

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

CARACTERIZAÇÃO DOS PROBLEMAS DE SAIS DOS SOLOS
IRRIGADOS DO PROJETO SÃO GONÇALO

por

GILBERTO GOMES CORDEIRO

Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária - EMBRAPA

CAMPINA GRANDE, PARAÍBA
AGOSTO - 1977

✓

CARACTERIZAÇÃO DOS PROBLEMAS DE SAIS DOS SOLOS
IRRIGADOS DO PROJETO SÃO GONÇALO

por

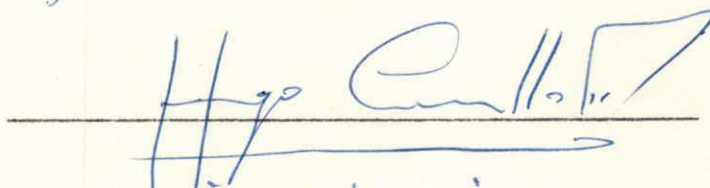
GILBERTO GOMES CORDEIRO

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.).

Aprovado por:

COMISSÃO


PRESIDENTE





CAMPINA GRANDE
ESTADO DA PARAÍBA - BRASIL
AGOSTO - 1977



C794c Cordeiro, Gilberto Gomes
Caracterizacao dos problemas de sais dos solos irrigados do projeto Sao Goncalo / Gilberto Gomes Cordeiro. - Campina Grande, 1977.
108 f. : il.

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

1. Solo (Agricultura) 2. Irrigacao Agricola 3. Dissertacao I. Guerra, Hugo O. Carvalho, Dr. II. Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB) III. Título

CDU 631.4(043)

À minha esposa, filhos e pais.

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

O autor manifesta seus agradecimentos, às seguintes pessoas e instituições:

À sua esposa e filhos pela compreensão, apoio e incentivo durante o período de duração do curso.

Ao Prof^o Dr. Agustín A. Millar da FAO/PNUD pela orientação segura, amiga e humana em todas as fases de programação, execução e revisão da tese.

Ao Prof^o Dr. Hugo O. Carvallo Guerra do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba pela dedicada orientação durante o período de curso na Universidade e pela revisão final deste trabalho.

Ao Dr. Renival Alves de Souza Chefe do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido-CPATSA-EMBRAPA por ter aceito a realização do trabalho de tese dentro da programação de pesquisas do CPATSA e por ter dado todas as facilidades para a execução do trabalho.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária pela oportunidade do aperfeiçoamento profissional e por ter colocado

do à sua disposição todos os recursos necessários ao desenvolvimento do presente trabalho.

Ao DNOCS e SUDENE, considerando que este trabalho foi executado utilizando-se facilidades do Convênio DNOCS/SUDENE/EMBRAPA.

Aos técnicos do Projeto de Irrigação de São Gonçalo do DNOCS pelo apoio recebido durante a realização do trabalho de campo.

Ao Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba e aos seus professores, pela contribuição científica em sua formação profissional.

À seus pais e irmãos pelo incentivo e apoio em todas as etapas de sua formação educacional e moral.

Aos Sr. Amando de Albuquerque Libório, Sra. e filhos, pelo estímulo sempre constante.

Aos colegas de curso de Pós-Graduação, pelo convívio e sinceras amizades.

À equipe do laboratório do CPATSA pelas análises realizadas.

À Maria Cira Padilha da Luz, Bibliotecária do CPATSA, pela valiosa ajuda prestada durante a fase de revisão de literatura.

Ao acadêmico Raimundo Farias Gomes e Josefina Maria Silva, funcionária do CPATSA pelos trabalhos datilográficos.

Aos colegas e amigos que direta ou indiretamente colaboraram com este trabalho.

R E S U M O

O presente trabalho teve como objetivo principal, caracterizar os problemas de sais do Perímetro de Irrigação de São Gonçalo do DNOCS, em Souza-PB, visando a formulação de normas de manejo de solos e água.

Os estudos realizados foram de caráter geral de salinidade e conduzidos em toda área em operação agrícola do perímetro.

Numa área de 1.320 ha foram tomadas amostras, em quadrículas de 100m de lado, às seguintes profundidades: 0-30, 30-60, 60-90cm, totalizando 3.960 amostras.

As análises físicas e químicas foram realizadas de acordo com a metodologia adotada no laboratório de solos, água e forragem da EMBRAPA, em Petrolina-PE. Em todas as amostras foram realizadas as seguintes determinações: condutividade elétrica do extrato de saturação, pH, cálcio, magnésio, sódio, potássio, hidrogênio mais alumínio e alumínio trocável. Para um grupo de amostras

tras de solos salinos, salino-sódicos e sódicos, de características bem definidas, foram determinadas a granulometria, condutividade hidráulica, volume de sedimentação e a curva de retenção de umidade.

Da análise dos resultados obtidos concluiu-se que:

a) O Projeto de Irrigação de São Gonçalo apresenta solos sódicos em 24% da área em operação, e solos salino-sódicos em 4% da mesma área.

b) Uma análise da situação setorial do Projeto indicou que:

- Os setores 1, 2, 7, 8, 38, 42, 44 e 46 não apresentam nenhum tipo de problemas de sais;
- Os setores 3, 9, 17 e 37 apresentam problemas de sais solúveis e alta porcentagem de sódio trocável (solos salino-sódicos);
- Os setores 3, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 31, 37, 39, 43 e 45 apresentam porcentagens de sódio trocável superior a 15% (solos sódicos);
- As necessidades de aplicação de gesso nos solos sódicos variam entre 9 e 29,3 toneladas por hectare.

A B S T R A C T

The main objectives of this study were to characterize the salt problems in the São Gonçalo Irrigation Project, Souza-PB., and to indicate general soil and water management practices.

General salinity studies were conducted in all the irrigated land under operation, amounting to 1320 ha. This area was sampled at three soil depths 0-30, 30-60 and 60-90 cm, in a 100m network.

The following physical and chemical analyses were done in all the soil samples: electrical conductivity, pH and exchangeable cations.

Particle size distribution, hydraulic conductivity, sedimentation volume, and water retention curves were determined in a group of selected samples classified as saline, saline-sodic and sodic soils.

From the results, the following conclusions were drawn:

- a) The São Gonçalo Project presents sodic soils and saline-sodic soil in 24 and 4%, respectively, of the irrigated land under operation.

b) An analysis by sector of irrigation indicated that:

- The sectors 1, 2, 7, 8, 38, 42, 44, and 46 do not have any salt problems.
- The sectors 3, 9, 17 and 37 have soluble salts and high exchangeable sodium problems (saline-sodic soils).
- The sectors 3, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 31, 37, 39, 43 and 45 have exchangeable sodium higher than 15% (sodic soils).
- The sectors 9, 16, 17, 37 and 45 have approximately 50% of the area affected by sodium.
- The gypsum necessities for the sodic soils vary between 9 and 29,3 ton/ha.

Í N D I C E

	Página
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA	3
1 - ORIGEM DOS PROBLEMAS DE SAIS EM ÁREAS IRRIGADAS	3
2 - PREVENÇÃO DOS PROBLEMAS DE SAIS EM TERRENOS IRRIGADOS	6
3 - CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS COM PRO- BLEMAS DE SAIS	7
4 - PRÁTICAS DE MANEJO E RECUPERAÇÃO DE SOLOS SALINOS E SÓDICOS	9
4.1. Práticas de manejo	9
4.2. Recuperação dos solos sali- nos e sódicos	9
CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS	20
1 - DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	20
1.1. Clima	21
1.2. Geomorfologia	21
1.3. Solos	21
1.4. Exploração e práticas cul- turais	22
1.5. Esquema de irrigação e dre- nagem	22
2 - CARACTERIZAÇÃO DOS PROBLEMAS DE SAIS DO PROJETO	23
2.1. Coleta de amostras e prepa- ração	23

	Página
2.2. Determinações químicas	23
2.3. Análises físicas	27
3 - ANÁLISE DA INFORMAÇÃO DE CAMPO E DE LABORATÓRIO	28
3.1. Análise da informação	28
3.2. Classificação setorial de problemas de sais do proje to	29
CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
1 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICAS DE SOLOS NORMAIS, SALINO-SÓDICOS E SÓDICOS	30
1.1. Curvas de retenção de umi dade	30
1.2. Condutividade hidráulica (K)	36
2 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA	37
2.1. Relação entre pH e PSI	39
2.2. Relação entre CE e PSI	39
2.3. Relação entre CE e Soma de bases (S)	39
2.4. Anions e cátions solúveis	43
2.5. Considerações sobre a água utilizada na irrigação do perímetro e água do lençol freático	51
3 - SITUAÇÃO GLOBAL DA ÁREA DO PROJE TO	53

	Página
4 - POSSIBILIDADES DE MANEJO NA <u>SI</u> TUAÇÃO ATUAL	58
5 - RECUPERAÇÃO MÍNIMA POR SETOR <u>PA</u> RA INTRODUÇÃO DA CULTURA MAIS RESISTENTE	65
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	67
BIBLIOGRAFIA	69
APÊNDICE	74

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	DISCRIMINAÇÃO	PÁGINA
1	Solução gráfica da equação de Reeve (1957) para lâminas de lavagem	15
2	Relação entre a quantidade de gesso requerida e o sódio trocável do solo	19
3	Curvas de retenção de Umidade para solos definidos como normal salino-sódico e sódico com características texturais similares.	32
4	Relação entre a condutividade hidráulica e o índice de estrutura nos diferentes solos	38
5	Relação entre o pH e a porcentagem de sódio intercambiável (PSI)	40
6	Relação entre a condutividade elétrica do extrato de saturação e a porcentagem de sódio (PSI)	41
7	Relação entre condutividade elétrica e soma de bases (Valor S)	42
8	Relação entre sais solúveis e condutividade elétrica para informação coletado em 1977	48
9	Relação entre RAS da solução do solo e a porcentagem de sódio intercambiável (PSI)	50

Í N D I C E D E T A B E L A S

TABELA	DISCRIMINAÇÃO	PÁGINA
1	Quantidade de gesso e de enxofre <u>ne</u> cessários para <u>substituir</u> o <u>sódio tro</u> <u>cável</u>	17
2	Análises físicas para um grupo de <u>a</u> mostras de solo normal	33
3	Análises físicas para um grupo de <u>a</u> mostras de solo salino-sódico	34
4	Análises físicas para um grupo de <u>a</u> mostras de solo <u>sódico</u>	34
5	Ions solúveis no extrato de saturação para grupo de amostras de solo normal	44
6	Ions solúveis no extrato de saturação para grupo de amostras de solo <u>sali</u> <u>no-sódico</u>	45
7	Ions solúveis no extrato de saturação para grupo de amostras de solo <u>sódi</u> <u>co</u>	46
8	Ions solúveis no extrato de saturação em solos normal, salino-sódico e <u>só</u> <u>dico</u> , e na água de irrigação do Perí metro de São Gonçalo	49

TABELA	DISCRIMINAÇÃO	PÁGINA
9	Regressões lineares e coeficientes de correlação de diversos parâmetros com dados de 1977	52
10	Resultados de análises d'água no lençol freático	54
11	Situação global (ha por faixas químicas e profundidades) do problema de sais em 1294 ha em operação do Projeto de Irrigação de São Gonçalo, PB	56
12	Situação global em termos percentuais por profundidade dos problemas de sais em 1294 ha em operação do Projeto de Irrigação de São Gonçalo	57
13	Características do problema nos diferentes setores do Projeto e suas possibilidades de manejo	63
14	Problema dominante por setor e necessidade de aplicação de gesso	66

Í N D I C E D E M A P A S

MAPA	DISCRIMINAÇÃO	PÁGINA
1	Mapa geral do Projeto de Irrigação de São Gonçalo mostrando a área em operação usada no presente estudo	24
2	Mapa do Setor 21 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo mostrando os problemas de sais na área	59
3	Mapa do Setor 23 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo mostrando os problemas de sais na área	60
4	Mapa do Setor 31 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo mostrando os problemas de sais na área	61

ÍNDICE DO APÊNDICE

QUADRO	DISCRIMINAÇÃO	PÁGINA
1	Dados mensais e anuais de chuva, temperatura e umidade relativa em São Gonçalo	75
2	Retenção de água pelos diferentes tipos de solos em função do potencial matricial	76
3	Regressões lineares e coeficientes de correlação de diversos parâmetros com dados da Hidroservice (1970)	77
4 a 12	Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química dos Setores 1 a 9 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo	77 a 86
13 a 16	Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química dos Setores 11 a 14 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo	87 a 90
17 a 18	Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química dos Setores 16 e 17 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo	91 a 92
19 a 24	Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química dos Setores 19 a 24 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo	93 a 98

QUADRO	DISCRIMINAÇÃO	PÁGINA
25 a 26	Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química dos Setores 30 e 31 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo	99 a 100
27 a 29	Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química dos Setores 37 a 39 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo	101 a 103
30 a 34	Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química dos Setores 42 a 46 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo	104 a 108

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O aumento da superfície irrigada no mundo é basicamente proporcional à necessidade de se produzir alimento em maior quantidade e qualidade, suficientes para atender a demanda populacional mundial.

Quando novas áreas são submetidas à irrigação em zonas áridas e semi-áridas, existe o perigo do aumento da concentração de sais solúveis e sódio trocável decorrentes, em grande parte, de baixa eficiência da irrigação e drenagem insuficiente. Esses problemas de sais atingem muitas vezes dimensões que afetam sensivelmente os rendimentos das culturas chegando em casos extremos a inutilizar os solos para a produção agrícola.

Desejando-se uma agricultura permanente sob irrigação numa região árida ou semi-árida, torna-se necessário o acompanhamento da evolução química dos solos submetidos a regime

de irrigação intensiva que permita caracterizar o aparecimento dos problemas de sais e a adoção de práticas preventivas de manejo.

O propósito deste trabalho foi caracterizar os problemas de sais do Perímetro de Irrigação de São Gonçalo do DNOCS, visando a formulação de normas de manejo de solos e água.

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA

PROBLEMAS DE SAIS EM SOLOS AGRICULTÁVEIS

1 - ORIGEM DOS PROBLEMAS DE SAIS EM ÁREAS IRRIGADAS

Kovda (1964) afirma que as áreas irrigadas situadas em regiões desérticas e semi-desérticas em lugares de pouca drenagem natural, deltas costeiros, partes periféricas de deltas continentais secos, depressões montanhosas internas e vales de precipitação pluvial retardada, terras baixas de zonas lacustres e costeiras, cedo ou tarde experimentam um aumento de águas freáticas e seus solos ficam expostos a salinidade.

Kovda e Egorov(1964) afirmam que a aplicação de irrigação artificial origina mudanças profundas nas condições hidrológicas e hidroquímicas de uma localidade, sendo que a maior parte dessas mudanças se refere aos regimes hidrológicos .

Há um aumento considerável no volume de água que participa no ciclo hidrológico da superfície da terra. A relação entre os elementos do equilíbrio de água da terra sofre uma mudança profunda e a quantidade de sais facilmente solúveis, que circulam no solo, é aumentada e com ele cresce sua solubilidade. Qualquer sistema de irrigação constituído ao nível técnico atual sofre perdas consideráveis de água de irrigação, que se infiltra no terreno e repõe a água subterrânea. As perdas alcançam 40 a 50% do consumo total de água, vindo a expor os solos a salinidade.

A maior parte dos solos salinos e alcalinos ocorre principalmente em regiões áridas ou semi-áridas, onde os processos de salinização são frequentemente acelerados por irrigação pouco eficiente e insuficiente drenagem (Hayward e Waldleigh, 1949).

Richards (1954) e Daker (1973) dizem que os sais solúveis do solo consistem em grande parte e em proporções variadas, dos cátions sódio, cálcio e magnésio e dos ânions cloreto e sulfato, sendo que, em quantidades menores, se encontram o ânion bicarbonato, carbonato e nitrato. As fontes originais, das quais provêm esses sais, são os minerais primários que se encontram no solo e nas rochas expostas da crosta terrestre.

Israelsen e Hansen (1975) afirmam que durante o processo de intemperização química, que implica em hidrólise, hidratação, solução, oxidação e carbonatação, os constituintes são liberados gradualmente e se tornam mais solúveis. Os íons bicarbonato se formam como consequência da solução do CO_2 em água. O CO_2 é um ativo agente intemperizante que libera quantidades apreciáveis de cations em forma de bicarbonatos. Os íons estão relacionados entre si e a quantidade que há de cada um é uma função do pH da solução. Maiores quantidades de íons carbonato só podem se apresentar para valores de pH de 9,5 ou mais alto.

A acumulação de sais solúveis nos solos salinos são originados em princípio pela intemperização dos minerais, po

rêm, essa acumulação raras vezes se dá em níveis nocivos. Para o desenvolvimento de solos salinos, os sais têm que ser transportados e concentrados. A água é geralmente o principal agente de transporte e a concentração ocorre na superfície do solo pela evapotranspiração da água. Por conseguinte, os sais de solos salinos se originam principalmente de sais de água subterrânea, sais de água de irrigação, sais de água do mar, e transporte cíclico de sais terra a dentro (Richards, 1954; Zylstra e Salinas, 1969).

Em solos irrigados as causas diretas que influenciam o aparecimento de problemas de salinidade segundo Barrios (1976) podem resumir-se assim:

- Irrigações com volumes excessivos de água que elevam o nível de água freática, permitindo a concentração superficial de sais por evaporação.
- Filtração de canais de distribuição que provocam a elevação do nível freático em terrenos adjacentes.
- Uso de água de irrigação com alta concentração salina.
- Quando se permite a acumulação de água de irrigação em partes baixas, pouco permeáveis do terreno, resultando em formação de depósitos de sal nestas áreas.
- Flutuação do lençol freático devido à drenagem interna deficiente.

O sal se acumula nos solos irrigados quando se deposita mais sal do que se elimina através da água de irrigação. As águas de irrigação contêm desde 0,26 a 12,5 toneladas por volume de água, de base a um hectare de 30cm de espessura. Quando não existe drenagem a água de irri-

gação pode depositar por ano 2,5 a 25 ou mais toneladas de sal por hectare de terra (Israel- sen e Hansen, 1975).

2 - PREVENÇÃO DOS PROBLEMAS DE SAIS EM TERRENOS IRRIGADOS

Segundo Palacios (1969) e Armendariz (1975) as medidas de prevenção de problemas de sais podem dividir-se em dois grupos:

- medida de prevenção a níveis de grandes áreas, podendo incluir todo o perímetro de irrigação.
- medidas de manejo de solos e água a nível de parcela. Na prevenção dos problemas de sais, tanto a nível de distrito como a nível de parcela, podem ser distinguidas as seguintes etapas: a) determinação ou diagnóstico da apresentação provável do problema; b) análise das causas e hierarquização, por ordem de importância das mesmas; c) aplicação de medidas corretivas segundo a ordem estabelecida.

Para evitar o aparecimento do problema, a gerência ou administração do perímetro irrigado deve concentrar sua ação no conhecimento detalhado das duas fontes potenciais do problema, que são o solo e a água de irrigação.

Se os solos são livres de sal e a água de irrigação é de boa qualidade, a atuação neste caso deve se concentrar em:

- obter que o sistema de distribuição funcione com o mínimo de perdas por infiltração, sendo necessário, deve-se impermeabilizar toda a rede, até o ponto de entrega da água aos cultivos;

- dispor de um sistema de drenagem superficial com capacidade para retirar em pouco tempo o total de água em excesso que estará integrada pelas perdas no sistema de distribuição, escoamento superficial e alimentação de áreas adjacentes mais altas;
- manter um sistema regular de medidas de água em distintos pontos do sistema de distribuição e no sistema de drenagem. A análise anual destes dados permite conhecer o balanço de água e sua possível acumulação no perfil do solo;
- manter uma rede de poços de observação do nível freático com medições regulares de sua profundidade, para indicar a situação real;
- se existem problemas de solos, como infiltração muito alta ou infiltração muito baixa, deve-se tratar de usar práticas de manejo capazes de amenizar o problema;
- se existe problema com a qualidade da água de irrigação, como alto conteúdo de sais, as soluções compreendem os seguintes pontos: a) dispor de um sistema de drenagem interno eficiente; b) usar de cada irrigação um volume de água adicional para lavar os sais concentrados em torno do sistema radicular das plantas em irrigações anteriores e se existem ambos problemas, deve-se adotar medidas combinadas de manejo capazes de reduzir seus efeitos.

