

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

INFLUÊNCIA DE VÁRIOS CORRETIVOS NAS  
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE UM  
SOLO SALINO-SÓDICO E SEUS EFEITOS NA  
CULTURA DO ARROZ (*Oryza sativa*, L.)  
IRRIGADO,

POR

NORMA CÊSAR DE AZEVEDO  
(ENGENHEIRA AGRÔNOMA)

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA



- A994i Azevedo, Norma César de.  
Influência de vários corretivos nas propriedades físico-químicas de um solo salino-sódico e seus efeitos na cultura do arroz (*Oryza sativa*, L.) irrigado / Norma César de Azevedo. - Campina Grande, 1983.  
66 f.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1983.  
"Orientação : Prof. Dr. Hans Raj Gheyi".  
Referências.
1. Solo - Salinização. 2. Cultura de Arroz. 3. Solos Salinos - Propriedades Físico-Químicas. 4. Dissertação - Engenharia Civil. I. Gheyi, Hans Raj. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título


CDU 631.413.3(043)

INFLUÊNCIA DE VÁRIOS CORRETIVOS NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE UM SOLO SALINO-SÓDICO E SEUS EFEITOS NA CULTURA DO ARROZ (*Oryza sativa*, L.) IRRIGADO.

POR

NORMA CÉSAR DE AZEVEDO

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 21/06/83

  
HANS RAJ GHEYI - Doutor

---

Orientador

  
JOSÉ PIRES DANTAS - Doutor

---

Examinador

  
MARIA JOSÉ DA SILVA - Mestre

---

Examinadora

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

## ÍNDICE

	página
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO . . . . .	1
CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA . . . . .	4
1. OS PROCESSOS DE SALINIZAÇÃO E SODIFI CAÇÃO . . . . .	4
2. EFEITO DOS VÁRIOS CORRETIVOS NAS CA RACTERÍSTICAS DOS SOLOS COM PROBLE MAS DE SÓDIO . . . . .	6
3. O ARROZ COMO CULTURA TOLERANTE E RE CUPERADORA DE SOLOS SALINOS E/OU SÓ DICOS . . . . .	13
CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS . . . . .	17
1. ETAPA I . . . . .	17
1.1 - METODOLOGIA ADOTADA. . . . .	17
2. ETAPA II . . . . .	26
2.1 - METODOLOGIA ADOTADA. . . . .	27
3. ANÁLISE DO SOLO E ÁGUA . . . . .	30
4. ANÁLISE ESTATÍSTICA. . . . .	30
CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO. . . . .	31

1. EFEITO DA APLICAÇÃO DE CORRETIVOS QUÍMICOS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE UM SOLO SALINO-SÓDICO . . . . .	31
1.1 - INFILTRAÇÃO ACUMULADA E VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO . . . . .	31
1.2 - CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA . . . . .	33
1.3 - PROPRIEDADES QUÍMICAS . . . . .	37
2. EFEITO DA APLICAÇÃO DE GESSO E ÁCIDO SULFÚRICO NO DESENVOLVIMENTO DO ARROZ ( <i>Oryza sativa</i> , L.) EM SOLO SALINO SÓDICO . . . . .	40
2.1 - ALTURA DE PLANTA . . . . .	40
2.2 - NÚMERO TOTAL DE PERFILHOS . . . . .	41
2.3 - NÚMERO TOTAL DE PANÍCULAS . . . . .	41
2.4 - ESTERILIDADE DAS ESPIGUETAS . . . . .	44
2.5 - PESO MÉDIO DE 100 GRÃOS . . . . .	44
2.6 - PRODUÇÃO DE ARROZ . . . . .	44
3. EFEITO DA APLICAÇÃO DE GESSO E ÁCIDO SULFÚRICO E DO CULTIVO DO ARROZ ( <i>Oryza sativa</i> , L.) NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM SOLO SALINO-SÓDICO . . . . .	48
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES . . . . .	54
LITERATURA CITADA . . . . .	57
APÊNDICE . . . . .	65

INFLUÊNCIA DE VÁRIOS CORRETIVOS NAS PROPRIEDADES  
FÍSICO-QUÍMICAS DE UM SOLO SALINO-SÓDICO E SEUS  
EFEITOS NA CULTURA DO ARROZ (*Oryza sativa* L. )  
IRRIGADO.

Aos meus pais e irmãos.

Minha homenagem.

A meu marido e filhos

D E D I C O

## RESUMO

Os objetivos deste trabalho, consistiram em se verificar os efeitos de vários corretivos químicos (gesso, ácido sulfúrico, gesso + ácido sulfúrico, carbonato de cálcio + ácido sulfúrico) e água salina com diluições sucessivas nas propriedades físicas e químicas de um solo salino-sódico do Perímetro Irrigado de São Gonçalo (Setor 10). Estudou-se também os efeitos posteriores do gesso e ácido sulfúrico no desenvolvimento e produção de arroz (*Oryza sativa*, L.) irrigado.

Na primeira etapa do trabalho, desenvolvida em Laboratório, avaliou-se o efeito de diferentes tratamentos nas propriedades físicas e químicas do solo em estudo, utilizando-se colunas de PVC (Ø 10cm) cheios com solo até 20cm. A quantidade de corretivo aplicada foi baseada no equivalente de sódio intercambiável presente na coluna de solo, sendo que nos tratamentos mistos, apenas 25% dos equivalentes foram aplicados na forma de sais de cálcio.

Verificou-se que os tratamentos gesso + ácido sulfúrico e ácido sulfúrico promoveram uma maior velocidade de infiltração e infiltração acumulada comparados ao gesso e carbonato de cálcio + ácido sulfúrico. Os tratamentos com água salina mostraram maior influência no aumento da condutividade hidráulica enquanto entre os corretivos químicos destacou-se o ácido sulfúrico, apresentando valores finais em média



tivo do arroz reduziu a percentagem de sódio intercambiável de 86,5% para 42,7%, na profundidade de 0 - 10 cm, mostrando assim a possibilidade de utilização de solos salino-sódicos na produção de arroz.

## ABSTRACT

The objective of the present study were to evaluate the effects of various chemical amendments (gypsum, sulphuric acid, gypsum + sulphuric acid, calcium carbonate + sulphuric acid) and saline waters with successive dilutions treatments on physical and chemical properties of a saline sodic soil of Perimeter of São Gonçalo (Sector 10). The effects of gypsum and sulphuric acid treatments on growth and production of irrigated rice (*Oryza sativa*, L.) were also studied.

Initially under controlled conditions of laboratory, the effect of different treatments on physical and chemical properties of soil were determined using PVC columns ( $\varnothing$  10 cm) filled with disturbed sample up to 20 cm.

The amounts of amendments applied were equal to exchangeable sodium equivalents present in the columns of soil, in case of mixed amendments only 25% equivalents were furnished in the form of calcium salts. The results obtained indicate that the treatment of sulphuric acid + gypsum and sulphuric acid alone promoted greater increase in velocity of infiltration and total infiltration in relation to gypsum or calcium carbonate + sulphuric acid treatments. The highest increase in hydraulic conductivity of soil was promoted by saline water treatments whereas amongst the chemical amendments sulphuric acid showed final values of hydraulic conductivity

on an average 7 (seven) times that of other treatments.

The saline water treatments presented a significant and most uniform decrease in exchangeable sodium percentage along the depth in relation to other treatments with the exception of sulphuric acid (10 cm) where as other treatments showed appreciable effects only to up 5 cm depth. The lowest pH values were observed in the case of sulphuric acid treatment and other treatments showed significant decrease only in first 5 cm. A significant decrease of electrical conductivity values was found in case of sulphuric acid and saline water treatments where as other treatments showed similar effect only in the surface layer (5 cm).

In the next stage, the effects of sulphuric acid and gypsum on growth, components of production and yield of irrigated rice were studied. The best production of rice was obtained in sulphuric acid treatment due to better growth, no of tillers and low percentage of grain sterility. These results were due to indirect consequence of significant decrease in exchangeable sodium percentage, pH and electrical conductivity of soil extract under this treatments.

In the case of the gypsum, the production of rice was 1,7 times less than that of sulphuric acid and decrease in exchange sodium percentage and pH was observed in only 0 - 10 cm layer. It is worth mentioning, that control treatment though produced 3,6 times less than gypsum but the rice crop reduced the exchangeable sodium percentage from 86,5 to 42,7% in first 10 cm layer, there by showing the possibility of use of these soils for agriculture.

## CAPITULO I

### INTRODUÇÃO

Os solos salinos e sódicos encontram-se principalmente em regiões áridas e semiáridas. O problema de salinização do solo desta região, além de se dever ao clima, caracteriza-se por altas temperaturas, baixas precipitações pluviométricas (concentradas em apenas 4 ou 5 meses do ano) e alto índice de insolação, sofre também a influência da drenagem limitada em consequência da baixa permeabilidade do solo e a situação topográfica desfavorável na qual se localizam as nossas bacias irrigadas. Além disso, a irrigação devido principalmente ao manejo inadequado, a qualidade da água e a ascensão do lençol freático contribuíram para aumentar ainda mais esse problema.

Segundo GOES (1978), cerca de 25% da área irrigada em vários Perímetros de Irrigação do Nordeste se encontra com problemas de sais e esta percentagem tenderá a aumentar caso não sejam adotadas medidas preventivas urgentes.

No Perímetro Irrigado de São Gonçalo na Paraíba, aproximadamente 24% da superfície irrigada está afetada por sais e dessa, cerca de 80% apresenta solos sódicos e/ou salino-sódicos (CORDEIRO, 1978).

cultura do arroz (*Oryza sativa*, L.) irrigado sob condições controladas, de laboratório e casa de vegetação.

## CAPÍTULO II

### REVISÃO DE LITERATURA

#### 1 - OS PROCESSOS DE SALINIZAÇÃO E SODIFICAÇÃO

Solos salinos e sódicos ocorrem, geralmente, em regiões áridas e semi-áridas do mundo, em locais onde as chuvas são estacionais, drenagem restrita e lençol freático alto. PIZARRO (1978) afirma que os sais solúveis do solo são originados, principalmente, pela ação do intemperismo nos minerais e rochas que constituem a crosta terrestre, embora, esse fator, por si só, não determine o acúmulo de sais em um local. Normalmente, os sais formados são transportados pela água que os conduzem ao mar ou a depósitos continentais que assim se salinizam. A salinização dos solos só ocorre, quando, sob condições de baixa pluviosidade e/ou má drenagem, não há a lixiviação do excesso desses sais.

Os solos salinos, usualmente, contêm uma mistura de vários sais compostos, principalmente dos cátions cálcio, magnésio e sódio e dos ânions cloreto e sulfato (RICHARDS, 1954). Também se encontram com menor frequência os íons potássio, carbonatos e bicarbonatos. Nas regiões áridas, em solos normais, o cálcio e o magnésio são os cátions predominantes. Porém, a absorção de água pelas plantas e/ou sua evaporação

provoca um acúmulo de sais na zona radicular ou na superfície do solo. Neste caso, a concentração da solução do solo pode exceder o limite de solubilidade dos carbonatos de cálcio e magnésio e do sulfato de cálcio como consequência eles se precipitam, provocando um aumento na concentração relativa de sódio solúvel. PALACIOS (1974) afirma que este efeito é mais acentuado se existe bicarbonato na solução do solo.

O fenômeno de troca de cátions é um importante, se não dominante, fator na química dos solos sódicos. Felizmente, os cátions de cálcio e magnésio são mais fortemente adsorvidos pelo complexo sortivo do solo que o sódio (PIZARRO, 1978), pois quando a percentagem de sódio na solução do solo é maior que 50%, começa a substituição daqueles cátions pelo sódio o que acarreta um aumento no sódio intercambiável do solo.

Vários trabalhos têm provado que altas concentrações de sais solúveis na solução do solo provocam o aumento da pressão osmótica que afeta conseqüentemente o desenvolvimento das culturas devido ao fato de reduzir a absorção de água pelas raízes das plantas (Schimper citado por ENEAS FILHO, 1979; HOFFMAN & PHENE, 1971 e THOMAS, 1980); alterações nos processos normais de absorção e nutrição provocadas pela predominância de certos íons em determinadas concentrações e proporções (STROGONOV, 1964; MAAS *et alii*, 1972 e SWARUP, 1982); e a toxicidade que causa sintomas característicos de injúria associados com a acumulação excessiva de um certo íon específico na planta (GAUGH & WADLEIGH, 1945).

Além desses efeitos diretos que os sais provocam nas plantas, há, no caso dos solos sódicos, o efeito indireto ocasionado pela desestruturação do solo, quando o sódio substitui o cálcio e magnésio no complexo sortivo. Este efeito, estudado por diversos pesquisadores, aumenta a dispersão, a plasticidade e reduz a permeabilidade do solo a quase zero (SZABOLCS & LESTAK, 1966; SHAINBERG *et alii*, 1981 e SANDHU *et alii*, 1981). Além disso, 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, 1975 e AGASSI *et alii*, 1981). Assim, os solos de textura fina são mais adversamente afetados pelo excesso de sódio intercambiável do que os solos de textura arenosa (MILJKOVIC *et alii*, 1959). Por outro lado, os elevados valores de pH dos solos sódicos que podem chegar até 10,5 (suspensão 1:2,5 solo-água), provocam um desequilíbrio e baixa disponibilidade de alguns nutrientes essenciais para a planta (BHUMBLA & ABROL, 1978).

