

[REDACTED]

LAVAGEM E APLICAÇÃO DE GESSO NA RECUPERAÇÃO DE SOLO  
SÓDICO, CULTIVADO COM FEIJÃO-DE-CORDA -  
*Vigna unguiculata* (L) Walp

FRANCISCO PAES DE OLIVEIRA

---

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO  
DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
COM ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM,  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA A  
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1986

[REDACTED]

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de concentração em Irrigação e Drenagem, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

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

---

~~Francisco Paes de Oliveira~~

DISSERTAÇÃO APROVADA EM

23/10/86

---

~~Francisco Luciano de Paiva, Dr.~~  
Orientador da Dissertação

---

~~Luis Carlo Uchôa Saunders, Dr.~~  
Conselheiro

---

~~Fernando Felipe Ferreyra Hernandez, Ph.D.~~  
Conselheiro

---

~~Moisés Custódio Saraiva Leão, Ph.D.~~  
Conselheiro



## DEDICATÓRIA

*À meus pais:*

*Manuel, "in memoriam" e Francisca das Chagas, pela formação cristã que me deram.*

*À minha esposa:*

*Vanda Maria, por seu apoio, compreensão, paciência e sacrifício.*

*Aos meus filhos:*

*Adriana Paula, Anastácia, Marcos Aurélio e Andréa, pela ajuda e compreensão.*

## AGRADECIMENTOS

- À EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO CEARÁ - EMATERCE, na pessoa do Diretor Técnico Raimundo de Sousa Brasil, por minha liberação para realizar o curso e ajuda financeira destinada a cobrir gastos de laboratórios.
- Ao CONSELHO DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLOGIA - CNPq, pela bolsa de estudo concedida durante o curso.
- Ao professor Francisco Luciano de Paiva, pela sugestão e orientação deste trabalho.
- Ao professor Luís Carlos Uchôa Saunders, por suas críticas e sugestões feitas nas diversas fases do trabalho.
- Aos professores Fernando Felipe Ferreyra Hernandez e Moisés Saraiva Custódio Leão, pelas críticas e oportunas sugestões.
- Aos professores Francisco Marcus Lima Bezerra e Marcos Augusto Esteves Araripe, pelas suas informações técnicas.
- À todos os professores do Curso de Mestrado, particularmente aqueles do Departamento de Engenharia Agrícola, pelos significantes ensinamentos transmitidos.
- Enfim, à todos aqueles que, direta ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho.



## RESUMO

Este trabalho foi conduzido no período de julho/1985 a janeiro/1986, na Fazenda Experimental do Vale do Curu, Pernambuco-CE, em solo Aluvial Vértico Halomórfico (sódico). Objetivando estudar o comportamento do feijão-de-corda - *Vigna unguiculata* (L) Walp, em solo sódico, bem como possíveis alterações na composição do complexo sortivo do solo, quando submetido a aplicação de gesso e irrigado com 5 lâminas d'água diferentes.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 5 tratamentos e 4 repetições.

As produções de vagem e grão, apresentaram diferença estatisticamente significativas nos dois tratamentos que receberam maior e menor lâmina d'água em relação aos demais. As melhores produtividades foram alcançadas nos tratamentos que receberam, lâmina normal requerida e lâmina normal mais 1/3 da mesma. O tratamento que recebeu maior lâmina apresentou menor produtividade. O teor salino do solo não influenciou na produção de grão e vagem. A partir dos 20 dias de aplicação do gesso houve um sensível aumento nos teores de Ca e Mg e uma concomitante queda no teor de Na do complexo sortivo do solo, em consequência a PSI baixou. Esta tendência manteve-se até os 60 dias, quando, então, as irrigações foram interrompidas para colheita do feijão. Durante o período de seca (14 dias) houve uma inversão ou seja o Na aumentou e o Ca e Mg diminuíram. Todavia logo que foram reiniciadas as regas as alterações retomaram o comportamento inicial. A CE sempre esteve acima daquela constatada antes do experimento, enquanto o pH manteve-se, praticamente constante.

As maiores lâminas apresentaram melhores resultados, no que se refere as características químicas do solo, embora sem diferenças relevantes.



## RÉSUMÉ

ce travail a été conduit lors de la période juillet/1985 à janvier/1986, dans la Ferme Expérimentale de la Vallée du Curu dans la commune de Pentecoste, Etat du Ceará, Brésil sur sol alluvial eutrophique (sodique). L'objectif principal était d'étudier la performance du haricot - *Vigna unguiculata* (L) Walp, sur sol sodique et aussi des altérations de la composition du complexe sortant du sol, lors de l'application de gypse et d'irrigations différenciées.

Statistiquement l'expérimentation a été faite entièrement au hasard sur le terrain selon 5 modalités et 4 répétitions.