3.- CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS COM PROBLEMAS DE SAIS

Richards (1962) e Aviña (1975) definem os solos

em salinos; salinos-sódicos e sódicos, de acordo às características de condutividade elétrica, pH e porcentagem de sódio trocável.

- Solos salinos: solos cuja condutividade do extrato de saturação é maior do que 4 millimhos/cm a 25°C, e a porcentagem de sódio trocável é menor do que 15. Geralmente o pH é menor de 8,5. Estes solos correspondem ao tipo descrito por Hilgard (1906) como solos "Alcali Branco" e aos "Solonchks" dos autores russos. Estes solos podem, mediante o estabelecimento de uma boa drenagem, voltar novamente a ser solos normais.
- Solos salinos-sódicos: solos cuja condutividade do extrato de saturação é maior do que 4 millimhos/cm a 25°C e a porcentagem de sódio trocável é maior do que 15. Este tipo de solo se forma como resultado dos processos combinados de salinização e acumulação de sódio.
- Solos sódicos: aqueles cuja porcentagem de sódio trocável é maior do que 15 e a condutividade do extrato de saturação é menor do que 4 millimhos/cm a 25°C. O pH geralmente varia entre 8,5 e 10. Estes solos correspondem aos chamados "Alcali Negro" por Hilgard e "Solonetz" pelos russos.

No quadro seguinte apresenta-se uma síntese da classificação anterior:

Solos	C.E. 10 ³ (mmhos/cm)	P.S.I.	pH
Normais	< 4 millimhos	< 15	< 8,5
Salinos	> 4 millimhos	< 15	< 8,5
Salinos-sódicos	> 4 millimhos	> 15	< 8,5
Sódicos	< 4 millimhos	> 15	> 8,5

4 - PRÁTICAS DE MANEJO E RECUPERAÇÃO DE SOLOS SALINOS E SÓDICOS

4.1. - Práticas de Manejo

Algumas das práticas de manejo mais comuns para solos afetados por sais, são as seguintes (Zylstra e Salinas, 1969):

- Seleção de somente plantas tolerantes.
- Aplicação de irrigações frequentes de maneira a manter a pressão osmótica do solo tão baixa quanto possível. Isso não deve no entanto ser excessivo, pois, os cultivos também podem sofrer pela excessiva quantidade de água, falta de aeração e perda de nutrientes por lixiviação.
- Tratar de conseguir uma distribuição uniforme de água nivelando adequadamente os campos e usando os métodos de irrigação mais eficientes.
- Quando se usa irrigação por sulcos, semear as sementes longe da zona de maior acumulação de sais que é a parte mais alta do camalhão. Assim sendo deve-se semear dos lados dos sulcos.

Thorne e Peterson (1964), considerando a menor tolerância das plantas ao sal durante o período de germinação, recomendam que se faça a sementeira durante estações úmidas ou irrigar com frequência, até que o cultivo esteja estabelecido. Recomendam, ainda, a seleção de cultivos tolerantes, métodos de irrigação adequados e trabalhos especiais, como preparo do solo em bancadas, por ser o método mais adotado na preparação do terreno para o semeio em terrenos salinos.

4.2. - Recuperação dos solos salinos e sódicos

Palácios (1969), define duas fases na recuperação de solos:

- a) Recuperação inicial dos solos, principalmente mediante lavagens em ocasiões complementadas com aplicação de melhoradores químicos e construção de drenagem cuja finalidade é expor os solos a condições de cultivos economicamente.
- b) Manutenção de um balanço favorável de sais mediante a adoção de medidas específicas de prevenção de salinidade. O aspecto importante destas medidas é assegurar a saída das águas de lavagens e posterior sobre irrigação, para fora dos limites do perímetro.

No processo de recuperação do solo podem distinguir-se, por sua vez, as seguintes fases:

- Limitação das áreas afetadas e determinação do tipo e grau de afetação salina (solos salinos, salinos-sódicos ou sódicos e valores específicos da condutividade elétrica, tipo de anions e cations, etc.).
- Determinação das fontes de sal (água freática e água de irrigação) e das condições de drenagem (profundidade do lençol freático e suas variações com o tempo).
- Estudo da conveniência e possibilidade economicamente da recuperação das áreas com diferentes tipos e grau de afetação salina. Do resultado desse estudo, deve-se definir a ordem de recuperação das diferentes áreas afetadas.
- Estudo teórico-prático das necessidades de me-

lhoradores e de lâminas de lavagens para finalmente formular recomendações sobre a metodologia da recuperação de solos.

- Avaliação dos resultados que se tenham obtidos para fazer as correções correspondentes e recomendações sobre a recuperação dos solos.

No caso da recuperação de solos salinos, requer-se somente a eliminação de sais solúveis do perfil num grau suficiente e a uma adequada profundidade para permitir o desenvolvimento das culturas. A única forma prática de se eliminar os sais solúveis é por lavagem transportando os sais solúveis a horizontes abaixo da zona radicular pela aplicação de grande quantidade de água. Geralmente a lavagem dos solos salinos não apresenta dificuldades especiais uma vez que nenhuma ou pouca deteriorização da estrutura se deva ter. Baver (1973) referindo-se à recuperação do solo diz que o deslocamento da água salina de um perfil de solo se efetua deslocando com água não salina ou de melhor qualidade. A quantidade de água necessária depende da heterogeneidade do solo e de seu processo de dispersão.

Também podem usar-se outras práticas como aração profunda para melhorar a taxa de infiltração, aplicação de adubos orgânicos, cultivos de elevada evapotranspiração potencial e técnicas elétricas (Pizarro, 1975).

Segundo Richards (1954), Allison (1966), Souza (1973), Daker (1973), Israelsen e Hansen (1975) e Pizarro (1976) a lavagem do solo é o processo de dissolução e transporte de sais solúveis pelo movimento da água através do solo. Como os sais se movem com a água, a salinidade dependerá diretamente do manejo da água, ou seja, da irrigação, lavagem e drenagem. Esses três fatores devem ser considerados conjuntamente num projeto de irrigação para uma zona determinada, caso se deseje máxima eficiência.

Frisam ainda que a lavagem dos sais solúveis

presentes na zona radicular das culturas é absolutamente indispensável nos solos sob irrigação, onde a necessidade de lixiviação é conhecida como a fração de água que deve passar através da zona radicular para controlar a salinidade do solo a um determinado nível. A aplicação deste conceito apresenta maior significação, quando o fluxo de água no solo, ao longo do processo de lavagem, não estiver sujeito a flutuações, isto é, a velocidade da água no solo seja constante.

A quantificação das necessidades de lixiviação é um processo complicado, pois a precipitação dos sais, sua remoção pelas culturas e dissolução pelas águas de irrigação ou precipitações pluviométricas determinam flutuações marcantes na solução do solo e daí resulta a dificuldade de se estabelecer, com precisão, as necessidades de lixiviação (Souza, 1973). Apesar disso, Richards (1954), Allison (1966), Daker (1973) e Souza (1973), apresentam equações destinadas ao cálculo das necessidades de lixiviação (NL) do solo que podem ser estimados a partir da relação entre a profundidade da lâmina de drenagem (P_{ad}) e profundidade da lâmina de irrigação (P_{ai}), e que pode ser expressada em fração ou em porcentagem, como segue:

$$NL = \frac{P_{ad}}{P_{ai}} \quad (1)$$

A relação (1), para as condições em que foi proposta é igual ao inverso da condutividade elétrica correspondente:

$$NL = \frac{P_{ad}}{P_{ai}} = \frac{CE_{ai}}{CE_{ad}} \quad (2)$$

onde CE_{ai} e CE_{ad} correspondem à condutividade elétrica da água de irrigação e drenagem, respectivamente.

Para culturas que podem tolerar um valor de $CE_{ad} = 8$ mmhos/cm, a fórmula será $P_{ad}/P_{ai} = CE_{ai}/8$.

Para água de irrigação, cujas condutividades elétri

cas forem de 1, 2 e 3 mmhos/cm, respectivamente, as necessidades de lixiviação seriam de 13,25 e 38%. Estes valores são máximos uma vez que a chuva, a eliminação de sal pelas plantas e a precipitação de sais, tais como carbonato de cálcio e gesso raramente são iguais a zero.

Desejando-se determinar a lâmina de irrigação (P_{ai}) a partir da necessidade de lixiviação torna-se necessário conhecer o uso consuntivo da cultura (P_{uc}).

A lâmina de irrigação (P_{ai}) se relaciona com o uso consuntivo (P_{uc}) e com a profundidade equivalente da água de drenagem (P_{ad}) como segue:

$$P_{ai} = P_{uc} + P_{ad} \quad (3)$$

Usando-se a equação (2) para eliminar o P_{ad} na equação (3), temos:

$$P_{ai} = \frac{P_{uc}}{(1-NL)} \quad (4)$$

Se nesta última equação se expressa a necessidade de lixiviação (NL) em termos da relação de condutividade da equação (2), temos:

$$P_{ai} = \frac{(CE_{ad})}{(CE_{ad} - CE_{ai})} \times P_{uc} \quad (5)$$

Considerando-se o limite de tolerância de salinidade no solo como 4 mmhos/cm, e dispondo-se de uma água de concentração de 1 mmhos/cm e o uso consuntivo de 50mm, a lâmina de irrigação indicada será:

$$P_{ai} = \frac{4}{4 - 1} 50 = 65 \text{ mm.}$$

O mínimo de água de drenagem que deve passar pela zona radicular, em relação ao uso consuntivo conhecido, com o objetivo de manter a salinidade no solo abaixo do limite tolerado pelas culturas, pode ser estimado a partir da seguinte equação:

$$Pad = \frac{CE_{ai}}{CE_{ad} - CE_{ai}} \times Puc \quad (6)$$

Supondo-se que uma determinada cultura tolere uma concentração de 8 mmhos/cm e usando-se água com 0,5; 1; 2 e 4 mmhos/cm, as lâminas de drenagem que deverão passar pelo solo serão 7, 14, 33 e 100 mm do uso consuntivo, respectivamente.

Entre as várias equações empregadas para determinar as lâminas de água necessária para lavagens de solos com problemas de sais, todas válidas para solos e condições operativas semelhantes às utilizadas por seus autores, podendo entretanto serem extrapoladas para outros casos, uma das relações mais usadas para o cálculo de lâminas de lavagem em solos salinos é a fórmula de Reeve (1957), citada por Olmos (1970):

$$La/Ls = \frac{1}{5 CE_{esf}/CE_{esi}} + 0,15$$

onde a lâmina de água necessária, Ls é a profundidade do solo a desalinizar. CE_{esf} é a condutividade elétrica específica inicial do estrato de saturação do solo. Esta fórmula pode ser resolvida graficamente para determinados valores de CE_{esf} como é indicado na Figura 1.

Mediante este gráfico rapidamente se pode determinar que profundidade de lâmina deve ser adicionada ao solo para desalinizá-lo a partir de um valor conhecido de condutividade elétrica inicial até outro fixado como limite tolerável.

A recuperação de solos-sódicos é mais complicada, pois não é necessário somente lavar o excesso de sais solúveis como também fazer a permuta de sódio trocável por cálcio.

Quando a maior parte dos sais solúveis tenha sido lavado e a porcentagem de sódio trocável não tenha reduzido su-

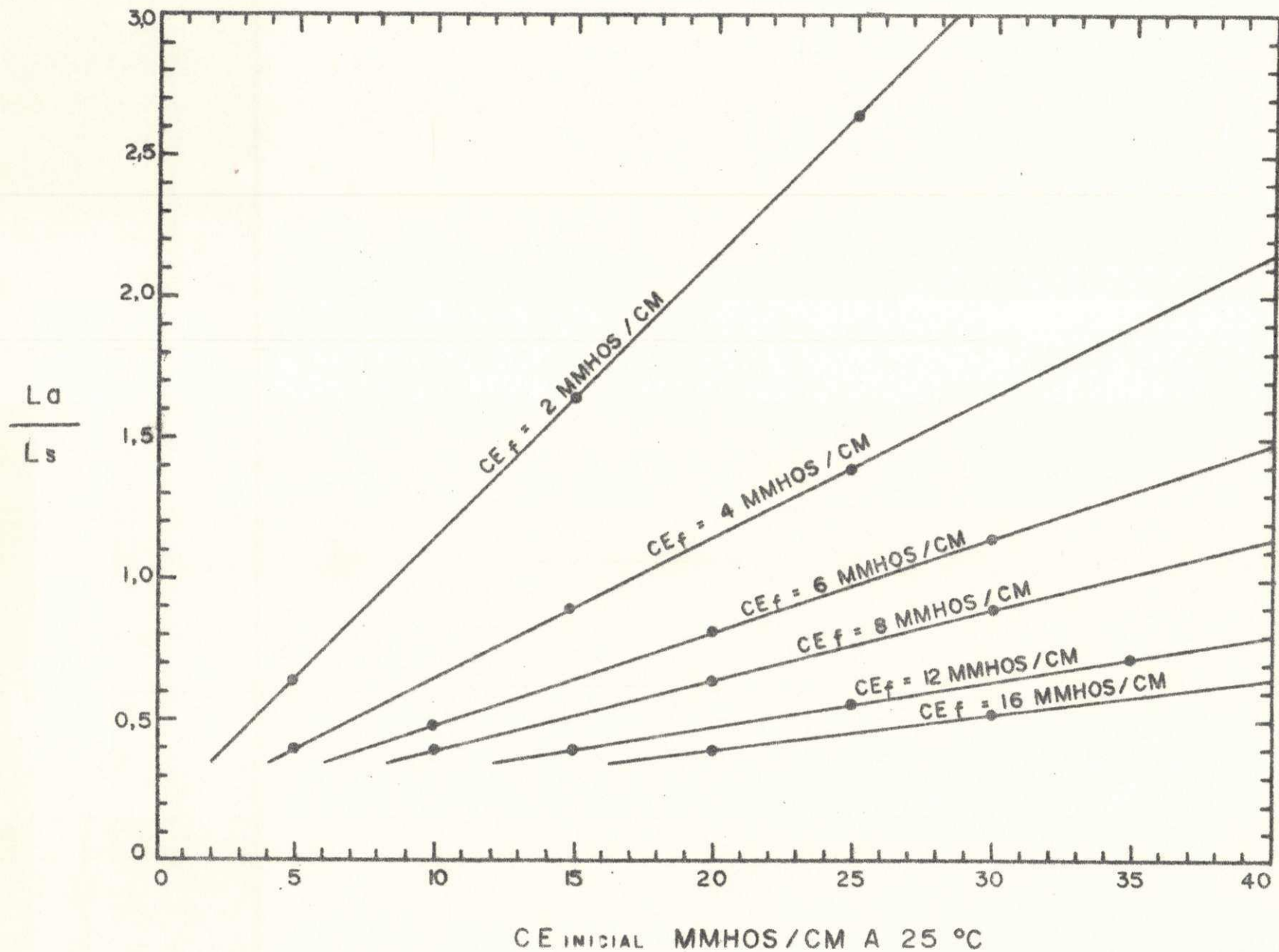


Figura 1 - Solução gráfica da equação de Reeve (1957) para lâminas de lavagem

ficientemente, o efeito do sódio trocável se faz presente através de uma rápida deteriorização da estrutura do solo diminuindo conseqüentemente a velocidade de infiltração da água, particularmente quando ocorre em solos pesados. Para evitar este problema deve-se trocar o sódio pelo cálcio antes que o conteúdo de sais solúveis se reduza.

Kelley (1951), Richards (1954), Buckman e Brady (1968) Zylstra e Salinas (1969), Souza (1973), Daker (1973), Israelsen e Hansen (1975), Peña (1975) e Pizarro (1976), citam como principais corretivos usados para reabilitação dos solos sódicos as seguintes substâncias:

- Sais de cálcio (solúveis): cloreto de cálcio e sulfato cálcico.
- Sais de cálcio de baixa solubilidade: carbonato de cálcio.
- Ácido sulfúrico.
- Formadores de ácido: enxofre, sulfato de ferro e sulfato de alumínio.

Além disso Thorne e Peterson (1964), Souza (1973) e Daker (1973), dividem os solos para efeito de aplicação de corretivos em 3 grupos.

- Grupo 1 - Solos contendo carbonatos alcalinos terrosos.
- Grupo 2 - Solos tendo o pH acima de 7,5 mas, sendo praticamente livres de carbonatos alcalinos terrosos.
- Grupo 3 - Solos com pH menor de 7,5 e sem carbonatos alcalinos terrosos.

Os processos de reagir dos vários corretivos nos 3

grupos de solos considerados são encontrados em Richards(1954). O cálcio requerido para substituir o sódio trocável pode derivar-se de várias fontes tais como composto de cálcio existentes no solo, ou agregar-se ao mesmo em forma de gesso ou outro composto solúvel de cálcio.

A quantidade de gesso necessária para reduzir a porcentagem de sódio intercambiável dos solos sódicos pode ser determinada mediante testes de laboratório, por meio de tabelas em função do sódio intercambiável e da capacidade de intercâmbio de cations do solo, ou por meio de fórmulas.

A Tabela 1 dá, segundo o U. S. Salinity Laboratory (1954) as quantidades de gesso e de enxofre necessários para substituir as quantidades indicadas de sódio.

TABELA 1. Quantidade de gesso e de enxofre necessários para substituir o sódio trocável.