## 2 - EFEITO DOS VÁRIOS CORRETIVOS NAS CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS COM PROBLEMAS DE SÓDIO

Os solos que apresentam alta percentagem de sódio intercambiável são, via de regra, solos que possuem características físicas pobres. Para a recuperação desses solos faz-se necessário aumentar a permeabilidade através da adição de corretivos químicos, grandes quantidades de matéria orgânica ou tratamentos mecânicos (FAO, 1973). Segundo RICHARDS (1954)

77.92

30

10/11/78



os corretivos químicos mais usados são o gesso, o cloreto de cálcio, o ácido sulfúrico ou os formadores de ácido. REEVE & BOWER (1960) indicam a possibilidade de recuperação desses solos pelo uso de água de alta concentração eletrolítica, com diluições sucessivas ao longo do tempo.

A recuperação dos solos com problemas de sódio intercambiável envolve o seu deslocamento do complexo de troca por outro cátion, geralmente cálcio e sua consequente remoção através de lixiviação (AMEMIYA & ROBINSON, 1958). Dentre os corretivos químicos, o gesso é o mais utilizado devido o seu baixo preço (PIZARRO, 1978). Quando o gesso é incorporado a um solo com alto teor de sódio intercambiável, os íons de cálcio deslocam o sódio do complexo do solo ou pode haver também uma reação com o carbonato de sódio geralmente presente em solos com problemas de sódio, resultando em carbonato de cálcio e sulfato de sódio que deve ser lixiviado (Kelley citado por PEREIRA, 1977). Entretanto, essa reação está limitada pela reduzida solubilidade do gesso que à temperatura normal é de 1,9 g/l (FAO, 1973). A eficiência do gesso depende também do tamanho de suas partículas. Existem trabalhos que mostram terem sido obtidos os melhores resultados com partículas de 2mm de diâmetro equivalente (PIZARRO, 1978 e GOBRAN *et alii*, 1982). Apesar dessas limitações, experiências de vários estudiosos têm demonstrado a eficiência do uso do gesso na recuperação destes solos. KELLEY (1951) usando gesso nas dosagens de 24, 29 e 36 t/ha, verificou que após três semanas de inundação contínua houve uma redução na percentagem de sódio intercambiável. O trabalho de ABROL *et alii* (1978)

mostrou que a incorporação do gesso ao solo, acarretou no decorrer do tempo, um acréscimo nos valores de condutividade hidráulica. Entretanto, resultado mais positivo foi obtido por LOVEDAY (1976) que em trabalho de campo, incorporando 12,5 t de gesso/ha, em solo sódico, conseguiu recuperá-lo no período de três anos. SHARMA *et alii* (1975) trabalhando com solo sódico com percentagem de sódio intercambiável igual a 25, cultivando arroz irrigado, observaram a aplicação de gesso nas dosagens de 1,6; 3,4; 5,1 e 6,8 t/ha reduziu a percentagem de sódio intercambiável no solo e elevou a condutividade hidráulica de 0,12 para 0,27 cm/h. Resultados similares foram obtidos por PEREIRA & SILVA (1977).

A quantidade de gesso necessária para os solos com problemas de sódio depende das características de cada solo tais como capacidade de troca de cátions, percentagem de sódio intercambiável, nível de substituição de sódio e profundidade do solo a ser recuperado, podendo ser determinada através de gráficos, tabelas, fórmulas e métodos de laboratório (AWAD & ABBOTT, 1976). O gesso pode ser distribuído a lanço ou incorporado ao solo através de aradura ou discagem, ou então em forma de solução na água de irrigação (RICHARDS, 1954 ; ELGABALY, 1971 citado por AEROL *et alii*, 1978).

O cloreto de cálcio, devido a sua elevada solubilidade é o corretivo químico de efeito mais rápido e eficiente. Porém, devido ao seu alto custo, seu emprego é limitado. No solo, o cloreto de cálcio reage com o sódio intercambiável formando o cloreto de sódio que é facilmente lixiviado. Sua aplicação no solo é semelhante a do gesso, porém melhores resul

tados são obtidos quando este é adicionado a água de irrigação (FAO, 1973).

ALPEROVITCH & SHAINBERG (1973) trabalharam em laboratório utilizando colunas preenchidas com solo sódico até cerca de 53-54cm, com percentagem de sódio intercambiável igual a 22, fazendo lavagem com solução contendo diferentes concentrações do íon cálcio, sendo a quantidade total de cálcio utilizada em todos os tratamentos igual a quantidade de sódio adsorvido (meq) no solo. Os tratamentos foram: 7,65 g  $\text{CaCl}_2$  dissolvido em 20 ml de água (6,8 N); 7,65 g de  $\text{CaCl}_2$  dissolvido em 100 ml de água (1,36 N); 7,65 g de  $\text{CaCl}_2$  dissolvido em 200 ml de água (0,68 N) e 7,65 g de  $\text{CaCl}_2$  dissolvido em 400 ml de água (0,34 N). Comparando a eficiência dos vários tratamentos na lixiviação dos sais, verificaram que o processo foi mais efetivo quando a quantidade total de sal adicionada, foi concentrada num pequeno volume de solução (7,65 g de  $\text{CaCl}_2/20$  ml de água).

PRATHER *et alii* (1978) compararam o efeito do gesso, cloreto de cálcio, cloreto de cálcio + gesso, ácido sulfúrico e ácido sulfúrico + gesso na recuperação de um solo salino-sódico e verificaram que o cloreto de cálcio promoveu um aumento considerável nos valores da condutividade hidráulica e uma maior redução na percentagem de sódio intercambiável, quando comparado aos demais tratamentos, exceto ácido sulfúrico. KAIKOV *et alii* citado por PIZARRO (1978) obtiveram também ótimos resultados na recuperação de solo sódico com cloreto de cálcio.

Os ácidos e formadores de ácido são utilizados em solos sódicos que contêm carbonatos alcalino-terrosos especialmente carbonato de cálcio. Nestas condições, o ácido sulfúrico é um dos corretivos químicos mais eficientes de ação muito rápida. Este reage com o carbonato de cálcio formando o gesso, gás carbônico e água. O sulfato de cálcio, por sua vez, reage com o sódio do complexo do solo resultando em sulfato de sódio que pode ser lixiviado. Na ausência desses sais, o ácido sulfúrico pode provocar acidez excessiva nos solos (PIZARRO, 1978).

De acordo com JENNY citado em FAO/UNESCO (1973) o melhoramento de solos com ácido sulfúrico é prática bastante usada nos E.U.A. e URSS. OVERSTREET *et alii* citados em FAO, (1973) trabalhando com solos salino-sódicos com percentagem de sódio intercambiável de 60 a 100, estudaram a eficiência de uso de gesso, enxofre e ácido sulfúrico. Depois de sete meses de experimento, incluindo a lixiviação, os resultados indicaram que o ácido sulfúrico foi o que reduziu mais rapidamente a alcalinidade do solo, conseguindo baixar a percentagem de sódio intercambiável para 10, durante o período do ensaio. CHITAN citado por PIZARRO (1978) conseguiu recuperar um solo sódico num período de quatro anos usando solução de ácido sulfúrico a 1%. Resultados similares foram obtidos na Armênia (URSS), combinando o tratamento com o cultivo de arroz (FAO, 1973). Na mesma região, a aplicação de 30 t/ha de ácido sulfúrico a 80% nas diferentes camadas dos solos com horizontes alcalinos de 60 a 100cm, levou a tão bons resultados que nos primeiros dois anos todas as

despesas de custo foram resgatadas pela produção obtida com o algodão, frutas e videira.

O ácido sulfúrico pode ser injetado no solo com equipamentos especiais que permitem sua aplicação a diferentes profundidades (RICHARDS, 1954).

Dentre os formadores de ácidos o enxofre é um dos mais utilizados devido ao seu baixo custo, embora seja considerado um corretivo de ação lenta, uma vez que tem que sofrer primeiro uma oxidação microbiana para poder atuar (RICHARDS, 1954). O produto da oxidação microbiana é o  $\text{SO}_3^{--}$  que reagindo com a água forma o ácido sulfúrico, esse por sua vez reage com o carbonato de cálcio formando o gesso. O gesso ao reagir com o sódio do solo resulta em sulfato de sódio que é lixiviado (PIZARRO, 1978). O enxofre é aplicado unicamente a lanço. Após a aplicação o solo deverá ser irrigado, e mantido em torno de capacidade de campo.

KELLEY (1951) usando 2,5 t de enxofre/ha, com lavagens posteriores, em solo cuja percentagem de sódio intercambiável era igual a 58 na profundidade de 0-30cm conseguiu reduzi-la para 5. Em estudo de laboratório Mc GEORGE & GREENE citados por RICHARDS (1954) mostraram que a aplicação de 2,5 t de enxofre/ha, resultou em rápida oxidação num período de 2 a 3 semanas, sob condições favoráveis de umidade e temperatura. Eles também afirmaram que dentro dos limites usuais na agricultura as partículas mais grossas são tão efetivas quanto as mais finas.

A velocidade de infiltração da água através de um solo sódico depende consideravelmente da sua concentração ele

trolítica. Dessa forma, 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 (FAO, 1973). Baseados neste fato REEVE & BOWER (1960) e REEVE & DOERING (1966) sugeriram a recuperação de solos sódicos através do uso destas águas. Além disso, os cátions presentes nas águas de alta concentração eletrolítica ocupam o lugar do sódio no complexo sortivo do solo.

MOHITE & SHINGTE (1981 a), estudaram em laboratório, utilizando cilindros de 15cm de comprimento e 5,5cm de diâmetro, a recuperação de solos sódico e salino-sódico, mediante o uso de água salina e suas diluições sucessivas. Para ambos os solos, a água de concentração inicial de 302,8 meq/l (RAS = 52,4) e três diluições apresentou os melhores resultados do ponto de vista de abaixamento da percentagem de sódio intercambiável e volume total de água necessário à recuperação.

Ainda, MOHITE & SHINGTE (1981 b), em um outro trabalho desenvolvido em laboratório, verificaram o efeito de diferentes tratamentos de esterco de curral (2 níveis) e gesso (3 níveis) seguido de lavagem com água de alta concentração salina (302,88 meq/l e RAS = 52,4) e suas três diluições sucessivas em um solo sódico e constataram que não houve diferenças significativas entre os tratamentos na recuperação do solo. Entretanto, na solução lixiviada do tratamento onde se combinou os três parâmetros, a concentração de sódio removido mostrou-se superior em relação aos outros tra

tamentos. Ainda verificaram que o peso de matéria seca de milho após 60 dias do plantio nos solos recuperados com esses tratamentos, mostrou efeito significativo para os tratamentos combinados (gesso + esterco de curral) no entanto os diferentes níveis de gesso não mostraram diferenças entre si.

HADAS & FRENKEL (1982) estudando o efeito a longo prazo (2 e 8 anos) do uso de água de irrigação em solo salino-sódico com ou sem uso de gesso verificaram que, em ambos os períodos, a condutividade hidráulica das parcelas tratadas com gesso foi maior do que aquelas que não receberam este tratamento e, a velocidade de infiltração do solo que não recebeu tratamento com gesso foi maior após 8 anos de irrigação consecutiva, do que após 2 anos.

LUZ (1983) comparando os efeitos do gesso e da matéria orgânica em solo salino-sódico sob cultivo de arroz, observou que no caso de gesso, foi usado maior volume de água, possivelmente devido ao seu efeito benéfico sobre a permeabilidade.

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

O processo de recuperação de solos com problema de sais, principalmente aqueles com elevado teor de sódio é muito oneroso e as vezes demorado, por isso a utilização de culturas tolerantes aos sais pode garantir razoáveis retornos durante a fase inicial da recuperação.

O arroz (*Oryza sativa*, L.) apresenta moderada tolerância aos sais (RICHARDS, 1954; DAKER, 1973; MAAS & HOFFMAN, 1977) e alta tolerância ao sódio intercambiável (ALLISON, 1964; BUMBALA & ABROL, 1978), sendo por esse motivo uma das culturas normalmente usadas em solos salinos e/ou sódicos durante o processo de recuperação.

PEARSON & AYRES (1960) citados por MOORMANN & BREEMEN (1978) afirmam que 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 na tolerância aos sais, mas as plantas voltam a ser sensíveis durante a floração e a tolerância aumenta durante o período de maturação.

CASTRO & SABADO (1977) citados por MOORMAN & BREEMEN (1978) afirmam que a tolerância das plantas de arroz à salinidade, varia com as diferentes cultivares. GHEYI *et alii* (1982) estudando o comportamento de 13 cultivares de arroz (*Oryza sativa*, L.) em um solo salino-sódico, aplicando 40 t de gesso/ha, verificaram que houve diferenças significativas entre as produtividades (1,6 a 6,1 t/ha) das cultivares testadas. FAGERIA *et alii* (1982 b) estudaram a tolerância à salinidade de cento e sessenta e duas cultivares/linhagens de arroz (*Oryza sativa*, L.), baseando-se na percentagem de folhas mortas 4 semanas após o transplante, verificaram que das cultivares estudadas 11% apresentaram tolerância, 11% tolerância moderada, 17% suscetibilidade moderada e 61%



susceptibilidade.

