

Segundo Barrios (1976), os fatores diretamente responsáveis pela salinização podem ser assim relacionados: (a) uso de água de irrigação com alta concentração salina; (b) excesso de água de irrigação, que eleva o nível de água do lençol freático, permitindo o acúmulo de sais na superfície do solo, em decorrência da evaporação; (c) falta ou deficiência de drenagem; (d) elevação do lençol freático em decorrência da perda de água por infiltração nos canais e reservatórios; (e) acumulação de água de irrigação nas partes mais baixas do terreno. Normalmente, a combinação de dois ou mais desses fatores é a causa da salinidade das áreas irrigadas.

No processo de acumulação e concentração de sais, como

consequência da evaporação, geralmente, o sódio se torna um dos principais cátions da solução do solo, face à precipitação do cálcio e do magnésio em forma de carbonatos e sulfato de cálcio (Richards, 1954). Sob a condição de predominância de sódio na solução do solo, o cálcio e o magnésio trocáveis podem ser substituídos pelo sódio, dando origem ao processo de sodificação do solo. O sódio trocável, a partir de certo limite, causa a dispersão das argilas. A argila dispersa pode se acumular em camadas inferiores formando um sub-horizonte denso que dificulta a drenagem (Pereira, 1977) ou formar crostas que impedem a emergência das plântulas (Pizarro, 1978 e Agassi et alii, 1981). Assim, os solos de textura fina são mais adversamente afetados pelo excesso de sódio trocável do que os solos de textura arenosa (Miljkovic et alii, 1959).

Richards (1954), classifica como solos sódicos, aqueles que apresentam percentagem de sódio trocável (PST) superior a 15%, condutividade elétrica do extrato de saturação inferior a 4 mmhos/cm a 25°C e pH maior que 8,5, enquanto Abrol et alii (1975) definem solos sódicos como sendo aqueles que se caracterizam pela presença de excessiva quantidade de sódio no complexo de troca. A abundância de sódio no complexo sortivo deve-se a dois fatores: o sódio liberado pelo intemperismo de certas rochas e a saturação progressiva do complexo, com sódio, a partir de solução salina predominantemente sódica. A presença de sódio em certas concentrações na fase líquida do solo não indica

necessariamente que haverá uma evolução no perfil até um solo sódico.

Segundo a FAO (1971), as causas da sodicidade de um solo são: a dessalinização do solo na presença de poucos cátions divalentes, a água subterrânea rica em Na_2CO_3 e NaHCO_3 , a redução de sulfato sob condições anaeróbicas e o intemperismo de silicatos alumino-sódicos.

Szabolcs & Lestak, (1966); Shainberg et alii, (1981) e Sandhu et alii, (1981), afirmam que o sódio trocável, reduz a permeabilidade do solo a quase zero, destrói a sua formação estrutural e aumenta a dispersão e a plasticidade das argilas.

2 - RECUPERAÇÃO DE SOLOS SÓDICOS

Os solos sódicos apresentam características físicas e químicas indesejáveis, em razão do excesso de sódio no complexo sortivo, o que influi no desenvolvimento das plantas. Geralmente, esses solos são férteis e podem ser recuperados para utilização agrícola.

Na recuperação de solos sódicos, o sódio adsorvido no complexo sortivo deve ser substituído por outro cátion, de preferência o cálcio, e posteriormente lixiviado, o que exige, geralmente, a adição de compostos químicos ao solo (Amemyia & Robinson, 1958). Segundo a FAO (1971), para a recuperação desses solos, faz-se necessário aumentar a permeabilidade através da adição de corretivos químicos, grandes quantidades de matéria orgânica ou tratamento

mecânico.

Segundo Loveday (1985), a recuperação de um solo sódico requer duas exigências sendo uma fonte de Ca para substituir o Na adsorvido e uma permeabilidade do solo suficiente para lixiviar os produtos da troca além da zona radicular. A manutenção de uma boa permeabilidade depende da concentração eletrolítica na água de percolação apropriada para o nível de sódio trocável no solo. Geralmente para manter a permeabilidade estável, alta PST é acompanhada por alta concentração eletrolítica (Quirk & Schofield, 1955).

De acordo com Richards (1954), os corretivos químicos mais usados para a substituição do sódio trocável podem ser agrupados da seguinte forma:

- Sais solúveis de cálcio: cloreto de cálcio e gesso.
- Ácidos ou formadores de ácidos: enxofre, ácido sulfúrico, sulfato de ferro, sulfato de alumínio e cal-enxofre.
- Carbonato de cálcio e sub-produto de usinas de açúcar.

Para a escolha do corretivo a ser utilizado, diversos aspectos podem ser observados, tais como, disponibilidade e custo do corretivo, características do solo a ser recuperado, características do corretivo e rapidez com que se deseja recuperar o solo (FAO/UNESCO, 1973).

A utilização de alguns corretivos pode ser limitada dependendo das características do solo a ser melhorado. Os ácidos e formadores de ácidos, quando aplicados em solos

sódicos que não contêm carbonatos de metais alcalino-terrosos, tendem a acidificá-los. Estes corretivos são utilizados apenas em solos sódicos que contêm carbonatos alcalino-terrosos, especialmente carbonato de cálcio. Nestas condições, o ácido sulfúrico é um dos corretivos químicos mais eficientes e de ação muito rápida (Pizarro, 1978). A cal moída, por sua vez, apresenta limitações, devido à sua baixa solubilidade em água, e, quando usada em solos de pH elevado, tem efeito praticamente nulo, sendo o uso deste corretivo restrito à recuperação dos solos sódicos degradados ($\text{pH} < 6,0$). O cloreto de cálcio é reconhecidamente o mais eficiente fonte de cálcio solúvel. Porém, devido ao alto custo, seu emprego na recuperação dos solos é limitada (Richards, 1954; Daker, 1973).

Dentre os corretivos químicos, o gesso é o mais utilizado devido ao seu baixo custo, disponibilidade no mercado e por ser de fácil manuseio (Pizarro, 1978; Abdel Salam, 1983; Loveday, 1985). A grande limitação do gesso é a baixa solubilidade que em condições normais de temperatura é de aproximadamente 2 g/l, porém, quando íons de sódio e cloreto estão presentes na água, esta solubilidade aumenta consideravelmente. A eficiência do gesso depende de sua granulometria. Os melhores resultados têm sido obtidos com partículas de até 2,0 mm de tamanho. A aplicação de lâmina entre 90 e 120 cm de água é suficiente para dissolver de 10 a 12 t/ha de gesso agrícola, quando 85% do corretivo passa por peneira de 2,0 mm (Pizarro, 1978). Segundo Loveday (1985), a dissolução do gesso é influenciada pelo tamanho de

sua partícula, velocidade de água corrente, profundidade da incorporação no solo e composição de outros sais solúveis presentes no solo.

O gesso, uma vez dissolvido, proporciona um nível eletrolítico na solução do solo capaz de manter permeabilidade suficiente para permitir a entrada de água através do perfil do solo e, ao mesmo tempo, fornecer o Ca para a troca com o Na adsorvido no complexo do solo. A concentração potencial de eletrólitos atingível com a solução saturada de gesso no solo, estende-se de 15 a 133 mol/m^3 (30-266 meq/l) enquanto a PST varia de 0 a 40 (Oster, 1982).

Kelley (1951), aplicando ao solo, gesso em dosagem de 24, 29 e 36 t/ha respectivamente, após três semanas contínuas de inundação, observou uma redução considerável na PST do solo.

Loveday (1976), estudando a aplicação de gesso triturado, na dosagem de 12,5 t/ha em solo sódico, nas camadas de 0-15 e 0-45 cm de profundidade, concluiu que num período de 3 anos de tratamento o solo foi quimicamente recuperado.

Pereira & Silva (1977), trabalhando em solo salino-sódico com aplicação de vários níveis de gesso, constataram efeitos expressivos do gesso na redução de pH, condutividade elétrica e PST. Khosla & Abrol (1972) relatam que além dessas vantagens, o gesso proporcionou sensível melhoria na capacidade de infiltração de água, espaço poroso e condutividade hidráulica de um solo salino sódico.

Utilizando-se argila sódica com um lençol de água muito profundo, McIntyre et alii (1982) encontraram que sem aplicação de gesso no reservatório, em 379 dias foram infiltrados apenas 292 mm, enquanto com a aplicação de 10 t/ha de gesso, em 145 dias foram infiltrados 605 mm. Os dados deste experimento demonstram claramente a presença de uma região de baixa condutividade hidráulica na parte superior de perfil, que foi melhorada pela adição de gesso. Houve lixiviação de cloreto até às profundidades de 1 m, na ausência de gesso e até 2,8 m na presença de gesso a partir das quais verificou-se acumulação. Semelhante aumento na lixiviação de sais solúveis, resultado do aumento de drenagem depois da aplicação de gesso, tem sido documentado em muitas ocasiões. O resultado esperado destes efeitos no solo é melhorar o rendimento das culturas e dos pastos. Frequentemente este resultado tem sido obtido (Sims & Rooney, 1965; Myers & Squires, 1970; Doyle et alii, 1979).

Sharma et alii (1975), estudando recuperação de solo sódico (pH 8,4 e PST igual a 25) com diferentes doses de gesso e pelo cultivo de arroz (Oryza sativa L.) irrigado, observaram um aumento na condutividade hidráulica do solo de 0,12 para 0,27 cm/h; melhoria na estrutura do solo, diminuição no pH e PST, aumento da produção de grão e da percentagem de fósforo, cálcio e magnésio no grão e na palha do arroz com os níveis crescentes de gesso.

Gheyi et alii (1982), estudando o comportamento de diferentes cultivares de arroz em solo salino-sódico do

Perímetro Irrigado de São Gonçalo, com aplicação de 40t/ha de gesso, observaram produtividade de arroz entre 1,62 e 6,12 t/ha, dependendo da cultivar, mostrando assim, a possibilidade de implantação da cultura do arroz em áreas atualmente abandonadas devido ao excesso de sais solúveis e/ou sódio trocável.

Luz (1983), aplicando os níveis de 30 e 60 t/ha de gesso e 10 t/ha de matéria orgânica em solo salino sódico sob cultivo de arroz, observou que os tratamentos com gesso promoveram considerável redução da PST e do pH do solo, na camada de 0-30 cm.

