

**EFEITO DO FOSFOGESSO EM SOLOS SALINIZADOS DA
PARAÍBA CULTIVADOS COM FEIJÃO VIGNA**
(*Vigna unguiculata* L. WALP).

LOURIVAL FERREIRA CAVALCANTE

Orientador: Prof. Dr. RONALDO IVAN SILVEIRA

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1984

Aos amigos das minhas mais difíceis horas,

Ananias e Izabel Gouveia
 Gersom Vital e família
 Jorge Etchevers e família
 José Arthur Cavalcanti (Pai e filho)
 José Ferreira da Silva
 José Pires Dantas
 Cônego Rui Vieira,

DEDICO.

Aos meus pais, que como semi-analfabetos
 sempre souberam educar bem seus filhos,
 a minha imorredoura

GRATIDÃO.

A minha esposa LÚCIA, mulher bonita e corajosa,
 aos meus filhos CALLIANDRA, LILIHAN KÉZIA, ÍTALO HERBERT
 e CYBELLI, o meu grande

AMOR.

A mim mesmo, pelo tão pouco
 que tenho feito e pelo que
 devo fazer,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Mesmo que o trabalho não justifique sua realização e o conteúdo não agrade o autor agradece.

- Ao Dr. Ronaldo Ivan Silveira pela orientação, amizade, incentivo e apoio ao desenvolvimento desta pesquisa.
- Ao Dr. Toshiaky Kinjo pelo apoio, ao ceder o laboratório para algumas determinações químicas.
- Ao Dr. José Luiz I. Demattê pelas determinações físicas e análises quantitativas das argilas.
- Ao Dr. Takashi Muraoka pela gentileza e realização de algumas análises químicas de plantas.
- Aos professores Drs. Décio Cruciani, Eduardo Castanho Ferraz, Eurípedes Malavolta, Francisco de A. Ferraz de Mello, Geraldo V. França, Keigo Minami, Octávio Freire e Zilmar Ziller Marcos, pelos inesquecíveis ensinamentos.
- Ao Dr. Henrique Paulo Haag pela amizade e esforço na Coordenação do Curso de Solos e Nutrição de Plantas.
- Aos colegas Alexandre Assis Brito Lira, Cristóvam Colombo Belfort, Dilson Frazão, Erasmo Rocha Lucena, Iêde de Brito Chaves, José Holanda Campelo Junior, José Wellington dos Santos, Lúcia Helena Garófalo Chaves, Manuel Raimundo, Morel Pereira Barbosa Filho, Oscar O. Loli Figueiroa, Pedro Genu e todos os demais colegas, pela amizade.

- Ao Dr. Ivandro de França da Silva, CCA/IFPB, pelos relevantes trabalhos prestados, na colaboração deste trabalho.
- Ao Dr. Alberício Pereira de Andrade, CCA/UFPB, e Benjamin Fernandes Medina pelo respeito.
- A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelos ensinamentos e realização do Curso.
- Aos colegas do Departamento de Solos e Engenharia Rural/CCA-UFPB, pela liberação à realização deste Curso.
- A Coordenadoria do PICD, nas pessoas de Marileide Miranda e Cristina Ribeiro, pela concessão da bolsa de estudos.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro à execução deste trabalho.
- Aos diretores da Ultrafértil, em São Paulo, pela doação do fosfogesso.
- Aos técnicos de laboratório Belinda, Eleuza, Elizabete, Mário, João, Marleide, Martinho, Vanda e Vinícius e a todos que de certa forma constituíram-se em apoio ou obstáculos para o ponto final desta tese.
- Aos Drs. Aresque Machado de Almeida, Aureli e a todo pessoal técnico administrativo do DNOCS em Souza-PB, na pessoa do Dr. Pedro Luiz de Souza Sobrinho, pelas facilidades que nos proporcionaram.
- Ao Dr. Edmilson Argino Borges, um dos meus bons irmãos, e aos senhores Atebaldo, Pelé, e Luiz pela inestimável colaboração na coleta dos solos.

INDICE

	Página
AGRADECIMENTOS	iii
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	xi
SUMMARY	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Recuperação de solos com problemas de sais	5
2.1.1. Água salgada na recuperação de solos com problemas de sais	6
2.1.2. Gesso na recuperação de solos com problemas de sais	8
2.2. Influência dos sais na composição mineral das plantas	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Localização do ensaio	16
3.1.1. Localização dos solos	16
3.2. Características do Projeto de Irrigação .	17
3.3. Determinações físicas	18
3.4. Determinações químicas nos solos	18
3.4.1. Análise química dos solos	18
3.4.2. Análise química do extrato de saturação	20
3.5. Análise química das soluções lixiviadas .	22
3.6. Delineamento experimental	24
3.7. Aplicação do fosfogesso	24
3.8. Adubação e plantio	25

	Página
3.9. Acompanhamento	26
3.10. Determinações químicas na matéria seca das plantas .	27
3.11. Análise estatística	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. Determinações físicas	28
4.2. Determinações químicas nos solos	36
4.2.1. Análise química dos solos antes da aplicação do fosfogesso	36
4.2.2. Análise química dos solos cinquenta dias após a aplicação do fosfogesso ..	36
4.2.3. Análise química dos solos após a colheita.	38
4.3. Determinações químicas do extrato de satu- ração dos solos	44
4.3.1. Análise química do extrato de satu- ração antes da aplicação do fosfo- gesso	44
4.3.2. Análise química do extrato de sa- turação cinquenta dias após a apli- cação do fosfogesso	46
4.3.3. Análise química do extrato de satu- ração após a colheita	49
4.4. Determinações químicas das soluções lixivia- das	53
4.5. Produção de matéria seca, absorção de nu- trientes e de sódio pelas plantas	68
4.6. Considerações gerais	
5. CONCLUSÕES	84
6. LITERATURA CITADA	86

LISTA DE TABELAS

TABELA Nº		Página
1	Algumas características físicas dos solos	19
2	Caracterização química dos solos antes da aplicação de fosfogesso	21
3	Análise química do extrato de saturação dos solos, antes da aplicação do fosfogesso	23
4	Análise química dos solos cinquenta dias após a aplicação do fosfogesso	40
5	Análise química dos solos, imediatamente após a colheita, 160 dias após a aplicação do fosfogesso	43
6	Análise química do extrato de saturação dos solos cinquenta dias após a aplicação do fosfogesso	51
7	Análise química do extrato de saturação dos solos imediatamente após a colheita, 160 dias após a aplicação do fosfogesso	52
8	Valores determinados nas soluções drenadas da primeira lixiviação, imediatamente após a aplicação do corretivo	57

TABELA Nº

Página

9	Valores determinados nas soluções drenadas da segunda lixiviação, dez dias após a aplicação do corretivo	58
10	Valores determinados nas soluções drenadas da terceira lixiviação, vinte dias após a aplicação do corretivo	
11	Valores determinados nas soluções drenadas da quarta lixiviação, trinta dias após a aplicação do corretivo	60
12	Valores determinados nas soluções drenadas da quinta lixiviação, cinquenta dias após a aplicação do corretivo.	61
13	Valores médios da matéria seca produzida (MS) e quantidades totais extraídas dos elementos pelas plantas das duas cultivares. Médias de três repetições com quatro plantas por tratamento	69
14	Resumo das análises de variância para matéria seca (MS), N, P, K, Ca, Mg, S e sódio	70
15	Valores relativos as médias e diferenças mínimas significativas (DMS) pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade	72

LISTA DE FIGURAS

FIGURA Nº		Página
1	Curvas características de umidade dos solos antes da aplicação de fosfogesso	30
2	Curvas características de umidade do solo-1 cinquenta dias após a aplicação do fosfogesso	31
3	Curvas características de umidade do solo-10, cinquenta dias após a aplicação de fosfogesso	32
4	Curvas características de umidade do solo-32, cinquenta dias após a aplicação do fosfogesso	33
5	Relação entre condutividade elétrica e soma de cátions das soluções lixiviadas	65
6	Relação entre condutividade elétrica e soma de cátions das soluções lixiviadas	66
7	Relação entre condutividade elétrica e soma de cátions das soluções lixiviadas	67
8	Relação entre fosfogesso aplicado nos solos e matéria seca produzida pelas plantas nos respectivos tratamentos ..	76

FIGURA Nº		Página
9	Relação entre fosfogesso fornecido ao solo e absorção de cálcio pelas plantas nos respectivos tratamentos	77
10	Relação entre fosfogesso ao solo e absorção de magnésio pelas plantas nos respectivos tratamentos	78
11	Relação entre fosfogesso fornecido ao solo e absorção de enxofre pelas plantas nos respectivos tratamentos	79
12	Relação entre fosfogesso fornecido ao solo e absorção de sódio pelas plantas nos respectivos tratamentos	80

**EFEITO DO FOSFOGESSO EM SOLOS SALINIZADOS DA PARAÍBA
CULTIVADOS COM FEIJÃO VIGNA (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**

Autor: LOURIVAL FERREIRA CAVALCANTE

Orientador: Prof. Dr. RONALDO IVAN SILVEIRA

RESUMO

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Foram coletadas amostras de solos aluviais, entre 0-30cm de profundidade, nos setores 1 (Estação Experimental da EMEPA-PB), 10 e 32, pertencentes ao perímetro irrigado de São Gonçalo, Souza - Paraíba, e denominados de solo-1, solo-10 e solo-32 respectivamente. Após secas e peneiradas quantificou-se a necessidade de gesso para as amostras em função do teor de sódio de cada solo, em equivalência com o cálcio do corretivo. Os solos foram acondicionados em vasos na relação 5 kg/vaso e incorporadas quantidades de fosfogesso da Ultrafertil correspondentes a uma vez (dose-1) e duas vezes (dose-2) das necessidades de gesso. As quantidades de fosfogesso por quilo de solo foram 0,6 e 1,2 g (solo-1); 62,0 e 124,0 g (solo-10); 8,0 e 16,0 g (solo-32) respectivamente. Após a incorporação do corretivo foram efetuadas cinco lixiviações: imediatamente após a aplicação, dez, vinte, trinta

ta e cinquenta dias depois de iniciado o ensaio. Concluído o prazo de incubação dos solos procedeu-se uma adubação básica, adicionando-se 100 ppm de N (NH_4NO_3), 100 ppm de P (MAP) e 100 ppm de K (KCl), juntamente com 1,0 meq Mg^{++} /100 g TFSA e foram plantadas sementes das cultivares Ipeam V-69 e TVx 1836 - 013J de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. O ensaio foi inteiramente casualizado, envolvendo três tipos de solos ($S_1 - S_{10} - S_{32}$), três doses de fosfogesso ($F_0 - F_1 - F_2$), ausência e presença de magnésio ($M_0 - M_1$) e duas cultivares (C_1 e C_2) respectivamente.

Os resultados evidenciaram que do ponto de vista físico o fosfogesso contribuiu para melhoria da macroporosidade do solo-10 e microporosidade dos solos 1 e 32, refletindo-se em menor retenção de água do primeiro e acréscimo dos dois últimos. Fato constatado pelo volume de água aplicado, para lixiviação mínima de 250 ml em todas as lixiviações, ser reduzido de 1.200 para 1.100 ml (solo-1), de 1.600 para 800 ml (solo-10) e de 900 para 800 ml (solo-32), a partir da terceira lixiviação. No solo-10, o mais crítico, houve tendência da maior dose de fosfogesso induzir aumento na força de retenção de água. As análises das soluções lixiviadas indicaram que, depois de trinta dias de incorporado, o fosfogesso apresentou adequada eficiência no deslocamento de sódio trocável dos solos. O solo-32, pelas suas características arenosas, mostrou nas condições experimentais, poder ser recuperado com aplicações sucessivas de água e fertilização quími-

ca posterior. Enquanto no solo-10 essa recuperação revelou - se inviável, devido a grande flocculação das argilas proporcionadas pela água sem a presença do corretivo químico.

Cinquenta dias após o fornecimento do fosfogeno, os dados revelaram que, a percentagem de saturação de sódio (PSS) foi reduzida de 4,67 para 0,34 (dose-1) e 0,32% (dose-2) no solo-1, de 89,32 para 11,91 (dose-1) e 5,63% (dose-2) no solo-10 e de 48,55 para 0,10 (dose-1) e 0,05% (dose-2) no solo-32. As concentrações de cloreto baixaram de 2,50 para 1,30 (dose-1) e 1,30 meq/l (dose-2) no solo-1, de 353,33 para 7,00 (dose-1) e 4,00 meq/l (dose-2) no solo-10 e de 3,50 para 1,00 (dose-1) e 0,90 meq/l (dose-2) no solo-32. Os teores de bicarbonato diminuíram de 2,40 para 1,10 (dose-1) e 1,00 meq/l (dose-2) no solo-1, de 258,75 para 6,50 (dose-1) e 3,20 meq/l (dose-2) no solo-10 e de 2,80 para 1,00 (dose-1) e 0,90 meq/l (dose-2) no solo-32. O íon carbonato mostrou-se ausente nos solos 1 e 32, mas no solo-10 foi reduzido de 182,50 meq/l para quase zero, com aplicação de qualquer uma das doses de fosfogeno. Além dessas vantagens o corretivo aumentou as concentrações de cálcio e enxofre, ao ponto de desequilibrar ionicamente os solos, apesar de que nem todo o cálcio trocável adicionado ter se solubilizado no período experimental.

As plantas de ambas as cultivares apresentaram absorção total de sódio decrescente com as doses do corretivo aplicado. Justificando dessa maneira eficiência satisfatória

do fosfogesso no deslocamento de sódio trocável, e sobre tudo nas práticas preventivas contra os riscos de alcalinidade dos solos. Dentre as cultivares a Ipean V-69 produziu mais matéria seca que a TVx 1836-013J, mas seu florescimento e frutificação foram retardados em quase vinte dias, ao passo que a TVx 1836-013J basicamente não sofreu retardamento pelos efeitos dos sais. Constatou-se ainda que 56% das plantas da TVx floraram no solo-10, que era o mais salinizado, contra apenas 16% da Ipean V-69.

**EFFECT OF THE PHOSPHOGYPSUM IN SALINIZED SOILS FROM
PARAIBA STATE WITH COWPEA (*Vigna unguiculata*
L. Walp)**

Author: LOURIVAL FERREIRA CAVALCANTE

Adviser: Dr. RONALDO IVAN SILVEIRA

SUMMARY

This work was realized with three salinized soils from Project Irrigated of São Gonçalo, Souza municipality, Paraíba State - Brazil. The samples were collected at depth 0-30 cm, and were incorporated to soils the quantities 0.0 - 0.6 - 1.2 g (soil-1), 0.0 - 62.0 - 124.0 g (soil-10) and 0.0-8.0 - 16.0 g (soil-32) of phosphogypsum (by product of the manufacture of phosphoric acid) for each kilo of soil. These quantities of phosphogypsum corresponded to three rates (0.0-100% - 200%) of the gypsum requirement for each soil in question. Five lixiviations were achieved with undistillated water in the times zero, ten, twenty, thirity and fifty days after applied the phosphogypsum. After this period were added to soils 100 ppm N(NH_4NO_3), 100 ppm P(MAP), 100 ppm K(KCl) and 1.0 meMgSO₄/100 g soil. Two varieties (Ipean V-69 and TVx 1836-013J) of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. were planted. The soils were analyzed for some physial and chemical properties such as contens of exchangeable cations and of soluble

ions in the saturated extracts. The chemical analysis were made fifty days after phosphogypsum application and at the end of the experiment. The solution collected for the lixiviation studies were analyzed for their ionic concentrations.

The data showed that phosphogypsum increased the macroporosity in soil-10 and the microporosity in soils 1 and 32. This was observed because there was a minor soil-water retention by soil-10 and an increase in soils 1 and 32, and the water volume applied, to get 250 ml of solution during all lixiviations, was reduced from 1,200 to 1,100 ml (soil-1), from 1,600 to 800 ml (soil-10) and from 900 to 800 ml (soil-32), from the third lixiviation. In soil-10 there was a tendency to increase the soil-water retention with an application of 124,0 g of the chemical corrective. The contents of soluble ions in the lixiviated solutions indicated that the phosphogypsum was most efficient in the displacement of exchangeable sodium from of the thirsty days after its incorporation to soils. The soil-1 is a normal soil in relation to salinity, but the soil-32 as it is a sandy soil, is possible that it can be reclaimable with successive irrigations and fertilization posterior, but in soil-10 this recuperation practice is not practicable because there is the flocculation problem of the soil clays.

Fifty days after of application of the phosphogypsum the sodium saturation percentage (SSP) was reduced from 4.76 to 0.34 and 0.32% (soil-1), from 89.32 to 11.91

and 5.63% (soil-10) and from 48.75 to 0.10 and 0.05% (soil-32). The chloride concentration was reduced from 2.50 to 1.30 and 1.30 me/l (soil-1), from 353.33 to 7.00 and 4.00 me/l (soil - 10) and from 3.50 to 1.00 and 0.90 mg/l (soil-32). The bicarbonate was reduced from 2.40 to 1.10 and 1.00 me/l (soil-1), from 258.75 to 6.50 and 3.20 me/l (soil-10) and from 2.80 to 1.00 and 0.90 me/l (soil-32). The carbonate ion was absent in soil 1 and soil-32, but in the soil-10 it was reduced from 182.50 me/l to zero with application of the both quantities of the phosphogypsum. Beyond these advantage the chemical corrective increased excessively the calcium and sulphate concentration, proporcioned inclusively an ionic umbalance in the soils.

The plants of both varieties showed decreased absorption of the sodium for either one quantity of the phosphogypsum applied, justifying this way its good efficiency in the displacement of the exchangeable sodium of the soils. The plants of the variety produced more dry matter in relation to plants of the variety TVx 1836-013J, but the plants of the Ipean V-69 were more affected by salts until flowering stage than plants of the TVx 1836-013J variety.

1. INTRODUÇÃO

Os maiores problemas de sais são frequentemente observados nas zonas áridas e semi-áridas do mundo, onde as técnicas de irrigação e correção dos solos salinizados constituem metas prioritárias à agricultura. Nessas regiões, inclusive no Nordeste brasileiro, particularmente nos perímetros irrigados da Paraíba, os principais pontos de estrangulamento são caracterizados pela concentração de sais solúveis dos solos das bacias hidrográficas, alteração das propriedades físicas dos solos que governam a dinâmica da água no perfil, irregularidade e má distribuição das chuvas, a drenagem insuficiente para lixiviar os sais adicionados aos solos com sucessivas irrigações, evapotranspiração maior que a precipitação pluvial e, além de outros, pressa na elaboração dos planos e execução dos projetos.

A salinização e alcalinização dos solos têm sido o problema de preocupação mundial. A literatura mostra que da área total irrigada do mundo, no mínimo, 25% está seriamente

te comprometida pelos riscos dos sais. Na zona semi-árida do Brasil, o problema existe nas mesmas proporções. Além disso, pelo menos, 10% das áreas dos perímetros irrigados do Nordeste, já estão completamente abandonadas pelos elevados conteúdos de sais solúveis e de sódio trocável. A tendência dessa calamidade é agravar-se ainda mais caso medidas de prevenção, das áreas atualmente produtivas, não sejam tomadas e postas em prática, já que cronológica e economicamente a recuperação de solos seriamente afetados por sais não tem demonstrado satisfatória viabilidade.

Dentre as técnicas empregadas na redução dos constituintes iônicos dos solos, afetados por sódio ou alguns sais de sódio, duas têm se mostrado mais eficientes. A primeira diz respeito, quando possível, a ampliação do sistema da rede de drenagem para lixiviação dos sais por fluxo de massa. A segunda é a aplicação de corretivos químicos que visem a substituição de sódio do complexo de troca dos solos pelo cálcio do referido corretivo. Em todo e qualquer caso a finalidade é manter uma concentração salina na zona exploratória das raízes, que permita a sobrevivência e produtividade das culturas. Por isso, é necessário que haja em qualquer circunstância, drenagem da solução salina através do perfil do solo.

Da área total do Nordeste mais da metade está representada pela região semi-árida, onde o feijão-de-corda, macassar ou vigna, corresponde a mais de 80% de toda produção. Constituindo-se numa das principais fontes proteicas

do nordestino, habitante do polígono das secas. É cultivado em áreas irrigadas e não irrigadas, onde em média durante seis, dos doze meses do ano, constata-se déficit hídrico nos solos. Possui basicamente o mesmo conteúdo proteico (DANTAS, 1978), e é mais tolerante a seca e a salinidade que o feijão comum (EL BARADI, 1975), motivo pelo qual justifica-se execuções de pesquisas com essa leguminosa para aquelas regiões.

Apesar de ser o feijão vigna a fundamental fonte alimentícia da crescente população nordestina, sobretudo do homem rural, são porém escassas ainda as referências bibliográficas a respeito do seu comportamento em solos com problemas de sais, no Brasil.

Constituíram-se como objetivos do presente trabalho:

- a) Avaliar o efeito do fosfogesso (resíduo da fabricação de ácido fosfórico) na redução dos teores de sódio, cloreto, carbonato, bicarbonato e aumento de cálcio e enxofre de três solos do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Souza - Paraíba, sendo dois dos quais já abandonados e um em plena atividade agrícola.
- b) Estudar o comportamento de duas cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp em função dos tratamentos ensaiados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os teores de sais limitam parcial ou totalmente o desenvolvimento da maioria das plantas. Os efeitos que os meios adversamente salinos causam são estudados pela salinidade, pela sodicidade ou alcalinidade e pela ação específica dos íons às plantas (RICHARDS, 1954).

A salinidade diz respeito as concentrações de sais solúveis que envolve cálcio, magnésio, sódio e potássio, e dos ânions; cloreto, carbonato, bicarbonato, sulfato e às vezes do nitrato, quando absorvidos acima da quantidade máxima pelas plantas (DAKER, 1970).

O termo alcalinidade do solo refere-se a predominância do íon sódio. Nessas condições o cálcio e magnésio são substituídos pelo sódio no complexo de troca do solo. Grandes concentrações desse íon provoca dispersão das argilas, diminuição da pressão osmótica da solução salina, condiciona à formação de camadas de impedimento que se reflete na redução da condutividade hidráulica do solo (RHODES, 1972).

A ação específica estuda os efeitos tóxicos de cada íon às plantas. São efeitos de natureza nutricional, como na salinidade, mas relativo a uma única natureza iônica, como tem-se observado para o boro, cloreto, sódio e além de outros para o nitrato (CARTER, 1973).

2.1. Recuperação de solos com problemas de sais

Diversas são as técnicas pelas quais procura-se reduzir os teores de sais solúveis, no caso da salinidade, e de sódio trocável no caso da sodicidade. Qualquer que seja o método de recuperação empregado aos solos, o objetivo é sempre o mesmo, isto é, proporcionar condições para a germinação de sementes, crescimento e desenvolvimento das plantas, com vista aos melhores índices de produção (AMEMIYA e ROBISON, 1958 e WILCOX, 1960).

Dentre as técnicas citam-se: i) lavagem contínua que é feita conforme ABROL e BHUMBLA (1973), aplicando-se se água de irrigação ao ponto de cobrir a superfície do solo com uma lâmina de água equivalente a 10 centímetros de espessura. Esse procedimento é recomendado para solos com adequadas condições de drenagem; ii) Lavagem intermitente. Essa prática é mais recomendada (ISRAEL SEN, 1963) aos solos com reduzida capacidade de drenagem e limitação da profundidade do lençol freático. Em geral é apli-

cada nos períodos de baixa evaporação e quando se utiliza água subterrânea com grandes conteúdos de sais solúveis e sódio trocável; iii) utilização de esterco de curral, adubo verde, subproduto de destilaria e cobertura da superfície do solo. Conforme MYKINA (1965), DHAWAN e MAHAJAN (1968) e PUTTASWAMY-GOWDA et alii (1972) esses materiais proporcionam a recuperação de solos com problemas de sais; iv) drenagem. Dentre as práticas essa é a mais eficiente na redução dos teores iônicos dos solos (RASMUSSEM et alii, 1972 e HARKER et alii, 1977); v) aplicação de corretivos químicos. Os corretivos mais empregados são: a) ácidos e formadores de ácidos (enxofre, ácido sulfúrico, sulfato de ferro, sulfato de alumínio); b) sais de cálcio (cloreto de cálcio e sulfato de cálcio ou gesso); c) sais de cálcio de baixa solubilidade (carbonato de cálcio que é utilizado para solos com pH inferior a sete). Dos corretivos o cloreto de cálcio é o mais eficiente no deslocamento do sódio trocável do complexo coloidal do solo, entretanto, o gesso é mais utilizado por ser de menor custo, apesar de sua bem menor solubilidade comparada ao cloreto de cálcio (RICHARDS, 1954; DAKER, 1970 e CAJUSTE, 1977).