Sódio trocável meq/100g de solo	Gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (t/ha)		Enxofre (S) (t/ha)	
	30cm	15cm	30cm	15cm
1	4,2	2,1	0,77	0,38
2	8,4	4,2	1,55	0,77
3	12,5	6,3	2,33	1,16
4	16,8	8,4	3,10	1,55
5	20,9	10,5	3,88	1,94
6	25,0	12,5	4,66	2,33
7	29,2	14,6	5,43	2,71
8	33,4	16,8	6,21	3,10
9	37,5	18,8	6,99	3,49
10	41,8	20,9	7,77	3,88

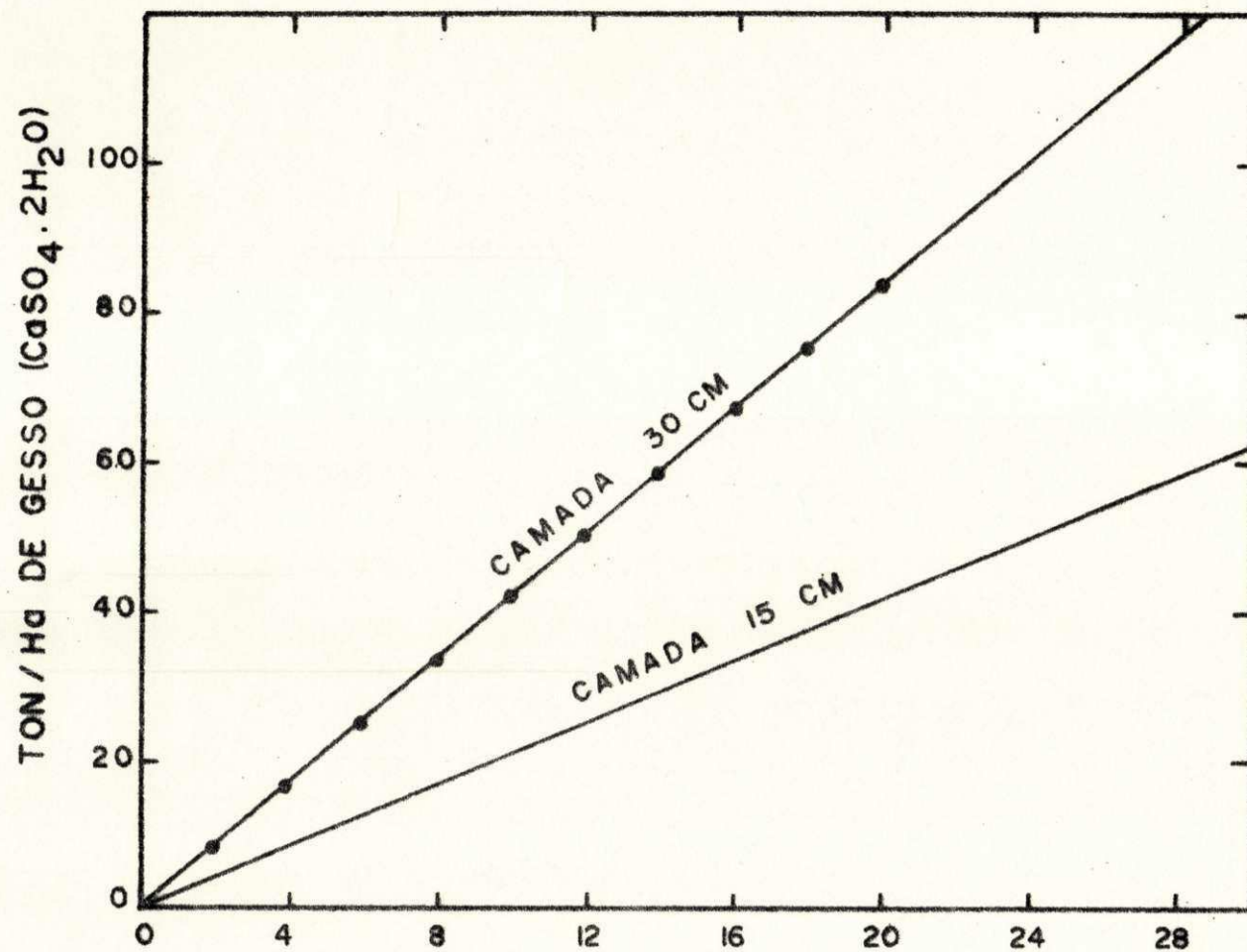
Com base na Tabela 1, pode-se confeccionar a Figura

2, através da qual se pode determinar a quantidade de gesso, em tonelada por hectare, em função da quantidade de sódio trocável para as profundidades de 15 e 30cm. A dose teórica do melhorador, segundo Pizarro (1976), é dada pela seguinte fórmula:

$$DT = \frac{(PSTi - PSTf) \text{ CTC} \cdot \text{Pe} \cdot \text{h} \cdot \text{da}}{100}$$

onde:

- DT = dose teórica do melhorador em kg/ha
- PSTi = porcentagem de sódio trocável inicial
- PSTf = porcentagem de sódio trocável final
- CTC = capacidade de troca de cations em meq/100 g de solo
- Pe = peso equivalente do melhorador
- h = profundidade do solo a melhorar, em cm
- da = densidade aparente do solo



SODIO TROCAVEL - MEQ/100g DE SOLO

Figura 2 - Relação entre a quantidade de gesso requerida e o sódio trocável do solo

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

1 - DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O presente trabalho foi conduzido no Perímetro de Irrigação de São Gonçalo do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), situado a 10km da cidade de Souza(PB). Tem uma superfície de 4.600ha., dos quais apenas uma área de 2.680 ha. é considerada útil.

O perímetro está a jusante do açude público de São Gonçalo e as margens direita e esquerda do Rio Piranha.

A área estudada está incluída na região delimitada pelas coordenadas 6º45' a 6º50' de latitude sul, 38º10' de longitude a oeste de Greenwich, e é limitado ao sul pelo canal sul, ao norte e oeste pelo canal retificado do Riacho Umari, e a leste pelo Riacho Matumbo.

1.1 - Clima

O clima da região é do tipo Bsh da classificação de Koeppen, com evaporação superior a precipitação. As maiores precipitações ocorrem no verão e outono e a temperatura média anual é superior a 18°C. De acordo a Hargreaves (1974) a região é semi-árida.

No Quadro 1 do apêndice apresentam-se os dados mensais de precipitação, temperatura e umidade relativa de São Gonçalo.

1.2 - Geomorfologia

A área apresenta relevo plano a suavemente ondulado, altitude média de 220m em relação ao nível do mar.

É formada pela planície de inundação do Rio Piranhas, em algumas partes delimitada por colinas esbaltadas e pouco elevadas, esculpidas pela erosão pós-cretácicas.

As "Terras Baixas" correspondem à planície de inundação do Rio Piranhas e de seus afluentes, e são formadas por sedimentos do Holoceno, enquanto as "Terras Altas", correspondentes aos terraços fluviais pós-cretácicos, são formadas por sedimentos da bacia do Rio do Peixe.

1.3 - Solos

Através dos estudos pedológicos na área do projeto, considerando o solo até 1 m de profundidade, constatou-se que 64% eram de textura pesada, 33% de textura média e 3% de textura arenosa (Hidroservice, 1970).

Os solos predominantes da área são aluviais, e os dados de permeabilidade indicam que 67% da área total tem uma condutividade hidráulica (K) menor que 5mm/h.

Destes 67%, três quartos tem K igual a zero. Além desta grande variação na permeabilidade, os solos são altamente heterogêneos, com os perfis apresentando uma grande variação de camadas com diferentes texturas.

Cerca de 80% dos solos aluviais argilosos têm perfis de 1 a 3 metros de profundidade sobre areia (Millar, 1973).

Através de sondagens profundas realizadas na área pela Hidroservice (1970), foi observado que a profundidade da camada impermeável varia entre 0 e 13,8 metros formando uma bacia em forma de concha, com solos argilosos sobre areia.

1.4 - Exploração e Práticas Culturais

A área é explorada através de um sistema de colonização tendo como principais culturas utilizadas no perímetro: banana, algodão, tomate industrial, arroz, feijão e milho.

O solo normalmente é sistematizado, arado profundamente, gradeado e sulcado.

As culturas são adubadas e periodicamente realizado o controle de pragas e doenças.

1.5 - Esquema de Irrigação e Drenagem

A área é irrigada mediante o aproveitamento das águas do açude público de São Gonçalo, por meio de um sistema de irrigação por gravidade. A água usada

na irrigação foi classificada na categoria C_2S_1 (água de salinidade média e baixa sem sódio) de acordo com o laboratório de salinidade dos Estados Unidos (Richards et alli, 1954).

A área conta também com uma rede de drenagem que cobre toda a área irrigada, destacando-se os drenos naturais retificados Umari, e Rio Piranhas num trecho de 11km.

2 - CARACTERIZAÇÃO DOS PROBLEMAS DE SAIS DO PROJETO

2.1 - Coleta de amostras e preparação

As perfurações para coleta de amostras foram tomadas em quadriculas de 100 metros, utilizando um traço do tipo holandês, tomando-se amostras a intervalos de 30 cm até uma profundidade de 90 cm. Num total de 31 setores do projeto coletaram-se 3.960 amostras, como indicado no Mapa 1.

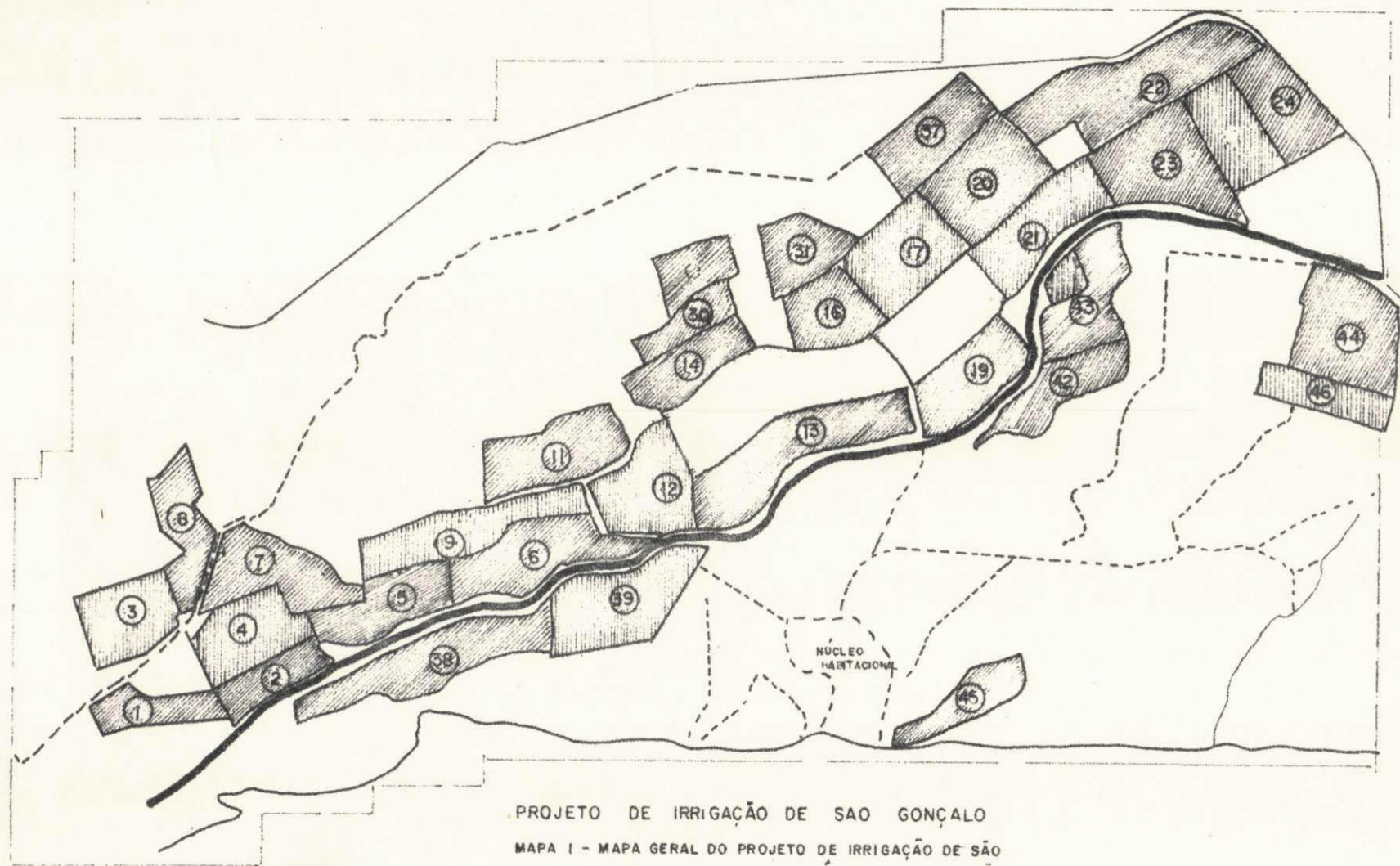
As amostras foram coletadas em sacos de pano colocando anotações no interior dos sacos e também foram postas etiquetas no exterior dos mesmos.

Em 21 perfurações, o lençol freático estava a menos de 90 cm, onde foram coletadas para análise amostras de solo e água.

Os lugares de tradagem, foram devidamente marcados sobre mapas setoriais na escala de 1:2.000.

No laboratório, as amostras foram secadas ao ar, destorroadas, passadas em peneira de 2 mm, e submetidas a análises físicas e químicas.

2.2 - Determinações Químicas



PROJETO DE IRRIGAÇÃO DE SÃO GONÇALO
 MAPA I - MAPA GERAL DO PROJETO DE IRRIGAÇÃO DE SÃO
 GONÇALO MOSTRANDO A ÁREA EM OPERAÇÃO
 USADA NO PRESENTE ESTUDO

- a) Condutividade elétrica do extrato de saturação. Após a fração de terra fina seca ao ar ter sido saturada com água destilada, submetida a um repouso de 24 horas, filtrada a vácuo, foi finalmente determinado em célula especial de uma ponte de Wheatstone, com resultados expressados em millimhos por centímetros a 25°C (Richards, 1954).
- b) pH. Em água e KCl 1N, na relação 1:1 foi determinado após um repouso de 24 horas (Richards, 1954).
- c) Cálcio, Magnésio e Alumínio trocáveis, extraídos do solo com solução de KCl 1N na relação de 10g do solo para 100ml da solução extratora. O cálcio e o magnésio foram determinados por complexometria com EDTA 0,02N. (Etileno, Dietil, Tetracético), sendo $Ca^{++} + Mg^{++}$ em presença de indicador Eriochrome Black T e Ca^{++} em presença de indicador muxerida. O alumínio foi determinado através da dosagem com solução de NaOH 0,1N. Todas as determinações foram feitas de acordo com os procedimentos descritos por Vettori (1969).
- d) Sódio e Potássio extraído com solução de acetato de amônio 1N pH 7,0 e determinado no espectrofotômetro de absorção atômica, com resultados expressados em meq/100g de solo, de acordo com os procedimentos descritos por (Richards et alli, 1954).

As amostras que apresentaram condutividade elétrica acima de 1 mmho/cm, e como havia necessidade de valores que exprimissem elevada precisão, adotou-se uma metodologia diferente que enquadrasse a esse determinado grupo de solos.

Essas amostras foram lavadas com solução

de álcool etílico a 60% em volume até reação negativa de cloreto e sulfato, antes de ser efetuada a extração com solução de acetato de amônio 1 N pH 7,0 (Dantas, 1961). O emprego direto do acetato de amônio 1 N pH 7,0 na determinação de cátions permutáveis, não tem aplicação em solos contendo sais solúveis. Neste caso seu uso fornece resultados imprecisos e a soma dos valores analíticos encontra dos fica acrescida desses sais.

- e) Cátions e anions solúveis. Visando estudar mais de talhadamente o efeito da presença de sais sobre algumas características físico-hídricas do solo separou-se um grupo de amostras normais, salino-sódico e sódico para análises específicas.

Dos extratos de saturação foram tiradas a líquotas para as seguintes determinações: cálcio, magnésio, sódio e potássio determinados de acordo com os métodos já descritos, omitindo-se o emprego de solução extratora.

- Carbonatos - Determinados, por titulação com solução de ácido sulfúrico 0,05N padronizado, usando-se fenolftaleína como indicador (U.S.D.A., 1967).
- Bicarbonatos - Determinado na solução remanescente da titulação anterior com solução de ácido sulfúrico 0,05N usando-se como indicador metilorange a 0,01% solução aquosa (USDA, 1967).
- Cloreto - Determinado em solução remanescente da determinação anterior adicionando-se 6 gotas de solução K_2CrO_4 5% titulando-se com solução $AgNO_3$ 0,05N, pa

dronizado até o desenvolvimento da cor laranja avermelhada (USDA, 1967).

- Sulfato - Determinado gravimetricamente pelo método descrito por (Jackson, 1960).

f) Relação de Adsorção de Sódio (R.A.S.). O RAS foi calculado aplicando-se a fórmula:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

onde o Na^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , representam a concentração dos referidos cations em milequivalente por litro no extrato de saturação (Richards), 1954).

2.3 Análises Físicas - No grupo de amostras de solos normais, salino-sódicos e sódicos, anteriormente mencionados, realizaram-se as seguintes determinações físicas:

- a) Curva de retenção de umidade. Foi determinada mediante o uso de membranas porosas e panela de pressão, de acordo com Richards et alii (1954), submetendo o solo a pressão positiva de 0,1, 0,2, 1,0, 5,0, 10 e 15 atmosferas. Os resultados estão ilustrados na Figura 2..
- b) Análise granulométrica do solo. Foi feita através do método da pipeta, segundo o procedimento de Day (1965), usando solução de Hexametáfosfato de sódio a 5% como agente dispersor, levando-se em consideração os resultados obtidos por Oliveira (1966).
- c) Argila natural. Índice de estrutura. Foi determina

do a porcentagem de argila dispersa em água, obtida através da aplicação do método da pipeta em condições semelhantes aos da análise granulométrica total, omitindo-se o emprego da solução dispersante.

O índice da estrutura foi calculado segundo a fórmula:

$$I.E. = \frac{(\% \text{ argila total} - \% \text{ argila natural})}{\% \text{ argila total}} \times 100$$

- d) Condutividade hidráulica. Foi obtida no laboratório com amostra deformada através do uso do permeâmetro de carga constante (Klute, 1965).
- e) Volume de sedimentação, Foi obtido através do uso de cones de Himi Holff usando cloreto de cálcio a 30% como agente floculante, segundo metodologia adotada no laboratório do CPATSA (1977), baseada na informação do BUREC.
- f) Capacidade de campo. Foi determinado colocando-se o solo saturado em panela de pressão e submetendo a pressão positiva de 1/3 de atmosfera (Richards, 1954).
- g) Ponto de murchamento. Foi determinado colocando-se o solo saturado em panela de pressão e submetendo a pressão de 15 atmosferas (Richards, 1954).

3 - ANÁLISE DA INFORMAÇÃO DE CAMPO E DE LABORATÓRIO

3.1 Análise da informação

Com base no levantamento detalhado de solos realizados pela Hidroservice (1970) no ano de 1968, e os dados recentemente determinados os solos foram separados em grupos e estudadas as seguintes relações:

- a) Reação do solo versus Porcentagem de sódio intercambiável (pH x PSI).
- b) Condutividade elétrica do extrato de saturação versus Porcentagem de sódio intercambiável (CE x PSI).
- c) Condutividade elétrica do extrato de saturação versus Soma das bases trocáveis (CE x S).
- d) RAS da solução do solo em função do PSI.

3.2. Classificação setorial de problemas e sais do projeto.

Em base dos resultados químicos obtidos foi feita uma classificação setorial de problema de sais do Projeto e indicações de possíveis práticas de manejo para solucionar os problemas

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICAS DE SOLOS NORMAIS, SALINO-SÓDICOS E SÓDICOS.

Uma vez que os solos foram classificados de acordo a Richards (1954) em solos normais, salino-sódicos e sódicos, amostras de cada um destes grupos foram analisadas tanto física como quimicamente. Em seguida se apresentam os resultados das propriedades físico-hídricas.

1.1 Curvas de retenção de umidade

Identificaram-se três perfis de solos com características texturais similares, mas com diferenças marcantes no teor e tipo de sais presentes e determinaram-se as curvas de retenção de umidade para definir o.

efeito dos sais na retenção de água pelo solo.

As curvas de retenção de umidade para três tipos de solos, definidos como normal, salino-sódico e sódico são apresentadas na Figura 3. Os dados experimentais são incluídos no Quadro 2 do apêndice.

Na Figura 3, observa-se que a retenção de água para um mesmo potencial matricial aumenta notavelmente de um solo normal para o salino-sódico e sódico. Assim por exemplo a $-0,3$ bares os conteúdos de água são 11% para solo normal, 22% para solo salino-sódico e 35% para solo sódico, ou seja a retenção dos solos salino-sódico e sódico são 2 e 3 vezes a do solo normal, respectivamente. Esta mesma proporção se mantém para potenciais matriciais menores. A água disponível, de acordo à informação da Figura 3, é 7% para o solo normal, 14% para o solo salino-sódico e 24% para o solo sódico.

As curvas de retenção de umidade como obtidas através de pratos porosos em panelas de pressão são indicam o efeito das forças de superfícies na retenção de água, não levando em consideração o efeito osmótico que se tem pela presença dos sais, e que representa mais um efeito limitante para as plantas.

Para verificar as diferenças em água disponível separou-se um maior número de amostras para os diferentes solos, normal, salino-sódico e sódico. Nestas amostras determinou-se a retenção de água a $1/3$ e 15 bares, considerados como pontos limitantes no aproveitamento da água do solo pelas plantas. Esta informação junto com outras propriedades físicas como granulometria, índice de estrutura, condutividade hidráulica e volume de sedimentação são apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4 para os solos normais, salino-sódico e sódico.