Cleis (1986), estudando o crescimento e desenvolvimento de arroz em solo salino-sódico, observou que a produção foi influenciada significativamente pelo uso de gesso e pelos tratamentos com águas salinas e diluições sucessivas, que o uso limitado de águas salinas proporcionou um aumento expressivo na permeabilidade do solo e que a incorporação de gesso favoreceu ainda mais esse processo, inclusive no tratamento com água de saneamento.

A quantidade de gesso a ser utilizada em solos com problemas de sódio, depende de diversos fatores como, capacidade de troca de cátions do solo, PST, nível de substituição de sódio e profundidade do solo a ser recuperado, podendo ser determinado através de métodos de laboratório, tabelas, fórmulas e gráficos (Richards, 1954 e Awad & Abbot, 1976). A eficiência da troca de Na adsorvido pelo Ca, varia com a PST, sendo tanto maior, quanto maior

for esta percentagem, conforme velocidade de reação química (Chaudhry & Warkentin, 1968). A remoção do sódio quando a PST está em torno de 10 é lenta, e parte do cálcio aplicado remove o magnésio trocável de modo que a eficiência talvez decline em torno de 30% (Loveday, 1976). A eficiência também deve ser baixa (20-40%) em solos de textura fina, devido à lentidão da troca de sódio dentro dos elementos estruturais (Manin et alii, 1982). O gesso deve ser aplicado uniformemente ao solo, podendo ser distribuído a lanço, incorporado ao solo através de aração ou gradagem e ainda em forma de solução na água de irrigação (Richards, 1954). Apesar da incorporação do corretivo, a concentração da solução do solo permanece relativamente baixa e, conseqüentemente, a velocidade de infiltração da água é muito baixa, o que atrasa o processo de recuperação.

O uso de água com elevada concentração eletrolítica e diluições sucessivas, tem merecido estudos no processo de recuperação dos solos sódicos, nas quais a baixa permeabilidade é o maior problema. A lavagem desses solos pode ser facilitada ou iniciada com água de alta concentração eletrolítica, pois os sais agindo como flocculantes aumentam a permeabilidade do solo (Reeve & Bower, 1960). Além disso, os cátions divalentes presentes nas águas de alta concentração eletrolítica ocupam o lugar do sódio no complexo sortivo do solo.

Mohite & Shingte (1981 a), estudaram em laboratório a recuperação de solos sódico e salino-sódico, com PST

respectivamente igual a 25 e 40, utilizando águas salinas e suas diluições sucessivas, conseguiram reduzir a PST abaixo de 2 em ambos os solos.

Estudando em laboratório, os efeitos de vários corretivos nas propriedades físicas e químicas de solo salino sódico do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Azevedo (1983), observou que os tratamentos de águas salinas com diluições sucessivas resultaram em uma redução maior e mais uniforme da PST no solo, proporcionando maior influência no aumento da condutividade hidráulica do solo, em relação aos outros tratamentos estudados.

A adição da matéria orgânica em suas diversas formas também tem sido estudada, visando-se a recuperação e/ou utilização econômica de solos agrícolas com problemas de sais e sódio trocável. Campbell & Richards e Fireman & Blain, citados por Richards (1954), encontraram solos orgânicos mesmo com quantidade apreciável de sódio trocável, apresentando boas condições físicas, o que motivou investigações de outros pesquisadores, os quais demonstraram o efeito benéfico da aplicação da matéria orgânica em solos com problemas de sódio.

Vários pesquisadores (Reitemeier et alii, 1948; Puntankar et alii, 1972; Puttaswamygowda et alii, 1973) têm realizado estudos no sentido de comparar os efeitos da aplicação das diversas formas de matéria orgânica com outros corretivos. Weber & Van Rooyen (1971) encontraram que a aplicação de 44 t/ha de farinha de melão (equivalente a 1% do peso do solo a 30 cm de profundidade) promoveu melhores

condições físicas do que outros corretivos incluindo o gesso.

De acordo com Malavolta (1976) e Brady (1979), a matéria orgânica exerce uma notada influência nas características físicas e químicas do solo, principalmente no que se refere à capacidade de troca de cátions e estabilidade dos agregados, o que justifica o estudo no sentido de seu aproveitamento na recuperação de solos com problemas de sódio.

Segundo Puttaswamygowda & Pratt (1973) e Singh et alii (1981), o processo de recuperação de solos afetados por sais utilizando certos materiais orgânicos, como melhorador químico, envolve diversos mecanismos entre os quais a decomposição da matéria orgânica por microorganismos e a liberação de sais, CO_2 e certos ácidos orgânicos; a diminuição do pH com solubilização de CaCO_3 e outros minerais, aumentando a concentração eletrolítica; substituição do sódio trocável pelo cálcio e magnésio.

Dhawan et alii, citado por Dhawan & Mahajan (1968), constataram efeito benéfico da aplicação do esterco de curral, *Sesbânea aculeata* e *Imponea grandi-flora* nos solos salinos e sódicos.

Puttaswamygowda et alii (1973), estudando o efeito de matéria orgânica sob as formas de palha de aveia, esterco de curral e subprodutos de usina na recuperação de solos afetados por sais, verificaram que o esterco de curral apresentou melhores resultados.

Mohite & Shingte (1981 b), estudando no laboratório o efeito de diferentes tratamentos de esterco de curral (2 níveis) e gesso (3 níveis) seguido de lavagem com água de alta concentração salina, constataram que não houve diferença significativa entre os tratamentos na recuperação do solo. Ainda verificaram efeito significativo dos tratamentos combinados (gesso + esterco de curral) no peso de matéria seca de milho aos 60 dias após plantio em solos recuperados com esses tratamentos. No entanto, os diferentes níveis de gesso não mostraram diferenças entre si.

Luz (1983), estudando a influência do uso de gesso (30 e 60 t/ha) e matéria orgânica (10 t/ha) no desenvolvimento e produção de diferentes cultivares de arroz em solo salino-sódico, constatou maior altura de planta para o tratamento de matéria orgânica, não tendo detectado diferenças significativas para o rendimento entre esses tratamentos.

Cleis (1986), estudando o crescimento e desenvolvimento de arroz em solo salino-sódico, observou que o maior número médio de panículas por planta foi obtido no tratamento de gesso + matéria orgânica, tendo superado os tratamentos isolados de gesso e matéria orgânica em cerca de 13,4%.

3 - O ARROZ COMO CULTURA TOLERANTE E RECUPERADORA DE SOLOS SALINOS E/OU SÓDICOS

Há evidências de que o acúmulo de sais no substrato do solo inibe o crescimento das plantas, devido ao aumento da

pressão osmótica da solução do solo ao redor das raízes dificultando a absorção da água, ou como consequência específica da toxicidade provocada por certos íons (Russell & Russell, 1973). Para eles, os sais mais importantes são os carbonatos de sódio e os boratos solúveis. O carbonato de sódio é o mais nocivo, pela elevação do pH que acarreta, resultando em baixa disponibilidade da maioria dos nutrientes, tais como fósforo, ferro, zinco e manganês. Por outro lado, o solo tende a tornar-se impermeável com pobre aeração e endurecido, dificultando a penetração das raízes das culturas.

A recuperação de solos com problemas de sais, principalmente aqueles com elevado teor de sódio trocável é demorada e onerosa. Por este motivo, objetivando baratear os custos da recuperação é de fundamental importância selecionar culturas que permitam a utilização dos solos durante o período de recuperação (Millar et alii, 1978).

O arroz apresenta moderada tolerância aos sais (Richards, 1954; Maas & Hoffman, 1977) e alta tolerância ao sódio trocável (Allison, 1964; Bhumbra & Abrol, 1978). Por estas características, seu cultivo é dos mais utilizados durante o período de recuperação dos solos salinos e sódicos.

A duração total do período vegetativo de arroz é muito variável, dependendo da variedade de arroz e das condições do clima e do solo, podendo fixar-se entre os 80 e 220 dias (Vianna & Silva, 1969)

Segundo Vergara (1975), o ciclo biológica do arroz é dividido em três fases principais, cada uma com suas etapas características, a saber:

- fase vegetativa: que compreende do período da germinação da semente até o começo da formação da panícula. Inclui as etapas de plântula, transplante e de perfilhamento.
- Fase reprodutiva: que abrange o período da formação da panícula até a floração. Inclui as etapas de formação da panícula, alongamento dos entrenós e panículas, emborrachamento e espigamento, e floração.
- Fase de maturação: compreendendo o período da floração até a maturação completá.

A tolerância do arroz à salinidade varia durante as diferentes fases de desenvolvimento. Durante a germinação as plantas são tolerantes, mas as plantas jovens são sensíveis até cerca de 4 semanas. Na fase de transplante há um aumento na susceptibilidade. No período de perfilhamento, há novamente um aumento de tolerância aos sais, mas as plantas voltam a ser sensíveis durante a floração e a tolerância aumenta novamente durante o período de maturação (Pearson & Ayres, 1960 citados por Moorman & Breemen, 1978).

Vários trabalhos têm demonstrado que a cultura do arroz proporciona efeitos benéficos sobre as propriedades químicas e físicas dos solos com problema de salinidade e/ou sodicidade. Esse efeito sobre a diminuição do sódio trocável no solo não é apenas devido à reação do CO₂, produzido pelas

raízes, com solubilização do CaCO_3 , mas, principalmente, à sua assimilação pela planta e ao fato de as raízes promoverem melhor permeabilidade do solo, permitindo maior lixiviação dos sais (Boertzen & Bower, 1958; McNeal et alii, 1966).

Estudando o efeito da cultura do arroz em solos sódicos, Chabra & Abrol (1977), concluíram que embora as raízes do arroz tenham favorecido o aumento da permeabilidade do solo, a quantidade de sódio lixiviado não dependeu da quantidade de água que passou através do solo a não ser que primeiro o sódio tenha sido trocado por cálcio. Afirmaram também, que o cultivo do arroz resultou em grande remoção do sódio trocável pela mobilização de CaCO_3 insolúvel existente, devido ao incremento na hidrólise e liberação do CO_2 pelas raízes das plantas. Portanto, o efeito recuperador do arroz foi também de natureza bioquímica e não somente mecânica aumentando a permeabilidade.

Luz (1983), estudando a influência do uso do gesso e matéria orgânica no desenvolvimento e produção de diversas cultivares de arroz, constatou que, em todos os tratamentos, a cultivar BR-IRGA-409 comportou-se bem e que na testemunha, sua produtividade foi superior às IR-2053, IR-2058 e Pokkali, apresentando portanto uma maior tolerância à salinidade e sodicidade.