LUZ (1983), trabalhando com diversos cultivares de arroz (*Oryza sativa*, L.) em solo salino-sódico sob os tratamentos, gesso, matéria orgânica e testemunha, observou que a cultivar BR - IRGA - 409, na testemunha, mostrou melhores produções que as outras, apresentando portanto características de tolerância à salinidade e sodicidade.

Por outro lado, Van de Goor (1966), Elgabaly (1973) , Moormann e Pons (1974) e Bhumbia & Abrol (1978), citados por PONNAMPERUMA & BANDYOPADHYA (1980), recomendam o arroz como uma cultura dessalinizadora. McNEAL et al (1966) atribuíram este efeito à assimilação do sódio pelas plantas e postularam a hipótese de que a presença das raízes do arroz no solo criavam canais que resultavam num aumento de permeabilidade do solo, favorecendo a lixiviação. Esse trabalho também questionou o efeito da dissolução do dióxido de carbono no desprendimento do cálcio proveniente do carbonato de cálcio nativo.

CHABRA & ABROL (1977) estudaram o efeito da cultura do arroz em solos sódicos e 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 tivesse sido trocado por cálcio. Afirmaram, que o cultivo do arroz resultou em grande remoção de sódio trocável pela mobilização de carbonato de cálcio insolúvel existente, devido ao incremento na hidrólise e liberação do dióxido de carbono pelas raízes das plantas, portanto o efeito recupera

dor do arroz foi também de natureza bioquímica e não somente mecânica aumentando a permeabilidade.

Ponnamperuma et al (1966) citador por BHUMBLA & ABROL (1978), verificaram um abaixamento do pH de 8,8 para 7, no solo sódico em 12 semanas após inundação e concluíram que es se fato se deveu à evolução de grandes quantidades de dióxido de carbono por ação bacteriana.

## CAPÍTULO III

### MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em duas etapas , durante o período de março a dezembro de 1981, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba em Campina Grande-Pb.

#### 1 - ETAPA 1

Este trabalho realizado no período de março a maio de 1981 teve como objetivo comparar o efeito de oito tratamentos nas propriedades físicas e químicas de um solo salino-sódico. Os tratamentos consistiram de quatro corretivos químicos (gesso, ácido sulfúrico, gesso + ácido sulfúrico e carbonato de cálcio + ácido sulfúrico), três tipos de água salina de alta concentração (470,0; 411,3 e 352,6 meq/l) e suas diluições sucessivas e ainda o solo sem nenhum corretivo, arrolado como testemunha. O estudo foi conduzido no laboratório, utilizando dezesseis colunas de PVC (duas por tratamento) com 10 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento cada.

#### 1.1 - METODOLOGIA ADOTADA

Para a montagem da coluna foram colocados três segmentos de tubo de PVC, cada uma com 10cm de diâmetro e 10cm de comprimento. A parte inferior da coluna foi fechada com uma tampa de PVC provida de um orifício, à qual se adaptou um segmento de tubo de PVC de 2cm de diâmetro e 8 cm de comprimento, para a drenagem. Para impedir a passagem de partículas de solo através do dreno, revestiu-se a tampa da coluna com uma tela de nylon de 1mm de malha.

O solo proveniente do Perímetro Irrigado de São Gonçalo (setor 10) coletado até 20 cm foi colocado em cada coluna até uma altura de 20 cm, procurando-se manter a sua densidade aparente. As características físicas e químicas deste solo são apresentadas no Quadro 1.

Dos produtos utilizados o ácido sulfúrico ( $d = 1,48 \text{ g/cm}^3$ ) e o carbonato de cálcio foram de marca Merck, enquanto o gesso foi procedente da Ultrafértil - São Paulo. A quantidade de corretivo aplicada foi baseada no equivalente de sódio intercambiável presente no solo para cada coluna. No caso dos corretivos mistos esses equivalentes foram divididos nas proporções de 25 e 75% de ácido sulfúrico e sais de cálcio (gesso ou carbonato). O ácido sulfúrico foi aplicado em forma de solução 10 N na superfície do solo. O gesso e o carbonato de cálcio foram incorporados nos primeiros 5 cm.

A Figura 1-A mostra o sistema de abastecimento de água utilizado. Para as colunas que receberam corretivos químicos, utilizou-se água destilada e para a testemunha, água do saneamento, cuja análise está apresentada no Quadro 2. Foi mantida uma lâmina constante de 5cm na superfície do solo.

QUADRO 1 - Características físico-químicas do solo utilizado no experimento.

Características	Unidades	Valores
Areia	%	45,6
Silte	%	29,2
Argila	%	25,2
Classificação Textural	-	Barro
Densidade Real	g/cm <sup>3</sup>	2,41
Densidade Aparente	g/cm <sup>3</sup>	1,46
Espaço poroso	%	39,41
Unidade equivalente	%	19,51
Ponto de murchamento	%	8,31
CaCO <sub>3</sub>	%	Baixo
Matéria orgânica	%	0,29
pH	-	9,0
Condutividade elétrica do extrato de saturação	mmhos/cm a 25°C	9,8
Relação de adsorção de sódio	(mmol) <sup>1/2</sup>	48,3
<u>Cátions trocáveis</u>	-	-
Ca + Mg	meq/100g	2,8
Na	meq/100g	18,0
K	meq/100g	Desprezível
Percentagem de sódio intercambiável	%	86,5

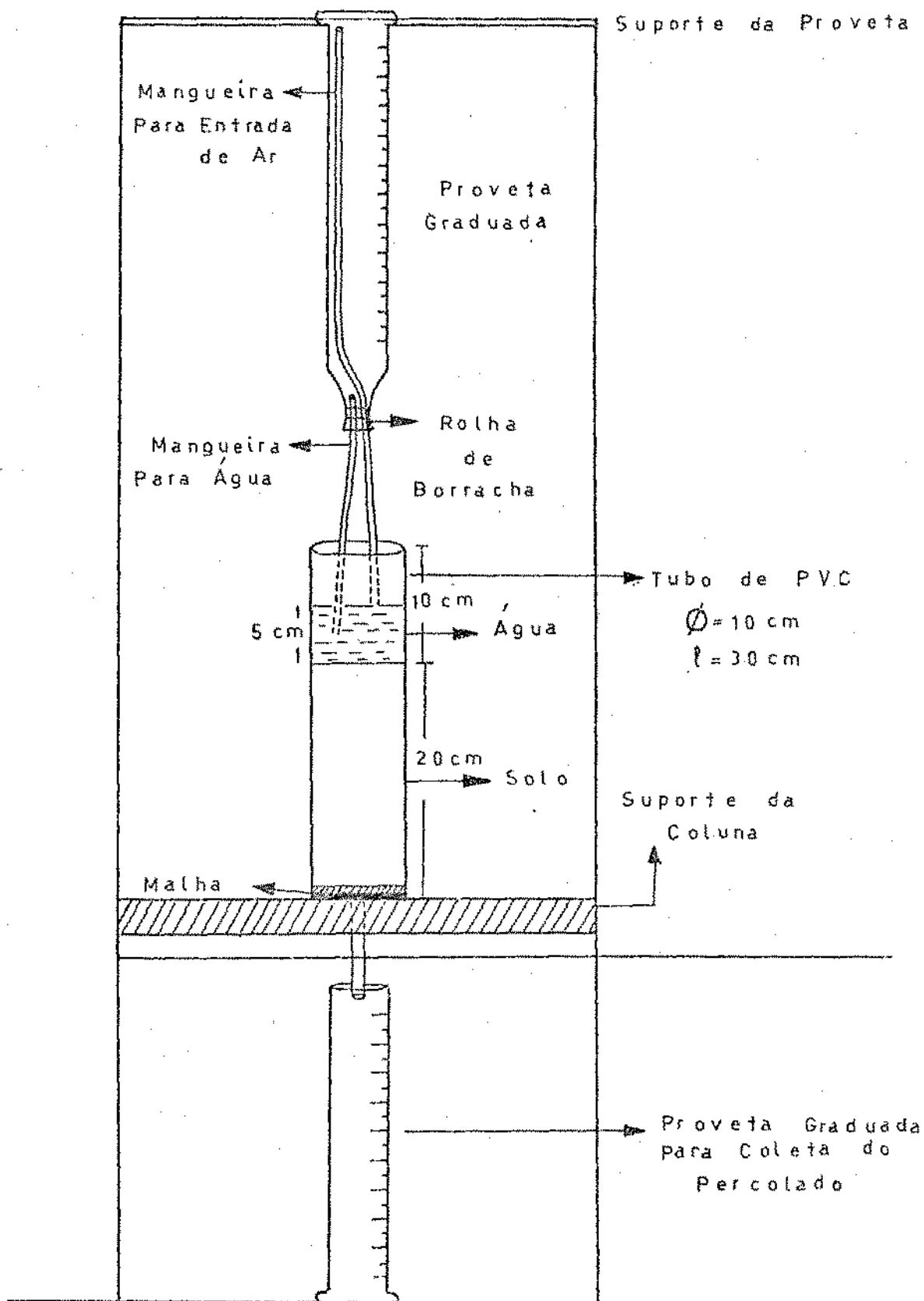


Fig. 1-A - Diagrama esquemático do sistema de abastecimento para de terminar a infiltração acumulada, através da manutenção do nível constante d'água sobre a superfície do solo.

QUADRO 2 - Composição química da água de saneamento utilizada no estudo.

Características	Unidade	Valores
Condutividade elétrica	micromhos/cm a 25°C	7,40
pH	-	7,8
Cloretos ( $Cl^-$ )	meq/l	2,8
Carbonatos ( $CO_3^{--}$ )	meq/l	0,32
Bicarbonatos ( $HCO_3^-$ )	meq/l	2,52
Cálcio + Magnésio ( $Ca^{++} + Mg^{++}$ )	meq/l	3,47
Sódio ( $Na^+$ )	-	3,70
Relação de adsorção de sódio	(mmol) <sup>1/2</sup>	2,80
Carbonato de sódio residual	meq/l	negativo
Sulfato qualitativo	meq/l	presente

Classificação segundo RICHARDS (1954), C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>.

Determinou-se a infiltração acumulada mediante leituras feitas em proveta graduada, com intervalos de 2, 2, 4, 4, 8, 8, 15, 15, 30, 30, 45, 45 minutos em seguida com 60 minutos até o início da percolação.

Após o início da percolação em cada coluna, o abastecimento passou a ser feito como mostra a Figura 1-B o qual serviu para abastecer as colunas dos tratamentos com água salina. Em todos os tratamentos a solução percolada foi coletada, medindo-se o volume no primeiro dia a cada seis horas e a partir do segundo dia a cada vinte e quatro horas.

Os tratamentos com água salina foram preparados de acordo com o que mostra o Quadro 3, utilizando-se cloreto de sódio, cálcio e magnésio, procedentes da Merck.

Nas colunas dos tratamentos com água salina quando o volume percolado em vinte e quatro horas se mantinha constante, trocava-se a solução do sistema de abastecimento que passava a ser uma outra de concentração imediatamente inferior (ver Quadro 3) e, para facilidade do trabalho, o tratamento seguinte que iniciava com a segunda concentração do primeiro era iniciado nesta oportunidade. Procedeu-se igualmente com o último tratamento a partir da terceira concentração do primeiro tratamento. Em todos os tratamentos, com exceção da testemunha, continuou-se o trabalho até que na solução percolada a concentração de sódio era desprezível ou igual à concentração da solução em uso.