2.1.1. Água salgada na recuperação de solos com problemas de sais

O uso de água salgada na agricultura está condicionada ao teor de sais, natureza dos solos e o grau de to-

lerância das culturas (DIXEY e SHAW, 1961). Nos solos de boa drenagem a eficiência da água salgada na lixiviação dos sais, em geral, é aceitável. Nessas condições, os sais por fluxo de massa são removidos sem grandes problemas (KELLEY et alii, 1949 e BERNSTEIN, 1974). Por outro lado, os solos dos perímetros irrigados, das zonas semi-áridas, na maioria das vezes, são de baixa permeabilidade portanto, de drenagem reduzida ou imperfeita; é de lixiviação variável (KELLEY, 1963) constituindo-se em sério problema, mais do ponto de vista físico que propriamente com relação aos sais (RICHARDS, 1954; DAKER, 1970 e PIZARRO, 1978).

Utilizando água salgada nas proporções de 1, 1 + 1; 1 + 7, 1 + 31, 1 + 63, com água de boa qualidade para irrigação, visando a recuperação de um solo sódico, em condições de laboratório, REEVE e BOWER (1960) concluíram que a condutividade hidráulica do solo aumentou de 0,021 para valores de até 0,59 mm/h, passando de muito lenta a moderada. Verificaram ainda que os resultados foram melhores quando o solo foi tratado com maior diluição.

PEREIRA (1977) estudou em condições de laboratório, o comportamento de dois solos aluviais, arenosos com 50,14 e 40,08% de sódio trocável, lavados com água do açude (C₂S₁) e de um dos poços de observação (C₄S₄) do Perímetro irrigado de São Gonçalo - PB. A água do poço foi diluída para 1, 1 + 1, 1 + 3, 1 + 7 e 1 + 15. Os resultados evidenciam

ram aumento da condutividade hidráulica dos solos, sensível decréscimo na relação de adsorção de sódio e teor de carbonato de sódio residual.

Em ambos os casos (Reeve e Bower, e Pereira) - constataram-se efeitos positivos. Possivelmente a desestruturação tenha sido o fator mais responsável pelo aumento da transmissão de água desses solos. Haja visto que, nas condições naturais o complexo encontrava-se fortemente agregado, tendo a deformação provocado diminuição na percentagem de microporos, o que reduziu a capacidade de retenção de água (LEITE, 1979 e SOUSA, 1981) e por outro lado, aumentando a drenagem deve aumentar o fluxo lixiviador de sais.

2.1.2. Gesso na recuperação de solos com problemas de sais

O gesso é o corretivo químico mais aplicado aos solos salino-sódicos e sódicos. Devido a baixa solubilidade, que é da ordem de 2,0 g/l, sua eficiência cresce com o inverso da granulometria. Quanto mais triturado tanto melhores serão os efeitos, no tocante a substituição de sódio do complexo de troca por cálcio e conseqüentemente, sobre as propriedades físicas desses solos (RHODES, 1968 e DUTT et alii, 1972).

Incorporando 24, 29 e 36 toneladas de gesso por hectare em solo alcalino KELLEY (1961) constatou que,

após três semanas de lavagem contínua em laboratório, o teor de sódio trocável foi mais reduzido na camada mais profunda do perfil do solo.

KHOSLA e ABROL (1972) homogeneizaram gesso num solo salino sódico, que continha 184 meq/l de sódio solúvel, nas proporções de 25, 50, 100 e 200% da necessidade máxima do corretivo, em quatro grupos de tamanho de partículas, 1 - 2, < 0,59 < 0,25 e < 0,125 mm, respectivamente. Ao analisarem os dados do extrato de saturação concluíram que o fornecimento de cálcio na base de 50% da necessidade de gesso, para os solos afetados por sódio, carbonatos e bicarbonatos, exerceu efeitos satisfatórios nas reações de neutralização desses íons. Constataram também que a eficiência foi mais expressiva nos tratamentos cujas partículas do corretivo tinha diâmetros inferiores a 0,25 e 0,125 mm, concordando com LOVEDAY (1976) ao estudar a eficiência do gesso na recuperação de solos salinos.

Incorporando 5, 10, 15, e 20 t/ha de gesso em solos salino-sódicos, cultivados com arroz, PEREIRA e SILVA (1977) verificaram que basicamente não houve respostas na produção da cultura. Por outro lado, as análises mostraram resultados favoráveis do corretivo quanto a redução de sódio, apesar da não constatação de diferenças significativas entre os tratamentos, o que se deve provavelmente ao reduzido período de observação, como justificam os autores.

Estudando o comportamento de um solo aluvial

com problemas de sódio, cultivado com arroz em São Gonçalo - Pb, submetido a dois sistemas de preparo (tradicional e subsolagem a 50 cm de profundidade), aplicando quatro métodos de recuperação: 1) lavagem, 2) lavagem mais matéria orgânica, 3) lavagem mais matéria orgânica mais 15 toneladas de gesso por hectare e, 4) 15 toneladas de gesso mais lavagem, SILVA (1978) concluiu que 120 dias não foram suficientes para que o gesso reduzisse o teor de sódio trocável a níveis abaixo de 15%, apesar do maior número de perfilhos por unidade de área e maior peso de partículas das plantas tenham ocorrido nos tratamentos com gesso incorporado a 15 cm de profundidade do solo.

Avaliando o efeito do gesso na recuperação de solos salino-sódicos KHOSLA et alii (1979) observaram que a eficiência do corretivo é satisfatória, uma vez que reduziu em mais de 80% os teores de sais do perfil. Constataram também aumento considerável na porosidade total, percentagem de poros e infiltração de água, refletindo-se numa maior condutividade hidráulica do solo. Resultados coerentes com OSTER e FRENKEL (1980), que forneceram gesso e cal a solos sódicos e verificaram que além do gesso ser mais eficiente no deslocamento de sódio trocável, aumentou o índice de estrutura e a condutividade hidráulica do solo ao longo do tempo.

Em estudos de lixiviação de sais e sódio trocável PEREIRA et alii (1980) aplicaram 13 e 26 t/ha de gesso em solos salino-sódicos de Moxotô-Pe. Verificaram que a percentagem de sódio trocável, a 30 cm de profundidade após 12 e 24

meses, foi reduzida a condição normal. Ou seja, inferior a 15% conforme a classificação de solos salinos (RICHARDS, 1954) apenas nos tratamentos que receberam a maior dose do corretivo.

GOBRAN et alii (1982) utilizaram amostras de solo das margens do Rio Nilo, com capacidade de troca catiônica (CTC) igual a 30 meq/100 g e 62% de argila montmorilonita. Forneceram gesso aos níveis de 0,25; 1,00 e 2,00% da massa do solo. O gesso foi aplicado na superfície e incorporado ao solo em três granulometrias 0,5; 0,5-1,0 e 1-2 milímetros. Concluíram que durante o período experimental de 20 dias, as quantidades lixiviadas não diferiram entre as classes de diâmetro do corretivo. Relataram que o gesso fornecido na superfície mostrou-se mais eficiente com relação ao incorporado ao solo, discordando de KHOSLA e ABRQL (1972).

Comparando efeitos do sulfato de cálcio (gesso), sulfato de magnésio e nitrato de cálcio em solos concentrados em cloreto de sódio JONG (1982) obteve melhores resultados nos tratamentos com gesso. Concluiu ser a eficiência desse corretivo mais ativa quando incorporado do que quando aplicado na superfície do solo, discordando portanto de GOBRAN et alii (1982). Concluiu ainda que a ordem decrescente da eficiência foi gesso > $MgSO_4$ > $Ca(NO_3)_2$.

2.2. Influência dos sais na composição mineral das plantas

Concentrações excessivas de sais, na solução do solo ou na solução nutritiva, afetam a germinação, crescimento, desenvolvimento, metabolismo; provocam desequilíbrio na absorção de nutrientes e composição mineral das plantas. Os efeitos iônicos e osmóticos, muitas vezes, atuam simultaneamente, na absorção e metabolismo dos nutrientes, dificultando a distinção entre um e outro efeito sobre as plantas (PEARSON, 1959; STROGONOV, 1964 e MENGEL e FLUER, 1972).

Os efeitos da salinidade variam, com as espécies e numa mesma espécie, entre variedades de uma mesma cultura. O feijão, por exemplo, é muito sensível aos sais, por isso pode em meios salinos apresentar altas concentrações de cálcio ou de sódio que provoquem desbalanço na relação Ca/K, comprometendo a nutrição mineral das plantas (BERNSTEIN, 1964 e CAJUSTE, 1977).

Cultivando feijão comum, em solução nutritiva, com 0,001; 0,01; 0,1 e 1,0 M de cloreto de sódio, WALLACE et alii (1965) verificaram que o íon sódio é facilmente acumulável nas raízes e translocável para as demais partes das plantas. Entretanto, essa fácil translocação processa-se após a saturação dos retículos radiculares pelo referido íon, o que já havia sido constatado por JACOBY (1964).

RAVIKOVITH e PORATH (1967) verificaram diminuição na translocação do fósforo em plantas mantidas em solos

com elevadas quantidades de sais. Informações coerentes com LUNIN e GALLANTIN (1968) ao concluírem que o movimento desse elemento nas folhas e caules do feijoeiro *Phaseolus vulgaris* (L.) sofreu redução com aumento da salinidade.

HASSAN et alii (1970) comprovaram que a salinidade afeta a composição mineral da grande maioria das plantas glicófitas. Afirmaram existir correlação entre os teores de sódio no milho e cevada, com relação aos níveis crescentes de sais no solo.

WIGNARAJAH et alii (1975) trataram feijão *Phaseolus* com 48 mmoles/l de cloreto de sódio e observaram, ao longo de 42 dias, desequilíbrio iônico acentuado nas primeiras folhas e primeiro trifólio das plantas. Observaram também que em qualquer período, a concentração de cátions foi bem superior a de ânions em qualquer órgão, sendo que ao longo do tempo nas primeiras folhas os teores foram crescentes e decrescentes no primeiro trifólio.

Pesquisando o efeito de sulfato de sódio e cloreto de sódio, combinados com diferentes doses de nitrogênio, na composição do algodoeiro, EL-KADI et alii (1977) concluíram que o aumento da taxa de nitrogênio proporcionou nas folhas e ramos, maiores teores de nitrogênio e potássio e menores de fósforo. Nos tratamentos em que a taxa de sulfato foi dez vezes maior que a de cloreto verificaram extrema redução de N, P, K nos referidos órgãos. Informações semelhantes foram obtidos por JACOBY (1964) ao constatarem que

as concentrações de N, P, K e Mg foram sensivelmente diminuídas em folhas de plantas desenvolvidas em solo com teor salino de 2 a 10 mmhos/cm de condutividade elétrica.

Com relação aos efeitos salinos sobre a translocação do fósforo na planta CHAVAN e KARADGE (1980) concluíram que independente dos sais, cloreto ou sulfato de sódio, os maiores percentuais de P foram detectados no caule e folhas do amendoim, indicando adequada translocação do elemento nessas plantas em meio de alta salinidade e, discordando de RAVIKOVITH e PORATH (1967) e LUNIN e GALLANTIN (1968) para a cultura do feijão comum.

Estudando o efeito do cloreto de sódio, em solução nutritiva, nas concentrações de 0,0; 5,0; 20,0; 35,0; 50,0; e 100,0 meq/l e de cálcio ao nível de 25 meq/l, sobre o crescimento e absorção iônica do tomateiro *Lycopersicon esculentum*, Mill.) PEREIRA e ANDRADE (1980) verificaram que o cloreto de sódio diminuiu drasticamente a absorção e translocação de cálcio e potássio e em menores proporções de magnésio e fósforo. Quanto ao cloreto de cálcio concluíram que esse elemento minora os efeitos do cloreto de sódio, desempenhando além da função de fertilizante a função de corretivo, o que constataram MALAVOLTA et alii (1980) para a soja cultivada em solução nutritiva.

SAMENI et alii (1980) ao trabalharem com feijão *Phaseolus vulgaris* (L.) submetido a três níveis de nitrogênio (0; 50,0 e 100,0 ppm) e quatro de salinidade, na água de irrigação (0,5; 1,5; 2,5 e 3,5 mmhos/cm) induzida pelo cloreto de

sódio, relataram que o crescimento e absorção de nitrogênio pelas plantas foram reduzidos em todos os níveis de salinidade, concluindo que a partir de 2,5 mmhos/cm a composição mineral das plantas foi seriamente afetada, devido a maior absorção de sódio. Pelo exposto fica caracterizado a sensibilidade do feijão aos meios salinos, mesmo naqueles com baixos teores (RICHARDS, 1954; BERNSTEIN e PEARSON, 1956 e GARCIA, 1977).

Pesquisando a nutrição mineral de seis variedades de *Vigna unguiculata* (L.) Walp, em solo Bruno não Cálcico, submetidas a salinidade de cloreto de sódio aos níveis de 1, 4, 6, 8, 10 e 12 mmhos/cm, MEDEIROS (1982) observou que as concentrações de potássio na parte aérea das plantas foram sempre superiores as de cálcio, em qualquer nível de salinidade.

RIBEIRO (1982) estudando, em areia lavada, o efeito do sódio na nutrição mineral do algodoeiro herbáceo e arbóreo, fornecendo soluções nutritivas que continham 0, 40, 80, 160 e 320 ppm de sódio, a partir de cloreto e sulfato de sódio, constatou que nas raízes as concentrações catiônicas foram da mesma ordem e sequência sódio > potássio > cálcio > magnésio em ambas as variedades. Porém, na parte aérea os teores de cátions foram bem superiores no algodoeiro arbóreo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do ensaio

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, situada a 22°42'30" de latitude sul, 47°38'00" Oeste do meridiano de Greenwich e está a 576 metros acima do nível do mar.

3.1.1. Localização dos solos

Na pesquisa foram utilizadas amostras de solo, coletadas de 0 - 30 cm de profundidade, de três solos aluvionais, do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, situado a 10 km da cidade de Souza-Pb, sob as responsabilidades do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Empresa Esta-

dual de Pesquisa Agropecuária de Paraíba- EMEPA-Pb. Os solos estão localizados nos setores 1, 10 e 32 do perímetro e são cognominados de solo-1, solo-10 e solo-32 respectivamente.

3.2. Características do Projeto de Irrigação

O perímetro encontra-se delimitado pelas coordenadas geográficas de 6°45'00" a 6°50'00" de latitude sul, numa longitude de 38°10'00" do meridiano de Greenwich, com relevo plano e suavemente ondulado e a 220 metros de altitude.

A área total do projeto é da ordem de 4.600 ha, dos quais 2.500 ha são irrigados por gravidade, com água de qualidade para irrigação C₂S₁ do açude público de São Gonçalo-Pb (CORDEIRO, 1977).

Os solos na maioria são aluvionais, sendo 64% de textura argilosa, 33% de textura média e os 3% restantes de textura arenosa. A condutividade hidráulica de 67% dos solos é inferior a 5 mm/hora e dentre estes mais de 50% possuem condutividade hidráulica basicamente nula (HIDROSERVICE, 1970). Da área total irrigada, em média, 25% apresenta sérios problemas relativos aos sais solúveis e sódio trocável (GOES, 1978).

O clima da região de Souza-Pb é, conforme Koepen, do tipo Bsh (quente e seco), com precipitação pluvial de 890 mm anuais, porém inferior a evaporação. O período chuvo-

so compreende os meses de janeiro a maio, sendo precipitados mais de 589 mm em fevereiro, março e abril. A umidade relativa do ar está em torno de 64% e a temperatura média mensal é superior a 20° C (CORDEIRO, 1977).

3.3. Determinações físicas

Em amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) de cada solo determinou-se, antes do fornecimento do corretivo, a densidade aparente ou global (d_g), densidade real ou de partículas (d_p) utilizando o procedimento de BLAKE (1965), porosidade total, macro e microporosidade através de VOMOCIL (1960). Os percentuais de argila, silte e areia foram determinados pelo método da pipeta (ROBISON, 1922) e o tipo de argila predominante em cada solo pela análise de difração de raio-X e análise termodiferencial (DTA) cujos dados estão contidos na tabela 1. As curvas características de água no solo, antes e depois dos tratamentos com fosfogesso foram obtidas conforme a metodologia de RICHARDS (1954) para amostra de solo com estrutura deformada.

3.4. Determinações químicas nos solos

3.4.1. Análise química dos solos

Antes de serem aplicados os tratamentos, foi

Tabela 1. Algumas características físicas dos solos.

Solos	Características													Análise de argila				
	Areia total	Amg	Ag	Am	Af	Amf	Ac	AA	IE	Silte	Pt	a	b	dg	dp	mica	1:1	2:1
	%													g/cm ³		%		
1	65,7	1,7	4,7	9,5	28,9	21,0	11,8	7,5	36,4	22,5	44,4	18,5	25,9	1,50	2,70	P	10	p
10	44,4	0,6	2,1	3,4	12,9	25,4	15,9	14,0	11,9	39,7	47,8	16,6	31,2	1,40	2,68	20	20	60
32	74,2	6,1	17,8	20,4	17,6	12,3	10,3	7,5	27,2	15,5	37,5	22,6	14,9	1,70	2,72	70	5	p

Amg = areia muito grossa; Ag = areia grossa; Am = areia média; Af = areia fina; Amf = areia muito fina;

Ac = argila dispersa em calgon; a = macroporosidade; b = microporosidade; dg = densidade global;

dp = densidade de partícula; 1:1 = caulinita; 2:1 = montmorilonita; P = predominância; p = muito pouca.

Pt = porosidade total; AA = argila dispersa em água; IE = índice de estrutura.

feita a caracterização química dos solos (tabela 2) para se quantificar a necessidade de fosfogesso a ser fornecida a cada tipo de solo. A exigência do corretivo foi calculada pela equivalência entre a concentração de sódio existente em cada solo e a de cálcio existente no corretivo químico, como recomenda RICHARDS (1954). Para se avaliar o efeito do fosfogesso na redução de sódio trocável dos solos, e ser sugerida uma adubação básica para as plantas, determinou-se cinquenta dias após o fornecimento do corretivo, os teores iônicos dos solos. Outras determinações foram efetuadas logo após a colheita, que correspondeu a 160 dias depois de iniciados os tratamentos, com a finalidade de melhor observar a influência do fosfogesso na redução de sódio dos solos. O procedimento utilizado foi o da EMBRAPA (1979). Os valores de pH em KCl e CaCl_2 foram obtidos conforme VAN RAIJ (1980).

3.4.2. Análise química do extrato de saturação

Foram determinados no extrato de saturação os teores dos íons solúveis em água, sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto, carbonato, bicarbonato e sulfato como também o pH e condutividade elétrica a 25°C (CE) antes de ser aplicado o fosfogesso (tabela 3), para se avaliar o nível de salinidade inicial dos solos. Como no item 3.4.1., determinou-se as concentrações desses mesmos elementos, cinquenta e 160 dias após ser fornecido o corretivo, para observar seu efeito na

Tabela 2. Caracterização química dos solos antes da aplicação do fosfogesso.

Parâmetros	SOLO		
	1	10	32
Mat. orgânica (%)	0,88	0,21	1,86
PO_4^{---} (meq/100g TFSA)	1,64	0,14	0,19
K^+ (meq/100g TFSA)	0,71	0,12	0,66
Na^+ (meq/100g TFSA)	0,31	61,25	7,91
Ca^{++} (meq/100g TFSA)	3,96	5,20	4,24
Mg^{++} (meq/100g TFSA)	0,96	2,00	1,88
$H^+ + Al^{++}$ (meq/100g TFSA)	0,70	1,30	1,66
Al^{+++} (meq/100g TFSA)	0,19	0,16	0,16
S (meq/100g TFSA)	5,94	68,57	14,69
CTC (meq/100g TFSA)	6,64	69,87	16,35
V (%)	86,96	97,72	89,85
PSS* (%)	4,67	89,32	53,84
$(Ca^{++} + Mg^{++})/CTC$ (%)	74,09	10,30	37,48
pH - água (2:1)	6,60	10,50**	6,50
pH - KCl-1N (2:1)	6,40	10,40	5,70
pH - $CaCl_2$ -0,01M (2:1)	6,40	10,80	5,80
Necessidades de gesso(NG):			
a) g/kg de solo	0,41	42,16	5,44
b) t/ha	1,83	186,00	28,00

$S = Ca^{++} + Mg^{++} + K^+ + Na^+$; $CTC = S + H^+ + Al^{+++}$

$V = 100S/CTC$; $PSS = 100 Na^+/S$

* Percentagem de saturação de sódio

** Cloreto de bário pH = 8.

redução de sódio, carbonato, bicarbonato, cloreto e pH dos solos aplicando a metodologia sugerida pela EMBRAPA (1979). Quantificou-se também, em cada caso a relação de adsorção de sódio (RAS) pela expressão $RAS = Na^+ \cdot [(Ca^{++} + Mg^{++})/2]^{-1/2}$.

A percentagem de sódio trocável (PST) foi obtida pela equação

$$PST = \frac{100(0,0212 RAS - 0,0135)}{1 + (0,0212 RAS - 0,0135)}$$

de PEREIRA (1981), representativa para solos de cinco setores irrigados do Projeto.

3.5. Análise química das soluções lixiviadas

Após o fornecimento do fosfogesso foram efetuadas cinco lixiviações, nos intervalos de zero, dez, vinte, trinta e cinquenta dias depois. Os volumes de água aplicados durante as cinco lixiviações variaram de 1.200 para 1.100 ml (solo-1), de 1600 para 800 ml (solo-10) e de 900 para 800 ml (solo-32). Sucessivos molhamentos, com intervalos de quatro dias, foram feitos visando proporcionar a solubilidade do corretivo e por conseguinte, a eficiência das reações de troca de cálcio do agente recuperador pelo sódio do solo.

Das soluções drenadas de cada lixiviação, foram coletados 250 ml para determinação dos conteúdos de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, carbonato, bicarbona

Tabela 3. Análise química do extrato de saturação dos solos, antes da aplicação do fosfogesso.

Parâmetros	SOLO		
	1	10	32
pH	6,90	10,50	6,10
CE 25°C (mmhos/cm)	0,80	22,61	1,01
Ca ⁺⁺ (meq/l)	1,68	0,24	1,34
Mg ⁺⁺ (meq/l)	1,68	0,12	1,11
Na ⁺⁺ (meq/l)	2,59	812,48	5,16
K ⁺ (meq/l)	1,57	0,15	1,46
SC (meq/l)	7,52	812,99	9,07
RAS (mmol/l) ^{1/2}	1,99	1915,03	4,66
PST (%)	2,79	97,60	7,87
Cl ⁻ (meq/l)	2,50	353,33	3,50
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	2,40	258,75	2,80
CO ₃ ⁻ (meq/l)	-	182,50	-
SO ₄ ⁻ (meq/l)	2,80	16,74	3,00
SA (meq/l)	7,70	811,32	9,30
Classificação	normal	salino sódico	normal

CE = condutividade elétrica a 25°C; RAS = relação de adsorção de sódio; PST = percentagem de sódio trocável ou intercambiável; SC = soma de cátions; SA = soma de ânions.

to e sulfato e os valores de pH e CE, para observação do equilíbrio entre cátions e ânions e também a relação de adsorção de sódio (EMBRAPA, 1979).

3.6. Delimitação experimental

O ensaio inteiramente casualizado, incluiu um fatorial $3^2 \times 2^2$, constante de três tipos de solos, três níveis de fosfogesso, duas cultivares de feijão macassar ou caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), na presença e ausência de 1 meq/100g de magnésio a partir de sulfato de magnésio. O trabalho constou de 36 tratamentos, com três repetições, totalizando 108 vasos.