Azevedo (1983), estudando a influência de vários corretivos nas propriedades físico-químicas de um solo

salino-sódico e seus efeitos na cultura do arroz irrigado, constatou que o arroz promoveu uma redução da PST na testemunha (sem corretivo), principalmente na camada de 0-10 cm.

CAPITULO III

MATERIAIS E METODOS

1 - LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O presente trabalho foi desenvolvido no período de outubro de 1988 a março de 1989 em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba em Campina Grande - Pb.

2 - SOLO

O solo utilizado no estudo foi coletado no setor 10 do Perímetro Irrigado de São Gonçalo administrado pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), localizado no município de Sousa - Pb. As características físicas e químicas do solo são apresentadas na Tabela 1. De acordo com a classificação do Laboratório de Salinidade dos E.U.A. (Richards, 1954), o solo utilizado, pertence à classe de solos sódicos.

TABELA 1 - Características físicas e químicas do solo utilizado
no experimento

| CARACTERÍSTICAS | UNIDADES | VALORES |
|---|--------------------------|------------|
| GRANULOMETRIA | % | |
| -Areia | | 40,20 |
| -Silte | | 32,66 |
| -Argila | | 27,14 |
| -Classificação Textural | --- | F.Argiloso |
| DENSIDADE | g/cm ³ | |
| -Real | | 2,54 |
| -Aparente | | 1,47 |
| -Espaço Poroso | % | 42,12 |
| CONSTANTES HIDRICAS | % w/w | |
| -Capacidade de Campo | | 23,50 |
| -Ponto de Murchamento | | 11,21 |
| -Porcentagem de Saturação | | 41,00 |
| pH da Pasta de Saturação | --- | 9,8 |
| Carbonato de Cálcio Qualitativo | | Pres. |
| ANALISE DO EXTRATO DE SATURAÇÃO: | | |
| -Condutividade Elétrica a 25° C | dS/m | 1,92 |
| CATIONS SOLÚVEIS | meq/l | |
| -Cálcio + Magnésio | | 3,00 |
| -Sódio | | 22,90 |
| -Potássio | | 0,12 |
| ANIONS SOLÚVEIS | meq/l | |
| -Cloretos | | 3,00 |
| -Carbonatos | | baixo |
| -Bicarbonatos | | 14,80 |
| -Sulfato | Qualitativo | Aus. |
| -Relação de Adsorção de Sódio | (m mol/l) ^{1/2} | 18,70 |
| CATIONS TROCAVEIS | meq/100g | |
| -Cálcio + Magnésio | | 3,08 |
| -Sódio | | 9,92 |
| -Potássio | | 0,20 |
| -Porcentagem de Sódio Trocável (PST) | % | 75,15 |

3 - DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, consistindo em seis tratamentos com três repetições. Os tratamentos estudados foram discriminados como seguem:

T₁ - Solo sem corretivo (testemunha)

T₂ - 0 Esterco equivalente a 29,4 t/ha (1% do peso do solo a 20cm de profundidade)

T₃ - 100% de necessidades de gesso equivalente a 23 t/ha (20cm de profundidade)

T₄ - 75% de necessidades de gesso + 25% de esterco usado no T₂

T₅ - 50% de necessidades de gesso + 50% de esterco usado no T₂

T₆ - 25% de necessidades de gesso + 75% de esterco usado no T₂

4 - CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O solo foi coletado numa profundidade de 0-30 cm. Após seco ao ar, destorroado e passado em peneira com abertura de 2 mm, foi homogeneizado e distribuído em 18 vasos plásticos de 10 l de capacidade. Antecipadamente, cada vaso foi lixado internamente com o objetivo de promover melhor aderência do solo às suas paredes, evitando escorrimento da água de irrigação. Na parte inferior dos vasos se adaptou um tubo plástico de 2 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento, para a drenagem. Para impedir a passagem de partículas de se

lo através do dreno, foi colocada uma tela de nylon de 1 mm de malha. Para evitar o acúmulo de água, foi colocado no fundo do vaso, uma camada de 3 cm de pedra britada.

Os vasos foram numerados e distribuídos aleatoriamente, através de sorteio, nas bancadas de cimento. Para receber o material drenado, colocou-se abaixo de cada vaso, um recipiente de vidro (Figura 1).

Foram colocados em cada vaso, 7 kg de solo, compactado de modo a ficar com a mesma densidade do solo original (1,47 g/cm³).

Os vasos, uma vez distribuídos aleatoriamente nos vários tratamentos, receberam as respectivas doses dos corretivos e em seguida, o sistema de irrigação foi ligado de acordo com a Figura 1, usando-se água do saneamento, cuja composição química está apresentada na Tabela 2, mantendo-se uma lâmina constante de 5 cm. A solução drenada foi coletada diariamente em horário fixo, sendo o seu volume medido e o teor de sódio analisado. Continuou-se a lavagem do solo por um período de 50 dias.

Após o período de lavagem, o sistema de abastecimento foi desligado e deixou-se toda água percolar. O tubo que serviu de dreno, foi vedado com tampa de vidro.

Realizou-se a coleta do solo em cada balde, determinando-se as características tais como o pH, condutividade elétrica do extrato de saturação e a PST antes do plantio.

Separadamente, no dia 2 de dezembro de 1988, plantaram-se as sementes de arroz, cultivar BR-IRGA-409 em

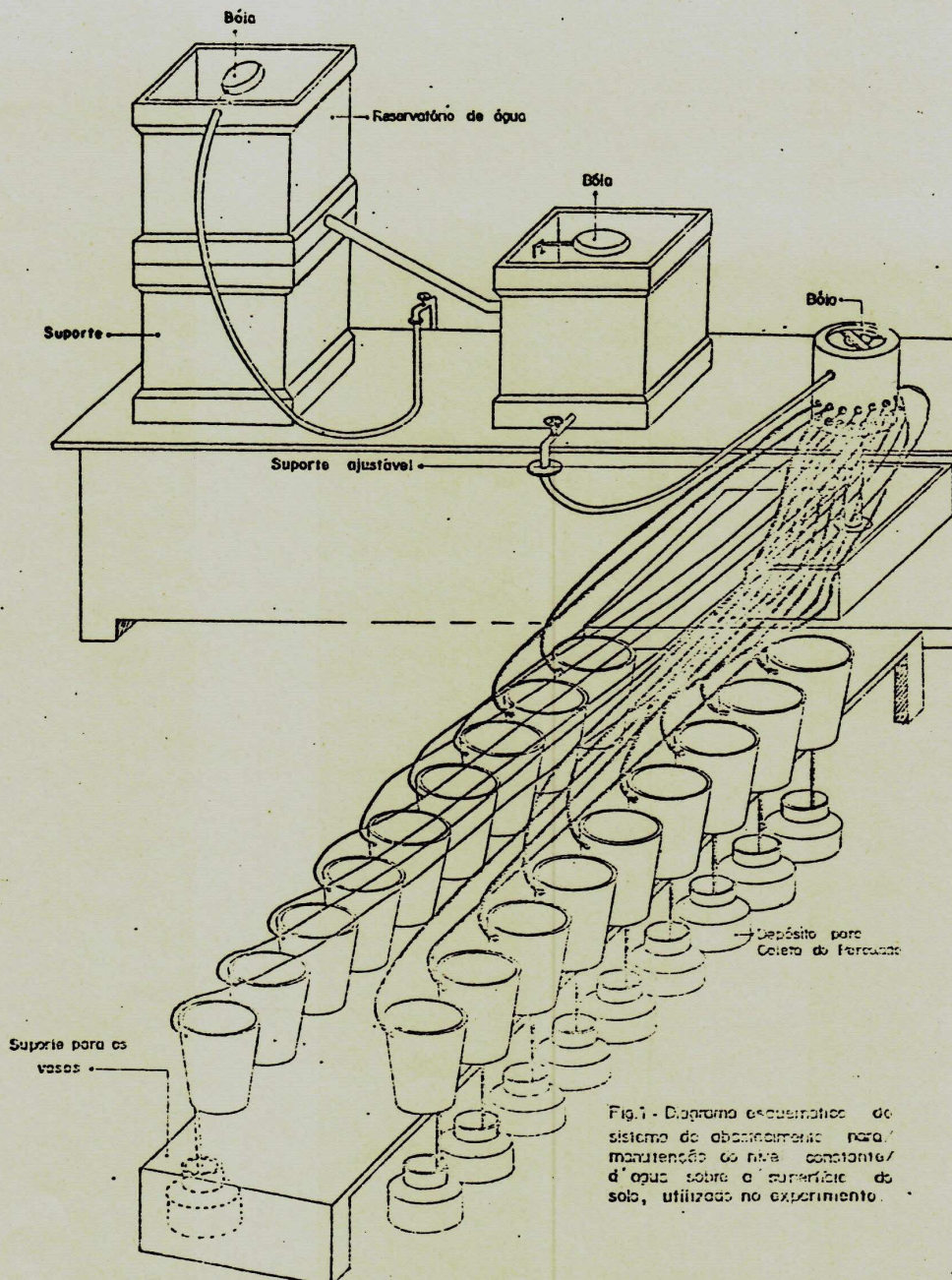


Fig. 1 - Diagrama esquemático do sistema de abastecimento para manutenção do nível constante d'água sobre a superfície do solo, utilizado no experimento.

TABELA 2 - Composição química da água de saneamento utilizada no experimento.

| CARACTERÍSTICAS | UNIDADES | VALORES |
|--|------------------|----------|
| -Condutividade elétrica | dS/m | 0,94 |
| -pH | - | 8,0 |
| -Cloretos (Cl^-) | meq/l | 7,17 |
| -Carbonatos (CO_3^{2-}) | | 0,24 |
| -Bicarbonatos (HCO_3^-) | | 2,40 |
| -Cálcio + Magnésio ($Ca^{++} + Mg^{++}$) | | 3,55 |
| -Sódio (Na^+) | | 6,60 |
| -Potássio (K^+) | | 0,11 |
| -Relação de Adsorção de Sódio (RAS) | $(mmol/l)^{1/2}$ | 4,70 |
| -Sulfato qualitativo | - | presente |

Classificação segundo Richards (1954), C_3S_2

caixa de madeira contendo solo normal e esterco de curral. Vinte dias após a germinação, foi feito o transplante, colocando-se 5 plantas por vaso. Após 15 dias, realizou-se o desbaste, deixando-se apenas 3 plantas por vaso. A partir de então, foi mantida uma lâmina constante de 5 cm em todos os tratamentos. A irrigação foi suspensa três semanas após a floração média em cada vaso, de acordo com a recomendação de Stone et alii (1980).