No final do trabalho, desligou-se o sistema de abastecimento e deixou-se que toda solução fosse percolada, com exceção da testemunha que não havendo percolação, a água foi



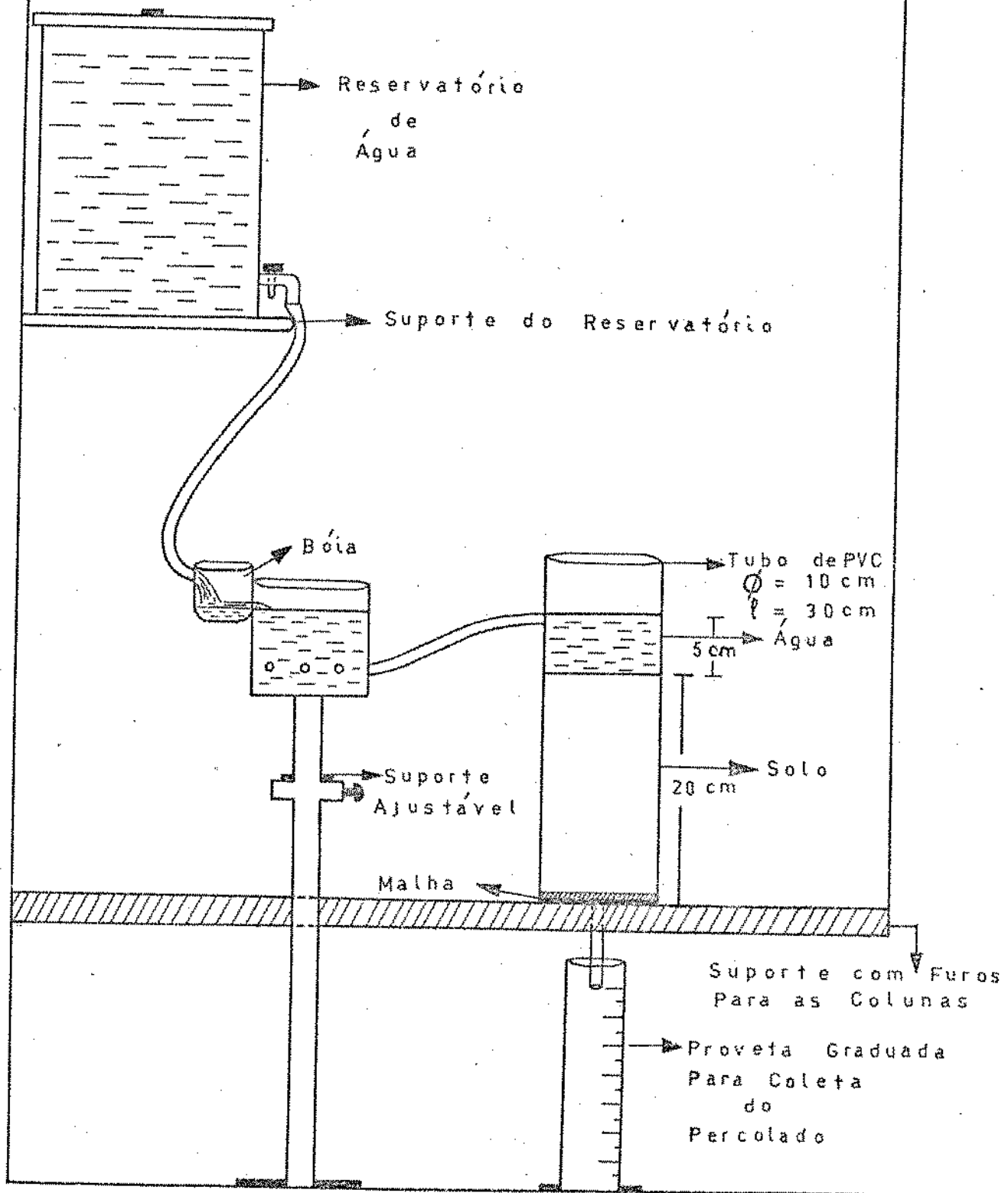


Fig. 1-B - Diagrama esquemático do sistema de abastecimento para determinar a condutividade hidráulica através da manutenção do nível constante d'água sobre a superfície do solo.

QUADRO 3 - Composição química dos diferentes tipos de água salina utilizados no estudo.

Nº da Solução	CONCENTRAÇÃO (meq/l)				RAS *
	Total	Na <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	
1	470,0	423,0	23,5	23,5	87,2
2	411,3	287,9	61,7	61,7	36,7
3	352,6	246,8	52,9	52,9	33,9
4	235,1	164,5	35,3	35,3	27,7
5	117,5	82,3	17,6	17,6	19,6
6	58,7	41,1	8,8	8,8	13,9
7	29,4	20,6	4,4	4,4	9,8
8	14,7	10,3	2,2	2,2	6,9
9	7,3	5,1	1,1	1,1	4,9

\* Relação de Adsorção de Sódio - RAS = 
$$\frac{\text{Na}^{++}}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

QUADRO 4 - Condutividade hidráulica média do solo sob vários tratamentos com água salina e suas diluições. \*

Concentração	inicial	(meq/l)
470,0	411,3	352,6
Condutividade hidráulica (cm/h)		
0,51	-	-
0,44	0,48	-
0,46	0,50	0,54
0,51	0,48	0,57
0,56	0,48	0,53
0,53	0,44	0,49
0,55	0,40	0,43
0,54	0,40	0,43
0,47	0,34	0,34
Média	0,51 ± 0,04	0,44 ± 0,05
		0,48 ± 0,08

\* Para as diluições sucessivas ver Quadro 3.

retirada da superfície do solo. No final, retirou-se cuidadosamente as colunas de solo ainda úmido, cortando-as em segmentos de 5cm. O solo seco ao ar foi destorroado, passado em peneira de 2 mm e determinou-se sódio intercambiável, capacidade de troca de cátions, pH e condutividade elétrica.

A infiltração acumulada foi representada pela equação de Kostiaikov (GRASSI, 1970),  $D = CT^m$ , onde D é a infiltração acumulada em cm; T é o tempo em minuto; "C" e "m" são os coeficientes lineares e angulares respectivamente, determinados através de regressão linear. A velocidade de infiltração foi representada pela equação  $I = KT^{(n)}$ , resultante da derivação da equação de infiltração acumulada em função do tempo, onde I é a velocidade de infiltração em cm/h, T é o tempo em minutos, K é o parâmetro linear igual a  $60 \times C \times m$  e n é o parâmetro angular igual a m-1 (GRASSI, 1970).

A condutividade hidráulica nos diferentes tratamentos foi determinada através da equação de Darcy  $K = Q \cdot \Delta L / T \cdot A \cdot \Delta H$  (RICHARDS, 1954), onde K é a condutividade hidráulica em cm/h, Q é o volume de água em  $cm^3$  que passa no tempo T,  $\Delta L$  é a profundidade do solo em cm, T é o tempo em horas, A é a área do solo em  $cm^2$  e  $\Delta H$  é o gradiente de carga hidráulica em cm.

## 2 - ETAPA II

A segunda etapa do trabalho foi desenvolvida no período de maio a dezembro de 1981 e teve como objetivo, estudar a influência da aplicação de gesso e ácido sulfúrico no de

envolvimento e produção de arroz (*Oryza sativa*, L.) irrigado, em um solo salino-sódico, como também os efeitos desses tratamentos nas características químicas do solo. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, consistindo de três tratamentos com três repetições. Os tratamentos estudados foram gesso, ácido sulfúrico e solo sem corretivo, como testemunha. As quantidades dos corretivos e sua aplicação obedeceram aos mesmos critérios da Etapa 1 e o solo utilizado foi da mesma procedência.

## 2.1 - METODOLOGIA ADOTADA

Foram colocados em vasos plásticos 6.660 kg de solo seco ao ar, destorroado e passado em peneira com abertura de 2mm, compactado de modo a ficar com a mesma densidade do solo original ( $1,46 \text{ g/cm}^3$ ).

Após a incorporação dos corretivos químicos o sistema de abastecimento foi ligado de acordo com a Figura 1-B, usando-se água do saneamento, mantendo-se uma lâmina constante de 5 cm. A solução percolada foi coletada diariamente em horário fixo, sendo o seu volume medido e o teor de sódio analisado. Continuou-se a lavagem do solo até que a quantidade de sódio presente na solução percolada era quase idêntica à da água do saneamento (Quadro 2).

O sistema de abastecimento foi desligado e deixou-se toda a água percolar. Na testemunha, devido à baixa permeabilidade, a retirada da água foi feita inclinando-se os vasos. O tubo que serviu de dreno, foi vedado com uma tampa de borra

cha.

Paralelamente, as sementes da cultivar IR-8 melhorada foram colocadas para germinar em caixa de madeira contendo solo e esterco de curral. Catorze dias após a germinação, foi feito o transplante, colocando-se quatro plantas por vaso.

A irrigação foi feita, mantendo-se o solo em torno da capacidade de campo, durante dez dias, após os quais se fez o desbaste, deixando-se as duas plantas mais vigorosas em cada vaso. A partir de então, foi mantida uma lâmina constante de 1cm, conforme recomendação de FAGERIA et al (1982) para estudos de arroz em casa de vegetação. A irrigação foi suspendida três semanas após a floração média em cada vaso, de acôrdo com recomendação de STONE et al (1980). Uma semana antes de ser suprimida a irrigação, as tampas de borracha que fechavam os drenos foram retiradas de modo a permitir a lixiviação dos sais.

A adubação foi feita baseada na proporção de NPK (480-240-240) recomendada por FAGERIA et al (1982b). Os adubos usados foram sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio. Foi feita adubação de fundação colocando-se 1/3 do nitrogênio e o total de fósforo e potássio. Aos trinta e sessenta dias após o plantio, foram feitas adubações de cobertura com quantidades iguais de nitrogênio. Cerca de trinta dias após o plantio, as plantas da testemunha apresentaram sintomas característicos de deficiência de ferro o que foi corrigido pela aplicação de sulfato ferroso, procedente da Merck na dosagem de 10 kg/ha (GALRÃO & MESQUITA FILHO, 1981).

Verificou-se a incidência da lagarta *Spodoptera frugiperda*, aos quarente dias após o plantio que foi combatida com duas aplicações de toxafeno, espaçadas de sete dias.

Durante todo o experimento foram observadas diariamente as temperaturas mínima e máxima e umidade relativa do ar, cujos dados são mostrados no Quadro 1 do Apêndice.

Além da produção de grãos, foram estudados os principais componentes de produção como, altura de planta, número de perfilhos, número de panículas, percentagem de esterilidade das espiguetas, produção média e peso médio de 100 grãos. Foram realizadas quatro mensurações da altura de plantas com intervalos de vinte dias, contando-se a partir da germinação e na colheita. Mediu-se desde a base até o ápice da folha mais alta. Os números de perfilhos e de panículas foram determinados por ocasião da colheita. A colheita foi feita quando mais de 90% dos grãos em cada vaso apresentou-se seco. Determinou-se a percentagem de esterilidade das espiguetas, contando-se o número de grãos cheios e secos em cada vaso. Foram calculadas as percentagens médias de grãos estéreis em cada tratamento a partir da fórmula:

$$\% \text{ de esterilidade das espiguetas} = \frac{\text{número de grãos secos}}{\text{total de grãos}} \times 100$$

A produção média foi expressa em grama a 13% de umidade, base úmida. O peso médio de 100 grãos foi determinado a partir de três amostras de 100 grãos escolhidos ao acaso em cada repetição.

No final do trabalho após secagem do solo em todos os

vasos, cortou-se cuidadosamente em camadas de 0-10 e de 10-20cm. O solo após destorroado e passado em peneira de 2mm foi analisado determinando-se pH, condutividade elétrica do extrato de saturação e percentagem de sódio intercambiável.

### 3 - ANÁLISE DO SOLO E ÁGUA

A determinação da textura foi feita através do método do hidrômetro (DAY, 1965), a densidade aparente pelo método do torrão (EMBRAPA, 1979), a densidade real pelo método do picnômetro, descrito por FORSYTHE (1971). A capacidade de campo foi obtida indiretamente através da umidade equivalente determinada pelo método da centrifugação (DAKER, 1973). Determinou-se a umidade de murchamento através da membrana de pressão (RICHARDS, 1954). As análises de água seguiram as recomendações de RICHARDS (1954).

### 4 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos na etapa II foram submetidos à análise de variância e as médias representativas de cada tratamento foram comparadas pelo teste de Tukey aos níveis de 1 ou 5% de probabilidade, respectivamente (GOMES, 1973). Para a análise de variância do número de perfilhos e de panículas os valores foram transformados em  $\sqrt{x}$  e a percentagem de esterilidade das espiguetas após a transformação em  $\text{ARC SEN } \sqrt{x}$  (SNEDECOR & COCHRAN, 1974).



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 1 - EFEITO DA APLICAÇÃO DE CORRETIVOS QUÍMICOS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE UM SOLO SALINO-SÓDICO.

##### 1.1 - INFILTRAÇÃO ACUMULADA E VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO

Os resultados da infiltração acumulada e velocidade de infiltração são apresentados nas Figuras 2 e 3, respectivamente. Não se observou infiltração na testemunha, por este motivo os resultados deste tratamento não são apresentados.

Analisando-se a Figura 2, verifica-se que a infiltração acumulada no primeiro minuto foi maior com o tratamento gesso. Porém, ao longo do tempo, os tratamentos gesso + ácido sulfúrico e ácido sulfúrico foram mais eficientes em relação aos tratamentos gesso e carbonato de cálcio + ácido sulfúrico. Comparando-se com o tratamento gesso, a variação da infiltração acumulada para um período de 375 minutos foi 33,2; 14,5 e -13,3% para os tratamentos gesso + ácido sulfúrico, ácido sulfúrico e carbonato de cálcio + ácido sulfúrico, respectivamente.