3.7. Aplicação do fosfogesso

Com base nos teores de sódio trocável dos solos e de cálcio do fosfogesso da Ultrafértil, calculou-se a necessidade do corretivo para cada vaso e aplicou-se as doses 0, 1 e 2, que corresponde as quantidades de 0, 1 e 2 vezes a exigência máxima de fosfogesso para o deslocamento de sódio dos solos.

O fosfogesso da Ultrafértil é resíduo da fabricação de ácido fosfórico e contém, em média, 68% de sulfato de

cálcio dihidratado, 1,2% de P_2O_5 total, 18% de água e outros componentes não determinados. Foram utilizados cinco quilos de cada solo em vasos de barro previamente impermeabilizados.

As quantidades do corretivo fornecidas por quilo de solo foram: 0,6 e 1,2 g (solo-1), 62 e 124 g (solo-10), 8 e 16 g (solo-32). Essas quantidades equivalem as dose-1 (1 vez) e dose-2 (2 vezes) a necessidade máxima de fosfogesso e correspondem a 2,7 e 5,4 (solo-1), 278 e 576 (solo-10), 41 e 82 t/ha (solo-32) respectivamente.

3.8. Adubação e plantio

Cinquenta dias após a aplicação do fosfogesso, determinou-se os teores trocáveis dos solos e procedeu-se uma adubação básica, juntamente com os tratamentos "presença ou ausência de magnésio". Os fertilizantes utilizados foram fosfato monoamônico-MAP (52% P_2O_5 e 10% N), cloreto de potássio (60% K_2O) e nitrato de amônio, adicionados 100 ppm de N, P e de K aos solos. Os dois primeiros foram distribuídos 100%, 5 cm abaixo da superfície, no dia do plantio, juntamente com 1 meq Mg^{++} /100g de terra fornecido pelo sulfato de magnésio, devido ao baixo teor desse nutriente no solo-10, tendo o nitrogênio sido parcelado e aplicado 40% no plantio e 60% 25 dias após.

Após a adubação procedeu-se o plantio de duas cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp., Ipean V-69 (C₁), fornecida pelo Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU), Belém-Pa e TVx 1836-013J (C₂) pelo Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Goiânia-GO, cujas características estão na tabela 3a.

Tabela 3a. Características das cultivares.

Cultivar	Duração do ciclo	Porte	Crescimento
nome	dias	----- tipo	-----
Ipean V-69	75	ereto	determinado
TVx 1836-013J	90	ereto	determinado

3.9. Acompanhamento

Visualmente foi observado o comportamento das plantas nos solos não tratados com fosfogesso, na presença e ausência de magnésio, bem como nos tratamentos referentes as doses 0, 1 e 2 do corretivo aplicado com e sem magnésio. Estas observações constaram desde a germinação até o final do ciclo vegetativo, com a finalidade de verificar o estágio das plantas mais afetado pelos sais.

3.10. Determinações químicas na matéria seca das plantas

As quantidades totais, extraídas pelas plantas de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e sódio, foram determinados na matéria seca (ms) total. Isto é, na mistura da matéria seca do caule, folhas e frutos, conforme a metodologia sugerida por SARRUGE e HAAG (1974).

3.11. Análise estatística

Os dados foram também interpretados pela análise de variância e de regressão polinomial (PIMENTEL GOMES, 1973).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em face do ensaio compreender aplicação de fosfóforo, lixiviação de sais e determinação dos teores iônicos trocáveis dos solos e teores solúveis do extrato de saturação, em três períodos (antes de iniciar os tratamentos, após o período de incubação dos solos e após a colheita) e ainda determinação dos teores solúveis das soluções lixiviadas, os dados foram discutidos por etapas de trabalho.

4.1. Determinações físicas

O maior conteúdo de areia muito fina, silte, argila e menor percentagem de areia total do solo-10 (tabela 1) reflete-se na menor densidade global, menor proporção de grandes poros em relação aos solos 1 e 32. Dos solos, o de

número 32 é o único a apresentar mais de 50% de grandes poros, como resposta do seu maior percentual de areia média, grossa e muito grossa.

A análise termodiferencial (DTA) revelou (tabela 1) que dos 11,8% de argila do solo-1, a maior predominância é de mica, 10% do tipo caulinita (1:1) e muito pouca (traços) de montmorilonita. O solo-32 que possui menos argila (10,30%) apresentou apenas 5% de caulinita, muito pouco (traços) de montmorilonia (2:1) e 70% de mica. No solo - 10 os 15,9% de argila, são compostos de 60% do tipo 2:1, 20% do tipo 1:1 e 20% de mica, respectivamente.

As curvas características de umidade, antes da aplicação do corretivo (figura 1), mostram que a retenção de água pelos solos obedece a ordem solo-10 > solo-1 > solo -32. Comportamento coerente quando analisado em função da porosidade total, macro e microporosidade, concentrações de argila, silte, areia fina e muito fina (tabela 1) e coerente também com os percentuais de argila predominante em cada tipo de solo.

Nas figuras 2, 3 e 4, estão indicadas as curvas de retenção de água relativas a cada um dos solos, nas doses 0, 1 e 2 do corretivo aplicado, cinquenta dias após aplicados os tratamentos, ou seja, após os solos terem sofrido cinco lixiviações.

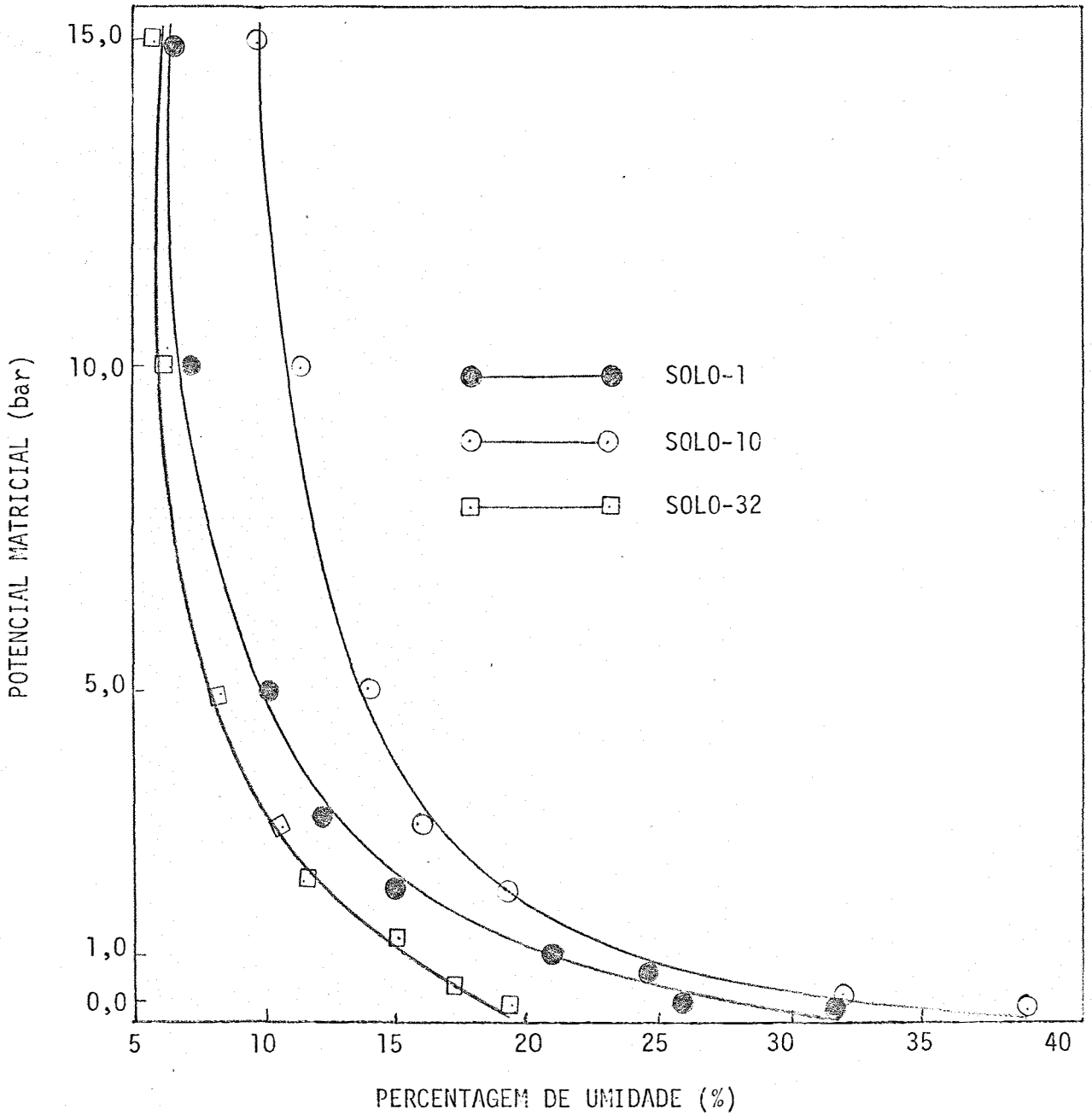


Figura 1. Curvas características de umidade dos solos antes da aplicação de fosfogesso.

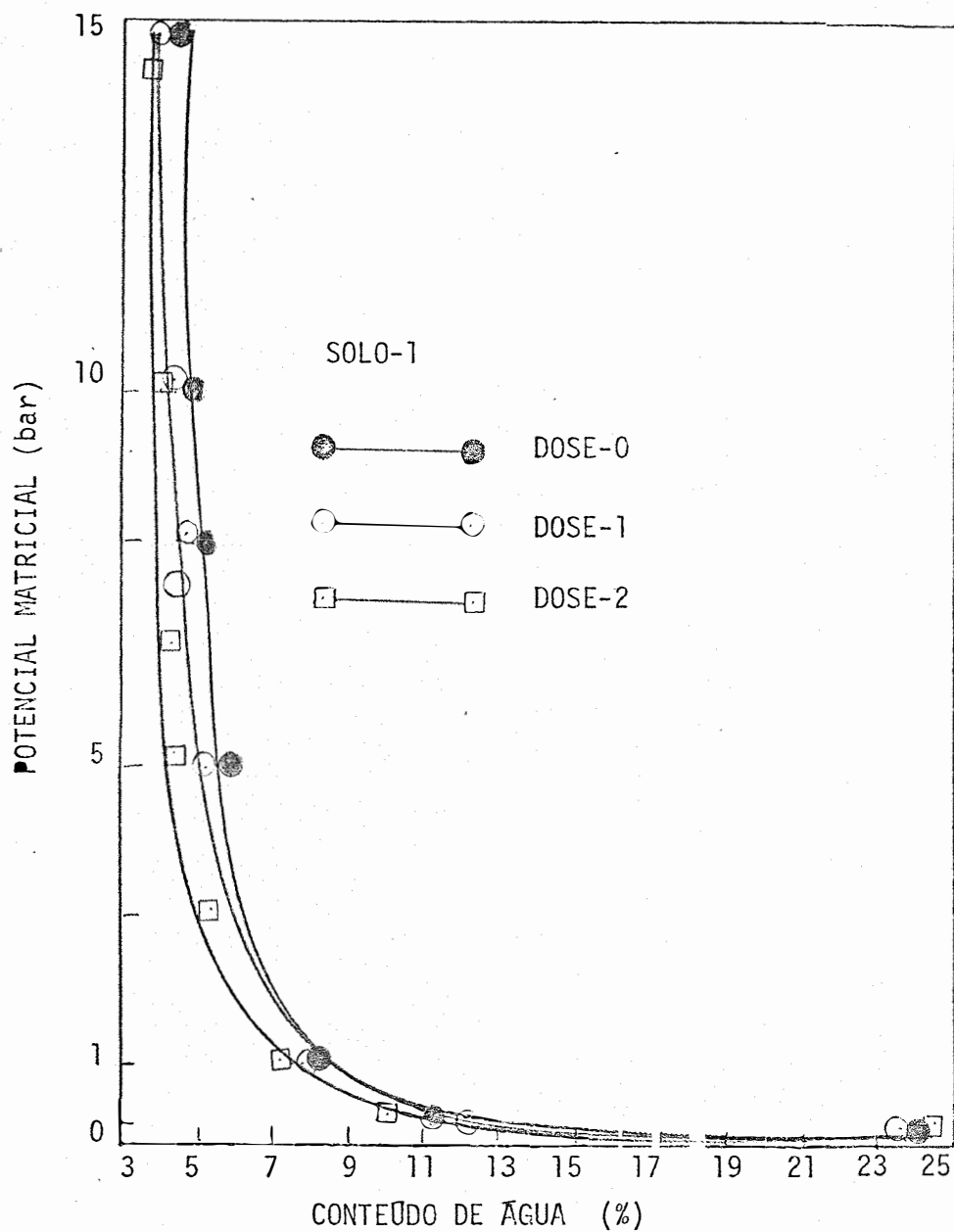


Figura 2. Curvas características de umidade do solo-1 cinquenta dias após a aplicação do fosfogesso.

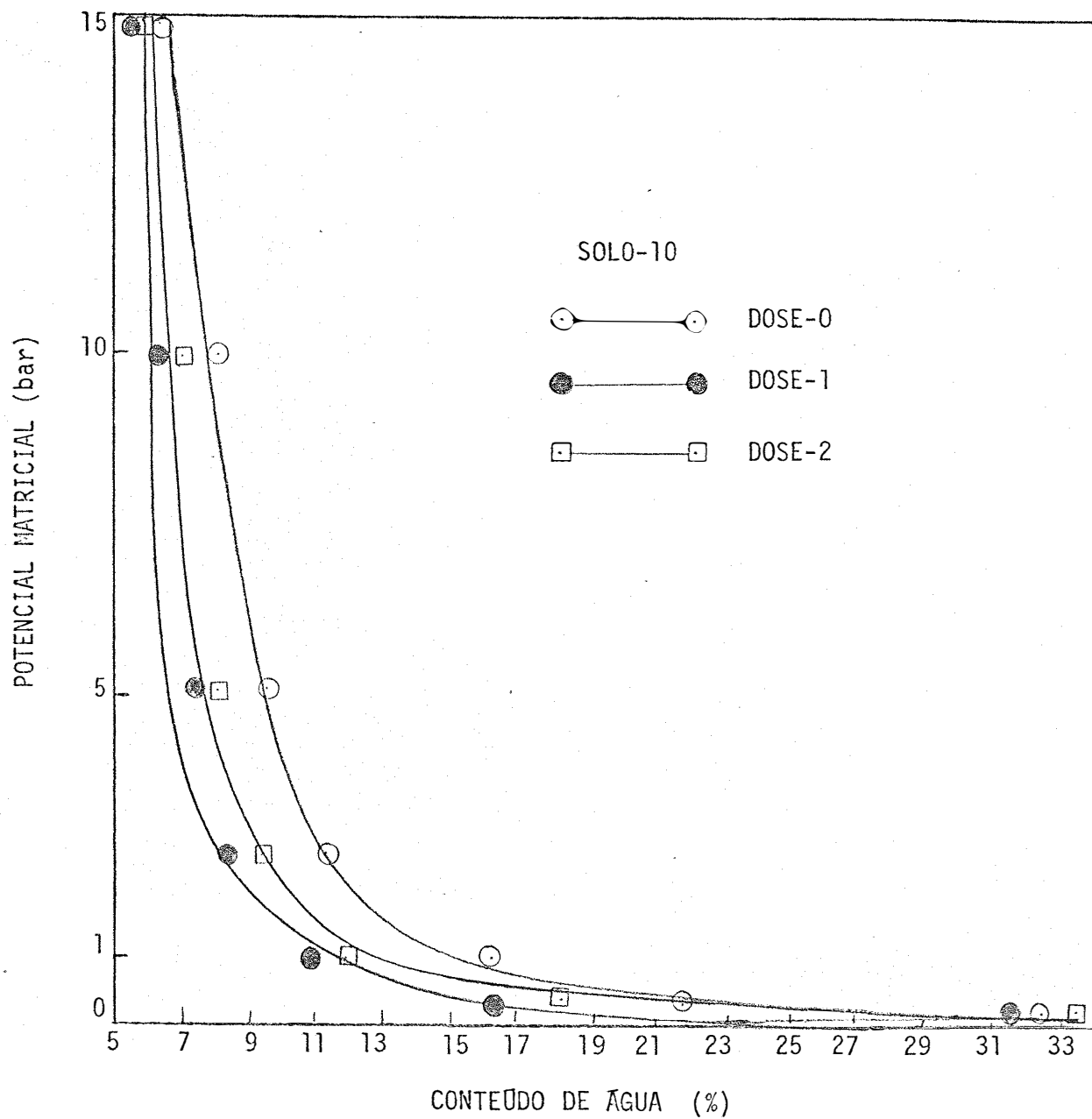


Figura 3. Curvas características de umidade do solo-10, cinquenta dias após a aplicação de fosfogesso.

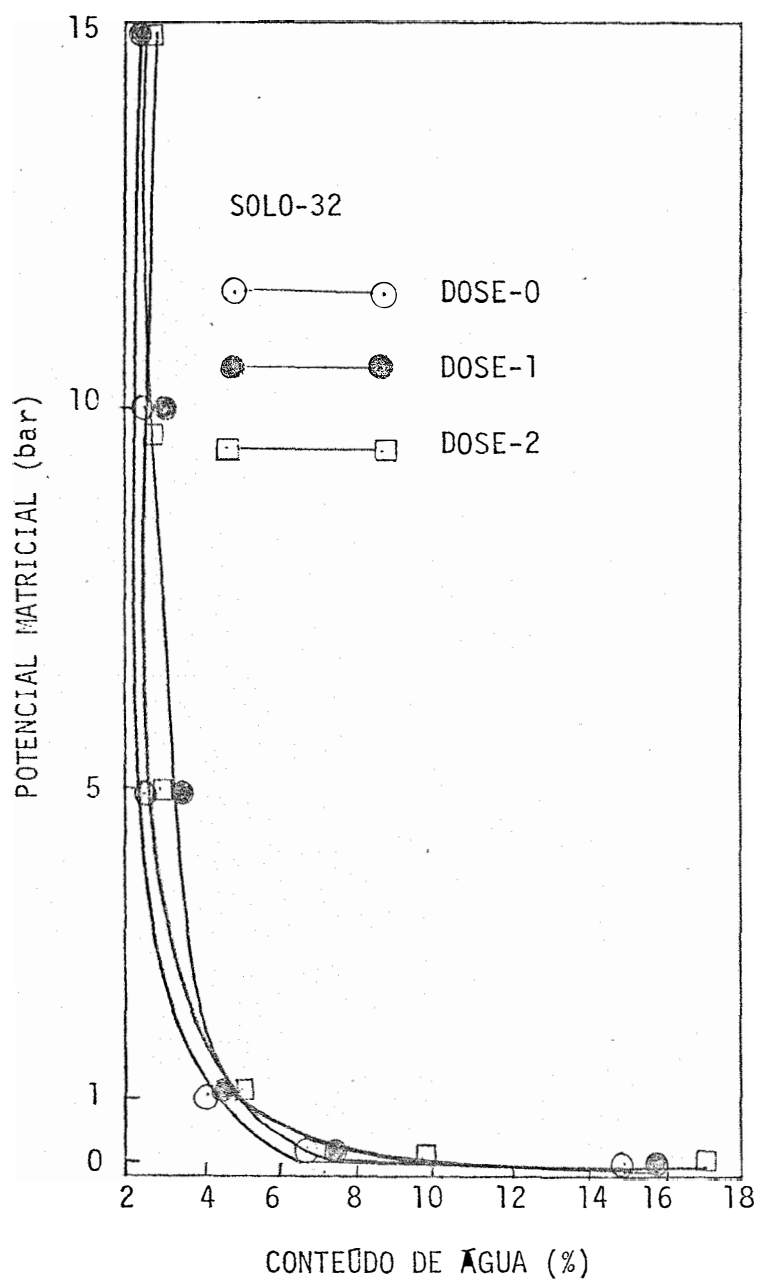


Figura 4. Curvas características de umidade do solo-32, cinquenta dias após a aplicação de fosfogesso.

Numa análise global, observa-se que os solos não tratados com fosfogesso sofreram pequenas reduções na capacidade de retenção de água e, apresentaram a mesma ordem de crescente indicada na figura 1. Ao comparar os dados da figura 1, com os das figuras 2, 3 e 4, percebe-se que dentre os solos a menor variação de umidade corresponde ao solo-10 (figura 3), que possui elevada concentração de sódio, carbonato e bicarbonato e montmorilonita comparado aos demais. Conforme RICHARDS (1954) esses íons formam alguns sais que provocam a agregação das argilas, nas partes mais profundas do perfil, ao ponto de reduzir a permeabilidade a zero e também proporcionarem aumento da força de retenção de água dos solos.

Essas observações parecem explicar a elevada força de retenção de água do solo-10, uma vez que seu conteúdo de argila total, apesar de ser superior ao dos demais solos, é bastante reduzido para tão baixa influência mostrada na diminuição da força que retém a água no referido solo.

Os conteúdos de água retidos pelos solos 1 e 10 (figura 2 e 3) na ausência de fosfogesso são superiores aos dos tratamentos que receberam o corretivo, ao passo que o solo-32 apresentou comportamento diferenciado em relação aos solos 1 e 10 respectivamente (figura 4). Essa grande diferença observada no solo-32, deve ser atribuída a sua textura arenosa, fundamentalmente aos elevados percentuais de areia muito grossa, areia grossa e areia média, comparados aos dois ou-

tros solos (tabela 1), os valores de umidade referentes a dose-1 são ligeiramente inferiores aos da dose-2, mas sem variabilidade que mostre claramente o efeito do fosfogesso em reduzir ou aumentar a capacidade de retenção de água dos solos; entre uma e outra dose aplicada. O fornecimento do corretivo na dose-1 proporcionou especialmente ao solo-10, pequeno aumento do volume de grandes poros, que são responsáveis por menor força de retenção de água, enquanto a aplicação da dose-2 levou os solos a reterem mais fortemente a água. Com respeito aos dados referentes a dose-1, os resultados estão de acordo com KHOSLA e ABROL (1972) e PEREIRA e SILVA (1977) ao constatarem que a aplicação de gesso em solos, com problemas de sais e de sódio, diminuiu a força de retenção de água e consequentemente aumentou a condutividade hidráulica dos solos. Quanto ao solo-32 o comportamento foi bastante diferente dos demais. Os dados de umidade, apesar da pequena diferença, foram sempre superiores nos tratamentos que receberam a menor dose.

Pelo exposto fica evidenciado o efeito do fosfogesso, quando aplicada na dose-1, para aumentar a transmissividade e reduzir a força de retenção de água dos solos altamente concentrados em sais e sódio.

4.2. Determinações químicas nos solos

4.2.1. Análise química dos solos antes da aplicação do fosfogesso

A tabela 2 apresenta as concentrações iônicas dos solos antes de serem tratados com o corretivo. Percebe-se que os solos 10 e 32 possuíam elevadas percentagens de saturação de sódio (89,32 e 53,84%), seriamente comprometedoras quanto a sodicidade. Riscos não atribuídos ao solo-1 por apresentar PSS da ordem de 5% e ser muito pouco concentrado em sódio (PIZARRO, 1978 e SOUSA, 1981).

Os valores de saturação de base foram 86,96% (solo-1); 97,72% (solo-10) e 89,85% (solo-32) e seus conteúdos de sódio trocável 0,31; 61,25 e 7,91 meq/100g TFSAs respectivamente. Inicialmente as concentrações de sódio dos solos 10 e 32 eram superiores a soma dos demais cátions. Dessa maneira, nota-se a elevada participação do sódio na CTC e na percentagem de saturação de base dos mencionados solos.

4.2.2. Análise química dos solos cinquenta dias após a aplicação do fosfogesso

Os dados da tabela 4 mostram a influência do fosfogesso, cinquenta dias depois de incorporado, na redução de sódio, aumento das concentrações de cálcio e, com efeito,

na CTC, relação $(Ca^{++} + Mg^{++})/CTC$, bem como na diminuição da percentagem de saturação de sódio. Observa-se também que nos solos 10 e 32, inicialmente ricos em sódio, o fornecimento da dose-2 resultou basicamente no dobro do teor de cálcio trocável, em relação a primeira dose.