Seguindo a recomendação de Fageria et alii (1982), utilizou-se NPK na proporção de 5,70 - 1,27 - 0,95 g/vaso, tendo como fontes, sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio respectivamente. Foi feita adubação de fundação colocando-se o total de fósforo e potássio e 1/3 de nitrogênio, ficando o restante deste último para adubação de cobertura aos 30 e 60 dias após o plantio, em quantidades iguais. Aos 40 e 50 dias após o plantio, as plantas apresentaram características de deficiência de ferro, o que foi corrigido pela aplicação(2) de sulfato ferroso, na dosagem de 0,024 g por vaso e por aplicação. (Galvão & Mesquita Filho, 1981).

O desenvolvimento do arroz foi acompanhado durante todo o ciclo da cultura, e aos 125 dias após a semeadura, quando mais de 90% dos grãos em cada vaso apresentaram-se secos, foi feita a colheita.

No término do trabalho, após a colheita das panículas, da parte aérea e raiz do arroz, o solo foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de 2 mm e posteriormente

analisado, determinando-se pH, condutividade elétrica do extrato de saturação e PST.

5 - CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS ESTUDADAS.

5.1 - Número de perfilhos e de panículas.

O número total de perfilhos e de panículas por vaso foi obtido a partir da contagem dos mesmos, por ocasião da colheita, em cada vaso.

5.2 - Percentagem de esterilidade das espiguetas

Determinada através da contagem do número de grãos cheios e secos em cada vaso, e com a utilização da seguinte fórmula:

$$\% \text{ de Esterilidade} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de grãos secos}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de grãos}} \times 100$$

5.3 - Peso de 100 grãos

Obtido a partir de três amostras de 100 grãos em casca escolhidos ao acaso em cada repetição, sendo os resultados ajustados para a umidade padrão de 13%.

5.4 - Peso da matéria seca da parte aérea e raiz.

Após a colheita das panículas, coletou-se de cada vaso, toda a parte aérea e raiz das plantas, que após lavagem com água de saneamento e posteriormente com água

destilada, foram colocadas para secar em estufa a 60°C por 72 horas, e pesadas em balança com precisão de 0,01g.

5.5 - Produção de grãos

Determinada em função do peso de grãos em casca por vaso, após a secagem a uma temperatura de 105°C, durante 36 horas e peso ajustado para umidade padrão (13%).

6 - ANALISE DO SOLO E AGUA

A textura do solo foi determinada através do hidrômetro (Day, 1965), enquanto as densidades real e global foram determinadas, respectivamente pelos métodos do picnômetro (Forsythe, 1971) e da proveta, (EMBRAPA 1979). A capacidade de campo foi obtida indiretamente através da umidade equivalente determinada pelo método da centrifugação (Daker, 1973), e a umidade de murchamento através da membrana de pressão (Richards, 1954). As análises de água e extrato de saturação seguiram as recomendações de Richards (1954).

7 - ANALISE ESTATISTICA

Para análise estatística das várias observações (número de perfilhos, panículas e espiguetas; produção, peso de 100 grãos, percentagem de esterilidade das panículas e peso da matéria seca da parte aérea e raiz), foi

utilizado o teste F para as análises de variâncias e o de Tukey para a comparação dos contrastes entre as médias.

CAPITULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1 - EFEITO DA APLICAÇÃO DOS CORRETIVOS NAS CARACTERISTICAS DO SOLO

Os volumes de água percolados bem como as quantidades de sódio lixiviado nos diferentes tratamentos estão apresentados na Figura 2 A e B. Observa-se que os tratamentos que receberam pelo menos 50% da necessidade de gesso (T_3 , T_4 e T_5) mostraram os mesmos volumes totais acumulados aos 50 dias (em média 5,0 l), cujos valores são de aproximadamente 2 vezes em relação aos tratamentos T_1 e T_2 que receberam uma proporção elevada de esterco de curral (pelo menos 75%). Por outro lado, para a testemunha a percolação começou quase no final do período e foi apenas de 0,480 l. Quanto ao sódio lixiviado, verificou-se entre os tratamentos um comportamento semelhante ao volume de água percolado. Os tratamentos T_3 , T_4 e T_5 apresentaram em média 2 vezes mais sódio lixiviado em relação aos T_1 e T_2 . Outro aspecto importante a notar é que nesses primeiros tratamentos a percolação e conseqüentemente a lixiviação do sódio, tiveram seu início no 1º dia de lavagem do solo, enquanto que nos tratamentos T_1 e T_2 esse início foi no 10º e 20º dia respectivamente. A comparação entre os tratamentos revela

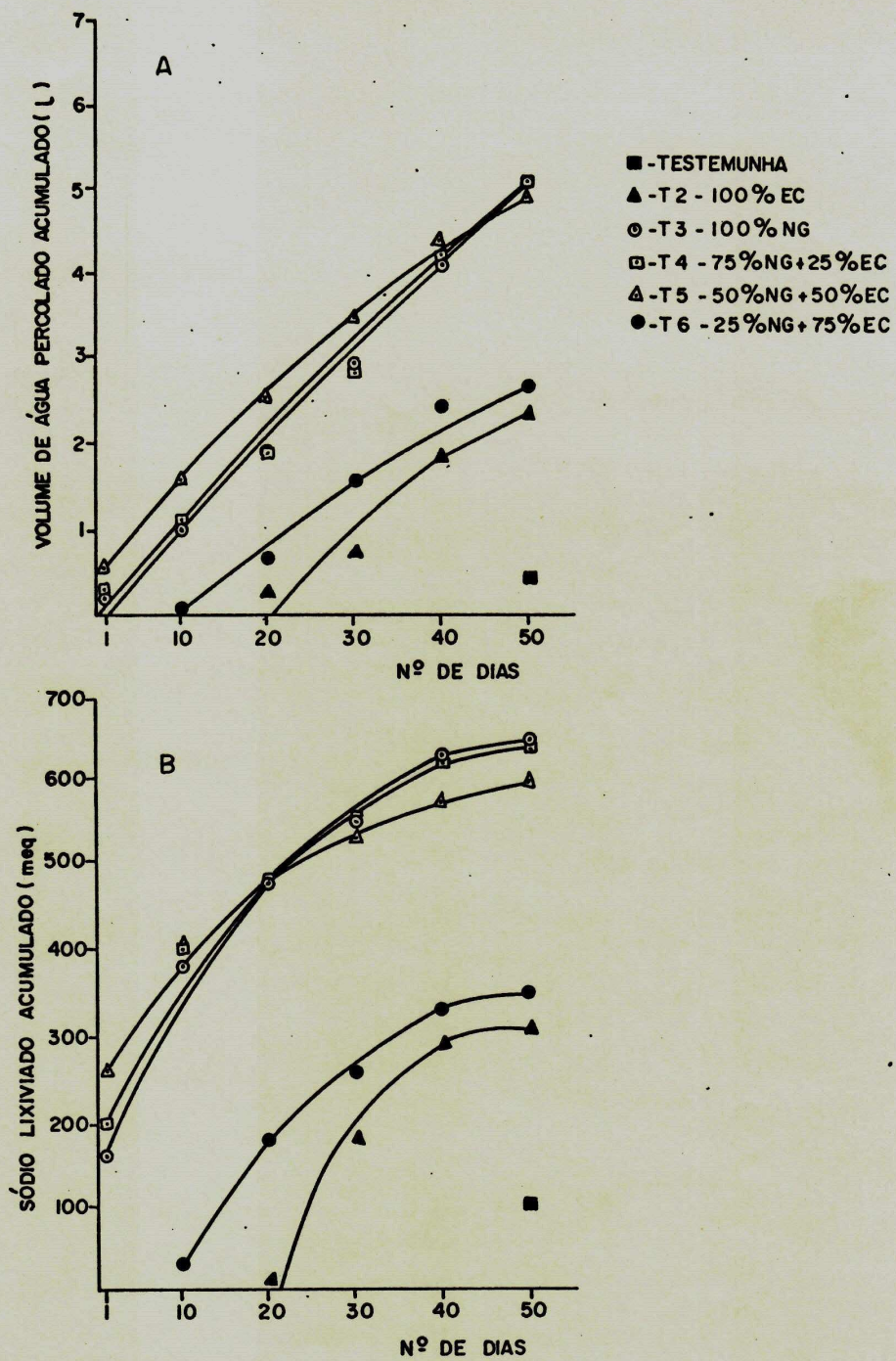


FIG. 2 - Volume de água percolado (A) e quantidade de sódio lixiviado (B) em função do nº de dias de lavagem do solo.

que no início da percolação (primeiros 20 dias) o tratamento com 100% da necessidade de gesso (T_3) apresentou uma quantidade de sódio lixiviado menor que os tratamentos com 50 e 75% da necessidade de gesso. Esses resultados podem ser explicados levando-se em consideração os volumes de água percolados nos respectivos tratamentos. Os tratamentos T_4 e T_5 , nos quais foi incorporado 25 e 50% de esterco de curral respectivamente, tiveram no início uma percolação maior em relação ao T_3 com 100% de gesso, devido à incorporação da matéria orgânica (ação física), no entanto, esses tratamentos apresentaram volumes percolados maiores que os tratamentos T_2 e T_4 que receberam ainda maior proporção de esterco de curral. Esses resultados levam a concluir que a permeabilidade do solo é uma função tanto da ação física (esterco de curral) como da ação química (diminuição do sódio trocável).