Quanto à velocidade de infiltração no primeiro minuto,

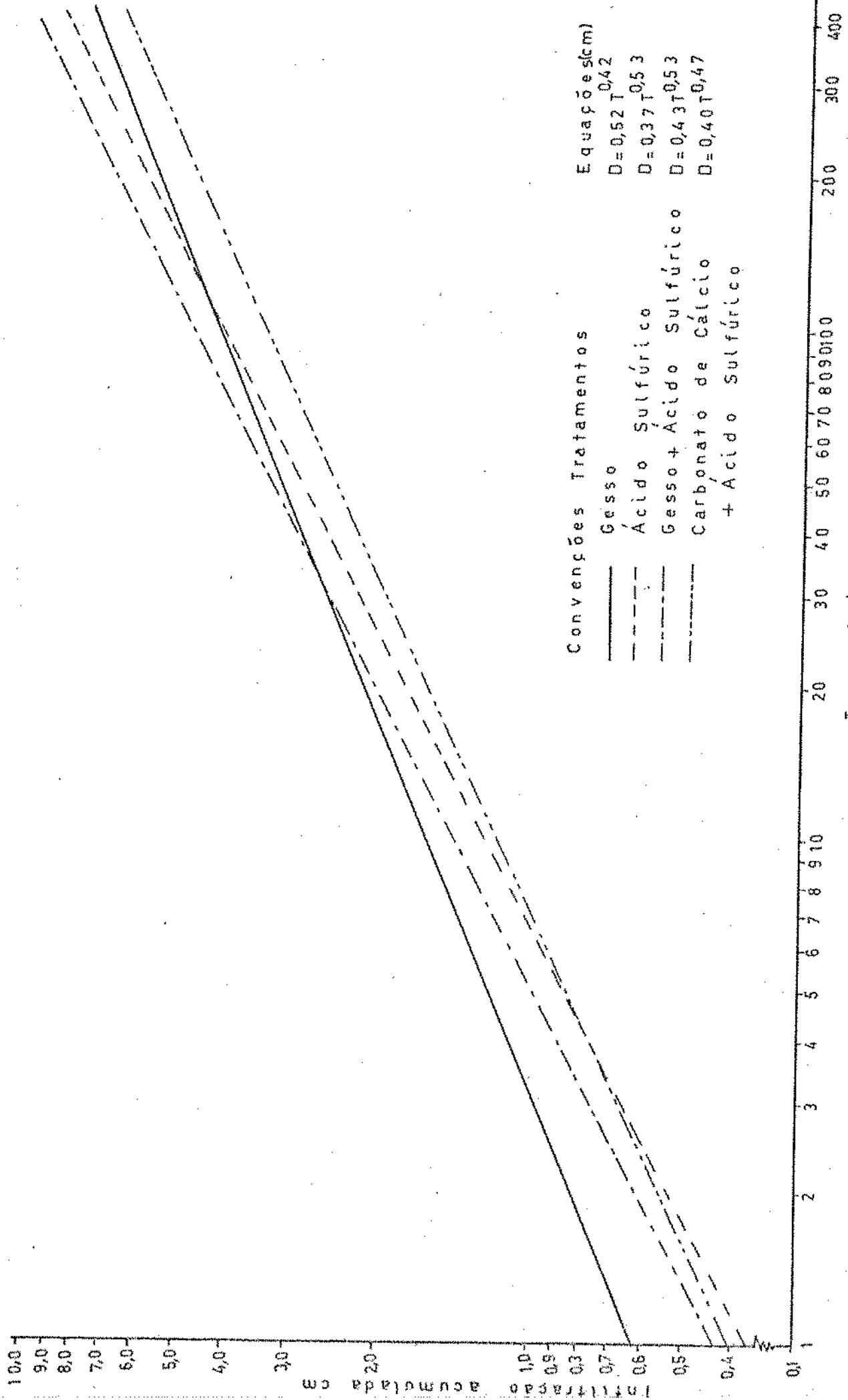


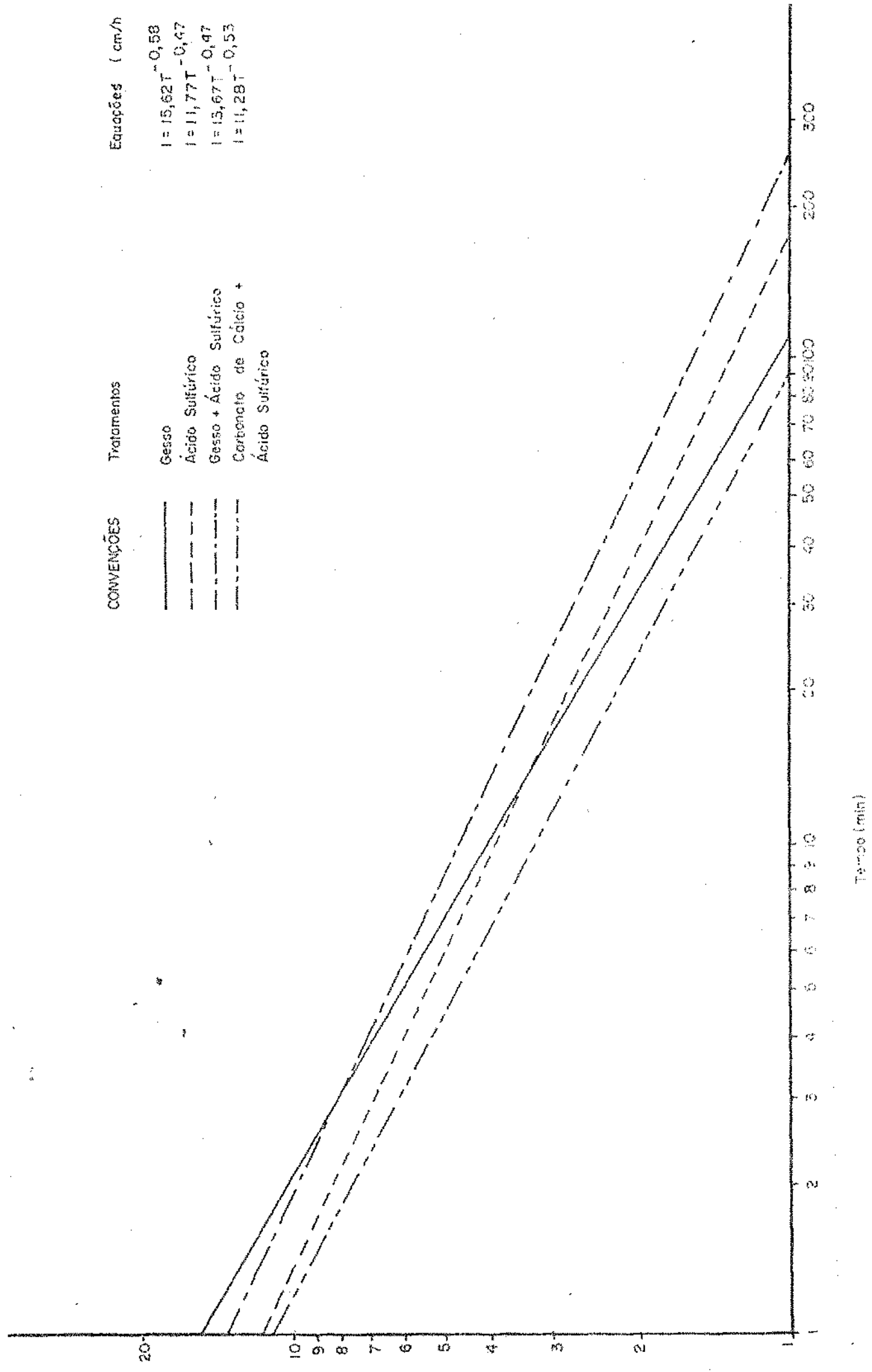
Fig. 2 - Curvas de infiltração acumulada cm

verificou-se a seguinte ordem decrescente: gesso (15,62cm/h); gesso + ácido sulfúrico (13,67 cm/h); ácido sulfúrico (11,77 cm/h) e carbonato de cálcio + ácido sulfúrico (11,28 cm/h) . Analisando-se a Figura 3, observa-se que embora a velocidade de infiltração inicial no tratamento gesso tenha sido maior que nos demais tratamentos, ao longo do tempo, os tratamentos gesso + ácido sulfúrico e ácido sulfúrico foram mais eficientes, ultrapassando os valores obtidos com o tratamento gesso a partir dos 3 (três) e 11 (onze) minutos, respectivamente.

## 1.2 - CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

Devido à diminuição da velocidade de infiltração com o tempo, observa-se que a condutividade hidráulica decresceu ao longo deste nos casos dos tratamentos com corretivos químicos (Figura 4). As colunas da testemunha permaneceram ligadas ao reservatório de água durante todo o trabalho da Etapa I (40 dias) não chegando sequer a percolar. Observa-se na Figura 4, que os tratamentos gesso, gesso + ácido sulfúrico e carbonato de cálcio + ácido sulfúrico apresentaram uma queda muito brusca quando comparados com ácido sulfúrico. O tratamento ácido sulfúrico, apresentou no início uma condutividade hidráulica em média cinco vezes maior que para os outros tratamentos e os decréscimos ao longo do tempo foram suaves. Provavelmente devido a esse último fato, o mesmo tratamento apresentou no final condutividade hidráulica sete vezes maior que para os demais tratamentos. PRATHER *et al* (1978) em so

CONVENÇÕES	Tratamentos	Equações (cm/h)
—	Gesso	$I = 15,62T^{-0,58}$
- - -	Ácido Sulfúrico	$I = 11,77T^{-0,47}$
- · - · -	Gesso + Ácido Sulfúrico	$I = 15,67T^{-0,47}$
- · - · -	Carbonato de Cálcio + Ácido Sulfúrico	$I = 11,28T^{-0,53}$



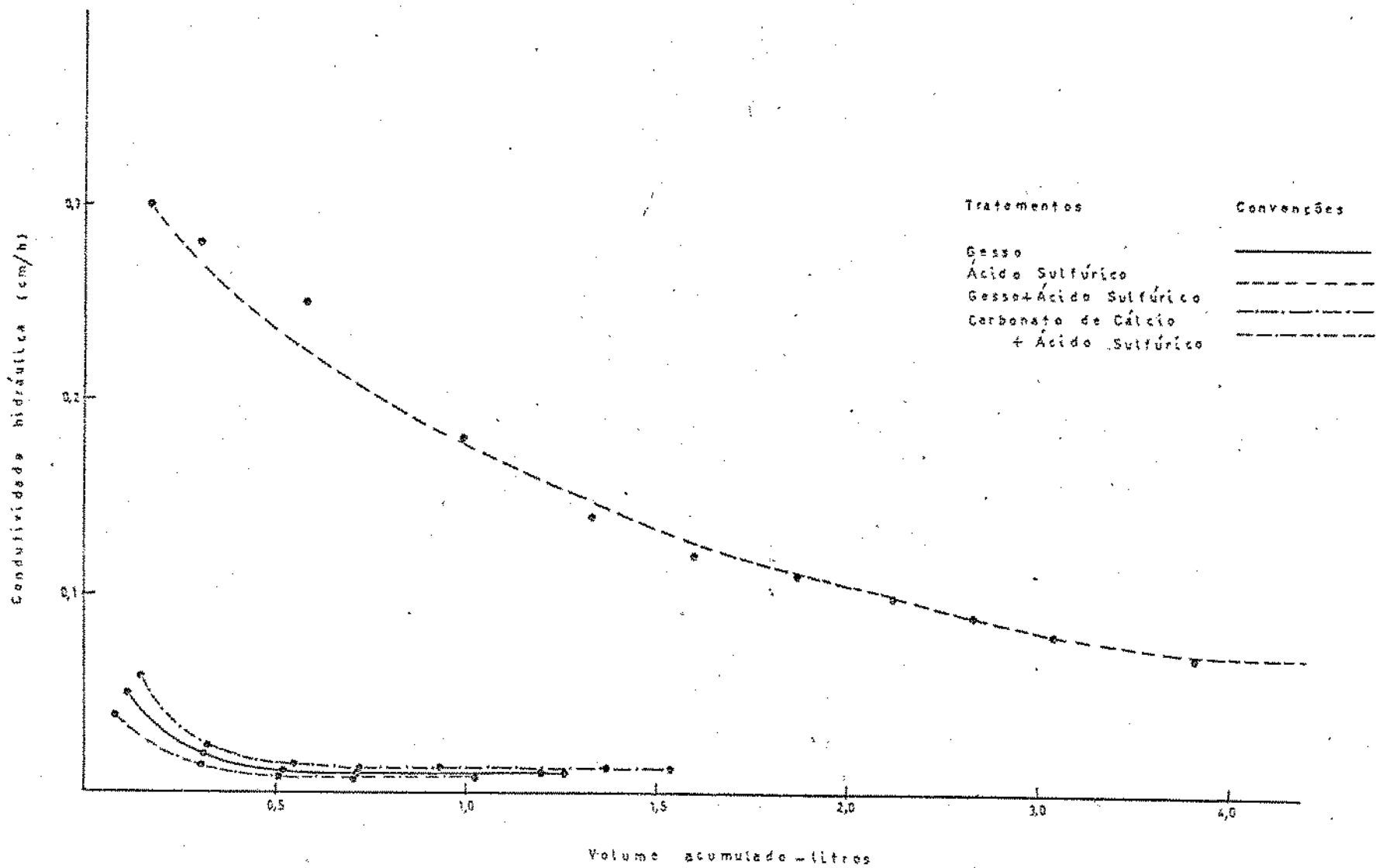


Fig. 4 - Curva da condutividade hidráulica versus volume percolado.

los com percentagem de sódio intercambiável igual a setenta e dois obtiveram também melhores resultados de condutividade hidráulica com ácido sulfúrico em relação ao gesso ou gesso + ácido sulfúrico.