Os conteúdos de magnésio com a incorporação do fosfogesso, cinquenta dias após a aplicação (tabela 4), foram superiores aos iniciais (tabela 2) exceção feita ao solo-32. Nesse sentido alguns aspectos devem ser considerados: i) a elevada macroporosidade do solo-32 (tabela 1) concorreu para a lixiviação intensa de todos os íons inclusive do magnésio; ii) nos solos 1 e 10 a maior percentagem de pequenos poros (tabela 1) juntamente com a adição de fosfogesso devem ter impedido lixiviação mais intensa; iii) o corretivo aplicado deve possuir certa quantidade de magnésio, ou ter influenciado a solubilidade de alguns compostos, que contêm esse elemento, na forma pouco solúvel, principalmente do solo-10 que do seu total de argila 60% corresponde ao grupo da montmorilonita.

Quanto ao fósforo constatou-se aumento considerável nos solos 10 e 32, tendendo a aumentar com a dose fornecida, em relação ao solo-1. Esse aumento pode ser atribuído também a concentração de P_2O_5 total, equivalente a 1,2% do corretivo utilizado.

Apesar do corretivo ter se mostrado eficiente no deslocamento de sódio do complexo de troca e a diferença de pH, entre os solos tratados na presença e ausência de fos

fogesso, ser bastante expressiva para os solos 10 e 32, não verificou-se maiores efeitos, nesse sentido, para o solo-1 e entre as doses 1 e 2 para todos os solos.

Ao comparar os dados, após cinquenta dias da aplicação do corretivo (tabela 4) com os da tabela 2, verifica-se que quantitativamente a água exerceu efeito na diminuição de sódio dos solos, principalmente nos mais arenosos, solos 1 e 32 respectivamente. Porém a redução de sódio pela água no solo-10, de 61,25 (tabela 2) para 22,8 meq/100 g (tabela 4) apesar de parecer expressiva provocou intensa dispersão a este solo, ao ponto de reduzir a transmissividade da água a zero (RICHARDS, 1954; REEVE e BOWER, 1960 e CAJUSTE, 1977).

4.2.3. Análise química do solo após a colheita

Após a colheita das plantas, novas determinações dos teores iônicos foram realizadas em cada tratamento. O objetivo foi avaliar a concentração iônica dos solos, efeito da aplicação de $MgSO_4$ sobre o conteúdo de magnésio e comparar as concentrações de alguns elementos, entre as cultivares, nos respectivos tratamentos.

Os conteúdos de sódio, para um mesmo solo (tabela 5), entre os tratamentos com ausência e presença de sulfato de magnésio, basicamente não apresentaram sensíveis diferenças para uma mesma cultivar e nem entre cultivares. A ordem das concentrações de sódio foi solo-10 > solo-1 > solo-

32 independente da ação das cultivares. Com referência ao solo-32 que inicialmente (tabela 2) possuía 25,5 vezes mais sódio que o solo-1, após a colheita, isto é, 160 dias depois da aplicação do corretivo, seus teores foram reduzidos a níveis muito baixos, inclusive inferiores aos do solo-1. Quanto ao solo-10 os teores foram reduzidos a níveis até desejáveis, sobre tudo nos tratamentos que receberam fosfogesso. Apesar dos teores de Na^+ nos tratamentos que receberam a cultivar- C_2 serem, em geral, superiores aos que receberam a cultivar - C_1 , não observou-se grandes diferenças entre os valores de Na^+ para as respectivas doses fornecidas.

As concentrações de cálcio (tabela 5) apresentaram as mesmas tendências verificadas na tabela 4 ou seja, o dobro da dose de fosfogesso fornecida aos solos 10 e 32 refletiu-se no dobro de cálcio trocável, embora fossem esperados maiores teores desse elemento, uma vez que os dados referem-se a 160 dias e os solos foram continuamente irrigados, mesmo considerando a baixa solubilidade do gesso (CAJUSTE, 1977). Os tratamentos mantidos com a cultivar - C_2 apresentaram conteúdos de Ca^{++} mais elevados em relação a cultivar - C_1 . Com respeito ao solo-32, os teores desse elemento foram, após a colheita (tabela 5), inferiores àqueles determinados cinquenta dias após a aplicação do corretivo (tabela 4) e no solo-1 que recebeu muito pouco fosfogesso quase não constatou-se diferença entre os dados das referidas tabelas.

Tabela 4. Análise química dos solos cinquenta dias após a aplicação do fosfesso.

Teores	SOLO-1			SOLO-10			SOLO-32		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
	Matéria orgânica (%)	0,72	0,78	0,83	0,15	0,10	0,10	0,77	0,83
PO ₄ ⁻⁻⁻ meq/100g TFSA	1,30	1,45	1,30	0,12	1,25	1,87	0,14	0,50	0,78
K ⁺ meq/100g TFSA	0,39	0,50	0,59	0,10	0,12	0,12	0,36	0,36	0,38
Na ⁺ meq/100g TFSA	0,02	0,02	0,02	22,80	6,44	5,36	0,01	0,01	0,01
Ca ⁺⁺ meq/100g TFSA	2,24	4,24	4,32	1,58	44,80	86,96	2,60	9,52	19,80
Mg ⁺⁺ meq/100g TFSA	0,24	1,20	1,36	0,09	2,64	2,70	1,08	1,11	1,16
H ⁺ + Al ⁺⁺⁺ meq/100g TFSA	0,80	0,80	0,80	0,06	0,06	0,09	1,28	1,23	1,12
Al ⁺⁺⁺ meq/100g TFSA	0,06	0,06	0,08	0,01	0,01	0,02	0,06	0,06	0,09
S meq/100g TFSA	2,89	5,96	6,29	24,57	54,00	95,14	4,05	11,01	21,35
CTC meq/100g TFSA	3,75	6,82	7,17	24,63	54,06	95,23	5,39	12,30	22,56
V (%)	77,07	87,39	87,72	99,76	99,88	99,90	75,14	89,52	94,64
PSS (%)	0,69	0,34	0,32	92,57	11,91	5,63	0,25	0,10	0,05
(Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)/CTC (%)	66,13	79,76	79,22	6,78	87,75	94,15	68,27	86,42	92,91
pH - água- (2:1)	6,50	6,30	6,20	10,00*	8,20*	8,10*	6,50	5,60	5,60
ph - KCl- N(2:1)	6,20	6,00	6,00	9,30	7,80	7,70	6,20	5,30	5,30
pH - CaCl ₂ -0,01M (2:1)	6,60	6,50	6,40	10,40	9,20	9,00	6,50	5,70	5,70

S = Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ + K⁺ + Na⁺; CTC = S + H⁺ + Al⁺⁺⁺; V = 100S/CTC; PSS = 100Na⁺/S

PSS = percentagem de saturação de sódio; * Cloroto de bário pH = 8.

0 = dose-0 (ausência de fosfesso); 1 = dose-1-100% de NG; Dose-2-200% de NG; NG = necessidade de gesso

As concentrações de magnésio (tabela 5) do solo-1 são superiores aos dos solos-10 e 32. Nesses solos, principalmente no solo-10 que recebeu excessivas quantidades de fosfogesso, a adição de 1 meq/100g de Mg^{++} parece não ter exercido efeito para o aumento de magnésio trocável.

Nos solos 1 e 32 observa-se que o fornecimento de 1 meq Mg^{++} /100 g, em geral, induziu aumento nos teores de magnésio independentemente da presença de uma ou outra cultivar. Verifica-se também que para um mesmo solo os teores relativos a cultivar - C₂ foram em geral, inferiores aos da cultivar -C₁, ao passo que no solo-10 constatou-se brusca diferença nos dados entre tratamentos e cultivares.

Comparando-se os dados das tabelas 2, 4 e 5 referentes aos períodos, (antes, cinquenta dias e 160 dias da aplicação do corretivo), constatou-se que o fornecimento do fosfogesso proporcionou aos solos 10 e 32 quedas bastante sensíveis de sódio, PSS, pH e principalmente aumento dos teores de cálcio, ao ponto de provocar desequilíbrio com magnésio e potássio; como inclusive mostram os dados de matéria orgânica, CTC, percentagem de saturação de base e relação (Ca + Mg)/CTC.

As concentrações de potássio do solo-1 foram basicamente as mesmas, independentemente da presença de uma ou outra dose de fosfogesso, de sulfato de magnésio e das cultivares, porém superiores aos dos solos 10 e 32, principalmente as do solo-10 que recebeu as maiores quantidades de fosfogesso em relação aos demais solos.

Quanto ao fósforo não observou-se comportamento definido entre os solos e cultivares na presença e ausência de fosfogesso e sulfato de magnésio. No tocante aos solos tratados com o corretivo verificou-se aumento de PO_4^{-3} na ausência de $MgSO_4$ para os solos-1 e 10, independente da presença de uma ou outra cultivar. Entretanto, não foi observada essa tendência entre os mesmos tratamentos na presença de magnésio. No solo-32 observou-se grande variabilidade entre os dados de fósforo nos respectivos tratamentos.

Com relação aos dados de matéria orgânica, como no caso do fósforo (Tabela 5), não se constatou comportamento definido quanto a adição de 1 meq Mg^{++} /100g em relação aos tratamentos sem o fornecimento de magnésio. Da referida tabela observa-se que nos solos-1 e 32, relativos a cultivar Ipean V-69 (C₁), em geral, os teores de matéria orgânica foram superiores aos da TVx 1836-013J. Os menores teores de matéria orgânica referem-se ao solo-10, o que deve ser atribuído muito mais ao desbalanço entre cálcio e os demais cátions solúveis e de enxofre entre os ânions, do que ao conteúdo de sódio no solo, como mostra a tabela 7.

Dentre os dados da tabela 5 a porcentagem de saturação de sódio e o teor de sódio trocável, indicam que o fosfogesso adicionado aos solos, inicialmente mais afetados por Na^+ (tabela 2), proporcionou condições para o desenvolvimento das plantas, das cultivares utilizadas, que são semi-tolerante aos sais.

Tabela 5. Análise química dos solos, imediatamente após a colheita, 160 dias após a aplicação do fosfogeno.

Treatamentos	IQ	PO ₄	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺ mg/100g	log ⁺⁺ TFSA	S	H ⁺ +Al ⁺⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	CTC	V	PSS %	(Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺) %CIC	pH-H ₂ O	pH-KCl	pH-CaCl ₂
S1C1F0H0	1,29	1,12	0,48	0,12	2,26	0,21	3,07	2,32	0,16	5,39	56,96	3,91	45,82	6,10	5,30	5,50
S1C1F1H0	3,78	2,46	0,40	0,10	4,24	1,32	6,06	1,30	0,14	7,96	76,04	1,16	70,11	6,00	5,20	5,50
S1C1F2H0	0,83	3,32	0,47	0,04	4,56	1,44	6,51	2,27	0,19	8,78	74,15	0,61	68,34	5,60	5,10	5,30
S1C1F0H1	0,98	1,07	0,40	0,09	2,28	1,19	3,96	1,95	0,11	5,91	67,01	2,29	58,71	6,30	5,50	5,90
S1C1F1H1	0,93	1,19	0,48	0,07	4,32	2,12	6,99	2,30	0,14	9,29	75,24	1,00	69,32	5,70	5,10	5,40
S1C1F2H1	0,93	2,46	0,48	0,05	4,64	1,64	6,81	1,73	0,13	8,54	79,74	0,73	73,54	6,00	5,50	5,80
S10C1F0H0	0,12	0,52	0,42	7,66	1,02	0,32	9,42	0,17	0,01	9,59	98,23	81,32	13,97	9,70	7,80	9,10
S10C1F1H0	0,31	1,31	0,28	3,67	4,96	1,60	50,51	0,33	0,09	50,84	99,35	7,26	91,58	7,80	7,10	7,50
S10C1F2H0	0,21	1,32	0,27	2,41	91,20	2,40	96,26	0,46	0,14	96,72	99,52	2,50	96,77	7,70	7,00	7,40
S10C1F0H1	0,14	0,86	0,35	7,93	1,00	1,40	10,73	0,24	0,09	10,97	97,81	74,37	21,88	9,60	7,90	8,80
S10C1F1H1	0,28	2,06	0,20	3,13	49,76	0,32	53,41	0,14	0,01	53,55	99,74	5,86	93,52	7,90	7,40	7,70
S10C1F2H1	0,21	3,02	0,23	3,02	86,16	0,68	90,29	0,78	0,14	91,07	99,14	3,34	55,57	7,80	7,40	7,70
S32C1F0H0	0,83	0,54	0,28	0,06	2,64	0,79	3,77	2,35	0,11	6,12	61,60	2,00	56,00	5,90	5,20	5,40
S32C1F1H0	0,68	0,44	0,17	0,04	9,68	0,32	10,21	2,14	0,14	12,35	82,67	0,40	80,97	5,50	5,00	5,20
S32C1F2H0	0,72	0,80	0,21	0,02	16,40	0,40	17,03	2,14	0,14	19,17	88,84	0,12	87,64	5,40	5,00	5,20
S32C1F0H1	0,72	1,45	0,21	0,05	2,16	1,78	4,20	1,92	0,16	6,12	68,63	1,00	64,38	5,60	5,00	5,20
S32C1F1H1	0,87	0,67	0,31	0,04	8,64	0,88	9,87	2,47	0,15	12,34	79,98	0,41	77,15	5,20	4,70	5,00
S32C1F2H1	0,93	1,75	0,25	0,02	12,24	0,52	13,03	1,76	0,16	14,79	88,10	0,15	86,27	5,00	4,70	5,00
S10C2F0H0	0,93	0,94	0,48	0,12	2,14	0,22	2,96	1,82	0,14	4,78	61,92	4,05	49,37	6,00	5,60	5,80
S10C2F1H0	1,03	1,12	0,49	0,11	4,24	1,20	6,04	1,73	0,21	7,77	77,73	1,82	70,01	6,00	5,70	5,80
S10C2F2H0	1,24	1,20	0,46	0,07	4,72	1,44	6,69	2,11	0,11	8,80	76,02	1,05	70,00	6,00	5,30	5,60
S10C2F0H1	0,78	1,14	0,43	0,07	2,22	1,24	3,96	2,21	0,13	6,17	64,18	2,00	56,08	6,00	5,30	5,50
S10C2F1H1	0,83	0,98	0,42	0,06	4,32	1,96	6,76	2,03	0,11	8,79	76,91	1,00	71,44	5,90	5,30	5,50
S10C2F2H1	0,98	2,55	0,38	0,05	4,61	1,88	6,92	1,76	0,16	8,68	79,72	0,72	74,77	5,90	5,30	5,50
S10C2F0H0	0,15	0,75	0,35	5,04	1,04	0,29	6,72	0,25	0,09	6,97	96,41	75,00	19,94	10,00	8,20	9,40
S10C2F1H0	0,32	3,00	0,29	4,12	45,76	0,64	50,81	0,29	0,11	51,10	99,43	8,11	90,80	7,80	7,30	7,70
S10C2F2H0	0,26	1,27	0,27	3,19	92,80	1,60	97,86	0,48	0,16	98,34	99,51	3,26	95,99	7,70	7,30	7,70
S10C2F0H1	0,14	0,65	0,35	5,13	0,79	1,19	7,46	0,18	0,04	7,64	97,64	68,76	25,01	9,80	8,30	9,30
S10C2F1H1	0,26	1,15	0,24	3,67	52,76	1,80	58,47	0,37	0,13	58,84	99,37	6,28	92,73	7,80	7,30	7,70
S10C2F2H1	0,30	3,12	0,21	3,27	90,64	0,88	95,00	0,78	0,14	95,78	99,19	3,44	95,55	7,80	7,20	7,60
S32C2F0H0	0,83	1,41	0,35	0,02	2,40	0,70	3,65	1,98	0,14	5,63	64,83	5,48	55,16	5,80	5,10	5,30
S32C2F1H0	0,98	0,69	0,20	0,02	7,20	0,32	7,75	2,27	0,11	10,02	77,34	0,39	75,05	5,40	5,00	5,20
S32C2F2H0	0,67	0,60	0,21	0,02	18,56	0,40	19,19	2,27	0,19	21,46	80,42	0,10	88,35	5,20	4,80	5,00
S32C2F0H1	0,82	0,70	0,30	0,06	2,44	1,56	4,36	2,11	0,11	6,47	67,39	1,38	61,82	6,30	5,40	5,50
S32C2F1H1	0,52	0,77	0,20	0,04	3,14	0,49	8,87	2,05	0,13	10,92	81,22	0,45	79,03	5,50	5,00	5,10
S32C2F2H1	0,72	0,67	0,20	0,03	13,35	0,24	13,83	2,00	0,16	15,63	87,36	0,22	85,91	5,40	4,90	5,10

S1-solo-1; S10-solo-10; S32-solo-32; C1-cultivar Ipean V-69; C2-cultivar Ix 1836-0133; F0=ausência de fosforo; F1=dose-1; F2=dose-2; IQ=ausência de magnésio; I1=presença de magnésio.

4.3. Determinações químicas do extrato de saturação dos solos

4.3.1. Análise química do extrato de saturação antes da aplicação do fosfogesso

Antes de ser fornecido o fosfogesso foram determinadas as concentrações de cátions e ânions solúveis em água, pH, condutividade elétrica (CE), relação de adsorção de sódio (RAS), percentagem de sódio trocável (PST) e classificados os solos quanto a salinidade e alcalinidade.

Uma análise da tabela 3 permite afirmar que os solos 1 e 32 são normais, enquanto o solo-10 é salino-sódico e totalmente inviável para a agricultura irrigada, caso não haja um tratamento que reduza o seu elevado teor de sódio trocável.

Os valores de $PST > 15\%$ e de $pH > 8,5$ caracterizariam o solo-10 como sódico (tabela 3) caso a condutividade elétrica fosse inferior a 4,00 mmhos/cm. Entretanto, esse solo apresenta em condições normais $CE > 22$ mmhos/cm, $PST > 97\%$ e $pH > 10$ o que lhe conferem características de um solo salino-sódico (RICHARDS, 1954 e MASSOUD, 1971). Evidentemente, as altas concentrações de cloreto e de sódio são os principais responsáveis pela tão elevada condutividade elétrica e as de carbonato e bicarbonato pelo alto pH (DAKER, 1970).

O maior problema do solo-10 é a quantidade de

sódio superior a soma dos ânions cloreto, carbonato e bicarbonato e conter muito baixas concentrações de cálcio e magnésio solúveis. Essas adversidades refletem-se na formação de camadas de impedimento para o movimento livre da água e ar, afetam o crescimento do sistema radicular e tornam mais ativos os efeitos tóxicos e osmóticos dos sais às plantas (GARCIA, 1977).

Observa-se ainda na tabela 3 que a soma de cations ou de ânions dos solos 1 a 32 equivalem, em média, a 10 vezes a condutividade elétrica do extrato, concordando com RICHARDS (1954) e DAKER (1970). A mesma tendência não foi obedecida para o solo-10. Tal comportamento é mostrado também por PEREIRA (1981) que, ao analisar 60 amostras de solos com características semelhantes aos usados neste trabalho e pertencentes ao mesmo perímetro irrigado, verificou que nos solos normais e salinos, na maioria das vezes, a soma de cations foi igual a 10 CE. Enquanto nos solos altamente concentrados em sódio essa proporção nem sempre foi obedecida.

As quantidades de cálcio e magnésio solúveis do solo-32 são inferiores aos do solo-1, porém o conteúdo de sódio corresponde quase ao dobro de Ca^{++} e Mg^{++} e constitui preocupação quanto aos riscos de sais em culturas irrigadas; mesmo tratando-se de um solo normal, como revelaram os dados do extrato de saturação da tabela 3. Dessa maneira, nota-se que apesar do solo-32 mostrar-se promissor, através dos dados da referida tabela, às práticas de irrigação, torna-se conve-

niente salientar que o mesmo não é mais explorado pela equipe técnica do perímetro. Como o solo 10, que também já foi abandonado, isto é, não tem nenhuma importância agrícola devido aos excessos de sais. O fato de todas as amostras terem sido colhidas entre 0 e 30 cm de profundidade é possível que, após essa espessura, a concentração de sais solúveis e de sódio desse solo seja bastante elevada. E por ser o solo-32 muito arenoso o sódio provocou dispersão das argilas na camada superior e as sucessivas aplicações de água devem ter provocado carreamento dos íons para as camadas mais profundas do perfil.

4.3.2. Análise química do extrato de saturação cinquenta dias após a aplicação do fosfogesso

Comparando os dados da tabela 3 e os da tabela 6, observa-se que a água reduziu sensivelmente os conteúdos salinos dos solos, no período de cinquenta dias. Quanto aos solos 1 e 32 não constatou-se efeito da água na diminuição da permeabilidade, tendo em vista que o volume foi basicamente o mesmo para todas as lixiviações, ou seja, em torno de 1100 ml para o primeiro e 800 ml para o segundo. Com respeito ao solo-10, apesar da grande redução de sódio e dos ânions carbonato, bicarbonato e cloreto, refletindo-se numa queda sensível da condutividade elétrica (tabelas 3 e 6), a água influenciou no decréscimo da porcentagem de sódio trocável. Provocou também extrema diminuição da permeabilidade do solo que, já era

lenta e, foi reduzida a zero, indicando que seu efeito nesse solo foi muito mais de agente dispersante, como discutiram REEVE e BOWER (1960), ISRAELSEN (1963) e CAJUSTE (1977).

Ao comparar os dados das tabelas 3 a 6 verifica-se que a água quase não influenciou na diminuição de pH para todos os solos. Os efeitos foram mais evidentes na diminuição da CE de 0,80 para 0,47 mmhos/cm no solo-1, de 1,01 para 0,43 mmhos/cm e PST de 7,87 para 2,97% no solo-32 e de 22,61 para 3,75 mmhos/cm e PST de 97,60 para 82,99% no solo-10 respectivamente, no período de cinquenta dias.

A presença de fosfogesso induziu aos solos diminuição de sódio, cloreto, carbonato e bicarbonato, especialmente no solo-10 que era mais concentrado nesses íons, e aumento considerável de cálcio e sulfato, resultados coerentes com PEREIRA et alii (1980) ao verificarem que o gesso reduziu os teores iônicos de um solo salino-sódico. Como já mencionado nos teores trocáveis (tabelas 2 e 4), observa-se também aumento de magnésio solúvel (tabelas 3 e 6) entre os solos não tratados e tratados com o fosfogesso; a tendência mostrou-se aumentar com a dose do corretivo fornecido.

O fosfogesso proporcionou aumento de condutividade elétrica para os solos 1 e 32 e decréscimo no solo-10. O aumento dos teores de cálcio e magnésio indicam serem os responsáveis pelo aumento da CE no solo-1. Além dessas vantagens são observadas também a redução de sódio no solo-32 resultando no aumento da condutividade elétrica, mas sem riscos

de tornar o solo-1 salino ou agravar os problemas do solo-32. Quanto ao solo-10, que era inicialmente o mais crítico, o corretivo reduziu drásticamente os níveis de sódio, cloreto, bicarbonato, reduziu a quase zero (traços) os conteúdos de carbonato e elevou a níveis muito altos as concentrações de cálcio e sulfato. Como consequência os valores de CE baixaram de 22,61 (tabela 3) para 3,97 e 4,20 mmhos/cm (tabela 6) cinquenta dias depois de aplicado o corretivo. Comportamento também constatado por RASMUSSEN et alii (1972) e HARKER et alii (1977) estando os efeitos do gesso na redução de sódio trocável de solos sódicos.

A adição do corretivo diminuiu as grandes inconveniências dos solos 10 e 32. Pelo exposto, mostrou adequada eficiência na correção dos solos com problemas de sais e de sódio, principalmente porque possui em média 68% de sulfato de cálcio dihidratado (gesso). Apesar de não ter reduzido a PST do solo-10 a níveis inferiores a 15% e o pH a valores abaixo de 8,0, no período de cinquenta dias depois de incorporado aos solos, percebe-se grande diferença entre os dados das tabelas 3 e 6 respectivamente. Das mesmas tabelas observa-se ainda aumento de cálcio solúvel, porém o fornecimento da dose-2 não resultou no dobro de cálcio correspondente a dose-1, como observado para os teores trocáveis (tabelas 2 e 5). Possivelmente essa diferença entre os teores trocáveis e solúveis se deva a baixa solubilidade do gesso, ou seja, nem todo cálcio do solo encontrava-se na forma solúvel, no período de cinquenta dias de solubilização.