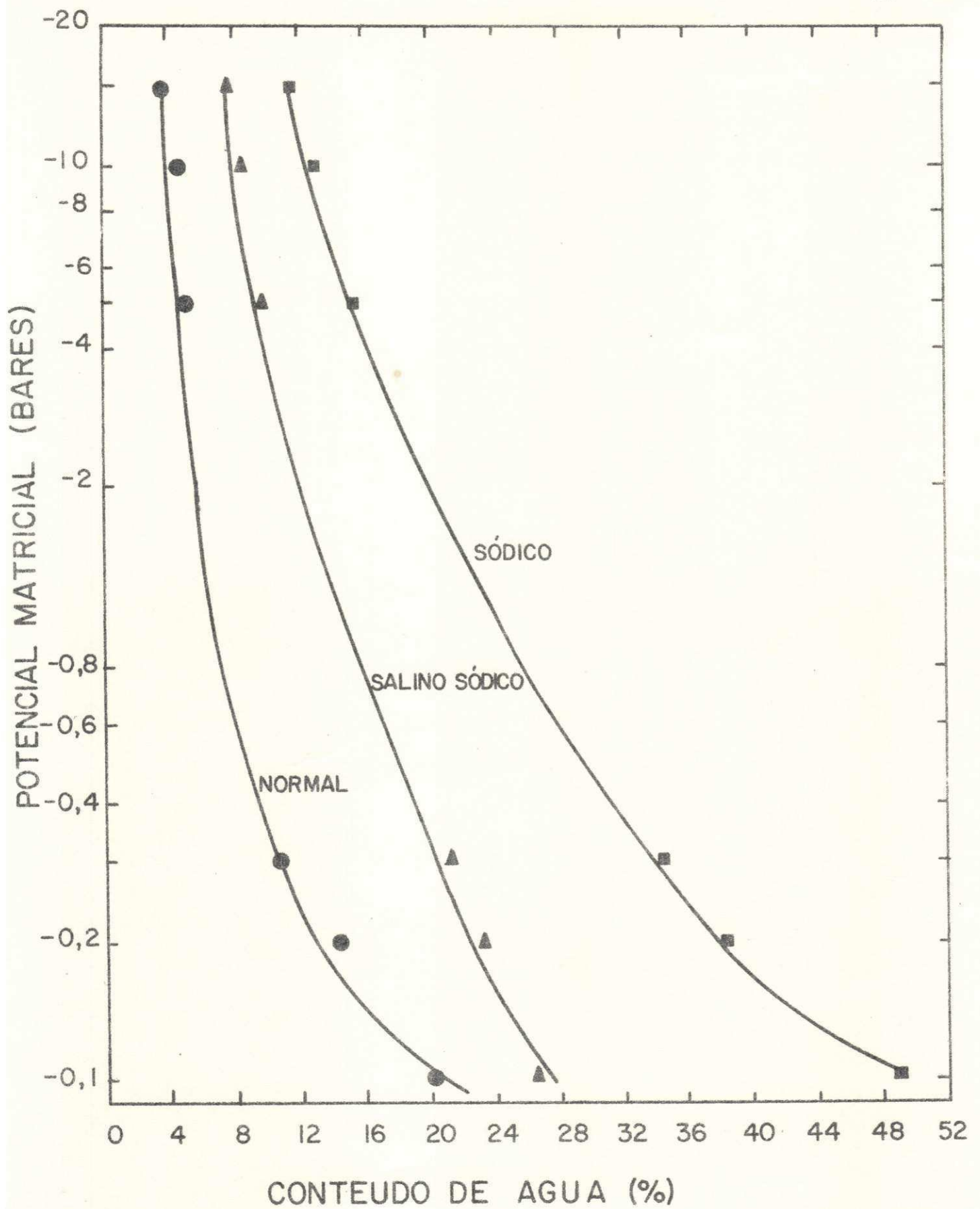


Figura 3 - Curvas de retenção de umidade para solos definidos como normal, salino-sódico e sódico com características texturais similares

TABELA 2. Análises físicas para um grupo de amostras de solo normal.

GRANULOMETRIA			TEXTURA	ARGILA NATURAL %	ÍNDICE DE ESTRUTURA %	UMIDADE %		ÁGUA ÚTIL %	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA CM/HR.	VOLUME DE SEDIMENTAÇÃO ML
AREIA	SILTE	ARGILA				1/3 (BARES)	15			
72	17	11	F.Aren.	5	55	13,77	4,25	9,52	4,20	24
47	28	25	F.Aren.	10	60	24,51	10,02	14,49	0,23	28
34	33	33	F.Arg.	16	52	27,35	12,47	14,88	0	30
66	28	6	F.Aren.	3	50	14,60	3,63	10,97	3,95	21
79	11	11	F.Aren.	4	64	12,55	3,96	8,59	5,51	22
78	7	7	A.Franca	4	43	11,07	3,93	7,14	1,00	21
86	7	7	A.Franca	2	71	8,50	2,49	6,01	15,20	21
87	6	6	A.Franca	3	50	6,55	2,27	4,28	8,21	20
89	5	6	Areia	3	50	5,93	2,13	3,80	16,40	19
86	9	5	Areia	2	60	7,02	2,19	4,83	21,10	20

TABELA 3. Análises físicas para um grupo de amostras de solo salino sódico

GRANULOMETRIA			TEXTURA	ARGILA NATURAL %	ÍNDICE DE ESTRUTURA %	UMIDADE %		ÁGUA ÚTIL %	CONDUTIVIDADE HIDRAULICA CM/HR.	VOLUME DE SEDIMENTAÇÃO ML
AREIA	SILTE	ARGILA				1/3 (BARES)	15			
65	22	13	F.Aren.	10	23	20,28	6,16	14,12	0	31
67	13	20	F.Aren.	13	25	24,17	7,98	16,19	0	80
63	18	19	F.Aren.	18	5	24,35	7,77	16,58	0	115
66	21	13	F.Aren.	13	0	22,53	7,12	15,41	0	30
55	19	26	F.A.Aren	24	8	29,02	11,19	17,83	0	135
55	25	20	F.A.Aren	20	0	32,25	11,85	20,40	0	94
51	24	25	F.Aren.	16	4	24,65	9,72	14,93	0	34
61	17	22	F.A.Aren	15	32	26,46	9,09	17,37	0	165
36	43	21	Franco	21	0	28,37	13,12	15,25	0	35
37	37	26	Franco	35	44	29,41	14,36	15,05	0	75
34	41	25	Franco	22	12	33,80	15,81	17,99	0	67
40	30	30	F.Arg.	21	30	27,42	12,38	15,04	0	32
24	45	31	F.Arg.	30	3	35,72	19,01	16,71	0	45

TABELA 4. Análises físicas para um grupo de amostras de solo sódico.

GRANULOMETRIA			TEXTURA	ARGILA NATURAL %	ÍNDICE DE ESTRUTURA %	UMIDADE %		ÁGUA UTIL %	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA CM/HR	VOLUME DE SEDIMENTAÇÃO ML
AREIA	SILTE	ARGILA				1/3 (BARES)	15			
24	52	24	F.Lim.	19	21	32,21	13,58	18,63	0	60
15	51	34	F.A.Lim.	31	9	36,93	20,55	16,38	0	180
32	40	28	Franco	27	4	33,38	15,70	17,68	0	120
44	32	24	Argila	23	4	32,49	12,90	19,59	0	110
37	37	26	Franco	23	12	30,83	12,02	18,81	0	180
73	14	13	F.Aren.	7	46	17,80	5,30	12,50	0	23
35	43	26	Franco	26	0	31,47	15,96	15,51	0	83
51	32	17	Franco	16	6	30,00	10,67	19,33	0	31
43	35	22	Franco	13	41	38,63	16,86	21,77	0	90
50	27	23	Franco	20	13	25,03	10,87	14,16	0	42
53	23	24	F.A.Aren.	23	4	33,23	13,16	20,07	0	110
64	18	18	F.Aren.	13	28	25,78	8,63	17,15	0	50
50	34	16	Barro	16	0	32,66	13,85	18,81	0	60
52	28	20	Barro	20	0	34,29	14,77	19,52	0	80
49	35	16	Barro	13	19	30,91	12,95	17,96	0	70

co, respectivamente. Lund (1957) trabalhando com solos aluviais na Luisiana também obteve altos valores de água disponível.

Do ponto de vista do manejo da irrigação das culturas, os sais presentes na solução do solo aumentam a pressão osmótica, diminuindo o potencial total de água no solo limitando seriamente a implantação de culturas. Assim por exemplo no caso do solo salino-sódico da Figura 3, a condutividade elétrica do extrato de saturação é de 15,7 mmhos/cm o que equivale aproximadamente 5,65 bares de pressão osmótica (Richards et alii 1954). Neste solo quando o solo está perto da capacidade de campo, ou seja -0,3 bar de potencial matricial, na realidade representa para as plantas uma tensão de 6 bares.

Segundo Baver et alii (1973), o conteúdo de água a saturação para a maioria dos solos é aproximadamente o dobro que o conteúdo de água no solo após dois dias da irrigação. Neste caso, a quantidade de sais de um extrato saturado é mais ou menos a metade daquele imediatamente após a irrigação. A condutividade elétrica do extrato saturado maiores a 4 mmhos/cm, o qual define o solo como salino, corresponde a um potencial osmótico de aproximadamente -1,5 bares (Figura 6 de Richards et alii, 1954). Isto é uma aproximação considerando o fato de que o potencial osmótico depende do tipo e quantidade de sal presente no solo.

1.2 Condutividade hidráulica (K)

Os valores de condutividade hidráulica, em cm hr^{-1} determinados em amostras deformadas estão contidos nas Tabelas 2, 3 e 4 para os três tipos de solos já mencionados.

Uma análise dos dados demonstra uma baixa permeabilidade dos solos salino sódicos e sódicos, classificada como muito lenta segundo O'Neal, citado por Klute (1965). Os valores de condutividade hidráulica variam de 0 a 21,1 cm hr⁻¹. Os maiores valores de K foram observados nos solos normais.

Para os solos sódicos e para os salinos-sódicos, a condutividade hidráulica foi zero a qual é justificada devido especialmente aos elevados teores de sódio trocável desses solos, o que provoca a dispersão das argilas, impermeabilizando-os. Este fato pode ser comprovado pelos altos volumes de sedimentação e baixos índices de estrutura conforme os dados contidos nas Tabelas 2, 3 e 4. Volumes de sedimentação maiores do que 30 ml geralmente estão associados a altos teores de sódio trocável e a baixa condutividade hidráulica.

Para o grupo de amostras características, comparou-se a condutividade hidráulica e o índice de estrutura, o qual é apresentado na Figura 4. Nesta figura, observa-se que a condutividade hidráulica aumenta com o índice de estrutura, sendo que valores entre 40 e 70% foram encontrados para o solo normal e menores de 25% para os solos salino-sódicos e sódicos. Nestes últimos solos a condutividade hidráulica foi igual a zero. Resultados semelhantes foram encontrados por Coelho (1971).

2 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

Com a finalidade de definir as relações entre diferentes parâmetros químicos de solos afetados pelo sal usaram-se informações coletadas pela Hidroservice em 1968 e recentemente para o presente trabalho.

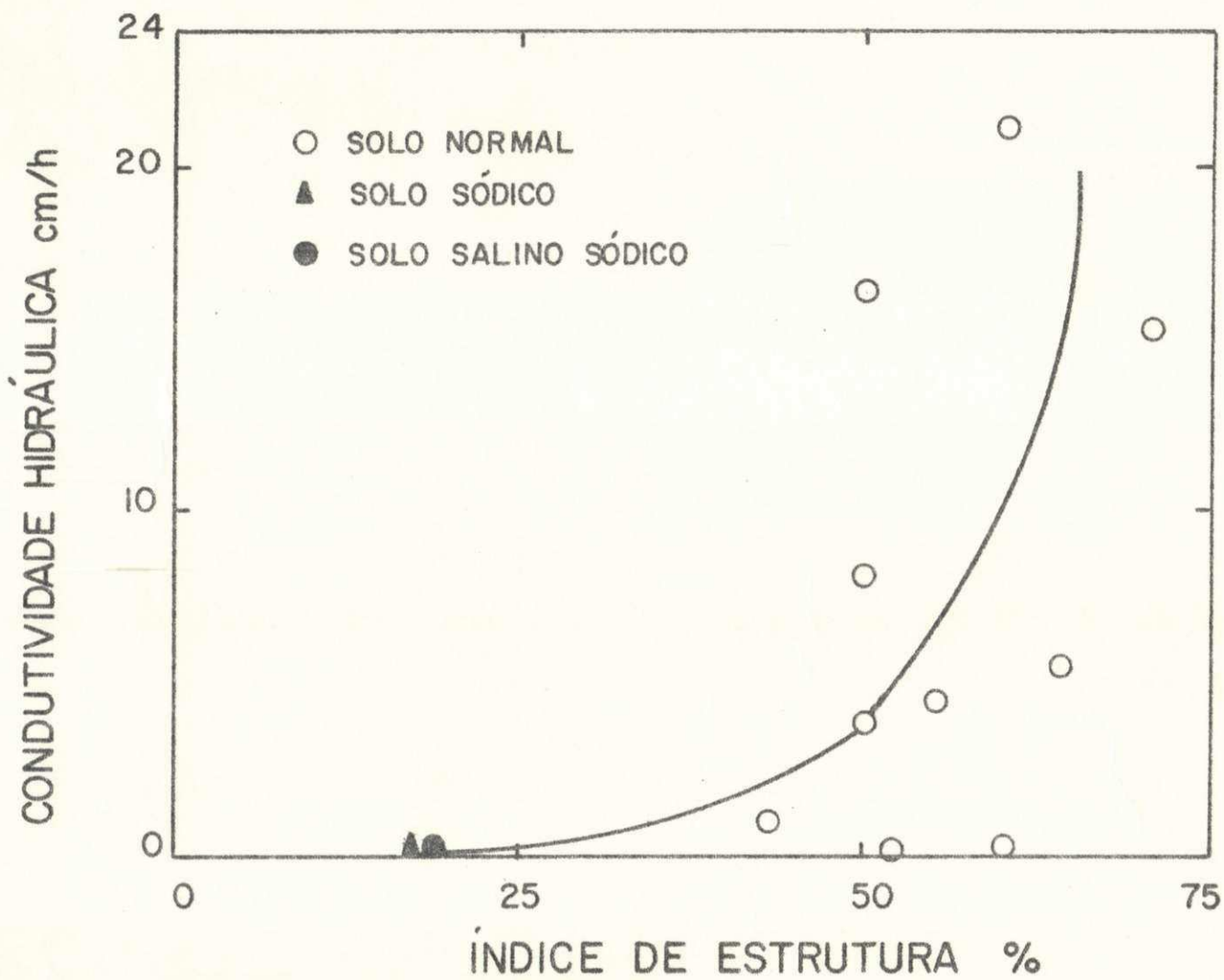


Figura 4 - Relação entre a condutividade hidráulica e o índice de estrutura nos diferentes solos

2.1 Relação entre pH e PSI

Na Figura 5 apresenta-se a relação entre pH e PSI. Uma análise de regressão desta informação indicou coeficientes de correlação $r = 0,49$ para os solos normais sob o aspecto de salinidade, $r = 0,82$ para os solos sódicos e $r = 0,97$ para os solos salinos sódicos, sendo todos significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Se observa que o pH aumentou com o PSI, com o pH variando entre 7 e 10, sendo que os solos sódicos apresentam pH acima de 8.

2.2 Relação entre CE e PSI

Da relação entre CE e PSI para os dados coletados no Perímetro de Irrigação de São Gonçalo (Figura 6), observa-se uma grande dispersão de informação especialmente para o solo salino sódico. Contudo, através de análises de regressão verificou-se que não há correlação significativa para dados dos solos individuais, entretanto encontrou-se que para todos os solos em conjunto, existe correlação significativa ao nível de 1% de probabilidade.

2.3 Relação entre CE e Soma de bases (S)

Esta relação é mostrada na Figura 7 para a informação coletada em 1977. Nesta Figura observa-se uma grande dispersão de valores, especialmente no solo salino sódico, não havendo correlação entre as variáveis, tanto para os solos em conjunto como para cada tipo de solo isoladamente.

A falta de correlação entre CE e a soma das bases provavelmente possa ser atribuída a que as bases

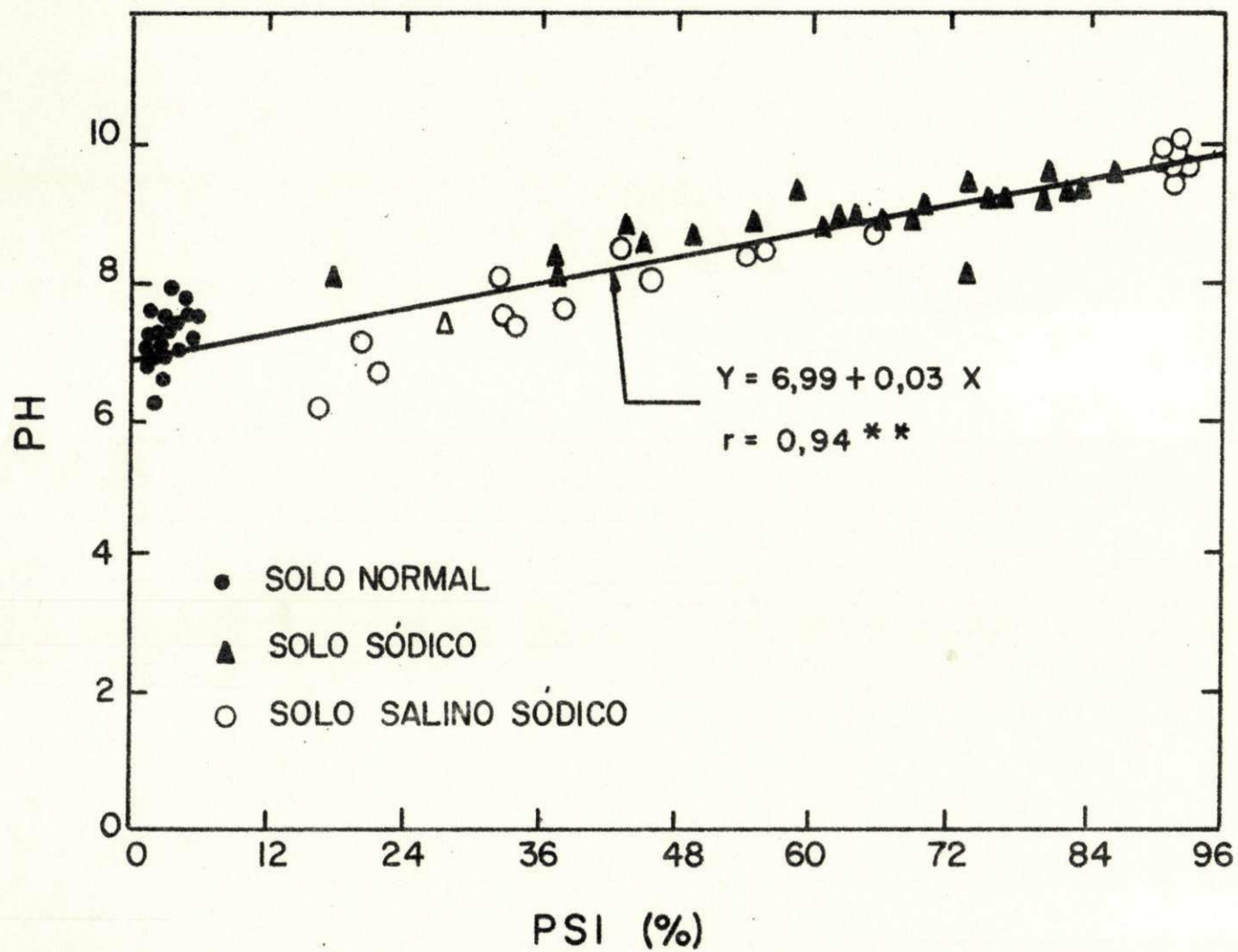


Figura 5 - Relação entre o pH e a porcentagem de sódio intercambiável (PSI)