De todos os tratamentos estudados, os que apresentaram melhor condutividade hidráulica foram os tratamentos com água salina não havendo diferenças marcantes entre as três concentrações iniciais conforme se observa no Quadro 4. Entretanto onde se usou alta concentração inicial (470 meq/l), a condutividade hidráulica permaneceu relativamente constante com as diluições sucessivas. Os efeitos positivos de alta concentração eletrolítica na condutividade hidráulica também foram relatados por REEVE & BOWER (1960) e PEREIRA (1977).

No presente trabalho, não se verificou efeito significativo da relação de adsorção de sódio (RAS) da solução inicial na condutividade hidráulica (Quadro 4), mostrando assim que os efeitos benéficos desses tratamentos foram devido à alta concentração eletrolítica e não pela proporção de íons divalentes. Também não foram observadas grandes diferenças na condutividade hidráulica média com o número de diluições. MOHITE & SHINGTE (1981a), estudando o efeito do número de diluições na recuperação de um solo salino-sódico, também não observaram diferenças significativas nos valores de condutividade hidráulica entre três, cinco ou sete diluições.

Em relação ao tempo necessário para cada tratamento atingir os resultados citados, observou-se que aqueles com água salina foram os mais eficientes, necessitando de apenas vinte dias, seguido de ácido sulfúrico, vinte e oito dias

e os outros tratamentos, trinta e oito dias.

### 1.3 - PROPRIEDADES QUÍMICAS

Os valores de pH decresceram em todos os tratamentos, porém, nota-se que no tratamento ácido sulfúrico, devido ao efeito ácido, o abaixamento de pH foi o mais significativo. Também os tratamentos com água salina apresentaram efeito mais marcante que os demais tratamentos porém entre si não mostraram grandes diferenças (Quadro 5).

Os valores de condutividade elétrica também decresceram em todos os tratamentos e verificou-se mais uma vez que os tratamentos com ácido sulfúrico e com água salina foram mais eficientes, o que pode ser explicado pelos valores finais de condutividade hidráulica mais elevados (Figura 4 e Quadro 4), favorecendo a lixiviação dos sais. Os outros tratamentos apresentaram decréscimos significantes dos valores da condutividade elétrica, apenas nas camadas de 0 - 5 cm e não mostraram grandes diferenças entre si. (Quadro 5).

Os resultados da percentagem de sódio intercambiável do solo após o tratamento são apresentados na Figura 5. Pode-se constatar que os três tratamentos de água salina produziram uma significativa e uniforme redução da percentagem de sódio intercambiável com a profundidade. No entanto essas diferenças não foram marcantes entre eles ficando em redor de 6,7. Nota-se também que nos primeiros 5 cm o efeito dos diversos tratamentos foi semelhante àqueles com água salina, mas nas camadas abaixo de 5 cm o gesso, gesso + ácido sulfú

QUADRO 5 - Valores finais de pH, condutividade elétrica do extrato de saturação (CE<sub>es</sub>) e per centagem de sódio intercambiável (PSI) , sob os diferentes tratamentos.

Características e Profundidade	Tratamentos						
	Gesso	Gesso + A. Sulfúrico	Carb. de Cálc. + A.Sulfúrico	Ácido Sulfúrico	Água Salina (470 meq/l)	Água Salina (411,3 meq/l)	Água Salina (352,6 meq/l)
0 - 5cm							
pH	7,8	7,8	8,0	4,7	7,4	7,1	7,7
CE <sub>es</sub>	3,0	3,4	3,6	0,8	1,4	1,30	1,0
PSI	4,33	5,1	5,5	0,6	5,4	7,7	6,3
5 - 10cm							
pH	8,2	8,4	8,4	5,2	7,3	7,30	7,9
CE <sub>es</sub>	7,6	7,8	7,8	0,9	1,4	1,02	0,86
PSI	38,9	40,6	42,9	1,9	5,1	7,40	5,30
10 - 15cm							
pH	8,4	8,7	8,7	5,3	7,4	7,2	8,0
CE <sub>es</sub>	7,7	8,3	8,5	1,1	1,5	1,25	0,9
PSI	60,6	62,9	67,8	13,0	6,8	8,60	6,3
15 - 20cm							
pH	8,9	9,0	8,9	7,1	7,5	7,40	8,0
CE <sub>es</sub>	8,0	9,0	9,0	1,17	1,8	1,47	0,98
PSI	64,9	67,3	69,6	39,0	5,9	7,90	6,4

\* No caso dos solos da testemunha, não se constatou diferenças apreciáveis quando comparado com o solo original.



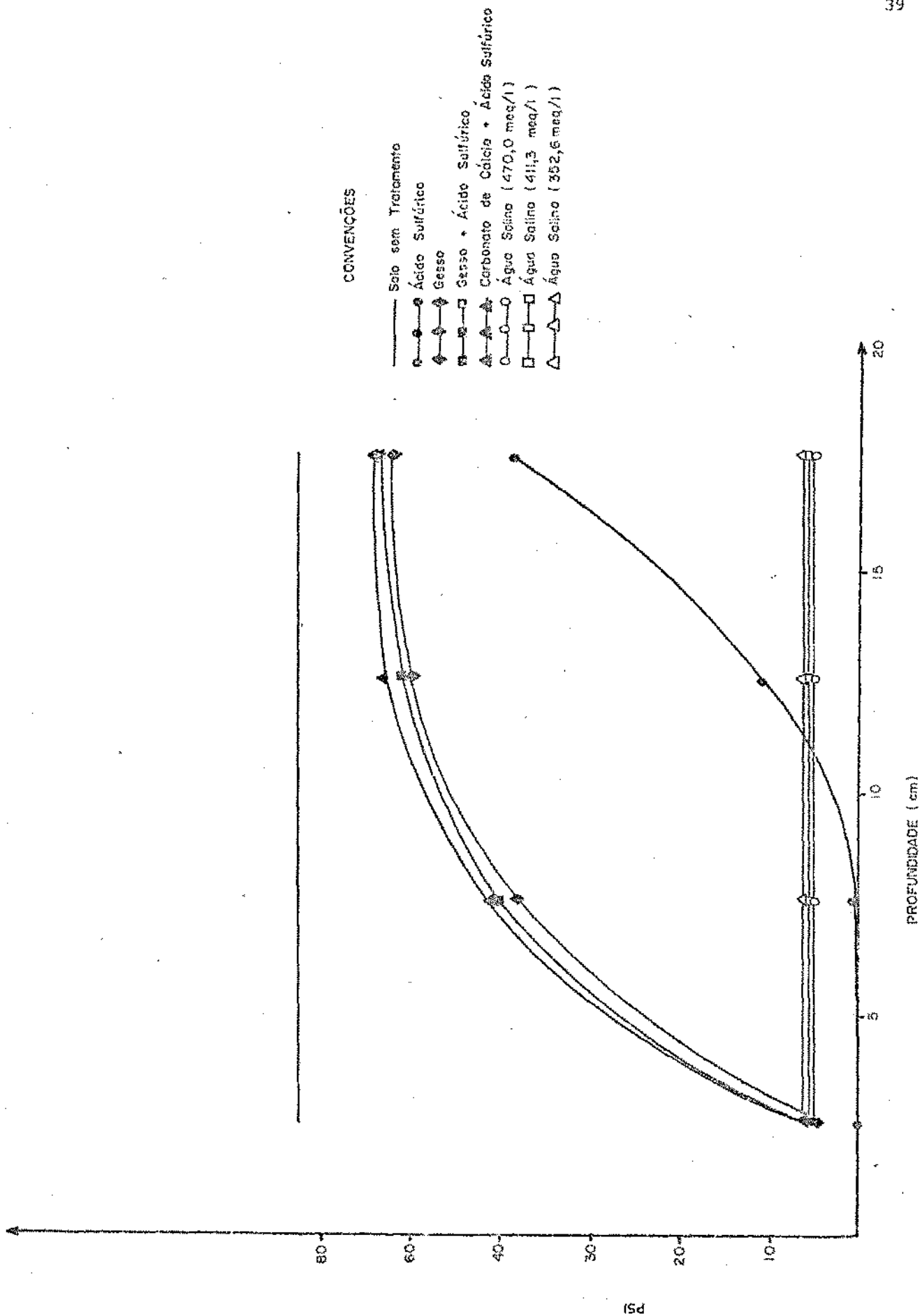


Fig. 5 - Efeito de diversos tratamentos na percentagem de sódio intercambial de um solo sódico - sódico.

rico e carbonato de cálcio + ácido sulfúrico foram menos eficientes no abaixamento da percentagem de sódio intercambiável, não apresentando grandes diferenças entre si. O tratamento com ácido sulfúrico nos primeiros 10 cm foi relativamente mais eficiente que os outros tratamentos, inclusive os de água salina, reduzindo a percentagem de sódio intercambiável a quase zero. Entretanto, além dessa profundidade, o efeito dos tratamentos com água salina foi superior ao do ácido sulfúrico.

## 2 - EFEITO DA APLICAÇÃO DE GESSO E ÁCIDO SULFÚRICO NO DESENVOLVIMENTO DE ARROZ (*Oryza sativa*, L.) EM SOLO SALINO-SÓDICO.

### 2.1 - ALTURA DE PLANTA

Na Figura 6, comparam-se as alturas médias atingidas pela cultivar estudada sob os tratamentos gesso e ácido sulfúrico em relação à testemunha.

Nota-se que na testemunha o crescimento foi muito lento, principalmente nos primeiros quarenta dias em relação aos outros tratamentos corroborando com a afirmação feita por MOORMAN & BREEMEN (1978) de que o efeito da salinidade sobre o crescimento das plantas de arroz é mais acentuado durante a primeira fase do desenvolvimento.

No caso dos tratamentos gesso e ácido sulfúrico, verifica-se que a taxa de crescimento foi maior até os primeiros quarenta dias, atingindo mais de 50% das respectivas al

turas finais. A partir dos oitenta dias praticamente não houve crescimento uma vez que as plantas se encontravam na fase de maturação. Durante todo o ciclo vegetativo, as plantas sob o tratamento ácido sulfúrico mostraram maiores alturas, embora até os quarenta dias essas diferenças não foram apreciáveis. A análise de variância das alturas finais revelou diferença significativa entre os tratamentos a nível de 1% de probabilidade (Quadro 6). A comparação das médias pelo teste de Tukey (Quadro 7) mostrou que o ácido sulfúrico apresentou plantas 14,4% e 22,4% mais altas que as plantas submetidas aos tratamentos gesso e testemunha, respectivamente.

## 2.2 - NÚMERO TOTAL DE PERFILHOS

A análise de variância do número total de perfilhos indicou efeito significativo para os tratamentos ao nível de 1% de probabilidade (Quadro 8). Observou-se a seguinte ordem decrescente para os tratamentos: ácido sulfúrico > gesso > testemunha.

A comparação de médias pelo teste de Tukey mostrou diferença significativa entre os tratamentos ácido sulfúrico, gesso e testemunha (Quadro 9), ao nível de 1% de probabilidade. Nota-se que, para o tratamento ácido sulfúrico o número de perfilhos foi duas vezes maior que para a testemunha.

## 2.3 - NÚMERO TOTAL DE PANÍCULAS

A análise de variância do número de panículas mostrou

QUADRO 6 - Resumo da análise de variância das alturas finais de planta sob os diferentes tratamentos.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	468,0	234,0	34,9**
Resíduo	6	40,3	6,7	
Total	8			

C.V. = 3,9%

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 7 - Alturas médias finais\* das plantas de arroz sob diferentes tratamentos em solo salino-sódico.

Tratamento	Altura** (cm)
Gesso	65,3 b
Ácido Sulfúrico	75,7 a
Testemunha	59,0 b

\* Média de 3 repetições, cada uma com duas plantas.

\*\* As médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

QUADRO 8 - Resumo da análise de variância do número total de perfilhos\* sob os diferentes tratamentos.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	4,50	2,250	53,57**
Resíduo	6	0,25	0,042	-
Total	8			

C.V. = 4,2%

\* Dados analisados após transformação em  $\sqrt{x}$ .

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 9 - Número total de perfilhos\* sob os diferentes tratamentos.

Tratamento	Número de Perfilhos**
Gesso	23,7 b
Ácido Sulfúrico	30,7 a
Testemunha	15,0 c

\* Média de 3 repetições cada uma com duas plantas.

\*\* As médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

que as diferenças entre os tratamentos foram significativas ao nível de 1% de probabilidade (Quadro 10).

A comparação de médias entre os tratamentos, pelo teste de Tukey revelou diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade, sendo que o ácido sulfúrico uma vez mais promoveu o maior número de panículas, seguido do gesso e testemunha (Quadro 11).

#### 2.4 - ESTERILIDADE DAS ESPIGUETAS

Embora a percentagem de esterilidade média das espiguetas tenha variado de 34% no tratamento com ácido sulfúrico a 52% na testemunha, a análise de variância não mostrou efeito significativo para os tratamentos (Quadro 12).

#### 2.5 - PESO MÉDIO DE 100 GRÃOS

A análise de variância do peso médio de 100 (cem) grãos mostrou que as diferenças entre os tratamentos foram significativas ao nível de 1% de probabilidade (Quadro 13); e a comparação de médias pelo teste de Tukey (Quadro 14) mostrou que o maior peso médio de grão foi obtido quando se usou o tratamento com gesso.