4.3.3. Análise química do extrato de saturação após a colheita

Nos solos 1 e 32 não tratados com fosfogesso (tabela 7), a água pouco influenciou na redução de pH, independentemente da ausência ou presença de 1 meq Mg^{++} /100g e da presença de uma ou outra cultivar. As diminuições desse elemento foram mais acentuadas no solo-32 que, por sua mais arenoso (tabela 1) deve ter sofrido, qualitativamente, mais as perdas por lixiviação; uma vez que quantitativamente as perdas do solo-10 foram bastantes superiores, como mostram as tabelas 3, 6 e 7 nos respectivos períodos considerados. Como também observa-se que a água não reduziu a PST do solo-10 aos índices inferiores a 15% que são valores tolerados pela maioria das plantas cultivadas (RICHARDS, 1954 e BERNSTEIN, 1964).

Do ponto de vista de salinidade e alcalinidade (tabela 7) nota-se que o fosfogesso contribuiu para a elevação da condutividade elétrica dos solos 1 e 32, redução da relação de adsorção de sódio, percentagem de saturação de sódio, pH em água, teores de cloreto, carbonato e bicarbonato e aumento de cálcio e sulfato em todos os solos.

No solo-10, que era inicialmente o mais concentrado em todos os íons exceto cálcio e magnésio, os efeitos do corretivo foram mais evidentes. Além da diminuição da CE, PST, RAS e pH, o fosfogesso contribuiu para a redução da percentagem de sódio trocável a índices inferiores a 10%, que

é bastante desejável, e pH a valores até abaixo de 8. Outro aspecto importante, além dos já mencionados, foi melhorar satisfatoriamente a condutividade hidráulica dos solos, especialmente do solo-10, tendo em vista o volume de água para o início da drenagem ter sido de 1600 ml nas primeiras lixiviações e de aproximadamente 800 ml nas lixiviações finais. E ainda proporcionar aumento de cálcio e sulfato, ao ponto de provocar nos solos 10 e 32 extremo desequilíbrio de cálcio com magnésio e potássio e de sulfato em relação aos demais ânions solúveis.

A adição de 1 meq Mg^{++} /100 g de modo geral, refletiu-se, após 160 dias em aumento considerável de magnésio (tabela 7), particularmente no solo-10 que inicialmente (tabela 3) era o menos concentrado nesse elemento, a tendência foi aumentar com a dose de fosfogesso fornecida em todos os solos, exceto no solo-32 com a cultivar-C₂.

Os menores teores de Mg^{++} referem-se ao solo-32 nos tratamentos que receberam sulfato de magnésio, fundamentalmente quando mantidos com a cultivar-C₂ em relação a cultivar-C₁; esse comportamento também foi observado para o solo-1. Ao passo que no solo-10 os maiores teores de magnésio estão para os tratamentos com sulfato de magnésio e a cultivar-C₂.

Nos solos 10 e 32, que receberam maiores quantidades do corretivo, nota-se que os teores de cálcio após a

Tabela 6. Análise química do extrato de saturação dos solos, cinquenta dias após a aplicação do fosfogesso.

Parâmetros	SOLO									
	1					2				
	0	1	2	0	1	2	0	1	2	
pH	6,90	6,10	6,10	9,90	8,40	8,30	6,00	5,90	5,90	5,90
CE 25°C (mmhos/cm)	0,47	1,84	2,20	3,75	3,96	4,20	0,43	2,90	3,00	3,00
Ca ⁺⁺ (meq/l)	0,95	12,70	14,60	0,11	23,30	26,80	0,90	27,50	28,10	28,10
Mg ⁺⁺ (meq/l)	0,91	4,80	5,90	0,11	2,40	3,90	0,40	3,60	4,20	4,20
Na ⁺⁺ (meq/l)	1,90	1,67	1,59	54,09	38,30	34,65	1,62	1,54	1,48	1,48
K ⁺ (meq/l)	0,70	1,57	1,65	0,10	0,10	0,10	1,16	2,94	2,75	2,75
Soma de cátions	4,46	20,74	24,06	54,41	64,10	65,45	4,08	39,66	36,53	36,53
RAS (mmol/l) ^{1/2}	1,97	0,56	0,60	230,64	10,68	9,15	2,01	0,39	0,37	0,37
PST (%)	2,75	-	-	82,99	17,57	15,29	2,92	-	-	-
Cl ⁻ (meq/l)	1,50	1,30	1,30	19,46	7,00	4,00	1,90	2,00	1,00	1,00
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	1,10	1,10	1,00	14,62	6,50	3,24	1,10	1,00	0,90	0,90
CO ₃ ⁻ (meq/l)	-	-	-	8,66	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁻ (meq/l)	1,84	19,12	22,16	11,45	52,42	56,95	1,22	36,17	36,48	36,48
Soma de ânions	4,44	21,52	24,46	54,19	65,92	64,19	4,22	39,17	38,38	38,38
Classificação	Normal	Normal	Normal	Sódico	Sódico	Sal.sód.	Normal	Normal	Normal	Normal

0 = dose-0, ausência de fosfogesso; 1 = dose-1 100% de NG; 2 = dose-2, 200% de NG.

CE = condutividade elétrica; RAS = relação de adsorção de sódio; PST = percentagem de sódio trocável.

Tabela 7. Análise química do extrato de saturação dos solos imediatamente após a colheita, 160 dias após a aplicação do fosfogeno.

Tratamentos	pH	CE250C (mmhos/cm)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ meq/l	K ⁺	SC	RAS (mmol/l) ^{1/2}	PST %	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻ (meq/l)	SO ₄ ⁻	SA
S1C1F0H0	6,40	0,33	0,84	0,61	0,71	1,20	3,36	0,84	0,43	0,80	0,78	-	1,63	3,21
S1C1F1H0	6,00	1,08	7,92	1,33	0,55	0,88	10,58	0,26	-	0,68	0,65	-	9,01	10,34
S1C1F2H0	6,00	1,31	9,54	1,82	0,35	1,15	12,86	0,15	-	0,50	0,48	-	11,92	12,90
S1C1F0H1	5,70	0,79	0,88	4,61	0,60	1,30	7,39	0,36	-	0,91	0,90	-	5,48	7,29
S1C1F1H1	5,50	1,65	8,00	7,33	0,52	1,60	17,45	0,19	-	0,70	0,70	-	16,78	18,18
S1C1F2H1	5,40	1,78	9,58	7,41	0,41	1,30	18,70	0,14	-	0,45	0,40	-	18,42	19,27
S10C1F0H0	9,70	3,90	0,20	0,42	34,14	2,25	37,01	60,96	56,40	10,00	9,22	3,14	10,31	32,67
S10C1F1H0	8,20	5,84	30,18	4,06	22,18	0,65	57,07	5,36	9,11	5,20	3,50	-	56,01	64,71
S10C1F2H0	8,10	6,71	42,21	5,40	17,52	0,65	65,78	3,59	5,90	2,60	2,10	-	62,33	67,03
S10C1F0H1	9,40	3,98	0,20	3,07	36,41	2,21	41,89	28,45	37,12	10,40	9,01	2,98	17,84	40,23
S10C1F1H1	8,00	6,31	33,60	5,30	23,17	0,61	62,68	5,25	8,92	5,40	2,75	-	58,53	66,68
S10C1F2H1	7,90	7,00	41,60	7,10	18,49	0,62	67,72	3,75	6,20	3,00	2,25	-	61,98	67,23
S32C1F0H0	6,00	0,34	1,40	0,67	0,58	0,71	3,36	0,57	-	1,05	1,01	-	1,04	3,10
S32C1F1H0	5,80	3,41	30,41	2,80	0,48	0,64	33,33	0,12	-	0,70	0,70	-	37,22	38,62
S32C1F2H0	5,70	4,16	39,55	2,70	0,29	0,68	43,22	0,06	-	0,60	0,55	-	42,14	43,29
S32C1F0H1	5,40	0,50	1,22	2,00	0,40	0,96	4,58	0,31	-	0,90	0,90	-	2,92	4,72
S32C1F1H1	5,20	3,67	32,49	2,90	0,35	1,41	37,15	0,08	-	0,60	0,58	-	38,27	39,45
S32C1F2H1	5,20	3,98	35,51	3,50	0,20	1,42	40,63	0,05	-	0,50	0,43	-	41,35	42,28
S6C2F0H0	6,40	0,35	0,79	0,64	0,65	1,52	3,60	0,77	0,28	0,82	0,80	-	1,98	3,60
S6C2F1H0	6,10	1,10	8,12	1,00	0,61	1,21	10,94	0,29	-	0,75	0,71	-	9,38	10,84
S6C2F2H0	6,00	1,32	9,71	1,20	0,43	1,23	12,57	0,18	-	0,40	0,38	-	11,58	12,36
S1C2F0H1	5,70	0,71	0,78	4,33	0,55	1,56	7,32	0,34	-	0,80	0,79	-	6,03	7,62
S1C2F1H1	5,40	1,65	7,59	7,41	0,51	1,34	16,85	0,19	-	0,72	0,66	-	15,86	17,24
S1C2F2H1	5,30	1,78	9,20	6,21	0,40	1,54	17,35	0,14	-	0,42	0,40	-	17,33	18,15
S10C2F0H0	9,80	3,70	0,20	0,41	33,51	2,31	36,43	60,93	56,13	11,96	11,33	3,65	9,12	35,02
S10C2F1H0	8,10	5,71	29,61	3,96	21,94	0,51	56,32	5,35	9,06	5,50	3,00	-	56,39	64,89
S10C2F2H0	8,00	6,40	41,60	4,45	16,99	0,55	63,59	3,54	5,81	3,02	2,25	-	61,98	67,25
S10C2F0H1	9,40	3,69	0,20	2,31	33,17	2,42	38,10	29,62	38,08	10,86	10,38	3,00	14,52	38,76
S10C2F1H1	8,10	7,01	35,42	9,31	22,25	0,62	67,60	4,70	7,93	5,58	3,20	-	58,32	67,10
S10C2F2H1	8,00	7,32	43,51	10,11	19,79	0,68	74,06	3,82	6,33	2,98	2,98	-	67,81	73,60
S32C2F0H0	5,90	0,32	1,25	0,66	0,70	0,74	3,35	0,71	0,16	1,04	0,97	-	1,08	3,09
S32C2F1H0	5,70	3,41	29,85	2,10	0,30	1,01	33,26	0,06	-	0,55	0,53	-	32,15	33,23
S32C2F2H0	5,60	4,21	39,43	2,70	0,20	0,68	43,01	0,04	-	0,50	0,48	-	42,19	43,17
S32C1F0H1	5,40	0,34	1,38	0,67	0,46	1,01	3,52	0,46	-	0,84	0,80	-	2,00	3,64
S32C1F1H1	5,10	3,22	30,18	1,52	0,33	1,20	33,23	0,08	-	0,60	0,55	-	33,12	34,27
S32C1F2H1	5,00	3,86	36,55	1,60	0,30	0,82	39,27	0,07	-	0,45	0,43	-	39,09	39,97

S1=solo-1; S10=solo-10; S32=solo-32; C1=cultivar Ipean V-69; C2=cultivar Ix 1836-0130; M0=ausência de magnésio; M1=presença de magnésio; F0=ausência de fosfogeno; F1=dose-1; F2=dose-2; SC=soma de cátions; SA=soma de ânions; RAS=relação de adsorção de sódio; PST=percentagem de sódio trocável.

colheita foram superiores àqueles obtidos cinquenta dias depois da aplicação do fosfogesso (tabela 6). Observa-se também maior amplitude das concentrações, entre as doses 1 e 2 fornecida a cada solo, da tabela 7 para a tabela 6. Essa tendência evidencia que o material incorporado aos solos continuou se solubilizando ao longo do tempo, como discutiram PIZARRO (1978) e SILVA (1978).

Comparando os dados da tabela 3 (antes da aplicação do fosfogesso) com os da tabela 6 (cinquenta dias após a aplicação) e com os da tabela 7 (após a colheita, ou 160 dias após a aplicação) constata-se que cinquenta dias depois de iniciados os tratamentos, o solo-10 teve a percentagem de sódio trocável (PST) reduzido de 97,60% (tabela 3) para 17,57 e 15,29% (tabela 6) e finalmente para valores até inferiores a 6% (tabela 7). Quanto aos demais solos a percentagem de sódio trocável foi reduzida a níveis muito baixos (tabela 6), cinquenta dias depois de iniciados os tratamentos com o corretivo.

Pelo exposto a eficiência do fosfogesso no deslocamento de sódio trocável dos solos foi considerada boa, apesar da pequena diferença entre as respectivas doses 1 e 2 fornecidas.

4.4. Determinações químicas das soluções lixiviadas

Estudos sobre redução de sais solúveis e de sódio

dio trocável, na grande maioria dos casos, têm sido realizados com base nos dados do extrato de saturação e do conteúdo de sódio trocável dos solos. As determinações são efetuadas antes de iniciarem-se os tratamentos com água ou corretivo químico e após determinado período, que pode variar de duas semanas até anos de observações, como no caso do gesso (RICHARDS, 1954; SILVA, 1978; OSTER e FRENKEL, 1980 e além de muitos outros PEREIRA et alii, 1980).

Conhecidas as características (tabelas 2 e 3) as doses 1 e 2 de fosfogesso foram incorporadas aos solos, e cinco lixiviações foram realizadas: imediatamente após a aplicação do corretivo, dez, vinte, trinta e cinquenta dias depois de iniciados os tratamentos. O volume de água aplicado, para extrair-se 250 ml de solução de cada vaso, variou de 1.200 a 1.100 ml (solo-1), de 1.600 para até 800 ml (solo-10) e de 900 para 800 ml (solo-32). Nos solos 1 e 32 a partir da segunda lixiviação (10 dias) o volume de água não variou para obtenção do mesmo volume da solução lixiviada. Enquanto no solo-10 os tratamentos com ausência de fosfogesso apresentaram sérios problemas de dispersão; naqueles com a presença do corretivo o volume de água foi reduzido no mínimo em 50%, isso refletiu-se numa melhoria da condutividade hidráulica do solo, como evidenciaram KHOSLA et alii (1979), OSTER e FRENKEL (1980).

Os resultados de pH, condutividade elétrica, conteúdos de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, carbona

to, bicarbonato e sulfato, bem como os parâmetros relação de adsorção de sódio, soma de cátions e soma de ânions estão distribuídos nas tabelas 8, 9, 10, 11 e 12 respectivamente.

Com respeito a primeira lixiviação nos solos não tratados, observa-se que a água proporcionou grande carreamento dos sais, o que é fundamentado na comparação dos dados de condutividade elétrica e soma de cátions de extrato de saturação (tabela 3) com os das soluções lixiviadas (tabela 8). Verifica-se que no solo-1 a CE aumentou de 0,80 para 1,60; a soma de cátions de 7,52 para 15,95; no solo-10 a CE aumentou de 22,61 para 69,80; a soma de cátions de 812,99 para 2.461,99 e no solo-32 a CE aumentou de 1,01 para 1,90 mmhos/cm; a soma de cátions de 9,07 para 9,81 miliequivalentes grama por litro de solução. O comportamento pelos solos aqui está coerente com CAVALCANTE (1980) ao verificar que a condutividade elétrica e a soma de cátions das soluções drenadas de dois solos irrigados da Paraíba, foram superiores aos mesmos parâmetros do extrato de saturação.

Considerando-se os dados das cinco lixiviações para os solos não tratados com fosfogesso (tabelas 8, 9, 10, 11 e 12), vê-se que a condutividade elétrica baixou de 1,60 para 0,55; a soma de cátions de 15,95 para 5,60 (solo-1); de 69,80 para 11,62 e de 2.461,49 para 272,30 (solo-10), de 1,90 para 0,44 mmhos/cm e de 9,81 para 4,43 meq/l (solo-32) da primeira para a quinta e última lixiviação.

O solo-32 apesar de apresentar conteúdo de sô-

dio solúvel superior ao solo-1 (tabela 3) os seus teores nas soluções drenadas foram inferiores em todas as lixiviações, possivelmente essa diferença seja atribuída ao fato do solo - 32 exigir menor volume de água, para atingir a saturação da pasta (tabela 3), já que a quantidade de TFSA foi a mesma para os três solos. Partindo desse princípio parece coerente que a quantidade de sódio em 250 gramas de TFSA do solo-32 seja inferior ao do solo-1, porém esse solo requer maior volume de água para atingir o ponto de saturação da pasta e poderá exibir menor concentração de cátions no extrato saturado que o solo-32.

Nos solos 1 e 32, que são bastante arenosos, os dados mostram que os sais podem ser lixiviados com a própria água de irrigação, porém essa prática exige adequadas condições de drenagem dos solos, água de qualidade aceitável para irrigação e fertilização após o processo de lavagem (RICHARDS, 1954 e RHODES, 1968). Entretanto, deve considerar-se que no presente trabalho foram coletadas amostras apenas até a profundidade de 30 cm e para se fornecer uma sugestão mais concreta deve-se analisar toda a profundidade do perfil dos solos.

Quanto ao solo-10 essa técnica de lixiviação de sais é inviável sobre vários aspectos. Além de muito concentrado em sódio e cloreto, íons também responsáveis pela alta CE, é rico em carbonato e bicarbonato, ânions responsáveis pelo elevado pH. O tratamento desse tipo de solo com água, que

Tabela 8. Valores determinados nas soluções drenadas da primeira lixiviação, imediatamente após a aplicação do corretivo.

Parâmetros	SOLO											
	1		10		32							
	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
pH	6,90	6,10	6,00	10,30	8,90	8,80	5,60	5,50	5,50	5,60	5,50	5,50
CE 25°C (mmhos/cm)	1,60	3,51	4,00	69,80	62,88	63,66	0,90	3,15	3,40	0,90	3,15	3,40
Ca ⁺⁺ (meq/l)	5,67	15,51	16,58	0,10	59,79	61,43	4,94	18,45	18,79	4,94	18,45	18,79
Mg ⁺⁺ (meq/l)	1,91	3,76	4,03	0,12	0,82	0,89	1,54	3,97	3,47	1,54	3,97	3,47
Na ⁺ (meq/l)	6,16	10,72	12,42	2461,09	2027,76	2090,12	1,54	2,89	5,34	1,54	2,89	5,34
K ⁺ (meq/l)	2,21	4,03	4,52	0,18	0,26	0,27	1,79	5,98	4,39	1,79	5,98	4,39
SC (meq/l)	15,95	34,02	37,55	2461,49	2088,63	2152,71	9,81	31,29	31,99	9,81	31,29	31,99
RAS (mmol/l) ^{1/2}	3,16	3,45	3,36	7420,47	368,35	374,43	0,86	0,85	1,60	0,86	0,85	1,60
Cl ⁻ (meq/l)	6,10	9,02	9,22	1215,80	635,00	742,50	5,52	9,86	6,03	5,52	9,86	6,03
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	6,22	6,64	7,77	625,00	17,93	19,00	2,12	1,66	1,50	2,12	1,66	1,50
CO ₃ ²⁻ (meq/l)	-	-	-	553,00	4,35	4,03	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ²⁻ (meq/l)	3,87	16,36	19,44	16,72	27,39	47,49	1,78	17,89	22,52	1,78	17,89	22,52
SA (meq/l)	16,19	32,02	36,43	2410,52	684,67	813,02	9,42	29,41	30,05	9,42	29,41	30,05

0 = dose-0, ausência de fosfogeno; 1 = dose-1, 100% de NG; 2 = dose-2, 200% de NG.

CE = condutividade elétrica; RAS = relação de adsorção de sódio; SC = soma de cátions;

SA = soma de ânions; NG = necessidade de gesso.

Tabela 9. Valores determinados nas soluções drenadas da segunda lixiviação, dez dias após a aplicação do corretivo.

Parâmetros	SOLO											
	1				10				32			
	0	1	2	7,30	0	1	2	8,40	0	1	2	7,20
pH	7,50	7,30	7,30	7,30	10,30	8,70	8,40	7,30	7,20	7,20	7,20	7,20
CE 25°C (minhos/cm)	0,44	1,60	1,80	1,80	31,50	34,45	35,55	0,25	1,15	1,15	1,40	1,40
Ca ⁺⁺ (meq/l)	0,75	3,70	4,05	4,05	0,30	10,70	12,60	0,70	6,50	6,50	8,70	8,70
Mg ⁺⁺ (meq/l)	0,90	4,00	5,75	5,75	1,30	3,10	1,90	0,65	2,20	2,20	2,75	2,75
Na ⁺ (meq/l)	1,40	6,11	4,26	4,26	1283,32	1508,32	2194,66	0,39	0,40	0,40	0,39	0,39
K ⁺ (meq/l)	0,78	1,91	2,40	2,40	0,12	0,20	0,23	0,74	0,95	0,95	1,05	1,05
SC (meq/l)	3,83	15,72	16,46	16,46	1285,04	1522,32	2209,39	2,48	10,05	10,05	12,89	12,89
RAS (mmol/l) ^{1/2}	1,54	3,11	1,92	1,92	1434,79	574,21	815,08	0,47	0,19	0,19	0,16	0,16
Cl ⁻ (meq/l)	1,29	1,20	1,25	1,25	364,09	344,09	360,00	0,47	0,45	0,45	0,40	0,40
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	0,77	0,39	0,14	0,14	282,92	11,92	14,10	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30
CO ₃ ⁻ (meq/l)	-	-	-	-	269,09	1,75	1,71	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁻ (meq/l)	1,60	15,62	16,28	16,28	32,26	35,55	57,65	2,23	9,78	9,78	11,62	11,62
SA (meq/l)	3,66	17,21	17,67	17,67	948,36	393,31	433,46	2,95	10,53	10,53	12,32	12,32

0 = dose-0, ausência de fosfógeno; 1 = dose-1, 100% de NG; 2 = dose-2, 200% de NG;
 CE = condutividade elétrica; RAS = relação de adsorção de sódio; SC = soma de cátions;
 SA = soma de ânions; NG = necessidade de gesso.

Tabela 10. Valores determinados nas soluções drenadas da terceira lixiviação, vinte dias após a aplicação do corretivo.

Parâmetros	SOLO											
	1				10				32			
	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
pH	7,60	7,30	7,30	10,30	8,70	8,40	7,20	7,00	7,00	7,20	7,00	7,00
CE 25°C (mmhos/cm)	0,51	1,61	2,20	28,83	25,30	27,66	0,32	2,80	2,79	0,32	2,80	2,79
Ca ⁺⁺ (meq/l)	1,36	8,00	10,20	0,20	21,53	21,87	0,50	17,80	19,93	0,50	17,80	19,93
Mg ⁺⁺ (meq/l)	1,31	4,13	6,87	0,10	4,87	4,86	1,70	7,07	5,07	1,70	7,07	5,07
Na ⁺ (meq/l)	1,22	1,94	2,89	1527,76	1061,11	1261,09	0,31	0,37	0,34	0,31	0,37	0,34
K ⁺ (meq/l)	0,78	1,32	1,87	0,14	0,16	0,22	0,66	1,27	1,02	0,66	1,27	1,02
SC (meq/l)	4,67	15,39	21,83	1528,20	1087,67	1288,04	3,17	26,51	26,36	3,17	26,51	26,36
RAS (mmol/l) ^{1/2}	1,06	0,78	1,00	3944,66	292,06	344,95	0,30	0,10	0,10	0,30	0,10	0,10
Cl ⁻ (meq/l)	1,00	0,60	0,87	418,33	223,33	246,67	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	0,80	0,80	0,60	631,67	9,13	9,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
CO ₃ ²⁻ (meq/l)	-	-	-	471,67	1,13	1,00	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ²⁻ (meq/l)	2,76	11,92	18,63	36,54	41,58	47,48	2,14	22,65	25,04	2,14	22,65	25,04
SA (meq/l)	4,56	13,32	20,10	1558,21	275,17	304,65	3,04	23,55	25,94	3,04	23,55	25,94

0 = dose-0, ausência de fosfógeno; 1 = dose-1, 100% de NG; 2 = dose-2, 200% de NG
 CE = condutividade elétrica; RAS = relação de adsorção de sódio; SC soma de cátions;
 SA = soma de ânions; NG = necessidade de gesso.