Verifica-se através dos resultados da análise do solo (Tabela 3), após 50 dias do experimento, que o abaixamento da PST foi maior (em valores absolutos) nos tratamentos que receberam maior quantidade de gesso. No entanto as diferenças não foram marcantes entre os tratamentos T_3 , T_4 e T_5 . Os resultados obtidos ressaltam o efeito positivo da interação gesso/matéria orgânica no abaixamento da PST do solo. Nos tratamentos com pelo menos 50% da necessidade de gesso, os valores de PST foram reduzidos aos níveis de 19 - 25%, os quais permitem o cultivo das culturas de tolerância moderada à sodicidade (Pizarro, 1978), enquanto nos tratamentos T_2 e T_4 que receberam maior proporção de esterco

TABELA 3 - VALORES MÉDIOS DE PERCENTAGEM DE SÓDIO TROCÁVEL (PST), CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO DE SATURAÇÃO (CEes) E PH DO SOLO OBTIDOS NO INÍCIO, ANTES DO PLANTIO E FINAL DO EXPERIMENTO, SOB OS DIFERENTES TRATAMENTOS.

| CARACTERÍSTICAS | TESTE MUNHA | 100% DE ESTERCO | 100% DE GESSO | 75% GESSO + 25% ESTERCO | 50% GESSO + 50% ESTERCO | 25% GESSO + 75% ESTERCO |
|---------------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| INÍCIO | | | | | | |
| -PST | 75,15 | 75,15 | 75,15 | 75,15 | 75,15 | 75,15 |
| -CEes | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 1,92 |
| -PH | 9,8 | 9,8 | 9,8 | 9,8 | 9,8 | 9,8 |
| ANTES DO PLANTIO * | | | | | | |
| -PST | 72,20 | 51,28 | 19,01 | 20,95 | 25,81 | 46,46 |
| -CEes | 5,10 | 3,35 | 6,50 | 6,00 | 5,50 | 4,25 |
| -PH | 9,11 | 8,20 | 8,00 | 7,86 | 7,94 | 8,25 |
| FINAL | | | | | | |
| -PST | 56,68 | 33,38 | 14,84 | 16,09 | 17,31 | 31,16 |
| -CEes | 5,98 | 7,90 | 9,90 | 9,40 | 9,40 | 7,20 |
| -PH | 8,98 | 7,35 | 7,90 | 7,76 | 7,67 | 7,62 |

* - Após a lavagem do solo

de curral, o abaixamento foi ao nível de 51 e 46% respectivamente, ainda notadamente superior à testemunha, 72,20%. Convém ressaltar, que embora tenha sido utilizado gesso para o abaixamento da PST a zero (tratamento T₃), provavelmente devido às impurezas, perda de gesso por lixiviação e parte do gesso não solubilizado, não houve uma substituição total do sódio.

Os valores de PST do solo após 50 dias, podem ser também obtidos indiretamente, considerando-se o sódio lixiviado e o sódio originalmente presente no solo. Os cálculos indicam PST equivalentes a 71,14; 50,17; 16,59; 17,72; 21,74 e 45,37 para os tratamentos T₁ a T₆ respectivamente, que concordam com os obtidos através da análise do solo, mostrando uma coerência entre as duas metodologias utilizadas.

O decréscimo acentuado da PST do solo em todos os tratamentos à exceção da testemunha, deveu-se ao aumento da relação Ca⁺⁺: Na⁺, provocado pelo gesso aplicado no solo e pelo cálcio existente no esterco de curral ou na água utilizada para lavagem.

Quanto aos resultados da CEEs, nota-se que houve um aumento em todos os tratamentos (Tabela 3) sendo que para os tratamentos com maiores quantidades de gesso, esse aumento foi devido ao gesso residual (não solubilizado) enquanto para os outros tratamentos principalmente a testemunha esse aumento foi provocado pela evaporação da água utilizada na lavagem do solo, de condutividade elétrica relativamente alta (0,94 dS/m).

Observa-se que todos os tratamentos apresentaram um abaixamento no valor de pH do solo (Tabela 3) sendo que, diminuições maiores ocorreram nos tratamentos que receberam maior quantidade de gesso, como uma consequência do maior abaixamento da PST (Richards, 1954).

2 - EFEITOS DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES CORRETIVOS NO CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE ARROZ (*Oryza sativa*, L) EM SOLO SÓDICO.

2.1 - Número de perfilhos e de panículas

Os resultados da contagem do número de perfilhos e de panículas efetuada por ocasião da colheita, estão apresentados na Figura 3.

Pela análise de variância, observa-se que houve diferenças significativas entre tratamentos, tanto para número de perfilhos como para número de panículas ao nível de 1% de probabilidade (Tabelas 4 e 6). Nota-se que o número máximo de perfilhos e de panículas, variáveis que, segundo Murata (1969), estão estreitamente correlacionadas com a capacidade produtiva do arroz, foi atingido no tratamento T₆, seguido pelos tratamentos T₄ e T₃ (Tabelas 5 e 7)

A comparação de média entre os tratamentos para o número de perfilhos e de panículas pelo teste de Tukey revelou apenas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre a testemunha e os demais tratamentos (Tabelas 5 e 7).

TABELA 4 - Resumo da análise de variância do número médio de perfilhos sob diferentes tratamentos.

| F.V. | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|------------|------|--------|--------|---------|
| Tratamento | 5 | 948,28 | 189,66 | 18,65** |
| Resíduo | 12 | 122,00 | 10,17 | --- |
| Total | 17 | | | |

C.V. = 10,16%

DMS 5% = 8,75

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 5 - Número médio de perfilhos* obtido sob diferentes tratamentos.

| Tratamentos | Número de Perfilhos** |
|---|-----------------------|
| (T ₁) Testemunha | 16,0 a |
| (T ₂) 100% de Esterco | 32,0 b |
| (T ₃) 100% de Gesso | 33,7 b |
| (T ₄) 75% de Gesso + 25% de Esterco | 34,0 b |
| (T ₅) 50% de Gesso + 50% de Esterco | 39,3 b |
| (T ₆) 25% de Gesso + 75% de Esterco | 33,3 b |

* Média de 3 repetições cada uma com três plantas.

** As médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

TABELA 6 - Resumo da análise de variância do número médio de panículas sob diferentes tratamentos.

| F.V. | G.L. | S.Q. | D.M. | F |
|------------|------|-------|-------|---------|
| Tratamento | 5 | 712,5 | 142,5 | 24,44** |
| Resíduo | 12 | 70,0 | 5,83 | --- |
| Total | 17 | | | |

C.V. = 9,35%

DMS 5% = 6,61

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 7 - Número médio de panículas* obtido sob diferentes tratamentos.

| Tratamentos | Número de Panículas** |
|---|-----------------------|
| (T ₁) Testemunha | 12,3 a |
| (T ₂) 100% de Esterco | 26,3 b |
| (T ₃) 100% de Gesso | 29,0 b |
| (T ₄) 75% de Gesso + 25% de Esterco | 28,0 b |
| (T ₅) 50% de Gesso + 50% de Esterco | 32,0 b |
| (T ₆) 25% de Gesso + 75% de Esterco | 27,3 b |

* Média de 3 repetições cada uma com três plantas.
 ** As médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

2.2 - Produção de arroz

Na Figura 4 A, são mostrados os valores médios da produção de grãos em casca/vaso, obtidos na colheita.

A análise de variância das produções médias mostrou que a diferença entre os tratamentos foram significativas ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 8).

Na comparação de médias pelo teste de Tukey (Tabela 9), os tratamentos apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, no entanto, T₄ e T₅, T₄ e T₃ e ainda T₄ e T₂ não mostraram diferenças significativas entre si. A produção máxima foi obtida no tratamento T₅ em média 18,5 vezes em relação à testemunha. Observou-se a seguinte ordem decrescente para os tratamentos: T₅ > T₄ > T₃ > T₄ > T₂ > T₁ (testemunha). Esses resultados mostram que, para se obter máxima produção em solos salino-sódicos, a incorporação combinada de gesso e matéria orgânica é melhor que a incorporação isolada.

2.3 - Percentagem de esterilidade das espiguetas

A Figura 4 B mostra os efeitos dos tratamentos na percentagem de esterilidade das espiguetas. Comparando-se com os resultados da produção, nota-se, que normalmente, quanto menor a produção, maior é a percentagem de esterilidade. Considerando que as menores produções foram obtidas nos tratamentos com altos valores de PST (Tabela 3),

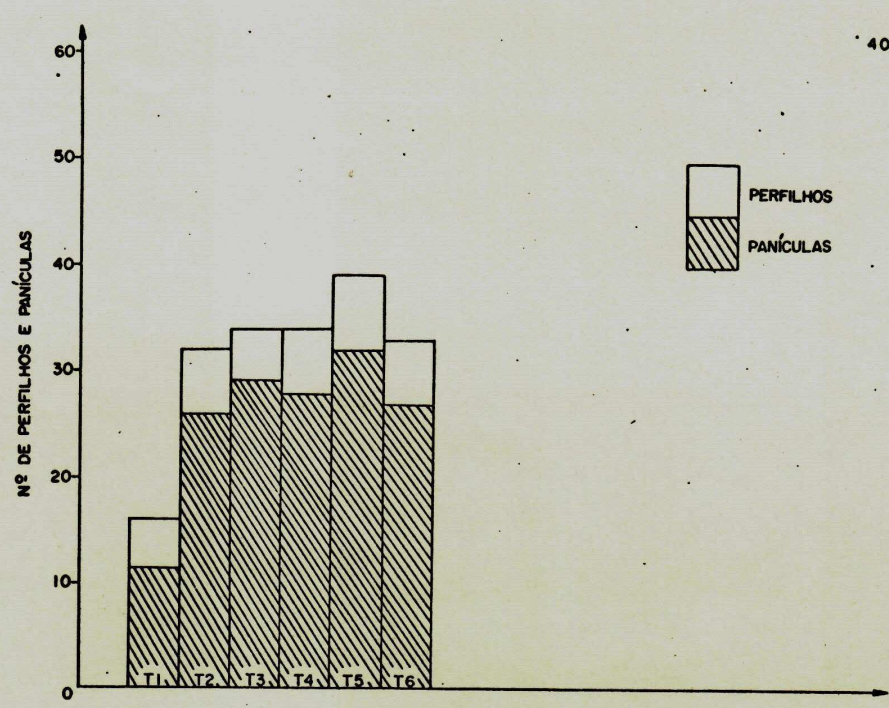


FIG. 3 - Números de perfilhos e de panículas do arroz em função dos tratamentos.