#### 2.6 - PRODUÇÃO DE ARROZ

A análise de variância das produções médias obtidas mostrou diferença significativa ao nível de 1% de probabili

QUADRO 10 - Resumo da análise de variância do número médio de panículas\* sob os diferentes tratamentos.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	2	5,39	2,695	30,9**
Resíduo	6	0,22	0,087	
Total	8			

C.V. = 22,8%

\* Dados analisados após transformação em  $\sqrt{x}$ .

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 11 - Número médio de panículas\* sob diferentes tratamentos em solo salino-sódico.

Tratamentos	Número de Panículas**
Gesso	15,7 b
Ácido Sulfúrico	18,3 a
Testemunha	6,7 c

\* Média de 3 repetições cada uma com duas plantas.

\*\* As médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

QUADRO 12 - Resumo da análise de variância da percentagem de esterilidade das espiguetas\* sob diferentes tratamentos em solo salino-sódico.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	2	203,26	101,63	2,24
Resíduo	6	271,28	45,21	

C.V. = 16,8%

\* Dados analisados após transformação em  $\text{arc sen } \sqrt{x}$ .



QUADRO 13 - Resumo da análise de variância do peso médio de 100 (cem) grãos sob os diferentes tratamentos.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	2	0,0381	0,01905	11,48**
Resíduo	6	0,0097	0,00166	
Total	8			

C.V. = 21,3%

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 14 - Peso médio de 100 (cem) grãos\* sob os diferentes tratamentos.

Tratamentos	Peso médio de 100 grãos** (g)
Gesso	2,394 a
Ácido Sulfúrico	2,290 b
Testemunha	2,020 c

\* Média de 3 repetições

\*\* As médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

dade (Quadro 15). Comparando-se as médias pelo teste de Tukey (Quadro 16), observou-se que os melhores resultados foram obtidos quando se usou o ácido sulfúrico, o que possibilitou uma produção quase duas vezes maior que no tratamento com gesso e seis vezes maior que na testemunha.

A maior produção de arroz obtida no tratamento ácido sulfúrico foi consequência do maior crescimento, maior número de perfilhos, baixa percentagem de esterilidade das espiguetas. O melhor desenvolvimento e maior produção de arroz sob o tratamento ácido sulfúrico foi o efeito indireto da redução mais efetiva da percentagem de sódio intercambiável do solo submetido a esse tratamento. No caso da testemunha, a baixa produção evidencia o efeito nocivo da salinidade e da alcalinidade sobre o desenvolvimento da cultura.

### 3 - EFEITO DA APLICAÇÃO DE GESSO E ÁCIDO SULFÚRICO E DO CULTIVO DO ARROZ (*Oryza sativa*, L.) NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM SOLO SALINO-SÓDICO.

No Quadro 17, são comparados os resultados das análises químicas do solo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm após a colheita do arroz, com os do solo original. Verificase que o tratamento com ácido sulfúrico promoveu uma significativa diminuição da percentagem de sódio intercambiável, pH e condutividade elétrica do extrato de solo, não se verificando diferenças marcantes nas camadas de 0-10 e de 10-20cm. De acordo com a classificação proposta por RICHARDS (1954) o solo tornou-se normal depois de submetido a este tratamento.

QUADRO 15 - Resumo da análise de variância das produções médias de arroz\* por vaso sob os diferentes tratamentos.

F.V.	G.L.	S.Q.	A.M.	F
Tratamentos	2	864,0	432,0	102,8 **
Resíduo	6	25,5	4,2	
Total	8			

C.V. = 12%

\* Ajustado a 13% de umidade.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 16 - Produção média do arroz\* sob diferentes tratamentos.

Tratamentos	Produção média de arroz ** (g)
Gesso	16,7 b
Ácido Sulfúrico	28,7 a
Testemunha	4,7 c

\* Média de 3 repetições.

\*\* As médias s-guidas por letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

QUADRO 17 - Valores de pH, condutividade elétrica do extrato de saturação ( $CE_{es}$ ) e percentagem de sódio intercambiável (PSI) do solo antes e após o experimento.

Tratamentos	pH**	$CE_{es}$ (mmhos/cm a 25°C)	PSI
<u>Antes do experimento</u>			
0 - 20cm			
	9,0	9,8	86,5
<u>Após o experimento</u>			
0 - 10cm			
Gesso	8,1	8,88	15,00
Ácido Sulfúrico	4,9	3,08	3,20
Testemunha	8,7	8,41	42,70
10 - 20cm			
Gesso	8,6	4,30	40,40
Ácido Sulfúrico	6,9	2,71	3,40
Testemunha	8,9	6,74	62,70

\* Média de três repetições.

\*\* Os valores de pH após o experimento foram obtidos em suspensão 1:2,5 solo-água enquanto, antes do experimento o mesmo foi obtido na pasta de saturação.

O tratamento com gesso diminuiu a percentagem de sódio inter cambiável e pH apenas na camada de 0-10cm, não mostrando um efeito pronunciado na camada inferior. Nota-se que devido a baixa solubilidade do gesso e ao seu efeito residual a condu tividade elétrica do extrato de solo manteve-se próxima à do solo original, apresentando valores mais elevados na camada de 0-10cm, resultados contrários aos obtidos na primeira eta pa do trabalho o que pode ser explicado devido a que na se gunda etapa o solo foi cortado em camadas após a secagem, en quanto na primeira etapa cortou-se o mesmo ainda molhado e só depois posto para secar.

É interessante notar que houve uma marcante redução na percentagem de sódio intercambiável no caso da testemunha, principalmente na camada superior. Tal redução foi proporcionada provavelmente pela liberação de  $CO_2$  pelas raízes do ar roz que dissolveu parte do  $CaCO_3$  presente no solo, fornecendo assim íons cálcio para substituição do sódio intercambiável. CHABRA & ABROL (1977) também observaram resultados semelhantes com a cultura do arroz em um solo sódico. Além desse fa tor, a assimilação de sódio pela cultura, também poderia ser responsável pelo abaixamento da percentagem de sódio inter cambiável (MCNEAL et al, 1966).

A cultura do arroz deve ter contribuído também para a redução da percentagem de sódio intercambiável nos casos dos tratamentos com ácido sulfúrico e com gesso. Durante o pro cesso inicial da recuperação foi determinado o volume do per colado e o teor de sódio lixiviado (Figura 7) a cada 24 ho ras, permitindo assim se estimar a percentagem de sódio in

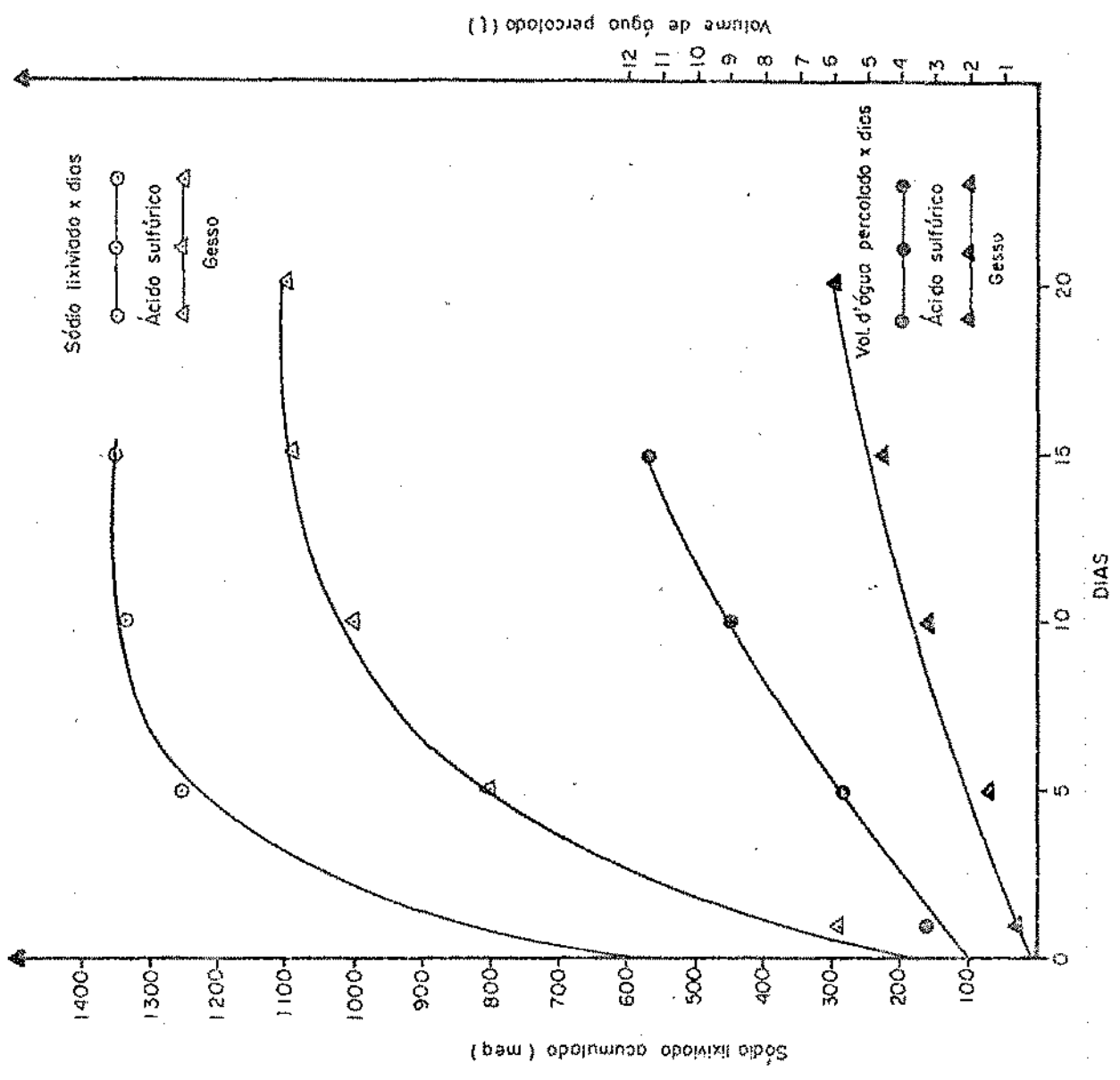


Fig. 7 - Efeito de gesso e ácido sulfúrico no quantidade de sódio removido x dia e volume de água percolado x dia.

tercambiável com razoável aproximação, antes do plantio do arroz. Os cálculos mostraram que antes do plantio do arroz, o solo nos tratamentos ácido sulfúrico e gesso apresentava percentagem de sódio intercambiável em média igual a 15,9 e 32% respectivamente. Comparando-se esses resultados com os da primeira etapa nota-se que no caso do gesso houve uma ligeira superioridade provavelmente devido a utilização de água no saneamento em vez de água destilada, uma vez que a solubilidade do gesso é maior na presença de água salina (Souza citado por PEREIRA, 1977). Talvez devido ao mesmo fato, o tempo necessário para lixiviação do sódio tenha sido menor em relação à primeira etapa no trabalho (quinze dias para o ácido sulfúrico e vinte dias para o gesso). Levando-se em consideração os valores da percentagem de sódio intercambiável antes do plantio e após a colheita do arroz para os respectivos tratamentos, verifica-se que no caso do ácido sulfúrico houve um abaixamento relativamente maior da percentagem de sódio intercambiável em relação ao gesso e as plantas sob esse tratamento apresentaram melhor desenvolvimento e uma maior produção.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES

O presente trabalho, desenvolvido em condições controladas de laboratório e casa de vegetação permite enumerar as seguintes conclusões:

1 - Os tratamentos gesso + ácido sulfúrico e ácido sulfúrico promoveram uma maior infiltração acumulada e uma maior velocidade de infiltração em relação ao gesso e carbonato de cálcio + ácido sulfúrico no solo salino-sódico do Perímetro Irrigado de São Gonçalo (setor 10).

2 - De todos os tratamentos estudados o de água com altas concentrações salinas, apresentou maior influência no aumento da condutividade hidráulica do citado solo, não havendo diferenças marcantes entre as concentrações ou entre a relação adsorção de sódio inicial e ao mesmo tempo não mostraram diminuição nos valores de condutividade hidráulica com o tempo ou com as diluições sucessivas (6 a 8). Entre os corretivos químicos, destacou-se o ácido sulfúrico, apresentando valores finais em média sete vezes superior ao gesso, gesso + ácido sulfúrico e carbonato de cálcio + ácido sulfúrico, os quais não mostraram diferenças entre si.



3 - Os tratamentos estudados mostraram um efeito marcante nas propriedades químicas do solo (pH, condutividade elétrica do extrato de saturação do solo e percentagem de sódio intercambiável). Os tratamentos com água salina apresentaram uma redução da percentagem de sódio intercambiável maior e mais uniforme nos primeiros 10cm de solo com exceção do ácido sulfúrico, enquanto os outros tratamentos mostraram efeitos apreciáveis apenas na profundidade de 0-5cm. Os menores valores de pH foram obtidos com o tratamento ácido sulfúrico. Nos outros tratamentos a redução do pH foi relativamente mais acentuada nas camadas superiores (0-5 e 5-10cm). Os tratamentos ácido sulfúrico e água salina mostraram um efeito apreciável na redução dos valores de condutividade elétrica ao longo de toda a coluna de solo, enquanto outros tratamentos mostraram um efeito significativo apenas nas camadas superiores.