Tabela 11. Valores determinados nas soluções drenadas da quarta lixiviação, trinta dias após a aplicação do corretivo.

Parâmetros	SOLO											
	1		10		32		1		2			
	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
pH	7,40	7,10	7,00	10,20	8,60	8,40	7,00	6,70	6,60			
CE 25°C (mmhos/cm)	0,49	1,44	1,73	19,53	21,99	23,05	0,40	3,05	3,50			
Ca ⁺⁺ (meq/l)	1,10	8,00	9,93	0,15	22,27	23,53	1,57	20,93	23,13			
Mg ⁺⁺ (meq/l)	1,13	3,27	4,01	0,10	3,33	2,03	1,10	7,47	8,60			
Na ⁺ (meq/l)	1,73	1,63	1,97	599,99	727,77	788,88	0,35	0,43	0,36			
K ⁺ (meq/l)	1,05	1,39	1,59	0,10	0,12	0,14	0,78	1,58	1,38			
SC (meq/l)	5,01	14,29	17,50	600,34	753,49	814,58	3,80	30,41	33,47			
RAS (mmol/l) ^{1/2}	1,63	0,68	0,75	1697,03	203,42	220,67	0,30	0,11	0,10			
Cl ⁻ (meq/l)	1,00	0,60	0,60	150,00	141,00	175,00	0,40	0,40	0,40			
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	1,00	1,00	0,30	305,00	8,25	8,80	0,50	0,50	0,50			
CO ₃ (meq/l)	-	-	-	210,00	1,00	0,75	-	-	-			
SO ₄ ⁻ (meq/l)	2,45	9,44	11,99	19,66	45,92	48,41	1,57	24,66	29,41			
SA (meq/l)	4,45	11,04	12,89	684,66	196,17	232,46	2,47	25,66	30,31			

0 = dose-0, ausência de fosfogesso; 1 = dose-1, 100% de NG; 2 = dose-2, 200% de NG;

CE = condutividade elétrica; RAS = relação de adsorção de sódio; SC = soma de cátions

SA = soma de ânions; NG = necessidade de gesso

Tabela 12. Valores determinados nas soluções drenadas da quinta lixiviação, cinquenta dias após a aplicação do corretivo.

Parâmetros	SOLO									
	1			10			32			
	0	1	2	0	1	2	0	1	2	
pH	7,40	7,00	7,00	10,20	8,60	8,60	6,70	6,50	6,50	6,50
CE 25°C (mmhos/cm)	0,55	1,23	1,69	11,62	12,38	13,18	0,44	2,10	2,40	2,40
Ca ⁺⁺ (meq/l)	1,50	7,33	9,13	0,14	21,27	22,00	1,70	14,73	16,00	16,00
Mg ⁺⁺ (meq/l)	1,00	2,43	4,40	0,12	1,93	1,63	1,50	4,40	6,00	6,00
Na ⁺ (meq/l)	1,95	1,40	1,69	271,94	310,31	337,00	0,44	0,36	0,32	0,32
K ⁺ (meq/l)	1,15	1,26	1,54	0,10	0,10	0,10	0,79	1,09	0,92	0,92
SC (meq/l)	5,60	12,42	16,76	272,30	333,61	360,63	4,43	20,58	23,54	23,54
RAS (mmol/l) ^{1/2}	1,74	0,63	0,65	754,23	91,11	98,04	0,35	0,12	0,10	0,10
Cl ⁻ (meq/l)	1,40	1,20	0,80	59,17	37,50	43,33	0,60	0,40	0,40	0,40
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	1,75	1,00	1,00	200,00	7,25	6,00	0,75	0,75	1,50	1,50
CO ₃ ⁻ (meq/l)	-	-	-	120,00	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁻ (meq/l)	1,87	7,78	12,54	7,63	67,71	74,42	2,05	19,19	21,64	21,64
SA (meq/l)	5,02	9,98	14,34	386,80	112,26	123,75	3,40	20,34	23,54	23,54

0 = dose-0, ausência de fosfogeno; 1 = dose-1, 100% de NG; 2 = dose-2, 200% de NG;
 CE = condutividade elétrica; RAS = relação de adsorção de sódio; SC = soma de cátions;
 SA = soma de ânions; NG = necessidade de gesso.

em geral no semi-árido não é de boa qualidade (CAVALCANTE, 1983) pode afetar muito mais a transmissão de ar e água, devido a flocculação pelos carbonatos e bicarbonatos reduzir o espaço poroso, e como consequência impedir o desenvolvimento do sistema radicular, inibir osmótica e toxicamente as plantas e não eliminar os teores de carbonatos e bicarbonatos, a níveis toleráveis pelas plantas (REEVER e BOWER, 1960; KELLEY, 1963 e RHODES, 1972).

A adição de fosfogesso aos solos 1 e 32, elevou a condutividade elétrica, soma de cátions e teores de sulfato (tabelas 8, 9, 10, 11 e 12) das soluções drenadas, mas sem revelar maior diferença entre os valores correspondentes as doses 1 e 2 fornecidas, em relação aos solos tratados com água. Ao passo que no solo-10, o corretivo proporcionou redução da CE, da soma de cátions, teores de cloreto, carbonato e bicarbonato das soluções drenadas ao longo das lixiviações. No primeiro caso (solos 1 e 32) os acréscimos da condutividade elétrica, soma de cátions e de sulfato das soluções lixiviadas deveu-se fundamentalmente a aplicação do corretivo, que é fonte de cálcio e de enxofre na forma de sulfato de cálcio. No segundo caso (solo-10) além dessas funções o fosfogesso substituiu, em grande parte, o sódio pelo cálcio no complexo de troca, reduziu os teores de carbonato quase zero, traços de bicarbonato e cloreto a concentrações até aceitável pelas plantas e induziu aumentos consideráveis de sulfato (RICHARDS, 1954 e DAKER, 1970). Proporcionou ainda grande melhoria na

capacidade de infiltração, uma vez que na primeira lixiviação foram gastos 1.600 ml de água para se dar o início da drenagem contra 800 ml cinquenta dias após a aplicação do corretivo, concordando com as observações de KHOSLA e ABROL (1972) e PEREIRA e SILVA (1977).

Para solos com teores não muito elevados de sódio, como é o caso do solo-32, verifica-se que a eficiência é mais rápida, como indica a tabela 10, ou seja a partir da segunda lixiviação que corresponde a dez dias do fornecimento do fosfogesso, o balanço de sais já apresentou certa constância nos dados.

No solo-10, o mais concentrado em sódio, o corretivo químico apresentou início de visível eficiência trinta dias (tabela 11) após sua aplicação. Foi a partir desse período que os conteúdos de sódio das soluções lixiviadas passaram a ser superiores, nos tratamentos que receberam as doses 1 e 2 de fosfogesso, em relação aos mesmos dados nos tratamentos com apenas água. Como também constata-se que a eficiência aumentou (tabelas 11 e 12) ao longo dos cinquenta dias. O período de reação pode ser considerado longo (PIZARRO, 1978) e deve ser atribuído a baixa solubilidade do gesso, que é da ordem de 2,0 g/l. Conforme DAKER (1970) o início da maior eficiência do gesso, de modo geral, começa trinta dias depois de incorporado ao solo.

O fosfogesso, em geral, induziu queda de pH, das soluções lixiviadas, de todos os solos. Mas, por outro

lado, observa-se maior diferença entre os solos tratados com água e com a dose-1, comparados aos que receberam as doses 1 e 2 do corretivo. Fenômeno como já mencionado, atribuído a baixa e lenta solubilidade do gesso.

A relação de adsorção de sódio e o teor de sódio nas soluções drenadas (tabelas 8, 9, 10, 11 e 12) dos solos 1 e 32 baixaram a níveis quase desprezíveis. Com respeito ao solo-10 o fosfogesso reduziu a relação de adsorção de sódio de 368,35 para 91,11 e o conteúdo de sódio de 2.027,76 para 310,31 quando fornecido na dose-1 e na dose-2 a RAS diminuiu de 374,43 para 98,04 e o sódio de 2.090,12 para 337,00 meq/l, no período de cinquenta dias. Apesar da grande diminuição desses parâmetros as concentrações de cálcio e sulfato nas mesmas lixiviações, não corresponderam na dose 2 ao dobro daquelas obtidas na dose 1 fornecida aos solos.

Os dados de condutividade elétrica e concentração catiônica, para cada solo tratado com água (dose-0), dose-1 e dose-2 de fosfogesso, referentes as cinco lixiviações efetuadas, estão distribuídos nas figura 5 (solo-1); 6 (solo-10) e 7 (solo-32). Onde observa-se que, mesmo com a maior variabilidade dos dados do solo-10, o fosfogesso mostrou eficiência no deslocamento de sódio e contribuiu para aumentar a concentração catiônica e enxofre dos solos, principalmente do solo-10, tendo em vista o excessivo teor de sódio trocável (tabela 2) e solúvel (tabela 3) que possuía, o que lhe conferiu, menor índice de estrutura (tabela 1), e maior capacidade de adsorção de sódio.

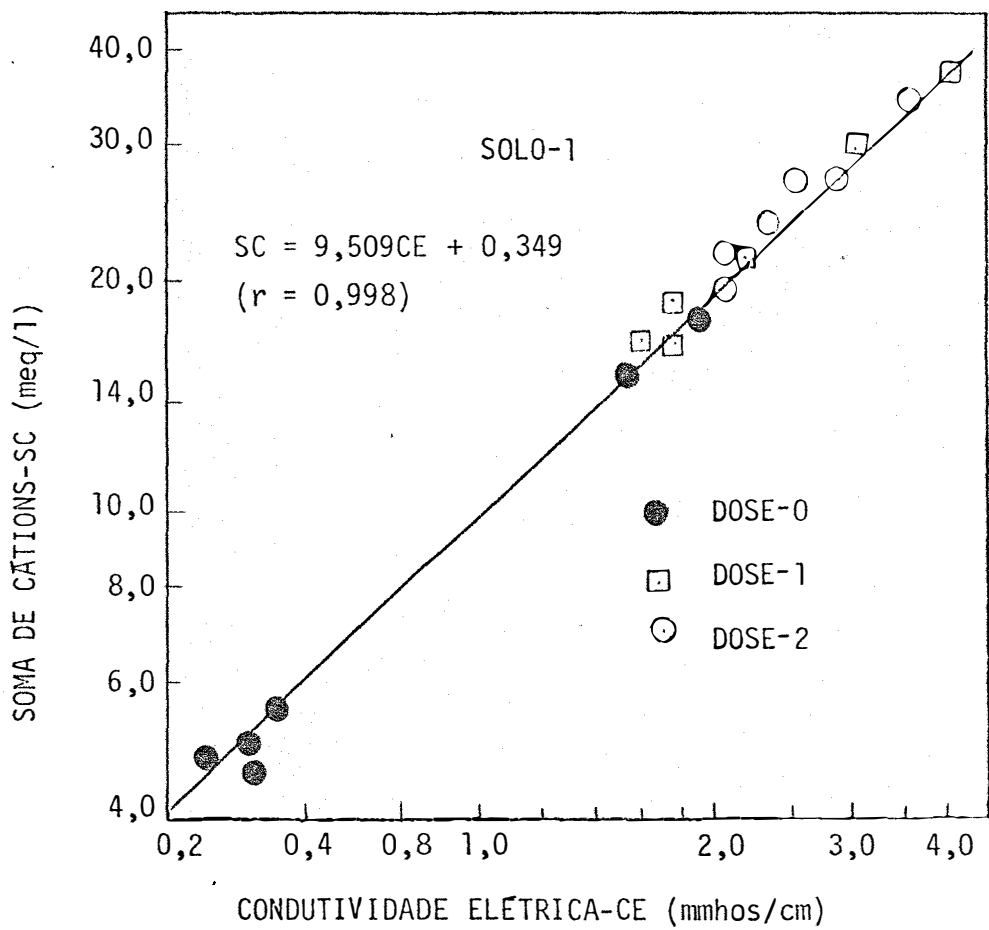


Figura 5. Relação entre condutividade elétrica e soma de cátions das soluções lixiviadas.

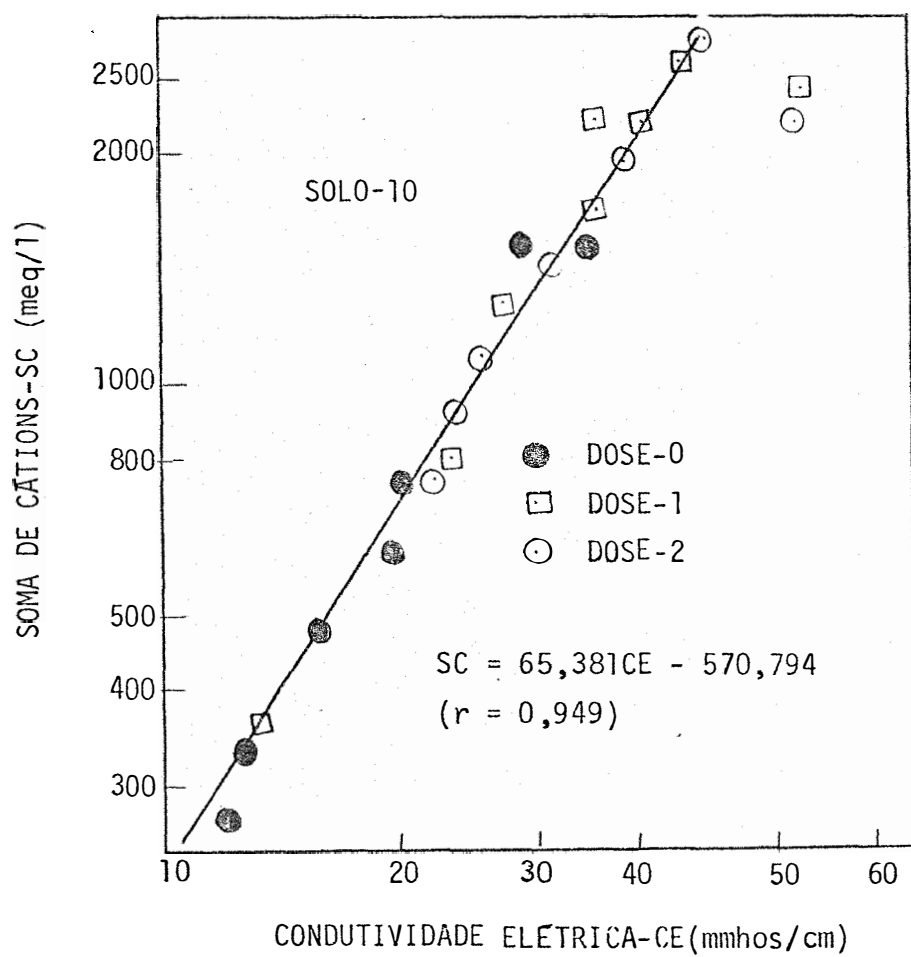


Figura 6. Relação entre condutividade elétrica e soma de cátions das soluções lixiviadas.

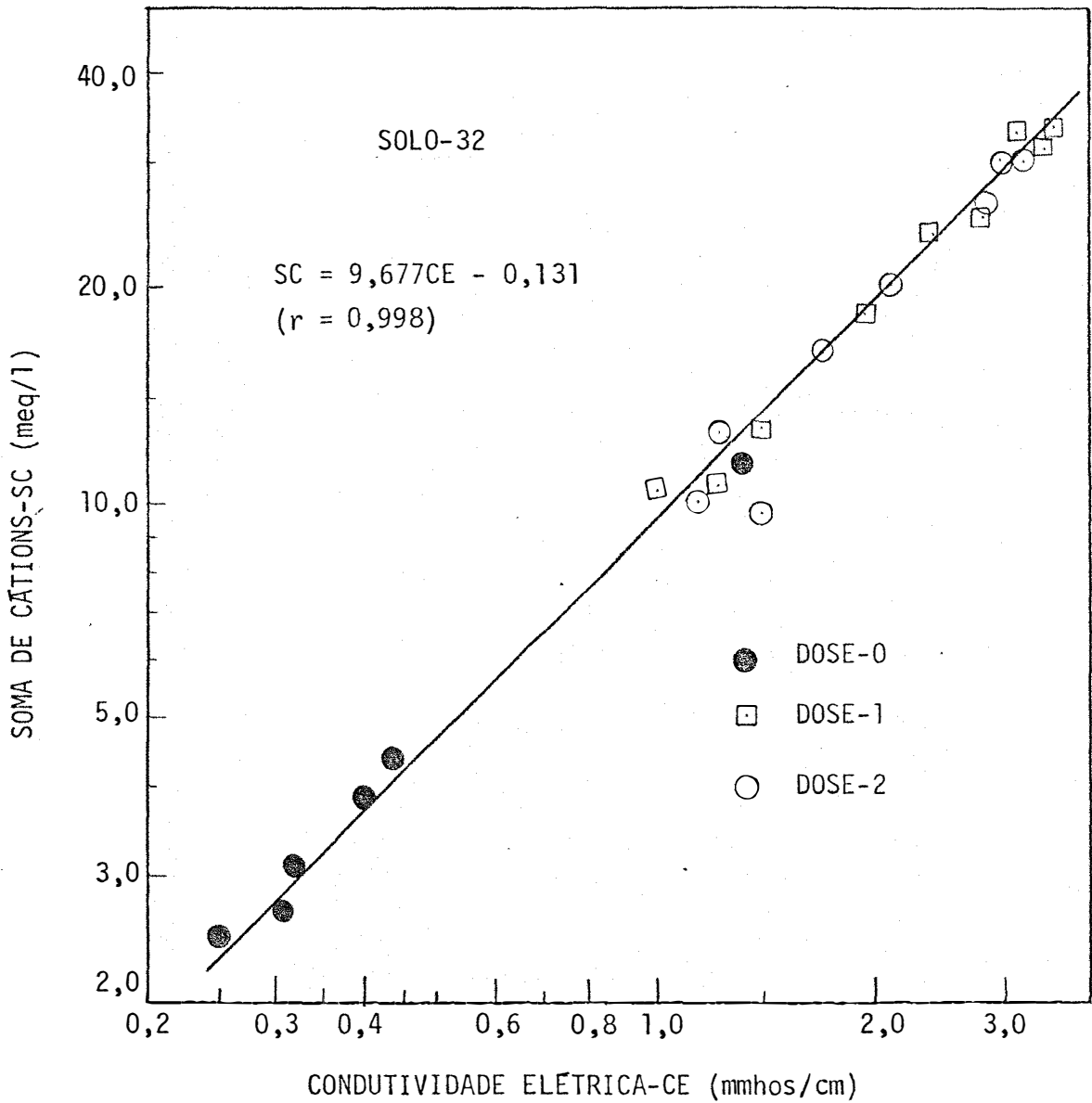


Figura 7. Relação entre condutividade elétrica e soma de cátions das soluções lixiáveis.

4.5. Produção de matéria seca, extração de nutrientes e de sódio pelas plantas

Na tabela 13 apresentam-se os valores médios relativos a matéria seca, quantidades totais dos macronutrientes e de sódio extraídos pelas plantas das cultivares Ipean V-69 (C₁) e TVx.1836-013J (C₂), dos respectivos tratamentos.

O resumo da análise de variância referente a estes dados encontram-se na tabela 14, donde se observa que o efeito isolado das cultivares mostrou significância ao nível de 5% sobre a produção de matéria seca e absorção de fósforo. Mostrou também exercer efeito ao nível de 1% de probabilidade sobre a absorção de todos os nutrientes, inclusive sódio. O tipo de solo pelas suas diferenças iônicas (tabelas 5 e 7) e a aplicação do fosfogesso, como fonte de cálcio e enxofre, além de importantes funções sobre a salinidade, exerceu efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, na produção de matéria seca, absorção dos macronutrientes e de sódio.

O fornecimento de sulfato de magnésio não resultou em efeito significativo sobre a matéria seca produzida, absorção de nitrogênio, potássio e sódio. Entretanto nos demais elementos (tabela 14) exerceu efeito altamente significativo.

Dentre as interações, devem separar-se as que exerceram efeitos sobre as reduções dos teores iônicos, com

Tabela 13. Valores médios da matéria seca produzida (g/vaso) e quantidades totais extraídas dos elementos pelas plantas das duas cultivares (g/vaso). Médias das três repetições com quatro plantas por vaso.

Tratamentos	Mat. seca	N	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Na ⁺	Fosfogesso*
S1C1F0M0	24,90	0,598	0,092	0,500	0,352	0,072	0,055	0,007	0,00
S1C1F1M0	24,47	0,544	0,086	0,507	0,284	0,061	0,069	0,008	0,60
S1C1F2M0	24,43	0,523	0,078	0,557	0,327	0,064	0,079	0,006	1,20
S1C1F0M1	25,23	0,527	0,081	0,558	0,285	0,096	0,079	0,008	0,00
S1C1F1M1	24,93	0,563	0,077	0,565	0,229	0,085	0,084	0,007	0,60
S1C1F2M1	24,50	0,590	0,076	0,549	0,267	0,071	0,088	0,006	1,20
S10C1F0M0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
S10C1F1M0	8,87	0,186	0,029	0,207	0,127	0,023	0,114	0,152	62,00
S10C1F2M0	9,33	0,181	0,042	0,214	0,132	0,027	0,121	0,147	124,00
S10C1F0M1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
S10C1F1M1	9,70	0,239	0,056	0,227	0,129	0,051	0,133	0,129	62,00
S10C1F2M1	8,70	0,218	0,058	0,195	0,109	0,044	0,117	0,110	124,00
S32C1F0M0	26,73	0,639	0,096	0,529	0,281	0,069	0,066	0,006	0,00
S32C1F1M0	23,97	0,633	0,093	0,539	0,345	0,065	0,145	0,005	8,00
S32C1F2M0	21,27	0,502	0,076	0,457	0,253	0,064	0,135	0,004	16,00
S32C1F0M1	24,27	0,570	0,087	0,468	0,260	0,112	0,121	0,006	0,00
S32C1F1M1	24,00	0,542	0,089	0,475	0,250	0,096	0,161	0,005	8,00
S32C1F2M1	22,43	0,493	0,083	0,438	0,249	0,085	0,149	0,004	16,00
S1C2F0M0	21,93	0,502	0,088	0,482	0,261	0,061	0,045	0,011	0,00
S1C2F1M0	22,53	0,532	0,079	0,561	0,261	0,054	0,055	0,006	0,60
S1C2F2M0	22,43	0,493	0,085	0,509	0,289	0,056	0,061	0,004	1,20
S1C2F0M1	22,63	0,477	0,081	0,527	0,251	0,081	0,056	0,008	0,00
S1C2F1M1	24,03	0,488	0,089	0,512	0,300	0,074	0,062	0,007	0,60
S1C2F2M1	25,33	0,585	0,086	0,565	0,243	0,081	0,070	0,006	1,20
S10C2F0M0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
S10C2F1M0	10,17	0,172	0,048	0,231	0,187	0,032	0,061	0,125	62,00
S10C2F2M0	9,80	0,219	0,053	0,221	0,162	0,036	0,067	0,117	124,00
S10C2F0M1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
S10C2F1M1	9,63	0,215	0,073	0,225	0,149	0,051	0,049	0,131	62,00
S10C2F2M1	10,20	0,255	0,077	0,221	0,130	0,048	0,066	0,121	124,00
S32C2F0M0	21,10	0,458	0,072	0,430	0,186	0,053	0,060	0,007	0,00
S32C2F1M0	24,23	0,562	0,087	0,475	0,342	0,056	0,137	0,006	8,00
S32C2F2M0	20,90	0,497	0,073	0,412	0,226	0,054	0,101	0,004	16,00
S32C2F0M1	22,90	0,469	0,089	0,511	0,215	0,082	0,074	0,007	0,00
S32C2F1M1	21,27	0,489	0,094	0,451	0,221	0,096	0,132	0,006	8,00
S32C2F2M1	20,90	0,510	0,092	0,380	0,205	0,082	0,124	0,004	16,00

S1=solo-1; S10=solo-10; S32=solo-32; C1=cultivar Ipean V-89; C2=cultivar Ix 1836-DT3J; F0=dose-0 de fosfogesso; F1=dose-1 de fosfogesso; F2=dose-2 de fosfogesso; M0=ausência de magnésio; M1=presença de magnésio; *Quantidade de fosfogesso fornecida por quilo de solo. (g)

Tabela 14. Resumo das análises de variância para matéria seca (MS), N, P, K, Ca, Mg, S e sódio, absorvido pelas plantas.