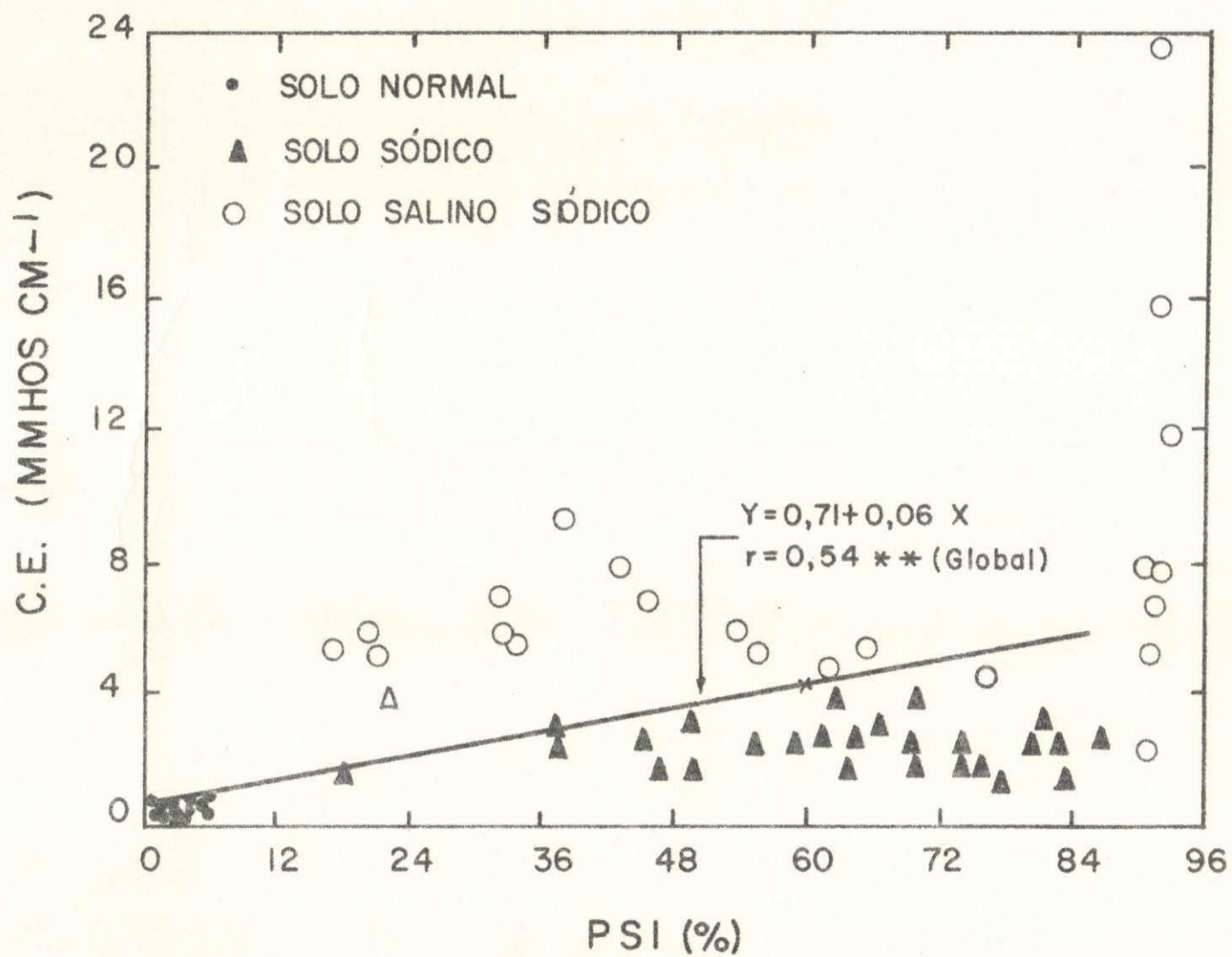


Figura 6 - Relação entre a condutividade elétrica do extrato de saturação e a porcentagem de sódio (PSI)

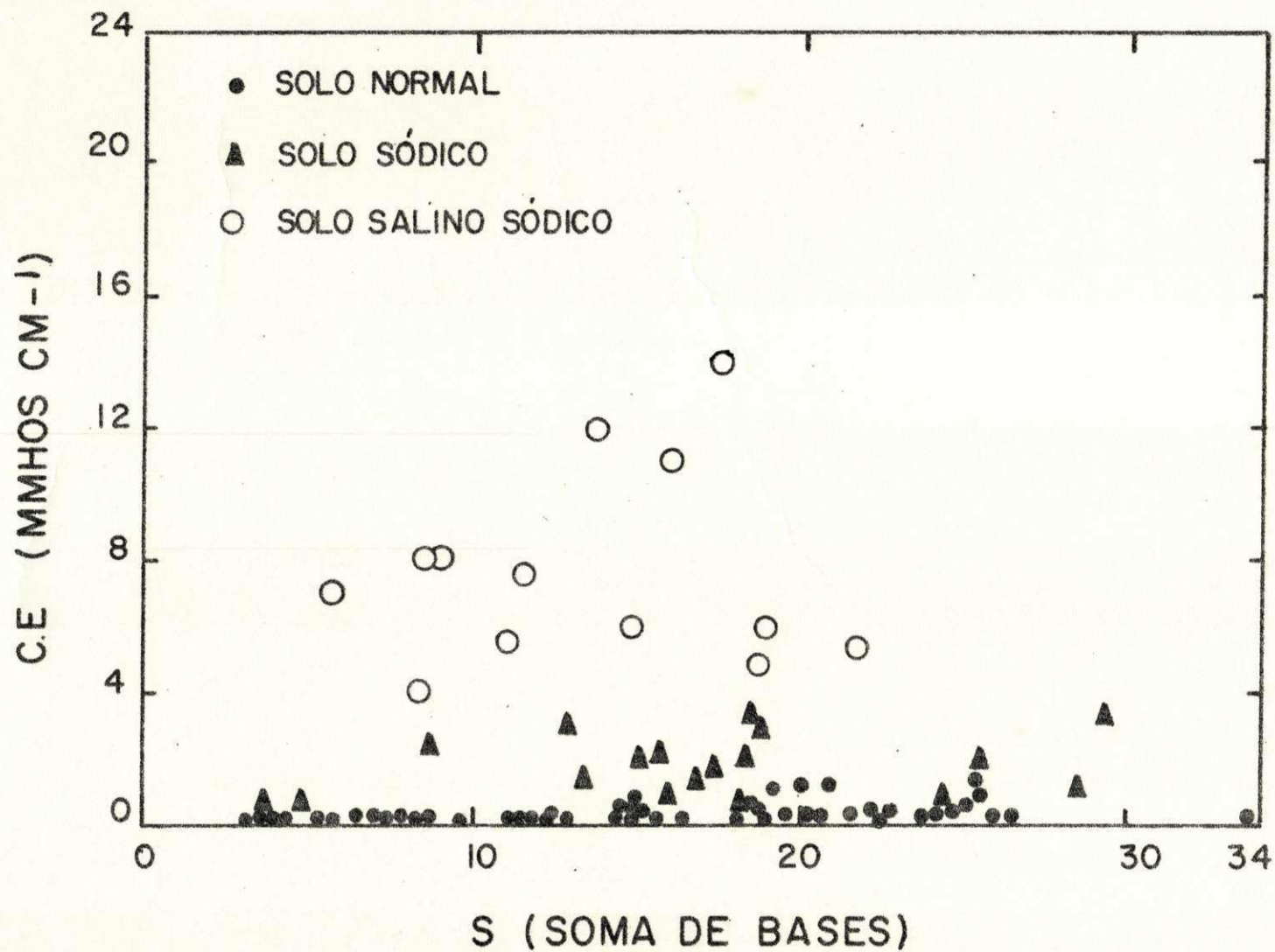


Figura 7 - Relação entre condutividade elétrica e soma de bases (Valor S)

trocáveis estão adsorvidas no complexo de troca, não sendo liberadas para a solução do solo e que a CE varia em função da quantidade de sais solúveis da solução do solo que são facilmente lixiviadas, podendo ser medidos pela CE.

2.4 Anions e cations solúveis

A composição dos sais solúveis em meq/litro e a condutividade elétrica do extrato de saturação para os grupos de amostras de solos normais, salino-sódicos e sódicos são mostrados nas Tabelas 5, 6 e 7, respectivamente.

Com base nos resultados das determinações de cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonatos, bicarbonatos e cloretos para os solos normais, mostrados na Tabela 5 verifica-se a ausência de carbonatos e baixos teores de sulfato para todas as amostras de solo normal analisados e com relativo equilíbrio entre os demais sais solúveis e com baixa relação de adsorção de sódio.

De uma análise semelhante das Tabelas 6 e 7 correspondentes aos solos salino-sódicos e sódicos, verifica-se ausência de carbonatos para a maioria das amostras e uma grande predominância de sódio e cloretos entre os ions solúveis como também alta relação de adsorção de sódio, particularmente para os solos salino-sódicos, o que expressa a alta atividade dos ions de sódio em reações de intercâmbio com o solo.

A análise de regressão entre os sais solúveis e a condutividade elétrica indicou que o coeficiente de correlação $r = 0,95$ é significativo ao nível de 1% de probabilidade, o qual indica uma estreita relação entre os dois parâmetros, sendo que 90% da variação na

TABELA 5. Ions solúveis no extrato de saturação para grupo de amostras de solo normal.

pH	C.E. 25° C MMHOS/ CM	CATIONS MEQ/LITRO				SOMA	ANIONS MEQ/LITRO				SOMA	RAS
		Ca	Mg	Na	K		CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl ⁻		
6,9	0,47	2,5	2,5	2,75	0,22	7,97	0	5,00	0,02	2,50	7,52	1,74
7,1	0,36	2,5	2,5	4,25	0,12	9,37	0	5,00	0,12	5,00	10,12	2,69
7,3	0,36	2,5	2,5	5,00	0,10	10,10	0	5,00	0,17	5,00	10,17	3,16
7,0	2,36	5,0	2,5	6,50	1,25	15,25	0	7,50	0,30	7,50	15,30	3,36
7,2	0,59	5,0	2,5	4,50	0,20	12,20	0	5,00	0,05	7,00	12,05	2,32
7,5	0,67	5,0	2,5	2,00	0,17	9,67	0	5,00	0,02	5,00	10,02	1,03
6,7	0,67	5,0	2,5	2,75	0,25	10,50	0	7,50	0,15	2,50	10,15	1,42
7,0	0,30	2,5	2,5	2,50	0,10	7,60	0	5,00	0,15	2,50	7,65	1,58
7,1	0,26	2,5	2,5	5,25	0,07	10,32	0	7,50	0,25	2,50	10,25	3,32
6,9	0,52	2,5	2,5	4,75	0,45	10,20	0	7,50	0,37	2,50	10,37	3,00

TABELA 6. Ions solúveis no extrato de saturação para grupo de amostras de solo salino-sódico.

pH	C.E. 25º C. MMHOS/ CM	CATIONS MEQ/LITRO				SOMA	ANIONS MEQ/LITRO				SCMA	RAS
		Ca	Mg	Na	K		CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl		
9,5	23,58	5,0	2,5	437,25	1,35	466,10	20,00	32,50	0,32	392,50	445,32	225,79
9,7	11,79	2,5	2,5	206,75	0,62	212,37	0	17,50	0,12	195,00	212,62	130,76
9,7	6,73	2,5	2,5	124,25	0,45	129,70	0	12,50	0,06	117,00	112,56	78,58
9,9	15,70	2,5	2,5	378,25	1,22	384,47	70,00	37,50	1,45	276,00	384,95	239,23
9,9	7,86	2,5	2,5	169,50	0,52	175,02	2,50	17,50	1,55	152,50	174,05	107,20
9,8	5,24	2,5	2,5	87,00	0,42	92,42	0	20,00	1,07	71,30	92,37	55,02
8,1	6,73	10,0	10,0	116,50	0,50	137,00	0	10,00	0,22	126,08	136,30	36,84
8,5	7,86	7,5	2,5	82,00	0,50	92,50	0	7,50	0,95	83,50	91,95	36,67
7,5	5,89	5,0	2,5	74,00	0,32	81,82	0	10,00	0,12	71,50	81,62	38,21
8,4	5,89	2,5	5,0	79,50	0,32	87,32	0	10,00	0,35	76,50	86,85	41,05
8,7	5,24	2,5	2,5	74,75	0,30	80,05	0	10,00	0,42	70,00	80,42	47,28
7,6	9,25	10,0	7,5	156,75	1,05	175,30	0	10,00	0,80	165,50	176,30	52,99
9,0	4,63	7,5	7,5	62,00	0,30	77,30	0	7,50	1,45	69,50	78,45	22,64

TABELA 7. Ions solúveis no extrato de saturação para grupo de amostras de solo sódico.

pH	C.E. 250 C. MMHOS/ CM	CATIONS MEQ/LITRO				SCMA	ANIONS MEQ/LITRO				SOMA	RAS
		Ca	Mg	Na	K		CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl		
8,8	2,67	5,0	2,5	77,25	0,55	85,30	5,00	17,50	1,77	61,00	85,27	39,89
9,2	2,67	5,0	2,5	54,75	0,25	62,50	4,00	55,00	0,97	2,50	62,47	28,27
9,0	1,51	2,5	2,5	24,00	0,15	29,15	1,50	22,50	0,25	5,00	29,25	15,18
8,9	2,31	2,5	2,5	36,75	0,22	41,97	0	27,50	0,25	13,00	40,75	23,24
8,7	2,84	2,5	2,5	40,00	0,20	45,20	0	15,00	0,25	29,50	44,75	25,30
8,1	2,31	2,5	2,5	23,00	0,20	28,20	0	10,00	0,72	16,50	27,22	14,55
8,9	2,36	2,5	2,5	25,00	0,15	30,15	2,10	20,00	0,07	8,00	30,17	15,81
9,3	1,18	5,0	2,5	21,75	0,10	29,35	1,70	20,00	0,05	6,50	28,25	11,23
9,4	1,18	2,5	2,5	16,00	0,15	21,15	1,50	17,50	0,32	2,50	21,82	10,12
8,4	2,36	2,5	2,5	40,00	0,20	45,20	0	15,00	0,87	30,00	45,87	25,30
9,7	2,36	2,5	2,5	27,50	0,22	32,72	0	15,00	0,90	17,00	32,90	17,39
9,5	1,57	2,5	2,5	24,00	0,17	29,17	0	15,00	1,22	12,50	28,72	15,18
9,1	0,77	2,5	2,5	32,75	0,22	37,97	1,30	24,00	0,62	12,50	38,42	20,71
9,9	1,16	2,5	2,5	38,75	0,20	43,95	1,50	27,50	0,30	13,50	42,80	24,51
9,4	0,77	2,5	2,5	15,00	0,07	20,07	0	15,00	0,07	5,50	20,57	9,49

CE é devido aos sais solúveis. Essa comparação é ilustrada na Figura 8. Resultados semelhantes foram relatados por Coêlho (1970) e Richards et alii (1954).

Os promédios dos resultados de anions e cations solúveis no extrato saturado, para as amostras de solo características, são apresentadas na Tabela 8, sendo também incluído na mesma Tabela os valores correspondentes a condutividade elétrica e os valores calculados da relação de adsorção de sódio (RAS). Estes valores revelam um marcado predomínio do cation Na^+ sobre Ca^{++} , Mg^{++} e K^+ , e entre os anions há elevado predomínio do ion Cl^- , para os solos afetados por sais. A mesma Tabela mostra alto valor de RAS, particularmente quando comparados com o valor de RAS do solo normal. Isto pode-se atribuir ao predomínio do cation Na^+ sobre Ca^{++} e Mg^{++} no extrato de saturação dos solos com problemas de sais.

Analisando-se a Tabela 8, para o caso do solo normal sob o aspecto de salinidade, verifica-se que há um ligeiro predomínio do Ca^{++} e Na^+ sobre o Mg^{++} e entre os anions há predomínio do bicarbonato. Em relação ao valor calculado de RAS, observa-se ser o mesmo muito baixo devido ao relativo equilíbrio entre os cations Ca^{++} , Mg^{++} e Na^+ .

Na Figura 9 se apresenta a relação de adsorção de sódio da solução do solo em função do PSI, a qual mostra que não existe grande dispersão dos dados para as diferentes classes de solo, indicando que existe um relativo equilíbrio entre os cations Ca^{++} , Mg^{++} e Na^+ . Por outro lado indica que os dados de PSI estão bem determinados.

As mesmas correlações para as amostras de solo feitas no presente trabalho foram feitas para os re-

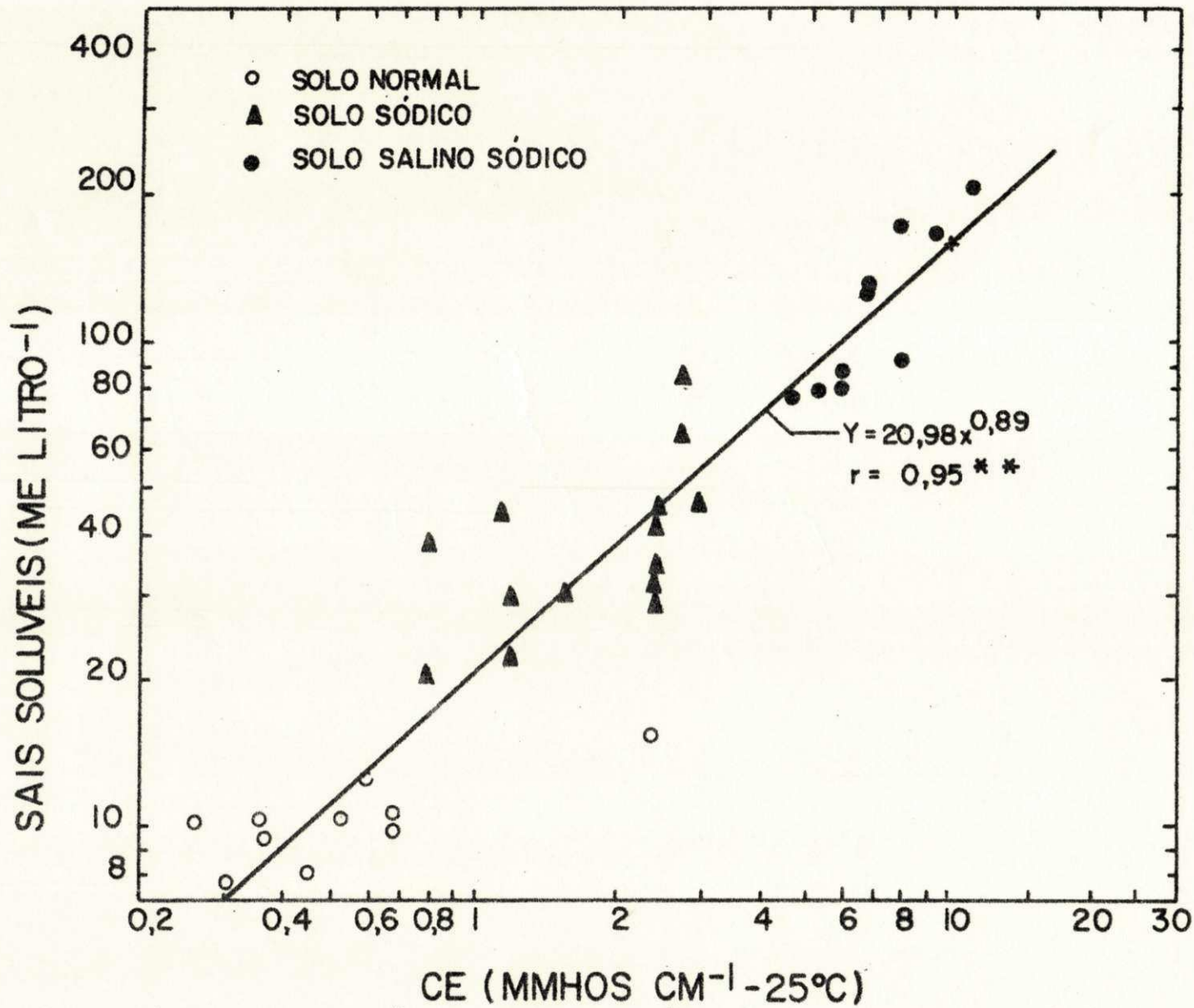


Figura 8 - Relação entre sais solúveis e condutividade elétrica para in-
 formação coletada em 1977

TABELA 8. Ions solúveis no extrato de saturação em solos normal, salino sódico e sódico, e na água de irrigação do Perímetro de São Gonçalo.