Les productions de gousses et de grains sont statistiquement différentes dans les deux traitements extrêmes, c'est-à-dire, dans celui qui a reçu le plus et dans celui qui a reçu le moins d'eau, par rapport aux autres. Les meilleures productivités ont été obtenues dans les traitements qui ont reçu une lame d'eau d'irrigation égale à 1 1/3 de l'évapotranspiration. Le traitement qui a reçu le plus d'eau a présenté la plus petite productivité. La teneur en sel du sol ne paraît pas avoir influencé la production de grains et de gousses. Après 20 jours d'application de gypse, il y a eu une nette argumentation des teneurs en  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  et une diminution des teneurs en  $\text{Na}^+$  du complexe sortant du sol. Et par conséquent la PSI a baissé. Cette tendance a été vérifiée jusqu'au soixantième jour quand les irrigations ont été interrompues pour la récolte du haricot. Pendant la période de sécheresse (14 jours) ces aspects chimiques ont été inversés: le  $\text{Na}^+$  a augmenté et le  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  ont diminué. Cependant, dès que les irrigations ont repris la solution du sol a retrouvé le comportement initial. La Conductivité Electrique



a été toujours audessus de celle vérifiée avant l'expérimentation, tandis que le pH s'est maintenu pratiquement constant.

Les lames d'irrigations les plus grandes ont permis de meilleurs résultats vis-à-vis des caractéristiques chimiques du sol quoique sans différences importantes.

## SUMÁRIO

1 - <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2 - <u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 - <u>Origem dos solos salinos</u> .....	3
2.2 - <u>Geoquímica dos solos salinos</u> .....	4
2.3 - <u>Classificação dos solos salinos</u> .....	7
2.4 - <u>Influência dos sais sobre as plantas</u> .....	9
2.5 - <u>Recuperação de solos com problemas de sal</u> .....	12
3 - <u>MATERIAL E MÉTODO</u> .....	14
3.1 - <u>Caracterização da área experimental</u> .....	14
3.2 - <u>Determinação das características físico-químicas do solo</u> .....	15
3.2.1 - Capacidade de campo .....	15
3.2.2 - Massa específica do solo .....	16
3.2.3 - Massa específica das partículas do solo .....	16
3.2.4 - Ponto de murcha permanente .....	16
3.2.5 - Curva característica da água no solo .....	17
3.3 - <u>Delineamento</u> .....	17
3.4 - <u>Cultura eleita para o experimento</u> .....	18
3.5 - <u>Condução do experimento no campo</u> .....	19
4 - <u>RESULTADO E DISCUSSÃO</u> .....	29
4.1 - <u>Análise estatística da produção</u> .....	29
4.1.1 - Efeito na cultura .....	29
4.2 - <u>Análise de tendências</u> .....	34
4.2.1 - Variação do teor de Ca e Mg do complexo sor-tivo .....	35
4.2.2 - Variação do teor de K e Na do complexo sorti-vo .....	35
4.2.3 - Variação no pH no solo .....	36
4.2.4 - Alterações na PSI do solo .....	36
4.2.5 - Variação da composição catiônica da água do lençol freático .....	38



4.3 - <u>Variação do parâmetros com o tempo</u> .....	41
4.3.1 - <u>Variação da CE do estrato de saturação</u> .....	41
4.3.2 - <u>Variação no Na, Ca e Mg, adsorvidos</u> .....	53
4.3.3 - <u>Variação da PSI</u> .....	54
4.3.4 - <u>Variação catiônica na água do lençol freático</u> .....	55
4.4 - <u>Lavagem do solo com água de chuva</u> .....	55
4.5 - <u>Duração do experimento versus melhorias nas condições físicas do solo</u> .....	57
4.6 - <u>Aspectos econômicos</u> .....	57
5 - <u>CONCLUSÕES</u> .....	58
6 - <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	60
7 - <u>ANEXOS</u> .....	63

## LISTA DE QUADROS

<u>Quadro</u>		<u>Página</u>
1	Coeficiente de energia segundo FERMAN .....	5
2	Categoria de migração dos elementos .....	5
3	Classes de solo .....	8
4	Lâminas d'água por tratamento .....	26
5	Características químicas do solo da área experimental .....	27
6	Características físicas do solo da área experimental .....	28
7	Produção de grãos da cultura de feijão-de-corda .....	30
8	Produção de vagem da cultura de feijão-de-corda .....	30
9	Produção média de grão, quando realizou-se 3 colheitas e uma única colheita, na cultura de feijão-de-corda .....	31
10	Análise de variância da produção de grãos da cultura de feijão-de-corda .....	31
11	Análise de variância da produção de vagem da cultura de feijão-de-corda .....	32
12	Valores médios da produção de grãos e vagem da cultura de feijão-de-corda, relativa às diversas lâminas aplicadas - cultivar EPACE 1.	32
13	Análise das médias de produção quando a colheita foi feita em uma única etapa em três etapas - cultivar EPACE 1 .....	38