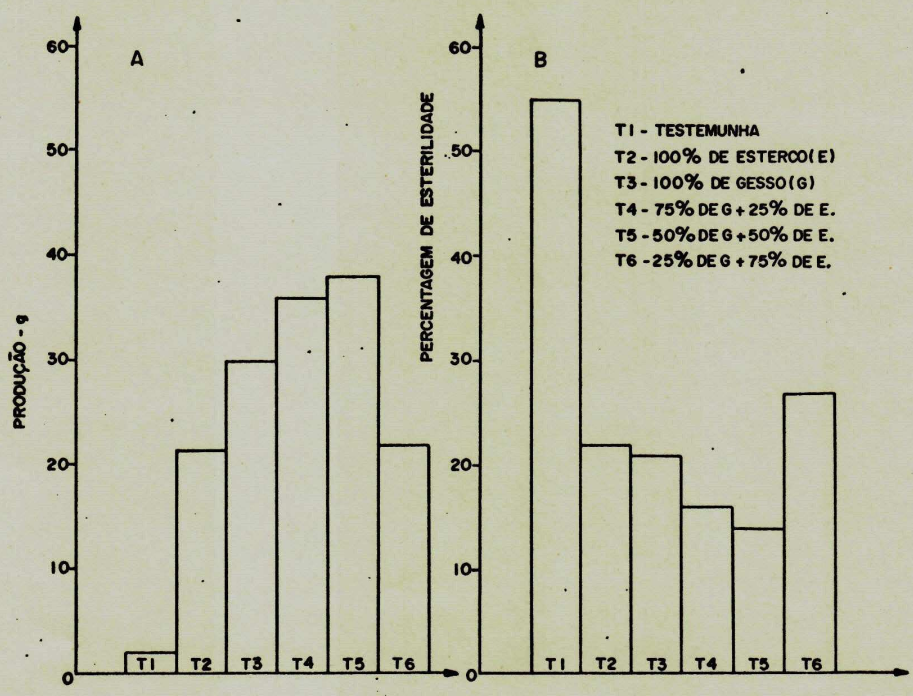


FIG. 4 - Produção média de arroz(A) e percentagem de esterilidade das espiguetas(B) em função dos tratamentos.

TABELA 8 - Resumo da análise de variância das produções médias de arroz em casca corrigida para 13% de umidade, sob diferentes tratamentos.

| F.V. | G.L. | S.Q. | D.M. | F |
|------------|------|---------|--------|---------|
| Tratamento | 5 | 2568,23 | 513,65 | 80,51** |
| Resíduo | 12 | 76,53 | 6,38 | --- |
| Total | 17 | | | |

C.V. = 10,10%

DMS 5% = 6,94

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 9 - Produção média de arroz* obtida sob diferentes tratamentos.

| Tratamentos | Produção média (g)** |
|---|----------------------|
| (T ₁) Testemunha | 2,13 d |
| (T ₂) 100% de Esterco | 21,56 c |
| (T ₃) 100% de Gesso | 29,89 b |
| (T ₄) 75% de Gesso + 25% de Esterco | 36,02 ab |
| (T ₅) 50% de Gesso + 50% de Esterco | 38,00 a |
| (T ₆) 25% de Gesso + 75% de Esterco | 22,38 c |

* Média de 3 repetições cada uma com três plantas.

** As médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

pode-se constatar a influência da PST na esterilidade das espiguetas.

O resumo da análise de variância dos dados da percentagem de esterilidade das espiguetas é apresentado na Tabela 10, onde verifica-se efeito significativo dos tratamentos ao nível de 1% de probabilidade.

Embora a percentagem de esterilidade média das espiguetas tenha variado de 14% no tratamento T₆ a 55% na testemunha, a comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, só mostrou diferenças significativas entre a testemunha e os demais tratamentos (Tabela 11).

2.4 - Peso médio de 100 grãos

O resumo da análise de variância dos dados do peso médio de 100 grãos é apresentado na Tabela 12. Verifica-se que o efeito dos tratamentos foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, e a comparação de média pelo teste de Tukey (Tabela 13) só não revelou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos T₄ e T₂. Nota-se que o maior peso médio de grãos foi obtido quando se usou o tratamento T₅.

2.5 - Peso da matéria seca da parte aérea

Para esta variável, a análise de variância mostrou

TABELA 10 - Resumo da análise de variância da percentagem de esterilidade das espiguetas de arroz, sob diferentes tratamentos.

| F.V. | G.L. | S.Q. | O.M. | F |
|------------|------|--------|--------|---------|
| Tratamento | 5 | 3380,5 | 676,10 | 20,28** |
| Resíduo | 12 | 400,0 | 33,33 | --- |
| Total | 17 | | | |

C.V. = 22,35%

DMS 5% = 15,82

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 11 - Percentagem média de esterilidade das espiguetas* sob diferentes tratamentos.

| Tratamentos | % média de esterilidade** |
|---|---------------------------|
| (T ₁) Testemunha | 55,0 a |
| (T ₂) 100% de Esterco | 22,0 b |
| (T ₃) 100% de Gesso | 21,0 b |
| (T ₄) 75% de Gesso + 25% de Esterco | 16,0 b |
| (T ₅) 50% de Gesso + 50% de Esterco | 14,0 b |
| (T ₆) 25% de Gesso + 75% de Esterco | 27,0 b |

* Média de 3 repetições cada uma com três plantas.

** As médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 12 - Resumo da análise de variância do peso médio de 100 grãos corrigido para umidade padrão (13%), sob diferentes tratamentos

| F.V. | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|------------|------|---------|---------|----------|
| Tratamento | 5 | 0,85216 | 0,17043 | 2840,5** |
| Resíduo | 12 | 0,00077 | 0,00006 | --- |
| Total | 17 | | | |

C.V. = 0,43%

DMS 5% = 0,022

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 13 - Peso médio de 100 grãos* corrigido para umidade padrão (13%), sob diferentes tratamentos.

| Tratamentos | Peso Médio de 100 grãos** |
|---|---------------------------|
| (T ₁) Testemunha | 1,37 e |
| (T ₂) 100% de Esterco | 1,98 b |
| (T ₃) 100% de Gesso | 1,90 c |
| (T ₄) 75% de Gesso + 25% de Esterco | 1,96 b |
| (T ₅) 50% de Gesso + 50% de Esterco | 2,01 a |
| (T ₆) 25% de Gesso + 75% de Esterco | 1,86 d |

* Média de 3 repetições cada uma com três plantas.

** As médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

efeitos significativos para os tratamentos, ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 14).

Na comparação de média pelo teste de Tukey (Tabela 15), observou-se que não houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos que receberam pelo menos 50% da NG (T₃, T₄ e T₅) e entre os tratamentos T₂ e T₆ que receberam maiores proporções de esterco (pelo menos 75%), no entanto ambos apresentaram peso médio de matéria seca significativamente superior à testemunha.

2.6 - Peso seco da raiz

O resumo da análise de variância dos dados do peso seco médio da raiz de arroz por vaso, é apresentado na Tabela 16. Verificou-se que os efeitos dos tratamentos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade.

As comparações entre os pesos secos médios da raiz das plantas feitas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, são apresentadas na Tabela 17, onde observa-se que os tratamentos T₄ e T₅ e ainda T₆ e T₃ não apresentaram diferenças significativas, enquanto os demais tratamentos mostraram diferenças significativas tanto entre si como em relação aos citados tratamentos.

A Tabela 18 mostra a relação do peso seco da raiz/peso da matéria seca da parte aérea. De um modo geral, observa-se que quanto maior a PST do solo, menor é a relação raiz/massa aérea, o que mostra um maior efeito de PST no

TABELA 14 - Resumo da análise de variância do peso da matéria seca da parte aérea das plantas de arroz, sob diferentes tratamentos.

| F.V. | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|------------|------|---------|--------|---------|
| Tratamento | 5 | 3899,94 | 779,99 | 61,03** |
| Resíduo | 12 | 153,42 | 12,78 | --- |
| Total | 17 | | | |

C.V. = 7,72%

DMS 5% = 9,82

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 15 - Peso médio da matéria seca da parte aérea do arroz* obtido na colheita, sob diferentes tratamentos.

| Tratamentos | Peso médio da massa aérea** |
|---|-----------------------------|
| (T ₁) Testemunha | 15,80 c |
| (T ₂) 100% de Esterco | 44,63 b |
| (T ₃) 100% de Gesso | 55,76 a |
| (T ₄) 75% de Gesso + 25% de Esterco | 58,47 a |
| (T ₅) 50% de Gesso + 50% de Esterco | 57,67 a |
| (T ₆) 25% de Gesso + 75% de Esterco | 45,80 b |

* Média de 3 repetições cada uma com três plantas.
 ** As médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 16 - Resumo da análise de variância do peso seco da raiz das plantas de arroz, sob diferentes tratamentos.

| F.V. | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|------------|------|----------|---------|----------|
| Tratamento | 5 | 24157,88 | 4831,58 | 167,88** |
| Resíduo | 12 | 345,41 | 28,78 | --- |
| Total | 17 | | | |

C.V. = 7,45%

DMS 5% = 14,70

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 17 - Peso médio seco da raiz de arroz*, sob diferentes tratamentos.

| Tratamentos | Peso seco da Raiz** |
|---|---------------------|
| (T ₁) Testemunha | 6,5 e |
| (T ₂) 100% de Esterco | 46,5 d |
| (T ₃) 100% de Gesso | 92,0 b |
| (T ₄) 75% de Gesso + 25% de Esterco | 114,04 a |
| (T ₅) 50% de Gesso + 50% de Esterco | 102,68 ab |
| (T ₆) 25% de Gesso + 75% de Esterco | 70,00 c |

* Média de 3 repetições cada uma com três plantas.
 ** As médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 18 - PESO MÉDIO FRESCO E SECO DA PARTE AÉREA E RAIZES DO ARROZ
OBTIDO AOS 150 DIAS SOB DIFERENTES TRATAMENTOS.

| TRATAMENTO | PARTE AÉREA | | RAIZ | | RELAÇÃO % |
|-----------------------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|-----------|
| | PESO FRESCO(g) | PESO SECO(g) | PESO FRESCO(g) | PESO SECO(g) | |
| -TESTEMUNHA | 31,57 | 15,80 | 8,40 | 6,50 | 41,10 |
| -100% DE ESTERCO | 92,60 | 44,63 | 58,50 | 46,50 | 104,20 |
| -100% DE GESSO | 97,83 | 55,76 | 110,77 | 92,00 | 165,00 |
| -75% DE GESSO + 25% DE ESTERCO | 106,63 | 58,47 | 141,14 | 114,04 | 195,00 |
| -50% DE GESSO + 50% DE ESTERCO | 106,70 | 57,67 | 128,50 | 102,68 | 178,10 |
| -25% DE GESSO + 75% DE ESTERCO | 87,43 | 45,80 | 95,20 | 70,00 | 153,00 |

desenvolvimento da raiz, que por sua vez, influi no desenvolvimento da parte aérea e conseqüentemente na produção.