Causa de variação	GL	Mat. seca		N		P		K ⁺		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		S		Na ⁺	
		F	CV	F	CV	F	CV	F	CV	F	CV	F	CV	F	CV	F	CV
Cultivar (C)	1	5,3121*		13,0076**		4,4911*		36,8231**		9,5652**		11,5900**		170,0730**		131,6419**	
Tipo de solo (S)	2	721,1879**		673,3481**		432,0883**		1634,3758**		765,7461**		597,4006**		282,6716**		634,5113**	
Dose de lg (H)	1	0,2872ns		0,0267ns		15,6236**		0,0939ns		49,2636**		279,3086**		26,0801**		1,8-64ns	
Dose de fósforo(F)	2	20,2060**		24,1425**		51,5347**		47,0406**		71,4208**		20,5342**		271,3224**		524,6647**	
Interações																	
C x S	2	3,2138*		4,9281**		7,7580**		17,6604**		22,9847**		11,8173**		9,5826**		244,2294**	
C x H	1	0,5812ns		0,6059ns		7,4981**		0,8756ns		3,6670ns		0,0031ns		6,4977*		6,1637*	
C x F	2	1,4039ns		4,6677*		7,1626**		1,1589ns		16,2779**		7,0549**		9,1267**		50,4229**	
S x H	2	1,0798ns		3,9450*		11,4371**		4,7096*		1,6412ns		16,9722**		7,0031**		1,1741ns	
S x F	4	29,3160**		21,8168**		66,3854**		72,7210**		56,6124**		59,3020**		55,3462**		217,3531**	
H x F	2	0,3736ns		3,3838*		5,6310**		5,1460**		5,0524**		4,1968*		2,8996ns		0,9-46ns	
C x S x H	2	0,6556ns		0,7111ns		1,4655ns		3,1792*		5,1561**		1,4227ns		0,5232ns		1,1135ns	
C x S x F	4	0,1853ns		0,9626ns		0,7421ns		1,7815ns		1,3862ns		0,9400ns		11,5703**		64,4229**	
C x H x F	2	0,9154ns		0,7581ns		0,0146ns		1,4676ns		1,2536ns		1,3787ns		4,1431*		0,6399ns	
S x H x F	4	0,2084ns		1,7329ns		2,7292*		3,5861**		10,5926**		4,3572**		1,7150ns		1,943ns	
C x S x H x F	4	0,8080ns		0,1817ns		1,2839ns		1,5676ns		2,5035*		1,7866ns		1,4073ns		1,6983ns	
Resíduo	72	40,32		3,03		0,47		1,89		1,27		0,39		0,64		0,54	
TOTAL	107																

ns = não significativo; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F
CV = coeficiente de variação (%)

vistas ao sódio, carbonato, bicarbonato, cloreto e aumento de cálcio, enxofre e magnésio aos solos, daquelas que além dessas vantagens refletiram a recuperação dos solos, indicando a sobrevivência, absorção de nutrientes e produção de matéria seca pelas plantas.

O primeiro grupo está representado pelas interações solo x fosfogesso (S x F), solo x sulfato de magnésio (S x M), e S x F x M, solo x fosfogesso x sulfato de magnésio. O segundo grupo compreende cultivar x solo (C x S), cultivar x solo x sulfato de magnésio (C x S x M) e cultivar x solo x fosfogesso x sulfato de magnésio (C x S x F x M) respectivamente.

Ao analisar a tabela 14 observa-se que de todas as interações a solo x fosfogesso (S x F) e cultivar x solo (C x S) sobressairam-se em relação as demais, por revelarem claramente a eficiência do corretivo utilizado, não apenas em diminuir os riscos dos sais, mas também de proporcionar condições para o desenvolvimento das plantas, como indicados pelos altos níveis de significância apresentados.

Na tabela 15 encontram-se os resultados analisados pelo teste de Tukey, para a matéria seca, extração dos macronutrientes e de sódio pelas plantas.

A matéria seca produzida pelas cultivares C_1 e C_2 mesmo diferindo entre si pelo teste de Tukey, a pequena superioridade de C_1 possivelmente não justifique sua maior tolerância ao sódio ou ao desequilíbrio de cálcio com os de-

Tabela 15. Valores relativos as médias e diferenças mínimas significativas (DMS) pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Variável	Mat. seca		Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre		Sódio	
	Média(g)	DMS	Média(g)	DMS	Média(g)	DMS	Média(g)	DMS	Média(g)	DMS	Média(g)	DMS	Média(g)	DMS	Média(g)	DMS
Cultivar:																
C1 = Ipean Y-69	18,2481a	0,8487	0,4211a	0,021	0,0662b	0,0031	0,4113a	0,0125	0,2140	0,0084	0,0600a	0,0026	0,0954a	0,0042	0,0362b	0,0036
C2 = Txv 1836-0138	17,2685b		0,3846b		0,0701a		0,3732b		0,2013b		0,0555b		0,0676b		0,0570a	
Tipo de solo:																
S1 = Solo-1	24,0777a		0,5352a		0,0831a		0,5678a		0,2797a		0,0713b		0,0669b		0,0088c	
S10 = Solo-10	6,3666b	1,2485	0,1-05b	0,0296	0,0361b	0,0045	0,1450c	0,0184	0,0914c	0,0124	0,0257c	0,0038	0,0606c	0,0062	0,0877a	0,0053
S32 = Solo-32	22,8305a		0,5328a		-0,0861a		0,4640b		0,2523a		0,0763a		0,1171a		0,0434b	
Dose de Magnésio:																
H0 = Ausência	17,6444a	0,8487	0,4037a	0,0201	0,0654b	0,0031	0,3913a	0,0125	0,2227a	0,0084	0,0467b	0,0026	0,0761b	0,0042	0,0479a	0,0036
H1 = Presença	17,8722a		0,4020a		0,0715a		0,3932a		0,1929b		0,0687a		0,0869a		0,0454a	
Dose de Fósforo:																
F0 = Dose-0	15,8916b		0,4305a		0,0573b		0,3508c		0,1741c		0,0520b		0,0465b		0,0053c	
F1 = Dose-1	19,0444a	1,2485	0,3533b	0,0296	0,0749a	0,0045	0,4233a	0,0184	0,2354a	0,0124	0,0621a	0,0038	0,1002a	0,0062	0,0770a	0,0053
F2 = Dose-2	18,3388a		0,4248a		0,0731a		0,4022b		0,2140b		0,0591a		0,0979a		0,0639b	

- Números seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

mais cátions e de enxofre com os outros ânions, em relação a cultivar C₂. Mesmo considerando-se que C₁ extraiu mais nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e enxofre que C₂, as observações visuais mostraram que o florescimento de C₁ foi sensivelmente mais retardado (20 dias) nos solos 10 e 32, quando comparados com 8 dias de atraso da cultivar C₂, que em condições normais floram aos 40 e 50 dias respectivamente. Outro importante aspecto é que houve floração e frutificação em 56% das plantas de C₂ no solo-10 e apenas 16% da cultivar Ipean V-69. Resultados em acordo com MEDEIROS (1982) ao concluir que dentre seis cultivares de *Vigna*, a TVx 1836-013J (C₂) desenvolveu bem e produziu mais matéria seca em solo salinizado com cloreto de sódio.

Não se verificou diferença significativa na produção de matéria seca das plantas mantidas nos solos 1 e 32, bem como para a extração de fósforo, nitrogênio e cálcio. Essa grande superioridade em relação ao solo-10, deve ser resposta da elevada concentração de sódio solúvel (tabela 7) e ao já comentado desequilíbrio de cálcio e enxofre que este solo ainda possuía após a colheita, proporcionado pela elevada aplicação de fosfogesso.

A adição de 1 meq Mg⁺⁺/100 g não mostrou exercer efeitos na produção de matéria seca, absorção de nitrogênio, potássio e sódio. Os teores de fósforo, magnésio e enxofre absorvidos pelas plantas tratadas com sulfato de magné-

sio, revelaram superioridade àquelas obtidas com a ausência deste composto, inclusive diferindo estatisticamente entre si.

Quanto ao cálcio a absorção total foi reduzida com a aplicação de magnésio, obedecendo as conclusões apresentadas na literatura (HASSAN et alii, 1970 e WIGNARAJAH et alii, 1975).

As médias relativas as aplicações de fosfogeno (tabela 15) indicaram que independente das quantidades fornecidas 0,0-0,6-1,2g (solo-1); 0-62-124 g (solo-10) e 0-8-16g (solo-32) relativas as doses 0 - 1 - 2, exceção feita a absorção de nitrogênio, os demais parâmetros exibiram maiores valores com a adição da dose-1, que equivale a 100% da necessidade de gesso.

O fornecimento do fosfogeno mostrou diferença significativa das doses 1 e 2 em relação a dose-0, mas sem indicar diferença significativa (tabela 15) entre as doses 1 e 2 para a matéria seca, absorção de fósforo, magnésio e enxofre respectivamente.

Conforme a tabela 15 observa-se que, nas condições experimentais deste trabalho, os dados revelaram a desnecessidade da aplicação de fosfogeno ao nível de 200% da necessidade de gesso (dose-2) por mais concentrado que seja o solo em sódio trocável. Constatou-se que apesar do sódio absorvido nos tratamentos em que forneceu-se a dose-2 do corretivo ser inferior em relação as doses 0 e 1, todos os demais

nutrientes foram absorvidos em menores proporções pelas plantas. Como também a produção de matéria seca na maioria das vezes, foi inferior na presença da dose-2, mesmo não diferindo estatisticamente (tabela 15). Essas informações tornam-se mais compreensíveis ao analisar a tabela 13 em conjunto com qualquer outra das 4, 5, 6 ou 7 respectivamente.

As relações entre fosfógeno adicionado nas quantidades, de 0,0-0,6 - 1,2 g (solo-1), 0 - 62 - 124 g (solo-10) e 0 - 8 - 16 g (solo-32), na ausência e presença de sulfato de magnésio, e produção de matéria seca, absorção de cálcio, magnésio, enxofre e de sódio estão indicadas nas figuras 8, 9, 10, 11 e 12 respectivamente.

Independente do fornecimento de 1 meq Mg^{++} / 100 g TFSA, o fosfógeno induziu aumento na produção de matéria seca (figura 8) das cultivares no solo-10. Por outro lado, observa-se efeito negativo sobre C_1 (Ipean V-69) nos solos 1 e 32 e sobre C_2 (TVx 1836-013J) no solo-32.

As quantidades de cálcio extraídas pelas plantas (figura 9) indicam que a presença de sulfato de magnésio em geral inibiu a absorção de cálcio até mesmo no solo-10 que, após a colheita, ainda apresentava-se excessivamente concentrado nesse elemento (tabela 5) e revelando-se de natureza quadrática em todos os casos. Nos tratamentos sem $MgSO_4$, com exceção da cultivar - C_2 no solo-1 e C_1 no solo-10 as correlações mostraram-se de natureza quadrática. Isto é, casos em que

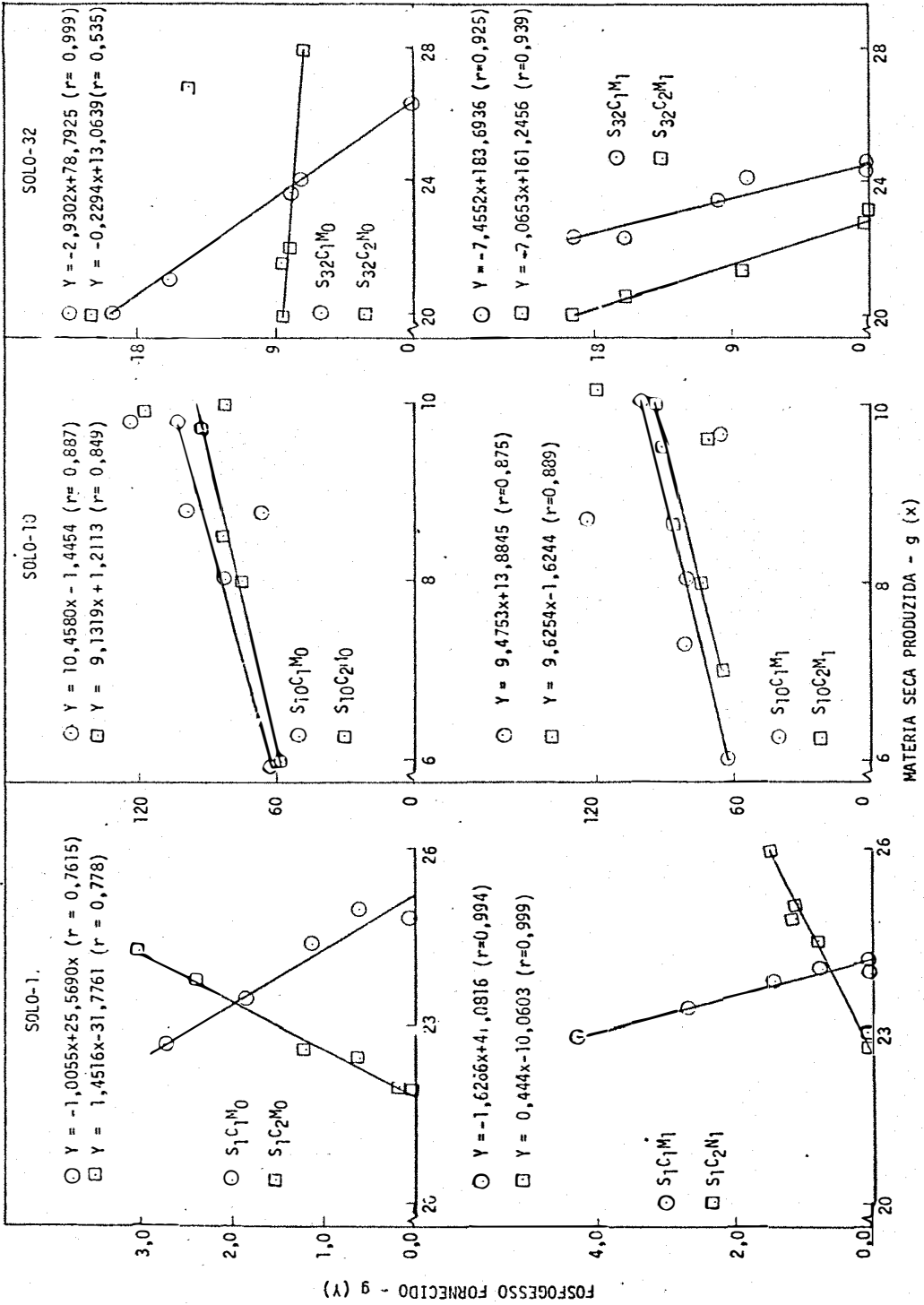


Figura 8. Relação entre fofogesso aplicado nos solos e matéria seca produzida pelas plantas nos respectivos tratamentos.

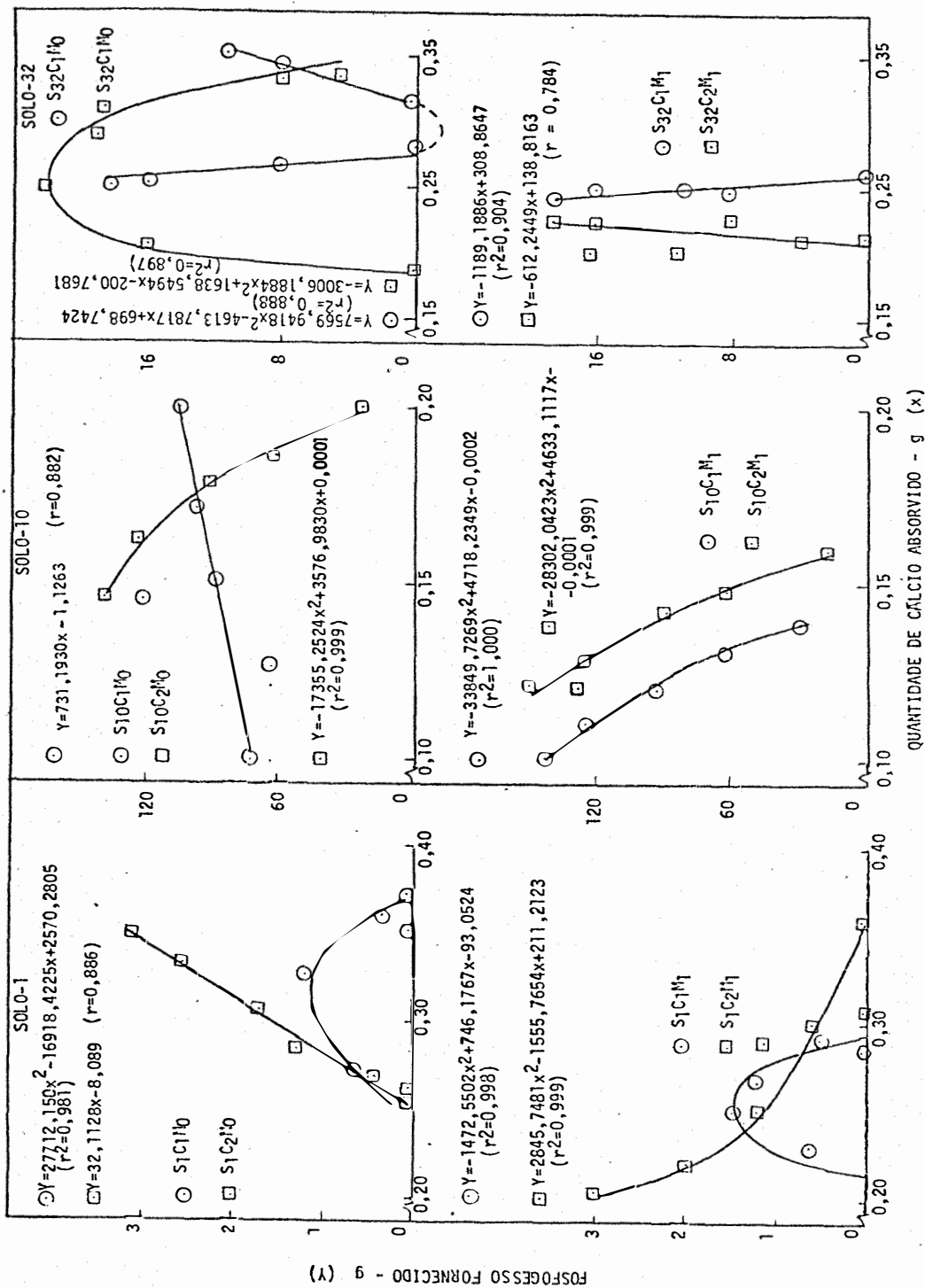


Figura 9. Relação entre fosfógeno fornecido ao solo e absorção de cálcio pelas plantas nos respectivos tratamentos.

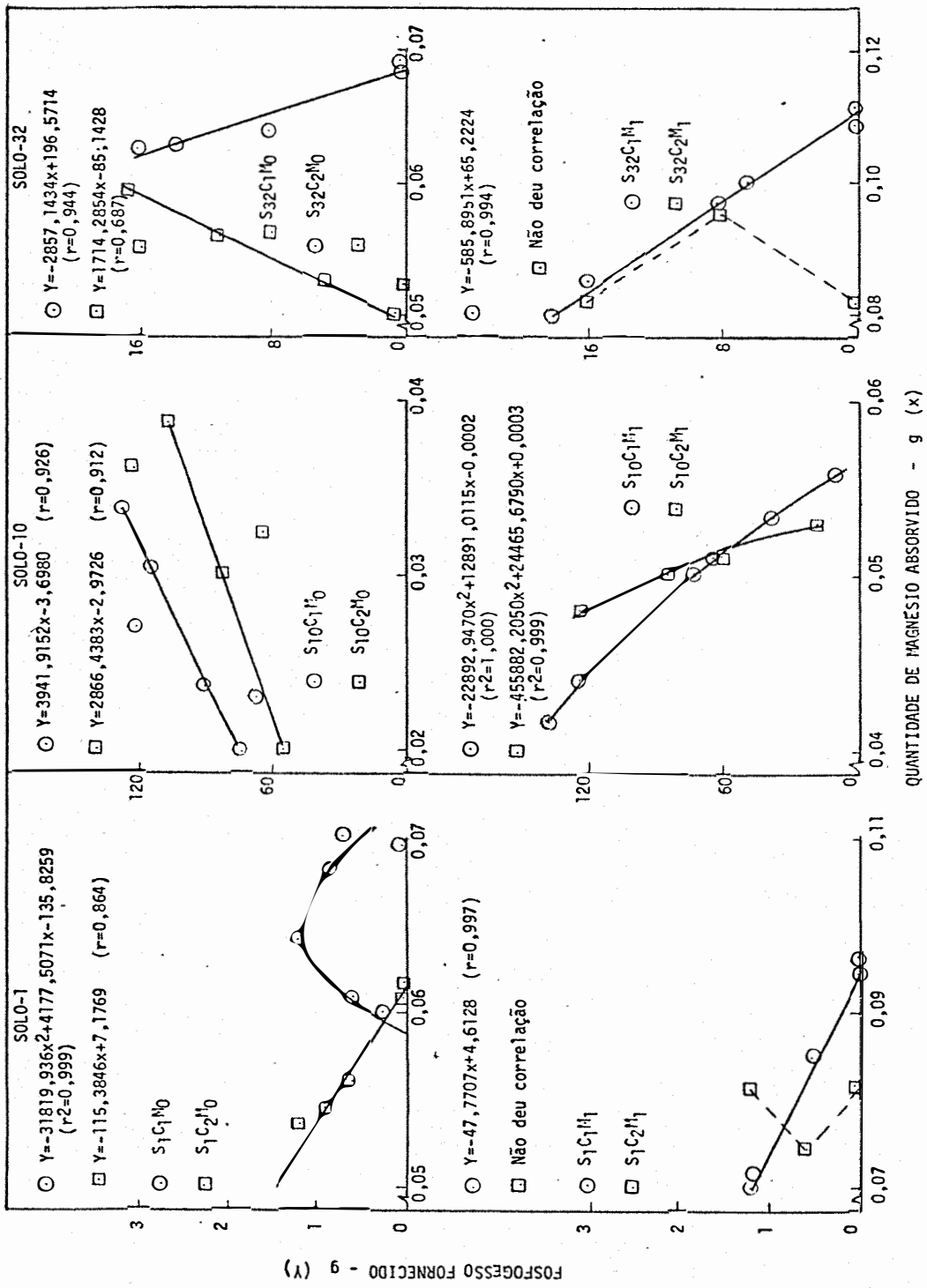


Figura 10. Relação entre fosfógeno fornecido ao solo e absorção de magnésio pelas plantas nos respectivos tratamentos.