	C.E. 25º C. MMHOS/ CM	CATIONS (MEQ/100G)				SOMA	(ANIONS (MEQ/100G))				SOMA	RAS
		Ca	Mg	Na	K		CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl		
NORMAL	0,66	3,50	2,50	4,03	0,29	<u>10,32</u>	0,00	6,00	0,16	4,20	<u>10,36</u>	2,33
SALINO-SÓDICO	8,95	4,81	4,04	157,58	0,61	<u>167,04</u>	7,12	15,58	0,68	143,61	166,99	74,91
SÓDICO	1,87	3,00	2,50	33,10	0,20	<u>38,80</u>	1,24	21,10	0,58	15,70	<u>38,62</u>	19,96
ÁGUA DE IRRIGAÇÃO*	0,28	0,90	0,70	0,95	0,34	<u>2,89</u>	0,00	1,20	0,20	1,50	<u>2,90</u>	1,06

* A água de irrigação é classificada como C₂S₁

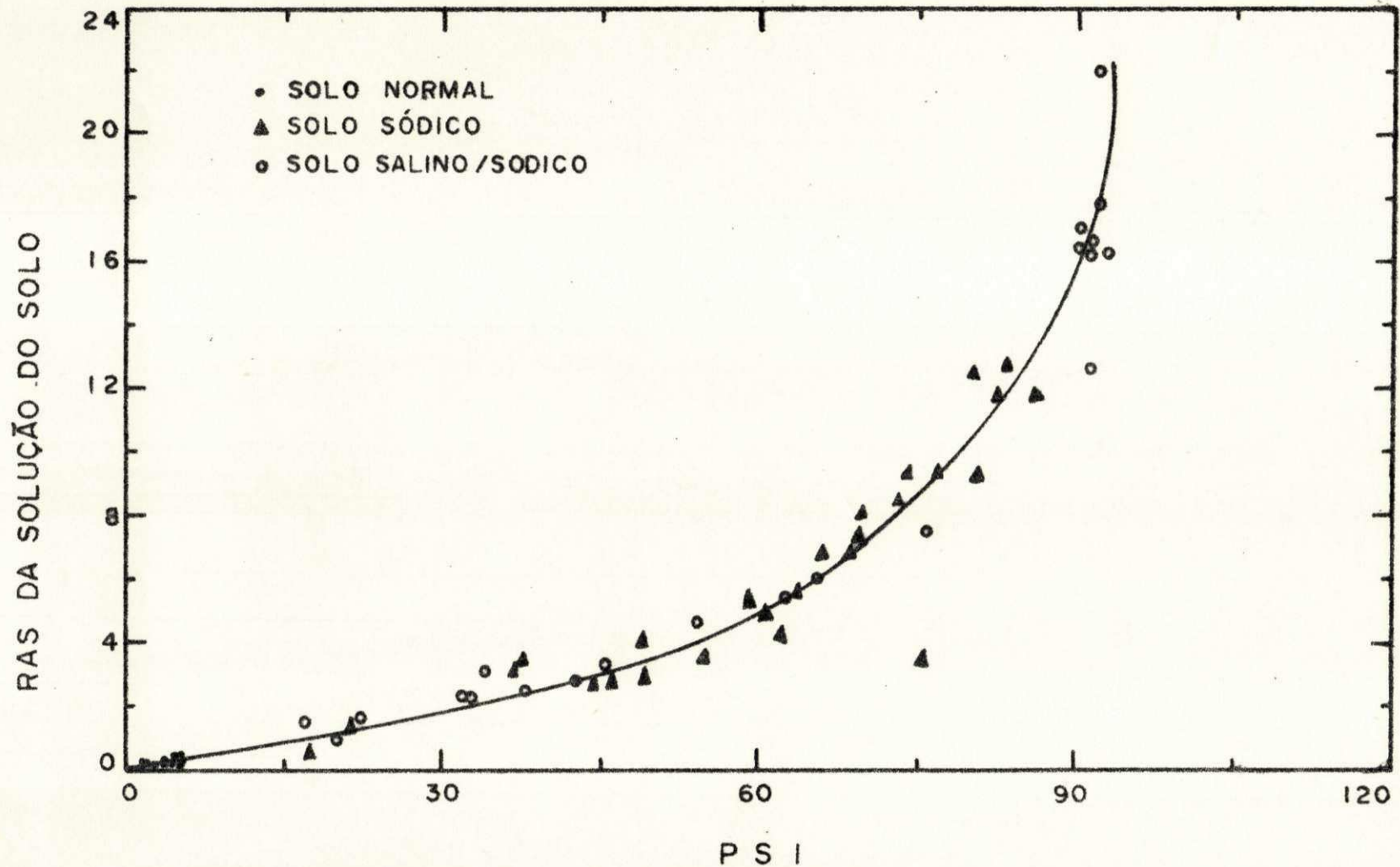


Figura 9 - Relação entre o RAS da solução do solo e a porcentagem de sódio intercambiável (PSI)

sultados das análises conduzidas pela Hidroservice em em 1968 no mesmo Perímetro de São Gonçalo. A Tabela 9, e o Quadro 3 do apêndice mostram as curvas de regressão e os respectivos coeficientes de correlação (r) para as análises feitas no presente trabalho e pela Hidroservice, respectivamente. Comparando as Tabelas se observa que praticamente não houve diferença na declividade das retas para as diferentes classes de solos.

2.5 Considerações sobre a água utilizada na irrigação do Perímetro e água do lençol freático.

a. Água utilizada na irrigação

As características químicas da água do açude de São Gonçalo em amostra coletada no canal principal do perímetro, foram mostradas anteriormente na Tabela 8 e está classificada na categoria C2S1 de acordo com Richards et alii (1954). Provavelmente em outras épocas do ano a qualidade da água do açude de São Gonçalo possa apresentar melhor qualidade, considerando-se que a mesma foi coletada no mês de janeiro, quando o açude apresenta os mais baixos níveis de água e provavelmente com os mais elevados índices de concentração salina, devido a excessiva evaporação característica da região. Trata-se de água de salinidade média (C2) podendo usar-se em quase todos os casos e sem necessidade de práticas especiais de controle de salinidade, podendo produzir as plantas moderadamente tolerantes aos sais. É baixa em sódio (S_1) podendo usar-se para irrigação na maioria dos solos, com poucas probabilidades de alcançar níveis perigosos de sódio intercambiável. No entanto alguns cultivos sensíveis como algumas fruteiras, podem acumular quantidades prejudici

TABELA 9. Regressões lineares e coeficientes de correlação de diversos parâmetros com dados de 1977.

PARÂMETRO	SOLO	REGRESSÃO	r
pH X P.S.I.	Normal	$Y = 6,77 + 0,14X$	0,49**
	Sódico	$Y = 7,40 + 0,02X$	0,82**
	Salino-sódico	$Y = 6,18 + 0,04X$	0,97**
	Global	$Y = 6,99 + 0,03X$	0,94**
C.E. X P.S.I.	Normal	$Y = 0,32 + 0,06X$	0,33NS
	Sódico	$Y = 2,69 - 0,01X$	0,17NS
	Salino-sódico	$Y = 3,74 + 0,06X$	0,40NS
	Global	$Y = 0,71 + 0,06X$	0,54**
C.E. X soma das bases (S)	Normal	$Y = 0,43 + 0,0043X$	0,10NS
	Sódico	$Y = 2,20 + 0,0035X$	0,02NS
	Salino-sódico	$Y = 12,05 - 0,32X$	0,39NS
	Global	$Y = 3,07 + 0,01X$	0,02NS
Sais Solúveis X CE	Global	$Y = 20,98X^{0,89}$	0,95**

ais de sódio (Richards et alii, 1954).

b. Águas coletadas do lençol freático.

Segundo Goes (1976) a análise das águas freáticas do Perímetro de São Gonçalo, indicam que 6% são boas, 75% regulares e 18% nocivas. A análise da água de um poço teste realizada em 1971 pelo laboratório do DNOCS, indicou a presença de um elevado teor de carbonatos e bicarbonatos (12 me/l), indicando que seu uso para irrigação seria nocivo e exporia o solo a um processo de sodificação pelo deslocamento do cálcio do complexo argiloso, pelo sódio.

Juntamente com a amostragem de solos, e quando o lençol esteve dentro das profundidades de amostragem coletaram-se amostras de água. O resultado de análises das águas dos 20 locais ou pontos do Perímetro em que o lençol freático encontrava-se a menos de 90cm de profundidade são mostrados na Tabela 10 e os resultados médios ao pé da mesma Tabela.

Numa análise da Tabela 10, verifica-se que 90% dos dados são de salinidade média e baixa em sódio (C2S1) e que 10% são altamente salinas e baixa em sódio (C3S1) não podendo ser utilizada em solos cuja drenagem seja deficiente. Analisando-se os dados médios apresentados na Tabela 10, verifica-se ausência total do anion carbonato e acentuado predomínio do cálcio, justificando os baixos valores de sódio na classificação de perigo de alcalinização.

3 - SITUAÇÃO GLOBAL DA ÁREA DO PROJETO

Os resultados das análises efetuadas nas amos-

TTABELA 10. Resultados de análises d'água no lençol freático

pH	C.E. 25º C MMHOS/ CM	CATIONS MEQ/LITRO					SOMA	ANIONS MEQ/LITRO				SOMA	R.A.S.	CLASSIFI- CAÇÃO
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺			CO ₃ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻⁻	Cl ⁻			
7,0	0,34	1,70	0,70	0,59	0,27	<u>3,26</u>	0	1,50	0,45	1,80	<u>3,75</u>	0,54	C2S1	
7,1	0,57	1,30	0,70	1,76	0,17	<u>3,93</u>	0	2,10	0,40	1,50	4,00	1,76	C2S1	
7,1	0,34	1,40	1,00	1,10	0,43	3,93	0	2,10	0,40	1,60	4,00	1,00	C2S1	
7,4	0,57	1,60	0,90	1,61	0,37	4,48	0	2,00	1,30	1,50	4,80	1,47	C2S1	
7,1	0,45	1,50	0,90	1,61	0,39	4,40	0	2,00	0,40	1,90	4,30	1,47	C2S1	
7,4	0,64	1,70	0,70	2,93	0,10	5,43	0	3,30	0,40	2,10	5,80	2,67	C2S1	
7,4	0,75	1,90	1,10	2,03	0,20	5,23	0	3,10	0,45	2,00	5,55	1,66	C3S1	
7,8	0,64	2,10	1,10	1,98	0,13	5,31	0	4,10	0,30	1,20	5,60	1,57	C2S1	
7,6	0,41	1,80	1,10	0,59	0,45	3,94	0	2,10	0,30	1,40	3,80	0,49	C2S1	
7,4	0,41	2,00	1,00	0,50	0,08	3,58	0	2,20	0,25	1,50	3,95	1,22	C2S1	
7,2	0,45	2,00	0,90	0,62	0,27	3,79	0	2,10	0,25	1,30	3,65	0,51	C2S1	
7,3	0,35	1,30	0,70	0,57	0,33	2,90	0	1,50	0,20	1,40	3,10	0,57	C2S1	
7,3	0,41	1,00	0,80	1,22	0,40	3,42	0	1,70	0,40	1,10	3,20	1,29	C2S1	
7,3	0,45	1,80	1,30	0,52	0,44	4,06	0	2,10	0,40	1,60	4,10	1,24	C2S1	
7,1	0,45	1,50	0,90	0,98	0,39	3,77	0	2,20	0,25	1,50	3,95	0,88	C2S1	
7,4	0,75	3,00	1,40	1,13	1,00	6,53	0	4,70	0,50	1,10	6,30	0,76	C3S1	
7,5	0,48	2,20	1,30	0,58	0,27	4,35	0	2,90	0,35	1,10	4,35	0,44	C2S1	
7,0	0,34	1,30	0,70	0,57	0,53	3,10	0	2,50	0,65	0,80	3,95	0,57	C2S1	
7,3	0,53	2,30	1,70	1,03	0,35	5,38	0	4,80	0,29	0,70	5,79	0,73	C2S1	
7,5	0,40	1,70	1,10	0,57	0,67	4,04	0	3,00	0,35	0,80	4,15	0,48	C2S1	
MEDIA	0,49	1,76	1,00	1,12	0,36	4,24	0	2,60	0,41	1,40	1,41	0,95		

Σ 50 3 Σ 6,0

tras de solo relativas aos 31 setores em operação do Perímetro de São Gonçalo, num total de 1.294 ha, em termos de número de a mostras por profundidade e faixa química, estão sumarizados nos Quadros 4 a 34 do apêndice. Para cada uma das diferentes determinações fixaram-se faixas de variação e calculou-se a distribuição das amostras em porcentagens dentro dessas faixas (Abreu, Millar e Pereira, (1975). As profundidades a que se referem os resultados são as mesmas dos perfis analisados. Estas análises servem para demonstrar as características desses solos e para i lustrar como se deve interpretar uma análise de solo sob o aspecto de salinidade com base na escala do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos.

De acordo com os resultados das análises químicas mostradas nos Quadros 4 a 34 do apêndice e resumidos na Tabela 11 e em termos percentuais da Tabela 12, verificou-se que aproximadamente 4% da área em operação do Perímetro Irrigado de São Gonçalo apresentou condutividade elétrica do extrato de saturação maior do que 4 mmhos/cm a 25°C, e que cerca de 24% da área revela porcentagem de sódio trocável superior a 15%, con siderando as amostras até 90cm de profundidade. Isto indica que a maior parte dos solos afetados por sais em São Gonçalo, são classificados de acordo com Richards et alii (1954) como solos salinos-sódicos e sódicos. Verificou-se que nas áreas em que a CE foi maior que 4 mmhos/cm e o PSI foi maior do que 15% para as diferentes profundidades, a CE manteve-se aproximadamente constante ao longo das 3 profundidades com um ligeiro aumento para a camada de 60-90cm. Verificou-se ainda, que o PSI cresceu com o aumento da profundidade.

O pH variou de neutro a alcalino em cerca de 68% da área, sendo que no restante da área a reação foi ácida.

Cerca de 33% da área possui cálcio trocável entre 10 e 19,9 meq/100g de solo e que uma porcentagem insignificante da área tem cálcio acima de 20 meq/100g de solo. Para o restante da área, o cálcio é inferior a 10 meq/100g de solo, com

TABELA 11. Situação global (ha por faixas químicas e profundidades) do problema de sais em 1.294 ha em operação do Projeto de Irrigação de São Gonçalo-PB.

PROFUNDIDADE (CM)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0 - 3,9	4,0 - 11,9	12,0 - 19,9	>20	<15	>15	0,0 - 6,9	7,0 - 8,4	≥8,5
0 - 30	1242	47	2	3	1058	236	437	812	45
30 - 60	1247	47	0	0	965	329	383	828	83
60 - 90	1242	52	2	1	940	357	404	771	122

PROFUNDIDADE (CM)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0 - 9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0 - 0,19	0,2 - 2,9	≥3,0
0 - 30	861	432	1	260	655	379	115	1177	2
30 - 60	838	456	0	276	593	425	226	1067	2
60 - 90	867	430	0	281	549	467	252	1045	0

TABELA 12. Situação global em termos percentuais por profundidade dos problemas de sais em 1.294 ha em operação do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

PROFUNDIDADE (CM)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0 - 3,9	4,0 - 11,9	12,0 - 19,9	>20	<15	>15	0,0 - 6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	95,98	3,63	0,15	0,23	81,76	18,24	33,77	62,75	3,48
30 - 60	96,37	3,63	0,00	0,00	74,57	25,43	29,60	63,99	6,41
60 - 90	95,76	4,01	0,15	0,08	72,47	27,53	31,15	59,44	9,41
MÉDIAS	96,04	3,76	0,10	0,10	76,27	23,73	28,17	62,06	6,43

PROFUNDIDADE	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0 - 9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0 - 0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	66,54	33,38	0,08	20,09	50,62	29,29	8,89	90,96	0,15
30 - 60	64,76	35,24	0,00	21,33	45,83	32,85	17,47	82,46	0,35
60 - 90	66,85	33,15	0,00	21,67	42,33	36,01	19,43	80,57	0,00
MÉDIAS	66,05	33,92	0,03	21,03	46,26	32,71	15,26	84,43	0,10

valores apresentando pequena variação dentro das profundidades consideradas.

Os teores de magnésio variaram entre 2 e 5 meq/100g de solo em aproximadamente 79% da área, e 84% em média possuem potássio entre 0,2 e 2,9 meq/100g de solo.

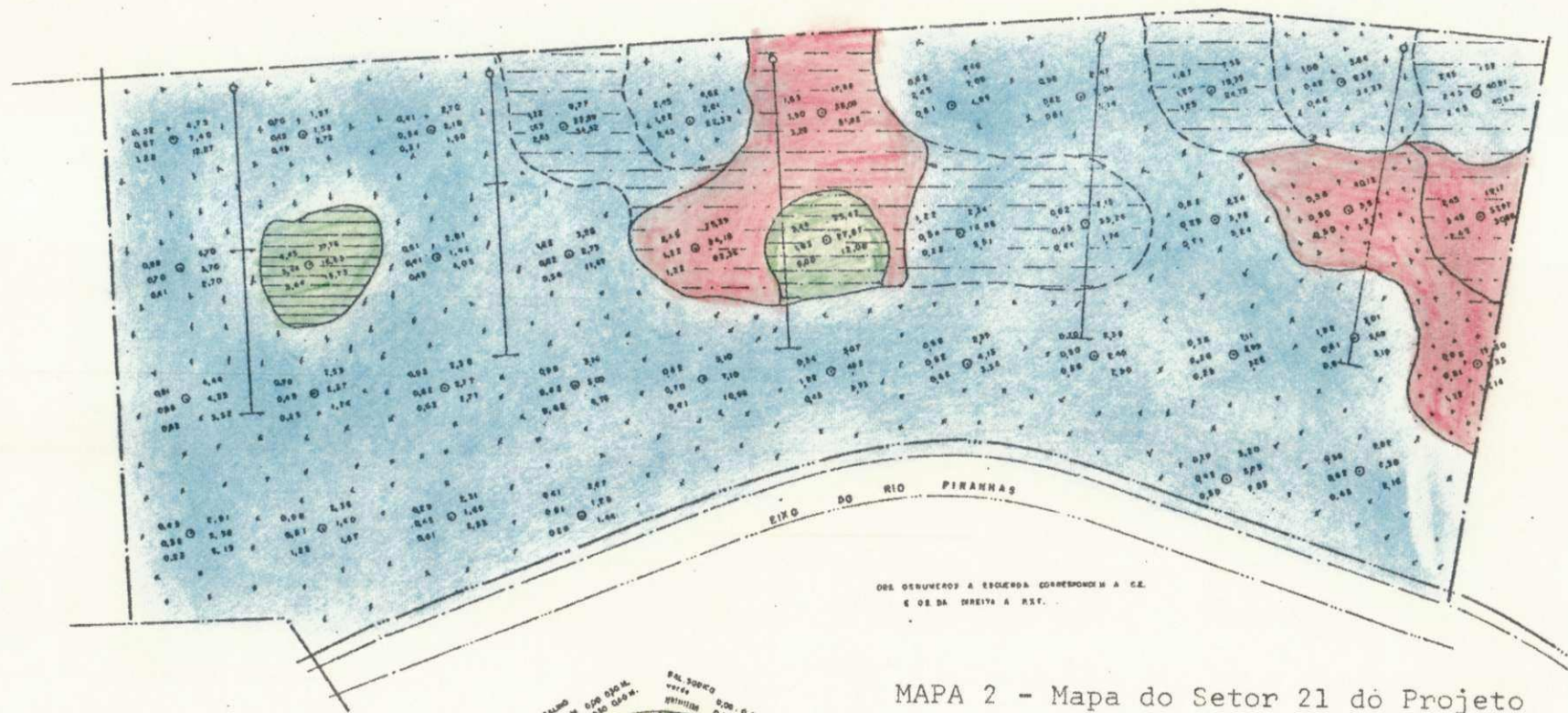
Analisando-se a situação de cada setor verificou-se que os setores 1, 2, 7, 8, 38, 42, 44 e 46 não apresentam nenhum tipo de problemas de sais. Os setores 3, 9, 17 e 37 apresentam $CE > 4$ mmhos/cm e $PSI > 15\%$, entretanto os setores 3, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 31, 37, 39, 43 e 45 apresentam $PSI > 15\%$. Por outro lado verificou-se que os setores 9, 16, 17, 37 e 45 apresentam aproximadamente 50% da área do setor com porcentagem de sódio trocável superior a 15.