3 - EFEITO DO ARROZ (*Oryza sativa*,L) NAS CARACTERISTICAS DO SOLO

Na Figura 5 estão apresentadas as PST do solo no início, antes do plantio e final do experimento nos diversos tratamentos. Observa-se que o abaixamento da PST foi maior nos tratamentos que receberam gesso, principalmente naqueles em que foram incorporados pelo menos 50% da necessidade de gesso (T₃, T₄ e T₅). Todavia, o aumento da dosagem de gesso não resultou numa diminuição proporcional na PST do solo.

Verifica-se que independente dos tratamentos, a cultura do arroz promoveu um abaixamento da PST do solo. Tal redução foi proporcionada provavelmente pela liberação de CO₂ pelas raízes do arroz que dissolveu parte do CaCO₃ (transformando em Ca(HCO₃)₂) presente no solo, fornecendo assim ions de cálcio para substituição do sódio trocável (Chabra & Abrol, 1977), como também pela assimilação do sódio pela planta (Goertzen & Bower, 1958; McNeal et alii, 1966).

Embora os valores de pH, após a colheita do arroz, tenham decrescido em todos os tratamentos (Tabela 3), devido possivelmente à liberação do CO₂ pelas raízes da cultura (Chabra & Abrol, 1977), reduções apreciáveis foram observadas apenas nos tratamentos que receberam esterco de curral, provavelmente pela presença de ácidos orgânicos,

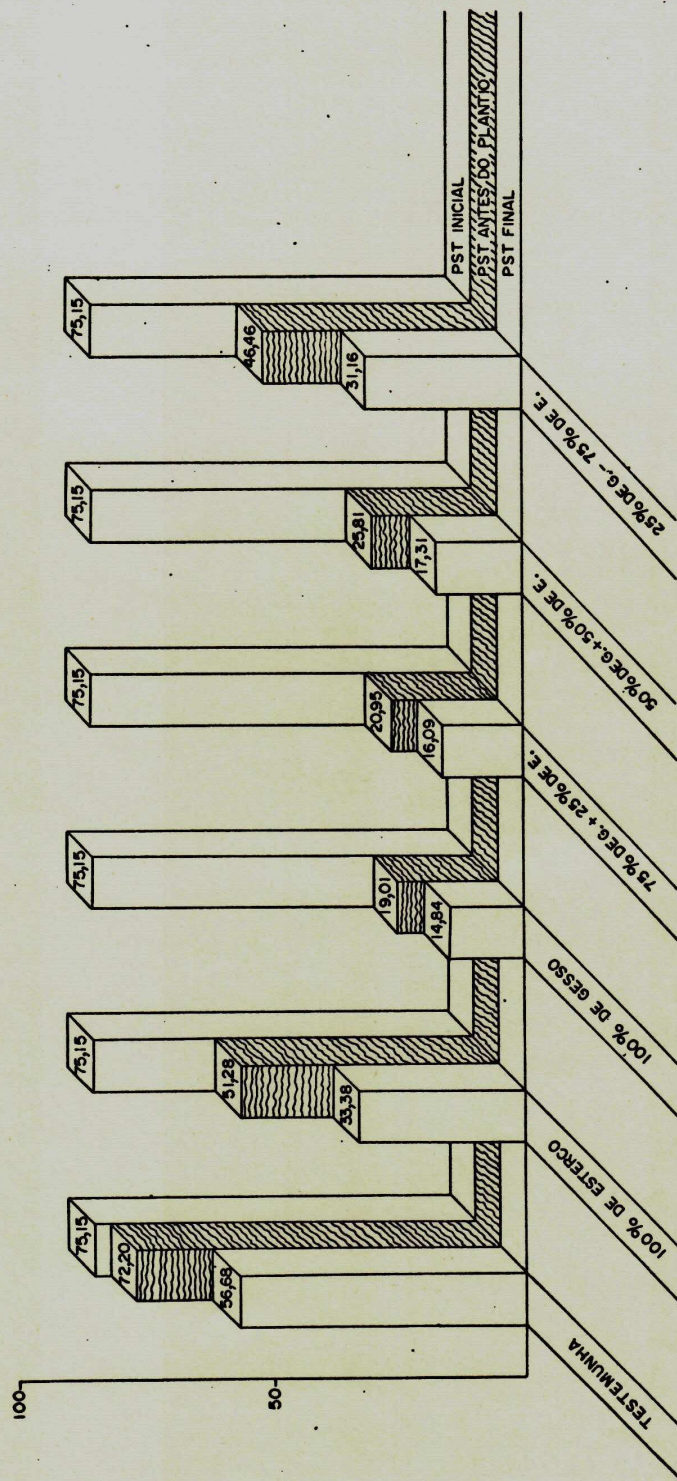


FIG. 5 - Percentagem de sódio trocável encontrada nos diversos tratamentos, nas diferentes fases do trabalho.

UFRR / BIBLIOTECA / PRAT

provenientes da decomposição da matéria orgânica.

Quanto aos resultados da CEes, nota-se que houve um acréscimo em todos os tratamentos (Tabela 3), devido à evapotranspiração da água utilizada na irrigação, de condutividade elétrica relativamente alta (0,94 dS/m), haja vista que após o plantio do arroz não houve drenagem e toda a água utilizada para a manutenção da lâmina de 5 cm foi evapotranspirada. Nos tratamentos que receberam esterco de curral como corretivo, este aumento em parte foi proporcionado pela presença de sais solúveis formados a partir da decomposição da matéria orgânica.

Considerando que o tratamento 50% da necessidade de gesso + 50% de esterco de curral (T₅) apresentou melhor desenvolvimento de plantas e produção, bem como, abaixamento da PST semelhante ao tratamento onde se incorporou 100% ou 75% da necessidade de gesso, pode-se concluir que este primeiro torna-se relativamente mais econômico entre os testados.

CAPITULO V

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos no presente experimento, permitem enumerar as seguintes conclusões e recomendações:

1 - A permeabilidade do solo sódico, avaliada mediante o volume drenado nos primeiros 50 dias após aplicação do corretivo, dependeu tanto da ação física como da ação química dos corretivos aplicados.

2 - Comparando-se o abaixamento da PST proporcionado pelos vários tratamentos nos primeiros 50 dias, constatou-se a seguinte ordem decrescente: $T_3 > T_4 > T_5 > T_6 > T_2 > T_1$.

3 - O esterco de curral proporcionou um aumento considerável na eficiência do gesso para recuperação do solo.

4 - O sódio trocável no solo, tem uma influência marcante no desenvolvimento da cultura de arroz, tanto da raiz como da parte aérea, conseqüentemente influenciando na produção e seus componentes.

5 - De todos os tratamentos estudados, o T_5 foi o que apresentou melhor efeito na produção de arroz e seus componentes, observando-se a seguinte ordem decrescente: $T_5 > T_4 > T_3 > T_6 > T_2 > T_1$.

6 - O cultivo do arroz, promoveu uma redução da PST do solo em todos os tratamentos.

Considerando que o presente experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, com sua curta duração (150 dias), sugerimos que esse trabalho seja executado a nível de campo, a fim de que possa ocorrer a estabilidade das reações químicas que se processam entre os corretivos usados e o solo a ser recuperado, o que permitirá avaliar-se além da eficiência, a relação custo benefício para diferentes tratamentos.

LITERATURA CITADA

- ABDEL SALAM, M. A. Uso de gesso na correção de solos alcalinos do Egito. In: Curso de pós graduação em manejo e conservação de solos. Arica - Pb, 1983. Anais 1983. p.40 - 60
- ABROL, I. P. DAHIYA, I. S. & BHUMBLA, D. E. On the method of determining gypsum requirement of soils. Soil Sci., 102(1): 30 - 35, 1975.
- AGASSI, M., SHAINBERG, I. & MORIM, J. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 848 - 51, 1981.
- ALLISON, L. E. Salinity in relation to irrigation. Advances in Agronomy, 14: 139 - 80, 1964.
- AMEMYIA, M & ROBINSON, C. W. The use of undisturbed soil cores to investigate the reclamation of saline and alkaline soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 22(1): 76 - 8, 1958.
- AWAD, A. & ABBOT, T. S. Gypsum requirement of sodic soils and waters. Agri. Gaz., 82(2): 55 - 7, 1976.
- AYERS, A. D.; VASQUEZ, A.; RUBIA, J. de la; BLASCO, F. & SAMPLON, S. Saline and sodic soils of Spain. Soil Sci., 20: 133 - 138, 1960.

- AZEVEDO, N. C. Influência de vários corretivos nas propriedades físicas-químicas de um solo salino-sódico e seus efeitos na cultura do arroz (Oryza sativa, L.) irrigado. Campina Grande, UFPB-CCT, 1983. 66p. (Tese de Mestrado).
- BARRIOS, J. Prevención de problemas de drenaje y salinidad de suelos irrigados. Curso sobre operación y mantenimiento de perímetros irrigados, Juazeiro, BA, convênio MINTER/ SUDENE/ IICA, 1976. 23p.
- BHUMBLA, D. R. & ABROL, I. P. Saline and sodic soils. In: IRRI. Soils and rice. Los Baños, 1978. p. 719 - 38.
- BRADY, N. C. Natureza e propriedades do solo. 5. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1979. 647 p.
- CAVALCANTE, L. F. & SILVEIRA, R. I. Efeito do fosfogesso industrial sobre a redução de sódio, carbonato, bicarbonato e cloreto de um solo salino-sódico do Nordeste-I: Análise das soluções lixiviadas In: Curso de pós-graduação em manejo e conservação de solos. Areia, 1983. p. 1-10.
- CHABRA, R. & ABROL, I. P. Reclaiming effect of rice grown in sodic-soils. Soil Sci. 124 (1): 49 - 55, 1977.
- CHAUDHRY, G. H. & WARKENTIN, B. P.: Studies on exchange of sodium from soils by leaching with calcium sulphate. Soil Sci. 105: 190 - 197, 1968.

- CLEIS, J. B. P. Crescimento e desenvolvimento de arroz (Oryza sativa L.) em solo salino sódico submetido a diversos tratamentos de recuperação. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1986. 71p. (tese de Mestrado).
- DAKER, A. A água na agricultura. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1973. V. 3. 453 p.
- DAY, P. R., Fractionation and particle size analysis. In: BLACK, C. A. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p. 546 - 67. (Agronomy, 9).
- DHAWAN C. L. & MAHAJAN, V. P. Melhoramento dos solos salinos e alcalinos pelo emprego da palha do arroz. Fertilite, 32: 27 - 36, 1968.
- DOYLE, A. D., TAYLER, D. W., YATES, W. J., SO, H. B. & MCGARITY, J. Amelioration of structurally unstable grey soils in the north-western wheat belt of New South Wales. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb., 19: 590 - 598, 1979.
- EMBRAPA - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. n. p.
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. & GERBER, M.J. Nível de nutriente e densidade de plantio adequados para experimentos com arroz em casa de vegetação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 17 (9): 1279 - 1284, 1982.