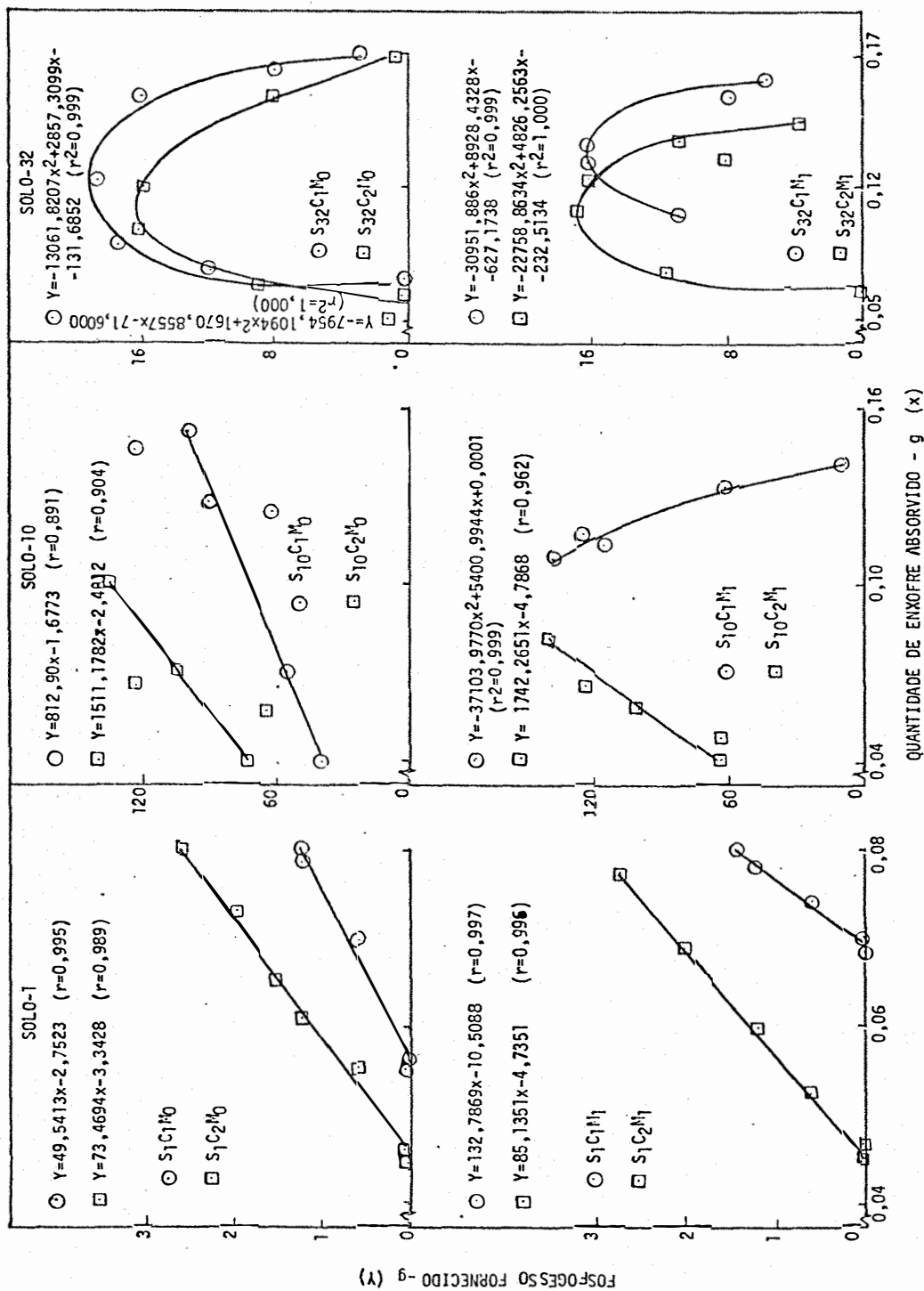


Figura 11. Relação entre fosfógeno fornecido ao solo e absorção de enxofre pelas plantas nos respectivos tratamentos.

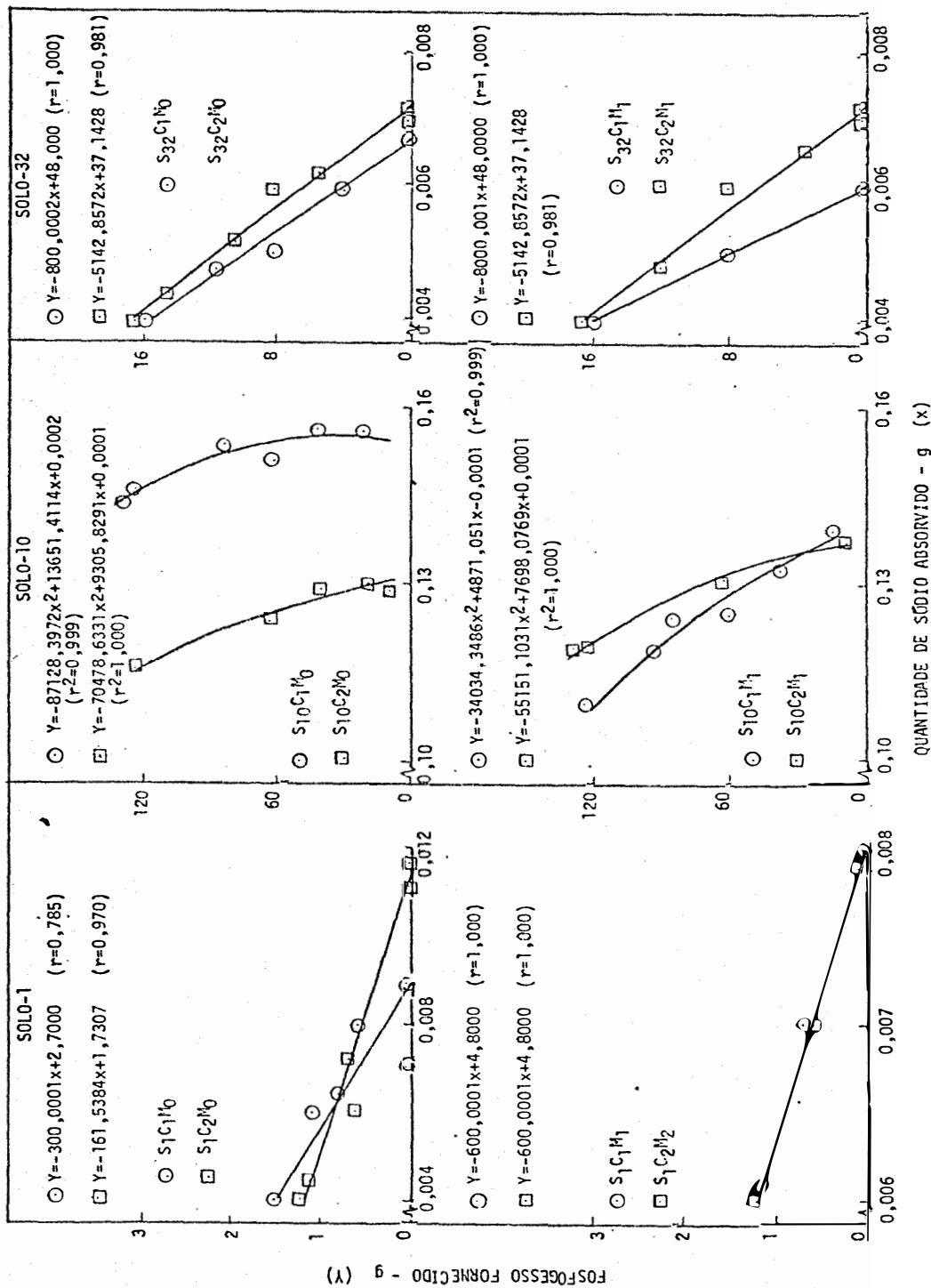


Figura 12. Relação entre fósforo fornecido ao solo e absorção de sódio pelas plantas nos respectivos tratamentos.

a absorção de cálcio cresceu da dose-0 para a dose-1 e diminuiu em relação a dose-2, e casos que diminuiu da dose-0 para a dose-1 e aumentou com a dose-2 aplicada.

As quantidades de magnésio extraídas pelas plantas na figura 10 mostram comportamento bastante diferenciado entre as cultivares C_1 e C_2 nos solos 1 e 32 e idêntico no solo-10, para os tratamentos com ausência de sulfato de magnésio. A adição de 1 meq $MgSO_4$ aos solos resultou em maior quantidade de magnésio absorvido pelas plantas (tabela 13), principalmente no solo-10 onde a produção de matéria seca foi muito inferior em relação aos demais solos.

A absorção de enxofre pelas plantas de ambas as cultivares (figura 11) revelaram comportamento bastante definido, de natureza linear e crescente com as doses de fosfato aplicadas ao solo-1, na ausência e presença de sulfato de magnésio. Ou seja, ao solo de características normais quanto aos riscos de salinidade e alcalinidade (tabela 2). Quanto ao solo-10 essa mesma tendência foi constatada para a cultivar $-C_2$, contudo a presença de magnésio nesse solo resultou na queda de absorção de enxofre pela cultivar $-C_1$ com as doses de gesso industrial fornecidas. Finalmente no solo-32 o efeito revelou-se de natureza quadrática com ou sem magnésio para todas as plantas. Pelo exposto, uma análise geral da tabela 13, verifica-se que a adição de sulfato de magnésio proporcionou, juntamente com o gesso industrial, maior absorção de enxofre pelas plantas.

Nos solos 1 e 32 que tiveram com a aplicação do fosfogesso os teores de sódio trocável após o período de lixiviação reduzidos a níveis muito baixos (tabela 4), observa-se que a absorção de sódio pelas plantas decresceu (figura 12) com a dose do fosfogesso aplicado em todos os solos. Do ponto de vista de alcalinidade essa figura representa juntamente com as tabelas 5 (teores trocáveis) e 7 (teores solúveis) a eficiência do gesso industrial na redução dos problemas de sódio dos solos.

Esse efeito torna-se mais evidente, ao observar-se que o solo-10, um dos piores do mundo em termos de sodicidade, teve as concentrações de sódio trocável e solúvel bastante reduzidas com o fornecimento desse corretivo químico. Informações constatadas ao verificar-se que neste solo as sementes das duas cultivares não germinaram sem a adição do fosfogesso, razão pela qual a presença de valores nulos na tabela 13, para todos os parâmetros relativos aos tratamentos com ausência do gesso industrial neste respectivo solo.

Apesar de C_1 ter produzido mais matéria seca, as figuras 8, 9, 10, 11 e 12 indicam que no cômputo geral foi mais afetada que C_2 , isto é, revelou-se ser mais sensível aos efeitos dos sais. Comportamento constatado, pelas observações visuais confirmarem que C_2 foi percentualmente superior a C_1 na floração e frutificação. Ou seja, o estágio anterior a floração da cultivar Ipean V-69 (C_1) sofreu mais com a salinidade que a TVx 1836-013J (C_2). E pelo exposto confirmando a

teoria de que os sais prejudicam as plantas menos tolerantes em todo e qualquer estágio de desenvolvimento e que há plantas de uma mesma espécie que reagem de maneira diferente à salinidade (BERNSTEIN, 1964; STROGONOV, 1964 e WALLACE et alii, 1965).

4.6. Considerações finais

As pesquisas têm demonstrado ser economicamente inviável a recuperação de solos já abandonados pelos sais, por meio de corretivos químicos, devido aos excessivos custos e o longo período para recomeçarem a produzir satisfatoriamente.

Em função dessas e de outras inconveniências, deve-se procurar materias que contenham gesso, de condição econômica que justifique sua aplicação nos solos seriamente afetados, nos períodos das demais atividades das áreas produtivas.

Outro importante aspecto é a aplicação de corretivos químicos como meta de prevenção para que os solos irrigados ainda com funções agrícolas, não se tornem com o tempo imprestáveis para agricultura.

5. CONCLUSÕES

1 - A adição de fosfogesso melhorou as propriedades físicas e químicas dos solos como:

a) Aumento da macroporosidade do solo salino-sódico e da microporosidade dos demais solos;

b) Redução dos teores de sódio, carbonato, bicarbonato e de cloreto;

c) Aumento da saturação de cálcio e do teor de enxofre dos solos.

2 - A maior eficiência do fosfogesso (gesso industrial) no deslocamento de sódio trocável dos solos, foi constatada aos trinta dias após sua incorporação, quando o pH das soluções lixiviadas estabilizou-se.

3 - A quantidade de fosfogesso aplicada maior que a equivalência entre cálcio do corretivo e sódio trocável do

solo mostrou-se prejudicial aos solos e as plantas.

4 - A cultivar Ipean V-69 produziu mais matéria seca que a TVx 1836-013J entretranto, mostrou-se mais sensível aos sais a partir do período da floração.

6. LITERATURA CITADA

ABROL, I.P. e D.R. BHUMBLA, 1973. Field studies on salts leaching in a highly saline sodic soil. Soil Sci., Baltimore, 115(6): 429-433.

AMENYIA, M. e G.W. ROBINSON, 1958. The use of undisturbed soils cores to investigate the reclamation of saline and alkaline soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 22(1): 76-78.

BERNSTEIN, L., 1964. Salt tolerance of plants. USDA. Informe Bull., Madison, nº 238. 23p.

BERNSTEIN, L., 1974. Crops growth and salinity. Amer. Soc. Agronomy, Madison, 17: 39-99.

BERNSTEIN, L. e G.A. PEARSON, 1956. Influence of exchangeable sodium on the yield and chemical composition of plants. I. Green beans, garden beets, clover and alfafa. Soil Sci. Baltimore, 82(3): 247-258.

BLAKE, G.R., 1965. Bulk density. Agronomy monograph. Amer. Soc. Agronomy, New York, Part-1: 374-388.

- CAJUSTE, L.J., 1977. Química de suelos con un enfoque agrícola. Colégio de post graduados, Chapingo, 1ª ed., 278p.
- CARTER, D.L., 1973. Problems of salinity in agriculture cropping with salinity problems. I - In: Plants in saline environments, Berlin, Springer Verlag, 28-30.
- CAVALCANTE, L.F., 1980. Sais e seus problemas. Publicação oficial do DSER/CCA/UFPB/Areia/PB. 71p.
- CAVALCANTE, L.F., 1983. Sais na água, no solo e nas plantas. Boletim Científico. BC-003. CCA/UFPB/Areia/PB, 64p.
- CHAVAN, P.D. e B.A. KARADGE, 1980. Influence of salinity of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Plant and Soil, The Hague, 54: 5-13.
- CORDEIRO, G.G., 1977. Caracterização dos problemas de sais dos solos irrigados do projeto de São Gonçalo. Dissertação de Mestrado, CCT/UFPB/Campina Grande/PB, 108p.
- DAKER, A., 1970. A água na agricultura. Manual de hidráulica agrícola. Irrigação e drenagem. 5a. ed. Freitas Bastos, São Paulo, vol. 3, 453p.
- DANTAS, J.P., 1978. Nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) Edl.). Dissertação de Mestrado, ESALQ/USP/Piracicaba/SP. 121p.
- DHAWAN, C.L. e C.P. MAHAJAN, 1968. Melhoramento dos solos salinos e alcalinos pelo emprego da palha de arroz. Fertilizante, Paris, 32: 27-36.
- DIXEY, F. e S.H. SHAW, 1961. Hydrology with reference to salinity. In: Salinity problems in the arid zones. Proc. of the Teheran Symposium, UNESCO, 15-18.

- DUTT, G.R.; R.W. TERKELTOUB e R.S. RAUSCHKOLB, 1972. Prediction of gypsum and leaching requirements for sodium affected soils. Soil Sci., Baltimore, 114(2): 93-103.
- EL-BARADI, T.A., 1975. Pulses. 1 - Cowpeas. Abstracts on Tropical Agriculture, Washington, 1(II): 9-19.
- EL-KADI, M.; A.I. GABR; M.T. EL-SAID e M.A. KORTAN, 1977. The effect of difference combinations of soil salinity and nitrogen levels on mineral composition cotton plants. Acta Agronomica Academicae Scientiarum Hungaricae, Budapest, 26(1/2): 176-181.
- EMBRAPA-SNLCS, 1979. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro.
- GARCIA, E.M., 1977. Tolerância de los cultivos a las sales. Secretaria de Agricultura y recursos hidraulicos, México, Memorandum Tecnico. 43p.
- GOBRAN, G.R.; J.E. DUFEY e H. LADDELOUT, 1982. The use of gypsum for preventing soil sodification: effect of gypsum particle size and location in the profile. Journ. Soil Sci., Oxford, 33: 306-316.
- GOES, E.S., 1978. Os problemas da salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa em vistas ao seu equacionamento. In: Anais da primeira reunião sobre salinidade em áreas irrigadas. SUDENE/DNOCS, Fortaleza, 4-24.
- HARKER, D.B.; G.R. WEBSTER e R.R. CAIRNS, 1977. Factors contributing to crop response on a deepplowed solonetz soil. Can. Journ. of Soil Sci., Ottawa, 57(3): 223-234.

- HASSAN, N.A.K.; J.V. DREAW; D. KNUDSEN e R.A. OLSON, 1970. Influence of nutrients in barley and corn. I: Barley (*Hordeum vulgare* L.). Agronomy Journal, Madison, 62(1): 43-45.
- HIDROSERVICE - ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA., 1970. Projeto detalhado de recuperação hidroagrícola da bacia de irrigação de São Gonçalo: Levantamento detalhado dos solos, São Paulo, vol. 1.
- ISRAELSEN, O.N., 1963. Princípios e prática del riego. Edit. Reverté, Mexico. 348p.
- JACOBY, B., 1964. Functions of the bean roots and stems in sodium retention. Plant Physiology, Lancaster, 39: 445-449.
- JONG, E., 1982. Reclamation of soil contaminated by sodium chloride. Can. Journ. of Soil Sci., Ottawa, 62: 351-364.
- KELLEY, W.P., 1961. Alkali soil, their formation properties and reclamation. Reinhold Publishing Corporation, New York, 176p.
- KELLEY, W.P., 1963. Use of saline irrigation water. Soil Sci. Baltimore, 95: 385-391.
- KELLEY, W.P.; B.M. LAURENCE e H.D. CHAPMAN, 1949. Soil salinity in relation to irrigation. Hilgardia, Berkeley, 18: 635-665.
- KHOSLA, B.K. e I.P. ABROL, 1972. Effect of gypsum fineness on the composition of saturation extract of a saline sodic soil. Soil Sci., Baltimore, 113(3): 204-206.

- KHOSLA, B.K.; R.K. GRUPTA e I.P. ABROL, 1979. Salt - leaching and the effect of gypsum applications in a saline sodic soil. Agric. Water Manage, Netherlands, 2: 193-203.
- LEITE, J.A., 1979. Características físicas e fator de erodibilidade de quatro solos representativos de São Mamede-PB. Dissertação de Mestrado, CCA/UFPB/Areia/PB. 87p.
- LOVEDAY, J., 1976. Relative significance of electrolytes and cation exchange effects when gypsum is applied to a sodic clay. Aust. Journ. Soil Res., Victoria, 14(3): 361-371.
- LUNIN, J. e M.H. GALLANTIN, 1968. Salinity - Fertility interaction to the growth and composition of beans. I. Effect of N, P and J. II. Varying of levels of N and P. Agronomy Journal, Madison, 4: 335-345.
- MALAVOLTA, E.; F.M. FREIRE; J.C. CASAGRANDE; L.Y. NAKAYAMA; I. IEMORE e J.A.B. CASTILO, 1980. Estudos sobre o efeito de doses crescentes de cloreto na soja (*Glycine max* (L.) Merr.) em solução nutritiva. I: Crescimento e produção. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, XXXIV (2): 763-764.
- MASSOUD, F.I., 1971. A note on the need for accepted definitions and methods of characterization of salt-affected soils. IRYDA: Informations. International Society of Soil Science. Reunion de la subcomision de suelos salinos, Sevilla, España.
- MEDEIROS, O.P. de, 1982. Resistência varietal do feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) à salinidade. Dissertação de Mestrado, CCA/UFPB/Areia/PB. 65p.
- MENGEL, K. e R.P. FLUER, 1972. The release of potassium and sodium from young excised roots of *Zea mays* under various efflux conditions. Plant Physiology, Lancaster, 49(1): 16-19.
- MYKINA, N.B., 1965. Improvement of coarse textural soils by deep plowing. Soc. Soil Sci., Washington, 13: 1511-1518.

- OSTER, J.D. e H. FRENKEL, 1980. The chemistry of the reclamation of sodic soils with gypsum and lime. Soil Sci. Soc. Amer. Journal, Madison, 44: 41-45.
- PEARSON, G.A., 1959. Factors influencing salinity submerged soils and growth of rice. Soil Sci., Baltimore, 87 (4): 198-206.
- PEREIRA, F.A.M., 1981. Metodologias de análises químicas para solos afetados por sais no Nordeste. Dissertação de Mestrado, CCA/UFPB/Areia/PB. 71p.
- PEREIRA, Z.M.R., 1977. Possibilidade do uso de água salgada na recuperação de solos sódicos do Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB. In: Anais do III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem, Fortaleza, III: 208-218.
- PEREIRA, E. e J.F. da SILVA, 1977. Efeito de diferentes níveis de gesso na correção de solos salinos sódicos do Perímetro Irrigado de Poço da Cruz. In: Anais do III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem, Fortaleza, III: 219-234.
- PEREIRA, E.; J.F. da SILVA; A.N. D'ALMEIDA; M.G.C. LEAL, 1980. Recuperação de solo salino sódico do Perímetro Irrigado de Moxotô-Pernambuco. In: Anais do V Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, São Paulo, I: 80-96.
- PEREIRA, Z.M.R. e A.G. ANDRADE, 1980. Efeito da concentração salina no desenvolvimento do tomateiro. In: Anais do V Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, São Paulo, I: 395-424.
- PIMENTEL GOMES, F., 1973. Curso de Estatística Experimental. 5a. ed. Livraria Nobel, 530p.

- PIZARRO, F., 1978. Drenage agrícola y recuperación de suelos salinos. Edit. Agrícola Española, Madrid. 211p.
- PUTTASWAMYGOWDA, B.S.; E.F. WALLIHAN; P.F. PRATT, 1972. Effects of drainage and organic amendments on the reclamation of a sodic soil cropped with rice. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 36(4): 621-625.
- RAUMUSSEN, W.W.; D.P. MOORE e L.A. ALBAN, 1972. Improvement of solonetz (sick spot) soil by deep plowing subsoling and amendments. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 36 (1): 137-142.
- RAVIKOVITH, S.H. e A. PORATH, 1967. The effect of nutrients on the salt tolerance of crops. Plant and Soil, The Hague, 26(1): 49-71.
- REEVE, R.G. e C.A. BOWER, 1960. Use of high-salt waters as a flocculant and source of divalent cations for reclaiming sodic soils. Soil Sci., Baltimore, 90(2): 139-144.
- RHODES, J.D., 1968. Leaching requirement for exchangeable sodium control. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 32: 652-656.
- RHODES, J.D., 1972. Quality water for irrigation. Soil Sci., Baltimore, 113(4): 277-284.
- RIBEIRO, J.L., 1982. Efeito do sódio no desenvolvimento do algodoeiro Mocô (*Gossypium hirsutum* L. var. Marie Galante Hutch) e Herbáceo (*Gossypium hirsutum* var. Latifolium Hutch). Dissertação de Mestrado, CCA/UFPB/Areia/PB. 109p.

- RICHARDS, L.A., 1954. Diagnosticos y rehabilitación de suelos salinos y sodicos. Manual de Agricultura nº 60. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. 172p.
- ROBINSON, G.W., 1922. A new method for the mechanical analysis of soils and others dispersions. Journ. Agric. Sci., 12: 306-321.
- SAMENI, A.M.; M. MAFTOUN; A. BASSIRI e A.R. SEPASKHAH, 1980. Growth and chemical composition of dry beans as affected by soil salinity and N fertilization. Plant and Soil, The Hague, 54: 217-222.
- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. Análise Química de Plantas. ESALQ/USP. Piracicaba, São Paulo. 56p.
- SILVA, M.J. da., 1978. Efeito de diferentes métodos de recuperação num solo com problemas de sódio no Perímetro de Irrigação de São Gonçalo-PB. Dissertação de Mestrado, Viçosa- 54p.
- SOUSA, L.F.P. de, 1981. Características físico-hídricas e químicas do solo e análise sistemática de água do Açude Jatobá para fins de irrigação, Patos-PB. Dissertação de Mestrado, CCA/UFPB/Areia/PB. 81p.
- STROGONOV, B.P., 1964. Physiological basis of salt tolerance of plants. Israel Program for Scientific Translocation, Telavive, 279p.
- VAN RAIJ, B., 1980. Avaliação da fertilidade do solo. Instituto da Potassa e Fosfato (EUA). São Paulo, 142p.

- VOMOCIL, J.A., 1960. Porosity. Agronomy Monograph, Amer.Soc. Agronomy, New York, part 1: 299-314.
- WALLACE, A.; N. HEMAIDAN e S.M. SUFI, 1965. Sodium translocation in bush beans. Soil Sci., Baltimore, 100(5): 331-334.
- WIGNARAJAN, J.; D.H. JENNINGS e J.F. HANDLEY, 1975. The effect of salinity on growth of *Phaseolus vulgaris* L. II. Effect on internal solute concentration. Ann. Bot., 39: 1039-1055.
- WILCOX, L.V., 1960. Problema do sal em solos irrigados. Boletim DNOCS, Fortaleza, 21(8): 318-333.