Foram feitos mapas de isolinhas químicas dos diferentes setores para definir as áreas com diferentes graus de problema segundo classificação de Richards et alii (1954) e seguindo metodologia de Peña (1968). Na impossibilidade de apresentar os mapas de todos os setores, como exemplo incluem-se os setores 21, 23 e 31 (Mapas 2, 3 e 4). Nestes mapas, mostra-se o grau do problema de sais para as camadas de 0-30 e 30-60cm de profundidade. A camada superficial (0-30cm) é identificada por cores: azul (solo normal), amarelo (solo salino), verde (solo salino-sódico) e vermelho (solo sódico). A segunda profundidade (30-60cm) é identificada mediante diferentes hachurados, como indicado na legenda dos mapas.

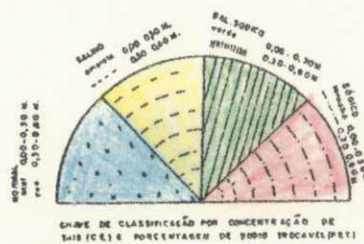
4 - POSSIBILIDADES DE MANEJO NA SITUAÇÃO ATUAL.

O desenvolvimento e manutenção de um Projeto de Irrigação compreende, além de uma dotação adequada de água, o controle da salinidade. A qualidade da água, as práticas de irrigação e as condições de drenagem são fatores importantes no

PROJETO DE IRRIGAÇÃO
DE SÃO GONÇALO
SETOR - 21

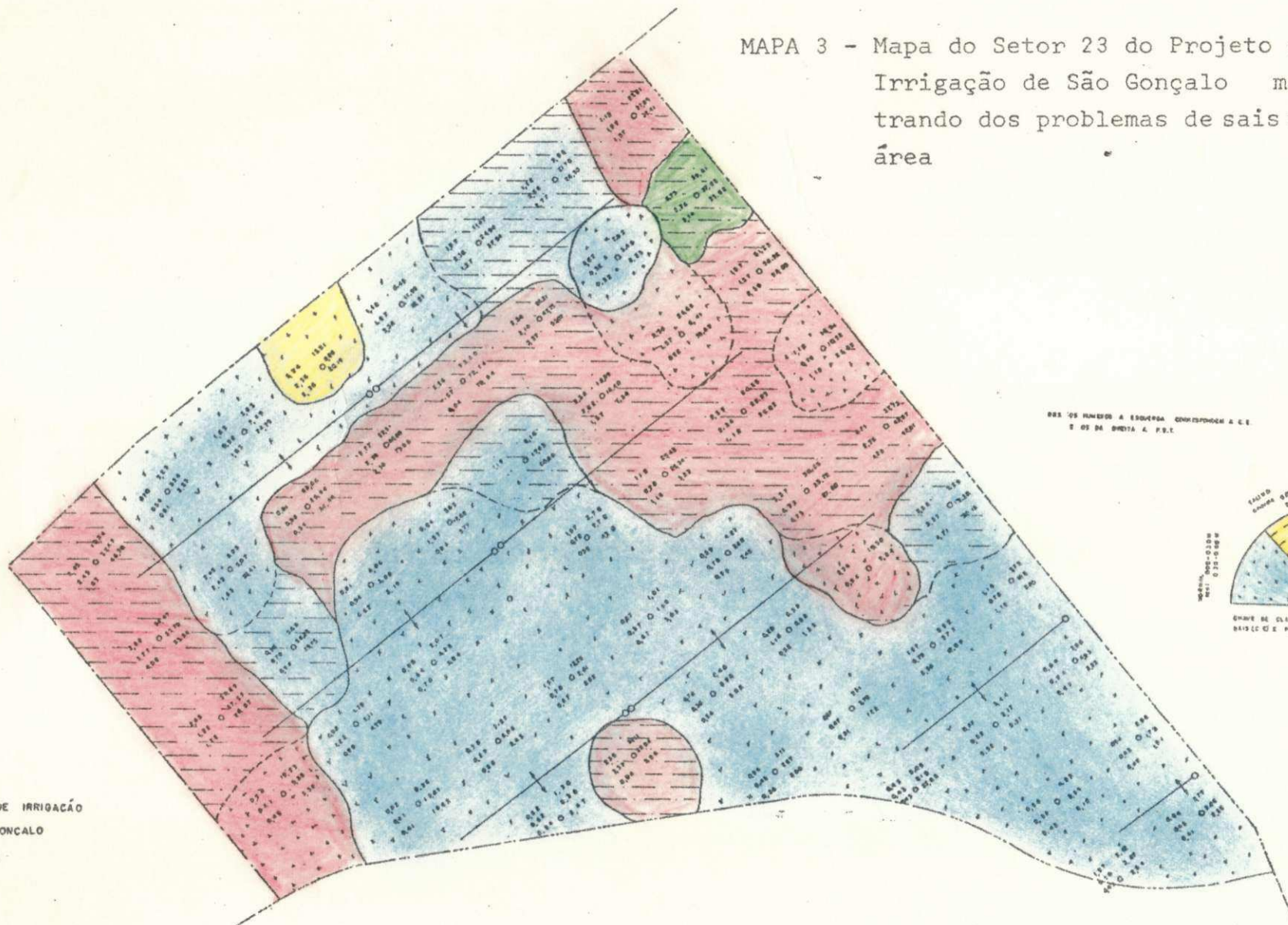


OS NÚMEROS À ESQUERDA CORRESPONDEM À C.E.
E OS DA DIREITA À P.S.T.

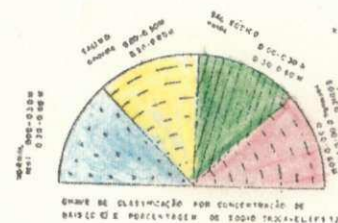


MAPA 2 - Mapa do Setor 21 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo mostrando os problemas de sais na área.

MAPA 3 - Mapa do Setor 23 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo mostrando dos problemas de sais na área



DESENVOLVIDO POR: INGENHEIRO AGRÔNOMO A. C. E.
E DE DIREITA A. P. E. L.

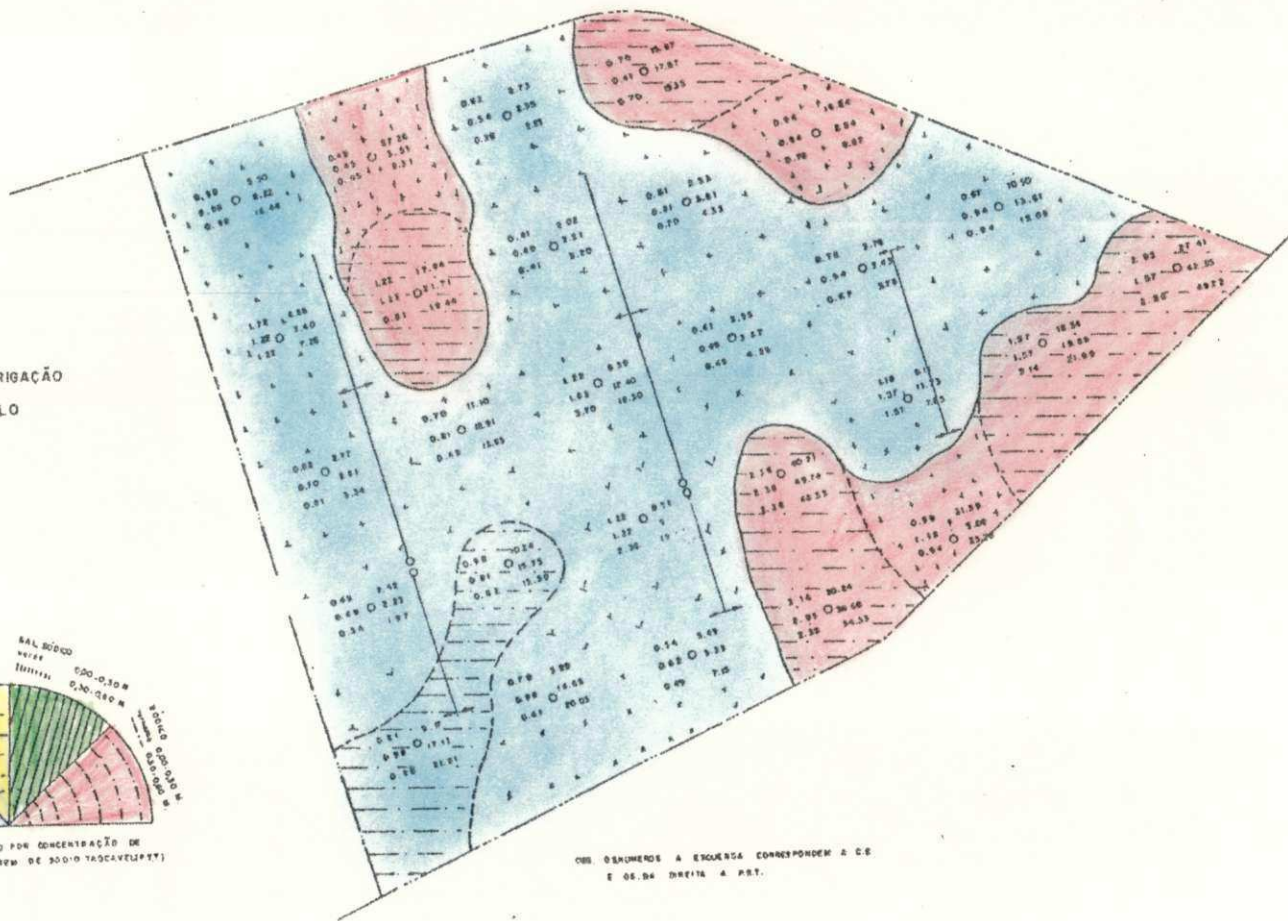
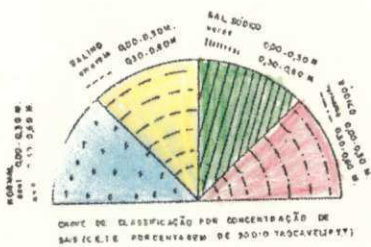


GRUPO DE CLASSIFICAÇÃO POR CONCENTRAÇÃO DE
SALIS E PORCENTAGEM DE SÓDIO TRAZ-ELIPE 12

PROJETO DE IRRIGAÇÃO
DE SÃO GONCALO
SETOR-23

MAPA 4 - Mapa do Setor 31 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo mostrando os problemas de sais na área

PROJETO DE IRRIGAÇÃO
DE SÃO GONÇALO
SETOR - 31



OS NÚMEROS À ESQUERDA CORRESPONDEM À C.E.
E OS DA DIREITA À P.P.T.

controle da salinidade e do excesso de sódio.

Em função desse estudo, verificou-se que o Perímetro de Irrigação de São Gonçalo encontra-se com problemas relacionados com sais solúveis e particularmente sódio trocável. Esses problemas são agravados mais ainda, devido às características físicas do solo que na sua maioria são de textura argilo-siltosa e com drenagem interna deficiente o que produzirá em futuro não distante, caso não se tomem as medidas necessárias, maior acumulação de sais solúveis e sódio trocável, acarretando assim sérios problemas para exploração dessa área sob condições de irrigação.

Para as áreas mais seriamente afetadas por problemas de sais, quer seja devido a baixa permeabilidade do solo ou ao nível freático muito alto deve-se adotar algumas práticas especiais de manejo seguindo os seguintes princípios gerais de recuperação de solos salinos e sódicos, todos visando contribuir ao êxito das culturas sob irrigação (Carvallo, 1976).

- a. Prevenção de uma maior salinização ou resalinização depois de que se tenha conseguido a recuperação;
- b. Eliminação do excesso de sais solúveis lavando-se o perfil do solo;
- c. Permuta do sódio trocável por cálcio trocável e lavagem do sódio solúvel resultante desta reação de intercâmbio;
- d. Introdução de culturas resistentes durante a etapa inicial.

Na Tabela 13, apresenta-se o grau e tipo do problema em termos percentuais por setor e as práticas que deverão ser introduzidas. As culturas indicadas correspondem às mais tolerantes a sais e exploradas na região. Outras práticas

TABELA 13. Características do problema nos diferentes setores do Projeto e suas possibilidades de manejo.

SETOR	HAS	% DA ÁREA COM PROBLEMA		MANEJO	
		CE > 4	PSI > 15	CULTURA	RECUPERAÇÃO
1	32	sem problema		diversas	nenhuma
2	26	"	"	diversas	nenhuma
3	40	10	28	Algodão, Arroz, Milho, Tomate	gessagem e lavagem
4	43	--	14	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
5	37	--	16	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
6	49	--	22	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
7	44	sem problema		diversas	nenhuma
8	39	sem problema		diversas	nenhuma
9	40	10	50	Algodão, Arroz, Milho, Tomate	gessagem e lavagem
11	45	--	24	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
12	53	--	19	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
13	62	--	21	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
14	21	--	14	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
16	21	--	48	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
17	36	14	58	Algodão, Arroz, Milho, Tomate	gessagem e lavagem
19	40	--	13	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
20	47	--	24	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
21	39	--	23	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
22	64	--	41	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
23	55	--	40	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
24	63	--	38	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
30	38	--	34	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
31	27	--	36	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
37	40	15	48	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
38	54	sem problema		diversas	nenhuma
39	52	--	15	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
42	31	sem problema		diversas	nenhuma

continuação

TABELA 13. Características do problema nos diferentes setores do Projeto e suas possibilidades de manejo.

SETOR	HAS	% DA ÁREA COM PROBLEMA		MANEJO	
		CE >4	PSI >15	CULTURA	RECUPERAÇÃO
43	46	--	13	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
44	74	sem problema		diversas	nenhuma
45	23	--	46	Algodão, Tomate e Arroz	gessagem e lavagem
46	19	sem problema		diversas	nenhuma

(Considerou-se como problema, quando acima de 10% do setor estivesse afetado por saís).

como aração profunda, subsolagem, etc, poderão ser introduzidas dependendo do solo. Contudo, qualquer prática de gessagem e lavagem deverá estar associada com uma adequada e eficiente rede de drenagem. Da relação de culturas indicadas observa-se que Arroz, Algodão, Tomate e Milho são as predominantes devido à sua maior tolerância a sais. Banana e feijão ficam excluídas da maioria dos setores, exceto naqueles isentos de problemas de sais.

5.- RECUPERAÇÃO MÍNIMA POR SETOR PARA INTRODUÇÃO DA CULTURA MAIS RESISTENTE.

Com base no presente trabalho verificou-se que a proximadamente 24% da superfície irrigada em operação em São Gonçalo está afetada por sais, podendo prever-se que, caso não se introduza técnicas de controle e recuperação dos solos, esta porcentagem tenderá a aumentar.

A maioria dos solos afetados são recuperáveis me diante uma melhora de sua drenagem, realização de lavagens e em muitos casos correções químicas, particularmente adição de gesso.

Na Tabela 14 mostra-se o problema dominante por setor do Projeto de Irrigação e as necessidades de aplicação de gesso calculadas a partir dos dados de PSI e capacidade de troca de cations (CTC) segundo Pizarro (1975).

TABELA 14. Problema dominante por setor e necessidade de aplicação de gesso.

SETOR	PROBLEMA DOMINANTE	P.S.I. (%)	CTC (meq/100g)	NECESSIDADE DE GESSAGEM (t/ha p/camada de 30cm solo)
3	sódico e salino sódico	39,24	10,34	10,90
4	sódico	25,97	19,02	11,00
5	sódico	40,46	17,62	19,40
6	sódico	22,85	23,81	11,10
9	sódico e salino sódico	46,63	16,36	21,60
11	sódico	37,48	23,94	23,80
12	sódico	42,68	15,26	18,00
13	sódico	27,50	20,56	13,00
14	sódico	39,50	12,00	12,80
16	sódico	30,29	19,46	14,30
17	sódico e salino sódico	34,30	21,56	18,90
19	sódico	41,88	25,43	29,30
20	sódico	35,74	16,08	15,00
21	sódico	30,29	20,26	14,80
22	sódico	36,28	16,71	15,90
23	sódico	36,57	22,32	21,40
24	sódico	23,73	23,68	11,80
30	sódico	42,26	13,38	15,60
31	sódico	26,98	20,96	12,90
37	sódico e salino sódico	39,22	17,80	18,80
39	sódico	25,53	25,32	14,20
43	sódico	21,71	21,19	9,00
45	sódico	35,46	17,91	16,50

C.T.C.: Capacidade de Troca de Cátions

P.S.I.: Porcentagem de Sódio Trocável

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem indicar as seguintes conclusões e recomendações:

- 1 - Sem considerar os efeitos osmóticos, a retenção de água do solo para um mesmo potencial matricial aumenta notavelmente de um solo normal para o salino-sódico e sódico. Embora este fato permita determinar altos valores de águas disponíveis para solos salino-sódicos e sódicos, desde o ponto de vista da planta estes solos limitam seriamente o crescimento das culturas devido aos efeitos da pressão osmótica.
- 2 - A condutividade hidráulica (K) dos solos salinos e sódicos foi zero. Nos solos normais os valores de K flutuaram entre 0 e 21 cm/hr ficando classificada sua permeabilidade como muito lenta.

- 3 - O Projeto de Irrigação de São Gonçalo apresenta solos sódicos em 24% da área em operação, e solos salino-sódicos em 4% da mesma área.
- 4 - Uma análise da situação setorial do Projeto indicou que:
 - a) Os setores 1, 2, 7, 8, 38, 42, 44 e 46 não apresentam nenhum tipo de problemas de sais.
 - b) Os setores 3, 9, 17 e 37 apresentam problemas de sais solúveis e alta porcentagem de sódio trocável (solos salino-sódicos).
 - c) Os setores 3, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 31, 37, 39, 43 e 45 apresentam porcentagens de sódio trocável superior a 15% (solos sódicos).
 - d) Os setores 9, 16, 17, 37 e 45 apresentam aproximadamente 50% da área afetada por sódio.
- 5 - As necessidades de aplicação de gesso nos solos sódicos variam entre 9 e 29,3 toneladas por hectare.
- 6 - De acordo aos problemas de sais, dominante na maioria dos setores, as culturas mais indicadas são: Algodão, Arroz, Tomate e Milho.
- 7 - Recomenda-se, além de introduzir práticas de recuperação dos solos afetados, manter um esquema sistemático de acompanhamento da evolução dos problemas nas áreas não afetadas para que se possam adotar as práticas adequadas de manejo.

B I B L I O G R A F I A

- ABREU, T.A. dos S. MILLAR, A.A. & PEREIRA, J.R. Metodologia para acompanhamento da evolução de problemas de sais em áreas irrigadas. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3º, Fortaleza, 1976. Anais. Fortaleza, DNOCS/ABID, 1977. v. 3, p. 199-202.
- ALLISON, L.E. Salinity in relation to irrigation. Advances in Agronomy, 16: 139-180. 1964.
- ARITA ARMENDARIZ, C. Problema actual de ensalitramiento en los distritos de riego. In: MEXICO. Secretaria de Recursos Hidraulicos. Salinidad de los suelos y calidad del agua de riego. Mexico, 1976. p. 7-34 (Memorandum Técnico, 351).
- BARRIOS, J. Prevencion de problemas de drenaje y salinidad de suelos irrigados. Curso sobre operacion y mantemimiento de perimetros irrigados, 1976. Convênio MINTER/SUDENE/IICA. Juazeiro-Bahia, 1976. 23 p.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Física de Suelos. México, Union Tipográfica Editorial Hispano-Americana, 1973 . 529 p.
- BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos . 2. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1968. 594 p.
- CARVALLO, H.O.G. Relações solo água planta. VIII Curso de Engenharia de Irrigação. Campina Grande, 1976. 163 p.
- COELHO, M.A. Características de umidade de alguns solos de aluvião: Normal, sódicos e sódicos-salinos. Rio de Janeiro, Uni

- versidade Federal Rural, 1971. 113 p. (Tese M.S.).
- DAKER, A. Irrigação e drenagem. In:_____. A água na Agricultura. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1973. v. 3.
- DANTAS, H.S. Determinação de cátions permutáveis em solos contendo sais solúveis. Recife, Instituto Agronômico do Nordeste, 1961. p. 29-41. (Boletim, 15).
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: Black, C.A., ed. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy. 1965. p. 545-567.
- ESCAMILLA AVIÑA, M. Mejoramiento de métodos de muestreo de suelos ensalitrados. In: MÉXICO. Secretaria de Recursos Hidráulicos. Salinidad de los suelos y calidad del agua de riego. México, 1976. p. 139-150. (Memorandum Técnico, 351).
- EUA. Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. Washington, D.C., 1967. (Soil Survey Investigations Report 1).
- GOES, E.S. de. Prediagnóstico sobre o problema de salinidade e drenagem em perímetros de irrigação do Nordeste. Recife, SUDENE/DAA, Divisão de projetos Integrados, 1976. 8 p.
- HARGREAVES, G. H. Precipitation dependability and potentials for agricultural production in Northeast Brazil. Logan, Utah State University, 1974. p. 1-10.
- HAYWARD, H.E. & WALDLEIGH, C.H. Plant Growth on Saline and Alkaline Soils. Advances in agronomy, New York, 1: 1-38. 1949.