FORSYTHE, W. Física de suelos. San José, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1971. p. 39 - 45.

FAO. Salinity Seminar Baghdad. Roma, FAO 1971. 254 p. (Irrigation and drainage paper, 7).

FAO/UNESCO. Irrigation, drainage and salinity. Paris HUTCHINSON/ FAO/ UNESCO, 1973. 510 P.

GALRÃO, E. Z. & MESQUITA FILHO, M. U. Efeito de micronutrientes na produção e composição química do arroz (Oryza sativa, L.) e do milho (Zea mays, L.) em solo cerrado. R. Bras. Ci. Solo. Campinas. V. 5(1), p. 72-75. 1981.

GHEYI, H. R.; BARRETO, A. N.; GARRI, A. C. R. C. & ALMEIDA, A. M. de. Avaliação preliminar de cultivares de arroz (Oryza sativa, L.) para solos afetados por sais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 12., Ilhéus, 1982. Anais... p.

GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. & BATISTA, M. A. F. Efeito de diferentes tratamentos na recuperação de solo salino-sódico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 16., Jundiaí, SP, 1987. Anais... p. 148-161.

GOERTZEN, J. O. & BOWER, C. A. Carbon dioxide from plant root as a factor in the replacement of adsorbed sodium in calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 22: 36 - 37, 1958

- GOES, E. S. O problema de salinidade e drenagem em projetos irrigados do Nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento. In: REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM AREAS IRRIGADAS, Fortaleza, 1978. Anais... p. 1-34
- KELLEY, W. P. Alkali soils: their formation properties and reclamation. New York, Reinhold Publishing Corporation, 1951. 176 p.
- KHOSLA, B. & ABROL, I. P. Effect of gypsum fineness on the composition of saturation extract of a saline sodic soil. Soil Sci., 113(3): 204 - 206, 1972.
- KOVDA, V.A. & SZABOLCS, I. Modelling of soil salinização and alkalization. Agrokémia és Talajtan, v. 28. Suppl., 1979.
- LOVEDAY, J. Relative significance of electrolyte and cation exchange effects when gypsum is applied to a sodic clay soil. Aust. J. soil Res. 14: 361 - 71, 1976.
- LOVEDAY, J. Sodic soils and their reclamation -A review. In: PROCEEDING OF THE INTERNATIONAL SIMPOSIUM ON THE RECLAMATION OF SALT AFFECTED SOILS, Jinan, 1985. p. 410 - 422.
- LUZ, E. B. Influência do uso de gesso e matéria orgânica no desenvolvimento e produção do arroz (Oryza sativa, L.) Irrigado em solo salino-sódico. Campina Grande. UFPB, 1983. 59 p. (Tese de Mestrado).

- MAAS, E. V. & HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance: Current assesment. Journal of the Irrigation and Drainage, 103(2): 115 - 34, 1977.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. São Paulo, Agrônômica Ceres, 1976. 528 p.
- MANIN, M., PISSARRA, A. & VAN HOORN, J. W.: Drainage and desalinization of heavy clay soil in Portugal. Agric. Water Manage., 5, 227 - 240, 1982.
- McINTYRE, D. S., LOVEDAY, J. & WATSON, C. L. Field studies of water and salt movement in an irrigated swelling clay soil. I. Infiltration during ponding. Aust. J. Soil Res., 20, 81 - 99, 101 - 105, 1982.
- McNEAL, B. L.; PEARSON, G. A.; HATCHER, J. T. & BOWER, C. A. Effect of rice culture on the reclamation of sodic soils. Agronomy Journal, 58: 238 - 240, 1966.
- MILJKOVIC, N.; AYRES, A. D. & EBERHARD, D. L. Salt affected soils of Yugoslavia. Soil Sci., 22: 51 - 5, 1959.
- MILLAR, A. A., GOMES, P. C. F. & MATIAS FILHO, J. Pesquisa em manejo de solo e água para áreas irrigadas com problemas de sais do Nordeste. In: REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS DO NORDESTE, Fortaleza, CE, SUDENE, 1978. 65 p.

- MOHITE, A. V. & SHINGTE, A. K. Evolution of high-salt water dilution schedule for reclamation of saline - sodic and sodic soils. J. Indian. Soc. Soil Sci. 29 (1): 55 - 60, 1981 a.
- MOHITE, A. V. & SHINGTE, A. K. Use of high-salt water dilution method in conjunction with FYM and gypsum for reclamation of sodic soils. J. Indian Soc. Soil Sci. 29 (4): 512 - 17, 1981 b.
- MOORMAN, F. R & BREEMEN, N. V. Rice: Soil, water, land. Los Baños, IRRRI, 1978.
- MURATA, Y. Physiological responses to nitrogen in plants. In: EASTJN. Physiological aspects of crop growth. Madison, Am. Soc. Agro., 1969 p.
- MYERS, L.F. & SQUIRES, S.R.: Plant and animal production of an irrigated annual pasture following initial gypsum treatment of a heavy clay soil. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 10: 36 - 41, 1970.
- OSTER, J. P. Gypsum usage in irrigated agriculture: A review. Fertilizer Res. 3. 73 - 89, 1982.
- PEREIRA, Z.M.P. Possibilidade do uso de água salina na recuperação de solos sódicos do perímetro irrigado de São Gonçalo. In: SEMINARIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3., Fortaleza, 1975 Anais... Fortaleza, MINTER/ DNOCS/ ABID, 1977. V. 3. p. 208 - 218

PEREIRA, E. & SILVA, J. F. DA. Efeitos de diferentes níveis de gesso na correção de solos salinos sódicos do Perímetro Irrigado de Poço da Cruz. In: SEMINARIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3., Fortaleza - CE, 1975. Anais... Fortaleza, MINTER/ DNOCS/ ABID, 1977. V. 3. P. 219 - 234

PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos. Madrid, Agrícola Española, 1978. 521 p.

PUNTANKAR, S.S., METHA, P.C. & SETH, S.P. Effect of gypsum and manure on the growth of wheat irrigated with bicarbonate rich water. J. Indian Soc. Soil Sci., 20: 281 - 285, 1972.

PUTTASWAMYGOWDA, B.S. & PRATT, P.F. Effects of straw, calcium chloride and submergence on sodic soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 37: 208 - 12, 1973.

PUTTASWAMYGOWDA, B.S., WALLIHAN, E.F. & PRATT, P.F. Effect of drainage and organic amendments on the reclamation of a sodic soil cropped with rice. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 37: 621 - 625, 1973.

QUIRK, J.P. & SCHOFIELD, R.K. The effect of electrolyte concentration on soil permeability. J. Soil Sci.,: 163 - 178, 1955.

REEVE, R.C. & BOWER, C.A. Use of high salt waters as a flocculent and source of divalent cations for reclaiming sodic soils. Soil Sci., 20: 139 - 44, 1960.

- REEVE, R.C. & FIREMAN, M. Salt tolerance in relation to irrigation. In: HAGAN, R.M.; HAISE, R.H. & EDWINSTER, T.M. Irrigation of agricultural lands. Madison, Am. Soc. Agro, 1967. p. 998 - 1013 (Agronomy, 11).
- REITEMEIER, R.F., CHRISTIANSEN, J. E., MOORE, R.E. & ALDRICH, W.A. Effect of gypsum, organic matter and drying on infiltration of a sodium water into a fine sandy loam. USDA Tech. Bull No. 937 (1948).
- RICHARDS, L.A. Ed. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, United States Salinity Laboratory, 1954. 160 p. (Agriculture Handbook, 60).
- RUSSELL, E.W. & RUSSELL, E.J. Soil conditions and plant growth. London, Longman, 1973. 849 p.
- SANDHU, S.S.; ACHARYA, C.L. & ABROL, I.P. Effect of exchangeable sodium on the hydraulic conductivity of a soil as measured by two procedures under field conditions. J. Indian Soc. Soil Sci., 29 (2): 148 - 55, 1981.
- SHAINBERG, J.; RHOADES, J. D.; SUAREZ, B.L. & PRATHER, R.J. Effect of mineral weathering on clay dispersion and hydraulic conductivity of sodic soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 45: 287 - 91, 1981.

- SHARMA, R.A.; BHARGAVA, B.S.; RASTOGI, S.K. & GHARAYYA, R.S.
Amelioration of nonsaline alkali soil of Gwalior by
gypsum and improvement of soil productivity as measured
by rice. Indian J. Agric. Res., 2 (3): 111 - 116, 1975.
- SIMS, H.J. & ROONEY, D.R. Gypsum for difficult clay wheat
growing soils. J. Agric. Vict. Dep. Agric., 63: 401 -
409, 1965.
- SINGH, N.T.; HIRA, G.S. & BAJWA, M.S. Use of amendmerts in
reclamation of alkali soils in India. In: PROCEEDING OF
THE HUNGARO - INDIAN SEMINAR ON SALT AFFECTED SOILS,
1981. p. 158 - 177.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da & AQUINO, A.R.L. de. Demanda
de água na cultura do arroz irrigado. Goiânia, EMBRAPA -
CNPAP, 1980. 4p. (EMBRAPA-CNPAP. Comunicado Técnico, 5)
- SUDENE, Relatório anual. Recife, PE, 1977. 82p.
- SZABOLCS, L. & LESTAK, V. Capillary movement of sodium salt
solutions in soil columns. Soil Sci., Washington,
(4): 483 - 488, 1966.
- VARALLYAY, GY & SZABOLCS, I. Special water problems in salt
affected soils. Agrochimica, 13 (3): 275 - 285, 1974.
- VERGARA, B. S. Crecimiento y desarrollo de la planta.
Cultivo del arroz. México, Limusa, 1975. p. 33 - 53
- VIANNA E SILVA, M. Arroz. Lisboa. Calouste benkian, 1969,
451 p.

WEBER, H.W. & VAN ROOYEN, P.C. Polysaccharides in molasses
meal as an ameliorant for saline-sodic soils compared to
other reclamation agents. Geoderma, 4 233 - 253, 1971.