4 - A melhor produção de arroz foi obtida com o tratamento ácido sulfúrico que promoveu maior crescimento, maior número de perfilhos e baixa percentagem de esterilidade das espiguetas e está relacionada com a significativa redução da percentagem de sódio intercambiável do solo submetido a este tratamento.

5 - Após a colheita do arroz, verificou-se que o tratamento ácido sulfúrico promoveu uma significativa redução da percentagem de sódio intercambiável, pH e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo. O tratamento gesso reduziu a percentagem de sódio intercambiável do solo e pH apenas na camada de 0-10cm, enquanto a condutividade elétrica do

extrato de saturação do solo se manteve próxima à do solo original.

6 - O cultivo do arroz promoveu uma redução da percentagem de sódio intercambiável na testemunha, principalmente na camada de 0-10cm.

+

LITERATURA CITADA

ABROL, I. P., DAHIYA, I. S. & BHUMBLA, D. R. On the method of determining gypsum requirement of soil. Soil Sci., Baltimore, 102 (1): 30-5, 1975.

AGASSI, M., SHAINBERG, I. & MORIN, J. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. Soil Sci. Soc. Am. J. Madison., 45: 848-51, 1981.

ALLISON, L. E. Salinity in relation to irrigation. Advance in Agronomy. New York, 16: 139- 80, 1964.

ALPEROVITCH, N. & SHAINBERG, I. Reclamation of alkali soils with  $\text{CaCl}_2$  solutions. In: Physical aspects of soil water and salts ecosystems. Springer. Verlag Berlin, 1973. p 431-440.

ALPHEN UAN I. G. Some notes on the reclamation of sodic soils. Annual Report. IILRI Wageningen, 1967.

AMEMYIA, M. & ROBINSON, C. W. The use of undisturbed soils cores to investigate the reclamation of saline and alkaline soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 22(1): 76 - 8. 1958.

AWAD, A. & ABBOT, T. S. Gypsum requirement of sodic soils and

- waters. Agri. Gaz., London, 87(2): 55- 7, 1976.
- BHUMBLA, D. R. & ABROL, I. P. Saline and sodic soil In: IRRI, Soils and rice. Los Baños, 1978. p 719- 34.
- BUCKMAN, O. H. & BRADY, N. C. Natureza e propriedades do solo. 5. ed., Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1979. p 674.
- CHABRA, R. & ABROL, I. P. Reclaiming effect of rice grown in sodic-soils. Soil Sci. Baltimore, 124 (1): 49-55, 1977.
- CORDEIRO, G. G. Caracterização dos problemas de sais dos solos irrigados do Projeto São Gonçalo. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1977. 108 p. (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, Am. Soc. Agr., 1965. p. 546-67. (Agronomy, 9).
- EMBRAPA - CNPAF. Manual de métodos de pesquisa em arroz. Goiânia, 1979. 105 p.
- EMBRAPA - SNLCS. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979.
- ENEAS FILHO, J. Efeitos da salinidade na mobilização de carboidratos de reserva do feijão de corda Pitiúba (*Vigna sinensis*, (L) Savá) durante a germinação. Fortaleza. Uni

versidade Federal do Ceará, 1979. 78p. (Tese de Mestrado).

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. Brasília, 17 (9): 1279-1284, 1982 (b).

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M.P. & GHEYI, H.R. Avaliação de cultivares de arroz para tolerância a salinidade. Revista Brasileira de Agropecuária, 16: 667-681, 1982(a).

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

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

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 de cerrado. R. Bras. Ci. Solo. Campinas. V. 5 (1) p. 72-75.

GAUGH, H. G. & WAIDLEIGH, C.H. Effect of higher concentration of sodium, calcium chloride and sulphate on ionic absorption by bean plants. Soil Sci. 59: 139-53. 1945.

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. 129 Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Anais. Ilhéus ,

19-23 de julho de 1982.

GOBRAN, G. R., DUFEY, J. E. & LAUDELOUT, H. The use of gypsum for preventing soil sodification: effect of gypsum particle size and location in the profile. Journal of Soil Science. 33: 309-316, 1982.

GOES, EDIVALDO S. O problema da salinidade e drenagem em Projetos de Irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa com vistas a seu equacionamento. Anais da Reunião sobre salinidade em áreas irrigadas. Fortaleza, 1978.

GOMES, F. P. Curso de Estatística Experimental. 8ª ed. São Paulo, Nobel, 1978. 429 p.

GRASSI, CARLOS, J. Métodos de Rieço. Mérida CIDIAT. 1970.

HADAS, A. & FRENKEL, H. Infiltración as affected by long-term use of sodic-saline water for irrigation. Soil Sci. Soc. J. 46 (3): 524-530. 1982.

HIDROSERVICE - ENGENHARIA LTDA. Projeto detalhado de recuperação hidro-agrícola da bacia de irrigação de São Gonçalo. Levantamento dos solos. São Paulo, 1970.

HOFFMAN, G. J. & PHENE, C. Effect of constant salinity levels on water use efficiency of bean and cotton. Transactions of the ASAE, 14:1102-06, 1971.

KELLEY, W. P. Alkali soil; their formation properties and reclamation. New York, Reinhold Publishing Corporation, 1951. 176p.

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.

LUZ, E. B. Influência do uso de gesso e matéria orgânica no desenvolvimento e produção de arroz (*Oryza sativa*, L.) irrigado em solo salino-sódico. Campina Grande. Universidade Federal da Paraíba. 1983. 59 p. (Tese de Mestrado).

MAAS, E. V.; AGATA, G. & GARBER, M. J. Influence of salinity on Fe, Mn and Zn uptake by plants. Agron. J. 64:793 - 5. 1972.

& HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance: Current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage. 103(2): 115-34 . 1977.

MCNEAL, B. L., PEARSON, G. A. & BOWER; C. A. Effect of rice culture on the reclamation of sodic soils. Agronomy Journal. 58 (2): 238-40. 1966.

MILJKOVIC, N.; AYRES, A. D. & EBERHARD, D. L. Salt affected soils of Yugoslavia. Soil Sci. Baltimore, 88:51-5. 1959.

MOHITE, A. U. & SHINGTE, A. K. Evaluation of high-salt- water dilution schedule for reclamation of saline-sodic and sodic soils. J. Indian. Soc. Soil Sci. 29 (1): 55-60. 1981a.

e . 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. 1981b.

MOORMAN, F. R. & BREEMEN, N. V. Rice: Soil, water, land. IRRI. Los Baños, 1978.

PALACIOS, O. Notas sobre la prevencion y combate del empantanamiento y ensalitramiento de terrenos agrícolas. Escuela Nacional de Agricultura. Colégio de Postgraduados. Chapingo. 1974.

PEREIRA, E. & SILVA, J. F. da. Efeito de diferentes níveis de gesso na correção de solos salino-sódicos do perímetro irrigado de Poço da Cruz. In: III Seminário Nacional de Irrigação. Fortaleza, 1975. ANAIS. Fortaleza. WINTER/DNOCS/ABID, 1977.

PEREIRA, Z. M. P. Possibilidade do uso de água salina na recuperação de solos sódicos do Perímetro Irrigado de São Gonçalo. In: III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem. Fortaleza, 1975. ANAIS. Fortaleza. WINTER/DNOCS/ABID, 1977. V. 3. p. 208-218.

PIZARRO, F. Drenaje Agrícola y Recuperacion de suelos salinos. Madrid. Editora Agrícola Española, S.A. 1978. 521 p.

PONNAMPERUMA, F. N. & BANDYOPADHYA: Soil salinity as constraint on food production in the humid tropics. In: IRRI. Priorities for alleviating soil-related constraints to food production on the tropics. Manila. International Rice Research Institute, 1980. 203-216.

PRATHER, R. J.; GOERTZEN, J. O.; RHOADES, J. D. & FRENKEL, H. Efficient amendment use in sodic soil reclamation.



Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 782-786. 1978.

REEVE, R. C. & BOWER, C. A. Use of high sal waters as a flocculant and source of divalent cations for reclaiming sodic soils. Soil Sci. 90:139-144. 1960.

\_\_\_\_\_ & DOERING, E. J. Field comparison of the high-salt-water dilution method and conventional methods of reclaiming sodic soils. Sixth Congress International of Irrigation and Drainage. 1966.

RICHARDS, L. A. Ed. Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils. Washington. United States Salinity Laboratory Staff, 1954. 160 p. (Agriculture Handbook, 60).

SANDHU, S. S.; ACHARYA, C. L. & ABRIL, 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. & GHURAYYA. Amelioration of nonsaline alkali soil of Gwalior by gypsum and improvement of soil productivity as measured by rice. Indian J. Agric. Res. 9(3): 111-116. 1975.

SILVA, M. J. Efeito de diferentes métodos de recuperação num

- solo com problemas de sódio, no projeto de irrigação de São Gonçalo-PB. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa . 1978. (Tese de Mestrado). 54 p.
- SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. Statistical Methods. Ames. Iowa State College, 1974. 593 p.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. & AQUINO, A. R. L. de De manda de água na cultura do arroz irrigado. Comunicado Técnico. EMBRAPA-CNPAP, Goiânia, 5. 4 p. 1980.
- STROGONOV, B. P. Physiological bases of salt tolerance of plants. Jerusalém, Israel. Prog. Scient. Transl. 1964. 279 p.
- SZABOLC, L. & LESTAK, V. Capillary movement of sodium salt solutions in soil columns. Sov. Soil Sci. Washington. 483-488. 1966.
- SWARUP, A. Availability of iron, manganese, zinc and phosphorus in submerged sodic soil as affected by amendments during the growth period of rice crop. Plant and soil. 66: 37-43. 1982.
- THOMAS, J. R. Osmotic and specific salt effects on growth of cotton. Agron. J., 72: 407-12. 1980.

QUADRO 1 - Dados meteorológicos\* diários dos meses de junho e novembro/81.

DIAS	JUNHO		JULHO		AGOSTO		SETEMBRO		OUTUBRO		NOVEMBRO	
	T	U.R%	T	U.R%	T	U.R%	T	U.R%	T	U.R%	T	U.R%
1	-	-	21,3	77	20,7	75	21,2	70	22,6	70	23,6	66
2	-	-	21,4	71	21,2	79	21,3	69	22,6	72	23,6	67
3	22,7	78	20,6	82	20,3	74	20,9	72	22,6	67	23,8	67
4	22,4	91	21,5	72	20,8	73	23,5	62	22,4	73	24,2	63
5	22,8	84	20,8	78	20,5	78	22,4	71	22,3	79	23,2	73
6	22,0	79	20,3	87	20,4	70	22,1	73	22,1	76	23,7	70
7	21,6	97	20,7	82	20,9	77	21,9	66	21,9	84	23,2	78
8	22,2	85	19,6	94	20,2	72	21,7	65	23,5	71	23,4	72
9	22,0	82	20,3	87	21,1	69	21,1	71	23,3	65	23,2	76
10	20,4	82	20,3	88	20,7	75	21,1	82	23,2	66	23,8	71
11	21,1	86	20,7	82	21,1	64	19,2	94	21,1	72	23,9	75
12	20,0	96	21,1	76	20,8	69	20,0	84	22,9	69	23,3	75
13	20,7	90	20,8	83	20,8	68	21,2	67	23,0	73	23,9	70
14	21,2	85	20,2	86	21,2	71	21,6	68	23,4	66	21,6	91
15	21,4	87	20,2	85	21,5	72	22,7	74	24,0	66	23,3	75
16	21,5	88	20,2	89	21,4	48	22,2	69	23,7	68	23,6	73
17	20,8	69	20,4	76	21,0	73	22,3	68	23,9	71	23,6	53
18	20,6	81	20,8	88	21,3	69	22,0	67	23,6	68	23,8	69
19	21,1	80	20,7	78	21,4	72	21,8	71	23,4	64	22,2	84
20	21,3	72	20,1	85	21,0	63	21,7	68	22,9	63	22,8	74
21	21,2	84	20,3	73	20,9	69	22,1	66	23,6	71	23,1	73
22	21,0	77	20,8	74	21,1	71	22,2	74	23,5	68	23,7	71
23	21,3	78	20,3	65	20,1	92	22,0	69	23,5	69	23,5	58
24	20,8	74	20,6	72	21,0	73	23,0	61	23,2	69	23,4	74
25	21,2	77	20,4	72	21,5	76	22,1	69	22,9	67	22,9	72
26	20,4	76	20,3	71	20,3	78	20,3	76	23,4	69	23,0	78
27	20,2	85	20,1	73	20,7	66	21,4	78	23,4	67	23,2	75
28	20,2	90	20,4	79	20,6	70	22,1	71	23,6	68	23,3	76
29	20,9	74	20,4	82	20,9	80	22,2	72	24,2	65	-	-
30	-	76	19,2	76	20,0	80	22,3	66	23,8	69	-	-
31	-	-	19,5	69	20,2	76	-	-	23,5	70	-	-

\* Média diária.