- HIDROSERVICE-ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA. Projeto detalhado de recuperação hidro agrícola da bacia de irrigação de São Gonçalo: levantamento detalhado dos solos. São Paulo, 1970. v. 1.
- ISRAELSEN, O.W. & HANSEN, V.E. Principios y aplicaciones del riego. 2 ed. Barcelona, Revesté, 1975. 397 p.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, N.J. , Prentice-Hall, 1960. 498 p.
- KELLEY, W.P. Alkali soil; their formation properties and reclamation. New York, Reinhold Publishing Corporation, 1951. 176 p.
- KLUTE, A. Laboratory measurement of hidraulica conductivity of saturated soil. In: Black, C.A., ed. Methods of soil analysis Part 1. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p. 210 221.
- KOPPEN, W. Climatologia con um estudo de los climas de la terra. México, Fondo de Cultura Economica, 1948.
- KOVDA, V.A. El sistema de drenaje en la lucha contra la salinidad de Tierras irrigadas. In: ACADEMIA DE CIÊNCIAS DE LA URSS. Instituto de suelos v.v. Dukuchaev. La aplicacion del drenaje en la recuperacion de suelos salinos. México, 1964. p. 16-44.
- _____. & EGOROV, V.V. Provision para el mejoramiento del suelo en la utilizacion del drenaje contra la salinidad de tierras de riego. In: ACADEMIA DE CIÊNCIAS DE LA URSS. Instituto de suelos v.v. Dukuchaev. La aplicacion del drenaje en la recuperacion de suelos salinos. México, 1964. p. 16-44.

- LUND, Z.F. Available **Water**-holding capacity of aluvial soil in Louisiana. Soil Science Society of America Proceedings, 23 : 1-3. 1959.
- MAGO NAVARRETE, P. Consideraciones sobre los águas de riego y la salinizacion de los suelos del valle de el Rodeo. Jari tagua, Venezuela, Estacion Experimental de occidente, 1969 . 30 p. (Boletin, 87).
- MILLAR, A.A. Estudos de drenagem e recuperaçãõ de solos sódicos e salinos sódicos. s.l., s. ed., 1973 8 p. Documento de Trabalho apresentado para SUDENE.
- OLIVEIRA, L.B. de. Análise mecânica em solos de zona semi-árida do Nordeste; Solos: Normais, calcáreos, com sais solúveis e salinos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1: 7-15. 1966.
- OLMOS, F.S. Bases teóricas y adelantos tecnologicos en el lava do de suelos salinos. Rev. Agronômica del Noroeste Argenti- no 7 (1-2) 1970
- PALACIOS, V.O. Apuntos sobre alguns problemas de drenaje y ensa- litramiento de Terrenos agrícolas. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colégio de Postgraduados, 1969. 244 P.
- PEÑA, I. de La. Normas para efetuar estudos de salinidad. Bol. Del Comitê Directivo Agrícola Del Distrito de Riego Del Rio Yaqui, Sonora, 7 (23):5-13. 1968-1969.
- _____. Recuperacion de suelos ensalitrados. In: MÉXICO. Secre taria de Recursos Hidráulicos. Salinidad de los suelos y ca- lidad del águá de riego. México, 1976. p. 209-230 (Memoran dum técnico, 351).

PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos. Fortaleza, SUDENE/DNOCS, 1976. 466 p.

RICHARDS, L.A. ed. Diagnóstico e rehabilitacion de suelos salinos e sódicos. Washington, USDA, 1954. 172 p. (Manual de Agricultura, 60).

SOUZA, R.A. de. Qualidade de água de irrigação, controle da salinidade do solo e sua reabilitação. Petrolina, GEIDA/SUDENE IICA/CIDIAT, 1973. 66 p.

THORNE, D.W. & PETERSON, H.B. Técnica del riego; Fertilidad y explotacion de los suelos. 2 ed. México, Compania Editorial Continental, 1964. 496 p.

VETTORI, L. Métodos de análise de solo. s.l., MA/EPE, 1969. 24 p. (Boletín Técnico, 7).

ZYLSTRA, G. & SALINAS, H.Y. Salinidad y drenaje em zonas bajo riego. Lima, Peru, Universidad Nacional Agraria la Molina, Centro Nacional de Recuperacion de Tierras, 1969. v.2.

APÊNDICE

QUADRO 1. Dados mensais e anuais de chuva, temperatura e umidade relativa em São Gonçalo.

MÊS	POSTO SÃO GONÇALO		
	Precipitação(1) (mm)	Temperatura(2) (°C)	Umidade(2) (%)
Janeiro	81,4	28,1	62
Fevereiro	166,1	27,5	69
Março	241,8	27,0	74
Abril	181,3	26,6	74
Maio	86,5	26,2	72
Junho	43,4	25,4	68
Julho	19,6	25,5	62
Agosto	9,2	26,4	59
Setembro	5,2	27,4	57
Outubro	9,6	28,0	56
Novembro	15,7	28,2	57
Dezembro	32,7	28,3	58

(1) Período de 1912 a 1966

(2) 27 anos de observação

QUADRO 2. Retenção de água pelos diferentes tipos de solos em função do potencial matricial.

Classe de solo	Tensão Potencial Matricial (atm.)					
	0,1	0,2	0,3	5,0	10,0	15,0
conteúdo de água no solo (% peso seco)						
Normal	20,10	14,13	10,54	5,00	4,68	3,98
Sódico	48,61	38,36	34,18	15,24	12,89	11,74
Salino-sódico	26,12	23,38	21,37	9,41	8,10	7,73

Quadro 3. Regressões lineares e coeficientes de correlação de diversos parâmetros com dados da Hidroservice (1970).

PARÂMETRO	SOLO	REGRESSÃO	r
pH X P.S.I.	Normal	$Y = 6,87 + 0,07X$	0,80**
	Sódico	$Y = 6,88 + 0,05X$	0,78**
	Salino-sódico	$Y = 6,17 + 0,06X$	0,75**
	Global	$Y = 6,95 + 0,05X$	0,81**
C.E. X P.S.I.	Normal	$Y = 0,14 + 0,03X$	0,45**
	Sódico	$Y = 1,32 + 0,01X$	0,10NS
	Salino-sódico	$Y = 9,06 - 0,04X$	0,24NS
	Global	$Y = 0,54 + 0,06X$	0,43**
C.E. X soma de bases (S)	Normal	$Y = 0,05 + 0,01X$	0,02NS
	Sódico	$Y = 1,18 + 0,02X$	0,14NS
	Salino-sódico	$Y = 6,81 + 0,06X$	0,10NS
	Global	$Y = 1,26 + 0,01X$	0,03NS

QUADRO 4. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 1 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	32	0	-	1	32	1	17	15	1
30 - 60	31	1	-	-	29	3	9	21	2
60 - 90	30	2	-	-	29	3	8	22	2

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	33	-	-	29	4	-	6	27	-
30 - 60	29	3	-	24	8	-	11	21	-
60 - 90	31	1	-	24	7	1	10	22	-

QUADRO 5. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 2 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C			P.S.I.			pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	25	1	-	-	23	3	20	6	-
30 - 60	25	1	-	-	25	1	22	4	-
60 - 90	25	1	-	-	23	3	21	5	-

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	26	-	-	14	12	-	8	18	-
30 - 60	23	3	-	17	9	-	6	20	-
60 - 90	22	4	-	18	8	-	13	13	-

QUADRO 6. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 3 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	>20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	36	2	2	-	33	7	10	28	2
30 - 60	38	2	-	-	26	14	6	28	6
60 - 90	36	3	1	-	27	13	5	26	9

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	37	3	-	24	14	2	20	19	1
30 - 60	36	4	-	22	12	6	29	11	-
60 - 90	36	4	-	17	18	5	26	14	-

QUADRO 7. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 4 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E.mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	>20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	43	-	-	-	37	6	6	35	2
30 - 60	43	-	-	-	35	8	10	32	1
60 - 90	43	-	-	-	38	5	15	28	-

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	25	18	-	6	35	2	1	42	-
30 - 60	22	21	-	13	28	2	12	31	-
60 - 90	21	22	-	9	28	26	12	31	-

QUADRO 8. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 5 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	37	-	-	-	31	6	3	32	2
30 - 60	37	-	-	-	31	6	4	31	2
60 - 90	37	-	-	-	32	5	5	29	3

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	22	15	-	2	34	1	1	36	-
30 - 60	26	11	-	8	28	1	4	33	-
60 - 90	28	9	-	5	29	3	13	24	-

QUADRO 9. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do setor 6 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	49	-	-	-	40	9	7	42	-
30 - 60	49	-	-	-	37	12	5	44	-
60 - 90	49	-	-	-	36	13	14	35	-

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	25	24	-	2	38	9	-	49	-
30 - 60	16	33	-	2	35	12	7	42	-
60 - 90	10	39	-	3	25	21	3	46	-

QUADRO 10. Situação de salinidade em termos de número de amostra por profundidade e faixa química do Setor 7 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	44	-	-	-	42	2	6	36	2
30 - 60	44	-	-	-	42	2	4	38	2
60 - 90	43	1	-	-	42	2	8	34	2

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	41	3	-	39	4	1	8	36	-
30 - 60	41	3	-	35	7	2	22	22	-
60 - 90	40	4	-	33	8	3	20	24	-

QUADRO 11. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 8 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	38	1	-	-	37	2	1	36	2
30 - 60	39	-	-	-	34	5	2	34	3
60 - 90	39	-	-	-	35	4	6	30	3

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	39	-	-	38	1	-	6	33	-
30 - 60	39	-	-	37	2	-	10	29	-
60 - 90	39	-	-	36	3	-	7	32	-

QUADRO 12. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 9 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	35	5	-	-	25	15	7	25	8
30 - 60	38	2	-	-	19	21	2	25	13
60 - 90	36	4	-	-	16	24	4	20	16

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	29	11	-	15	21	4	4	36	-
30 - 60	33	7	-	8	27	5	9	31	-
60 - 90	33	7	-	14	20	6	12	28	-

QUADRO 13. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 11 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	43	1	-	1	35	10	6	39	-
30 - 60	42	3	-	-	32	13	4	36	5
60 - 90	42	2	-	-	35	9	9	33	2

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	>3,0
0 - 30	35	10	-	7	30	8	5	40	-
30 - 60	38	7	-	8	25	12	12	33	-
60 - 90	32	12	-	14	16	14	15	29	-

QUADRO 14. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 12 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	51	2	-	-	48	5	9	40	4
30 - 60	52	1	-	-	40	13	5	40	8
60 - 90	53	-	-	-	40	13	5	36	12

Profundidade (cm)	CALCÍO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	38	15	-	3	47	3	5	48	-
30 - 60	37	16	-	12	37	4	18	35	-
60 - 90	36	17	-	15	31	7	26	27	-

QUADRO 15. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 13 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	58	3	-	-	56	5	26	35	-
30 - 60	58	3	-	-	47	14	24	37	-
60 - 90	58	3	-	-	41	20	17	39	5

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	21	40	-	2	43	16	5	56	-
30 - 60	23	38	-	1	40	20	7	54	-
60 - 90	30	31	-	2	29	30	11	50	-

QUADRO 16. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 14 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.			pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5	
0 - 30	20	1	-	-	18	3	5	15	1	
30 - 60	20	1	-	-	18	3	4	16	1	
60 - 90	20	1	-	-	18	3	6	13	2	

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	21	-	-	8	13	-	3	18	-
30 - 60	20	1	-	11	9	1	2	19	-
60 - 90	18	3	-	10	18	3	3	18	-

QUADRO 17. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 16 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	21	-	-	-	15	6	1	20	-
30 - 60	20	1	-	-	11	10	-	20	1
60 - 90	21	-	-	-	7	14	-	16	5

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	15	6	-	1	10	10	1	20	-
30 - 60	15	6	-	3	7	11	1	20	-
60 - 90	15	6	-	3	3	15	1	20	-

QUADRO 18. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 17 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.			pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5	
0 - 30	31	5	-	-	20	16	15	20	1	
30 - 60	32	4	-	-	14	22	7	25	4	
60 - 90	30	6	-	-	11	25	3	26	7	

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	20	16	-	1	5	30	-	36	-
30 - 60	21	15	-	1	6	29	1	35	-
60 - 90	28	8	-	1	7	28	4	32	-

QUADRO 19. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 19 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	39	1	-	-	36	4	19	21	-
30 - 60	39	1	-	-	35	5	16	24	-
60 - 90	39	1	-	-	34	6	20	17	3

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	19	21	-	-	26	14	1	39	-
30 - 60	14	26	-	1	25	14	2	38	-
60 - 90	17	23	-	2	24	14	3	37	-

QUADRO 20. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 20 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	44	3	-	-	40	7	9	38	-
30 - 60	47	1	-	-	34	14	5	39	4
60 - 90	48	-	-	-	35	13	7	31	10

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	34	13	-	2	31	14	1	46	-
30 - 60	33	15	-	4	30	14	2	46	-
60 - 90	34	14	-	7	24	17	6	42	-

QUADRO 21. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 21 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.			pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	>20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5	
0 - 30	37	2	-	-	32	7	11	28	-	
30 - 60	38	1	-	-	29	10	15	23	1	
60 - 90	37	2	-	-	29	10	15	23	1	

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	25	14	-	1	27	11	-	39	-
30 - 60	28	1	-	2	24	13	2	37	-
60 - 90	30	9	-	2	24	13	3	36	-

Quadro 22. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 22 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	62	2	-	-	42	22	39	23	2
30 - 60	57	6	-	-	35	28	31	27	5
60 - 90	61	3	-	-	36	28	33	25	6

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solc			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	51	13	-	16	27	21	5	29	-
30 - 60	50	13	-	16	22	25	7	56	-
60 - 90	53	11	-	15	29	20	5	59	-

QUADRO 23 . Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 23 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm°C				P.S.I.			pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5	
0 - 30	53	2	-	-	35	20	16	36	3	
30 - 60	54	1	-	-	34	21	19	30	6	
60 - 90	50	4	-	-	29	25	19	25	10	

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	42	12	1	1	32	22	1	54	-
30 - 60	38	17	-	-	27	28	3	52	-
60 - 90	37	17	-	1	23	30	-	54	-

QUADRO 24. Situação de Salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 24 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.			pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	>20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5	
0 - 30	59	4	-	-	51	12	30	22	1	
30 - 60	58	4	-	-	34	28	20	42	-	
60 - 90	58	4	1	-	32	31	17	46	-	

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTASSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	26	37	-	-	7	56	-	63	-
30 - 60	18	44	-	-	7	55	1	61	-
60 - 90	34	29	-	-	8	55	2	61	-

QUADRO 25. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e Faixa química do Setor 30 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	36	1	-	-	26	11	3	29	5
30 - 60	37	1	-	-	26	12	5	26	7
60 - 90	37	1	-	-	22	16	6	24	8

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	36	1	-	18	17	2	4	33	-
30 - 60	36	2	-	19	17	2	10	28	-
60 - 90	36	2	-	14	21	3	7	31	-

QUADRO 26. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 31 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	27	-	-	-	18	9	3	24	-
30 - 60	27	-	-	-	19	8	3	22	2
60 - 90	27	-	-	-	15	12	3	22	2

Profundidade (cm)	CALCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	18	9	-	4	12	11	1	26	-
30 - 60	18	9	-	4	9	14	3	24	-
60 - 90	20	7	-	4	10	13	3	24	-

QUADRO 27. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 37 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.			pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5	
0 - 30	35	4	-	1	19	21	5	30	5	
30 - 60	34	6	-	-	24	16	2	32	6	
60 - 90	33	6	-	1	29	20	5	27	8	

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	36	4	-	10	17	13	4	36	-
30 - 60	34	6	-	12	10	18	9	31	-
60 - 90	31	9	-	12	9	19	10	30	-

QUADRO 28. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 38 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.			pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5	
0 - 30	54	-	-	-	49	5	20	34	-	
30 - 60	53	-	-	-	50	3	23	30	-	
60 - 90	52	1	-	-	49	4	25	28	-	

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	35	19	-	14	36	4	8	45	1
30 - 60	31	22	-	9	35	9	9	42	2
60 - 90	34	19	-	10	35	8	8	45	-

QUADRO 29. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 39 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	52	-	-	-	47	5	33	19	-
30 - 60	52	-	-	-	43	9	33	19	-
60 - 90	52	-	-	-	43	9	27	25	-

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	24	28	-	1	39	12	2	50	-
30 - 60	23	29	-	2	34	16	4	48	-
60 - 90	26	26	-	5	32	15	5	47	-

QUADRO 30. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade faixa química do Setor 42 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/c, 25°C				P.S.I.			pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5	
0 - 30	31	-	-	-	31	-	16	15	-	
30 - 60	31	-	-	-	28	3	15	16	-	
60 - 90	31	-	-	-	30	1	14	17	-	

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	11	20	-	-	20	11	-	31	-
30 - 60	17	14	-	1	24	6	4	27	-
60 - 90	17	14	-	2	21	8	8	23	-

QUADRO 31. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 43 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	41	4	-	-	42	3	17	28	-
30 - 60	41	3	-	-	36	8	17	27	-
60 - 90	42	4	-	-	39	7	17	29	-

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	20	0,0-1,9	2,0-4,9	5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	16	29	-	-	7	38	3	42	-
30 - 60	18	26	-	2	6	36	7	37	-
60 - 90	15	31	-	-	5	41	4	42	-

QUADRO 32. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 44 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	>8,5
0 - 30	69	1	-	-	66	4	62	8	-
30 - 60	71	3	-	-	69	5	56	17	1
60 - 90	72	2	-	-	66	8	35	18	1

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	46	24	-	2	28	40	8	62	-
30 - 60	45	29	-	1	29	44	12	62	-
60 - 90	43	31	-	2	28	44	9	65	-

QUADRO 33. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 45 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	21	2	-	-	13	10	-	19	4
30 - 60	21	1	-	-	11	11	-	19	3
60 - 90	22	1	-	-	12	11	1	17	5

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	14	9	-	-	18	5	3	20	-
30 - 60	15	7	-	-	14	8	-	22	-
60 - 90	20	30	-	1	16	6	3	20	-

QUADRO 34. Situação de salinidade em termos de número de amostras por profundidade e faixa química do Setor 46 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo.

Profundidade (cm)	C.E. mmhos/cm 25°C				P.S.I.		pH		
	0,0-3,9	4,0-11,9	12,0-19,9	≥20	<15	>15	0,0-6,9	7,0-8,4	≥8,5
0 - 30	19	-	-	-	19	-	15	4	-
30 - 60	19	-	-	-	18	1	15	4	-
60 - 90	19	-	-	-	19	-	14	5	-

Profundidade (cm)	CÁLCIO meq/100g de solo			MAGNÉSIO meq/100g de solo			POTÁSSIO meq/100g de solo		
	0,0-9,9	10,0-19,9	≥20	0,0-1,9	2,0-4,9	≥5	0,0-0,19	0,2-2,9	≥3,0
0 - 30	1	18	-	-	-	19	1	18	-
30 - 60	1	18	-	1	-	18	-	19	-
60 - 90	1	18	-	-	-	19	-	19	-