<u>Quadro</u>		<u>Página</u>
14	Composição catiônica média do complexo sor- tivo da camada de 0-15cm, antes e depois do	37
15	Composição catiônica média do complexo sor- tivo da camada de 15-30cm, antes e depois do experiento .....	37
16	Correlação entre N e K trocáveis .....	38
17	Composição catiônica média da água do len- çol freático .....	40
18	Alturas médias do lençol freático .....	40
19	Média pluviométrica mensal de 1966 a 1980, chuva efetiva e perdas por percolação, es- coamento superficial, evaporação etc., na região do experimento.....	56

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figuras</u>	<u>Página</u>
1	Esquema da área experimental ..... 22
2	Esquema de uma parcela do experimento ..... 23
3	Coletor de água do lençol freático ..... 24
4	Curva característica da água no solo da área experimental ..... 25
5	Variação da CE do solo com o tempo. Camada de 0-15cm ..... 42
6	Variação da CE do solo com o tempo. Camada de 15-30cm ..... 43
7	Variação do Na adsorvido com o tempo. Cama- da de 0-15cm ..... 44
8	Variação do Na adsorvido com o tempo. Cama- da de 15-30cm ..... 45
9	Variação do Ca e Mg adsorvidos com o tempo. Camada de 0-15cm ..... 46
10	Variação do Ca e Mg adsorvidos com o tempo. Camada de 15-30cm ..... 47
11	Variação da PSI com o tempo. Camada: 0-15cm .. 48
12	Variação da PSI com o tempo. Camada: 15-30cm.. 49
13	Variação do Na na água do lençol freático com o tempo ..... 50
14	Variação do Ca e Mg na água do lençol freá- tico com o tempo ..... 51
15	Distribuição anual de chuvas na região de Pentecoste, Ceará. Média de 15 anos (1966 a 1980). Fonte: DE PAIVA, 1983 ..... 52



## 1 - INTRODUÇÃO

Não é surpreendente afirmar que grande parte dos 300 milhões de hectares de solos salinizados estão situados nas regiões áridas e semi-áridas do globo terrestre, pois o clima aí é caracterizado por excesso de evaporação e precipitação insuficiente para a adequada lixiviação dos sais. A irrigação nesta região torna-se imprescindível a um desenvolvimento agrícola que atenda às necessidades de seus habitantes. Por outro lado, o uso inadequado desta técnica, principalmente, em climas áridos e semi-áridos, é um dos responsáveis pela salinização do solo.

Coincidentemente situam-se nessa área as maiores zonas de subdesenvolvimento do mundo onde a humanidade passa fome, o que evidencia a importância do aproveitamento do potencial dessas terras onde, a excessão da irregular distribuição das chuvas e do risco de salinização, quase todos os fatores edáficos e climáticos são apropriados ao desenvolvimento da agricultura.

O Nordeste brasileiro é uma porção dessa área problema do mundo e portanto evidencia-se a importância da pesquisa no campo da salinização e recuperação dos solos salinos.

Como a recuperação de solos salinos, além de demorada, resulta em altos custos, é da maior importância o estudo do comportamento das culturas de relevância para região, quando submetidas aos efeitos do excesso de sais.

Estas pesquisas devem eleger grupos de culturas que componham uma escala progressiva de resistência as concentrações salinas da solução do solo. Uma vez conhecido o grau de tolerância aos sais para as diversas plantas é possível montar projetos de recuperação de terras salinas, conjuntamente com o aproveitamento agrícola, bastando para isso iniciar o cultivo com espécies mais resistentes, seguidas das menos resistentes.

O presente trabalho visou dois objetivos básicos: primeiro, observar o comportamento do feijão de corda (cultivar EP 1), cultivado em solo aluvional sódico, tratado com gesso, na ordem de 16 ton/ha e irrigado com cinco lâminas d'água diferentes; segundo, estudar a eficiência do gesso na recuperação do aludido solo, quando submetido a diferentes lâminas de lavagem.

Os parâmetros analisados foram: produção de vagem e grão do feijão, pH, CE, PSI, e os teores de Ca, Mg, Na e K, da água de irrigação e do complexo sortivo do solo.



## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - Origem dos Solos Salinos

O mecanismo de formação e acumulação de sais no solo está diretamente ligado a fatores intrínsecos e extrínsecos. São intrínsecos aqueles relacionados a composição química da rocha mãe enquanto que extrínsecos são aqueles resultantes de fatores climáticos, e da ação do homem.

A contribuição da rocha mãe para salinização dos solos, está na razão direta da solubilidade dos minerais que a constituem.

As condições climáticas influem na formação de solos salinos, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas onde a evapotranspiração supera a precipitação pluviométrica, durante todo o ano ou parte dele.

A irrigação, tecnologia da qual o homem lança mão para resolver o problema agrícola nessas regiões, torna-se a principal causa da salinização dos solos, em decorrência de manejo inadequado da água PIZARRO(1978).

A salinidade dos solos nos campos secos e desérticos da Mongólia está geneticamente relacionada a antigos ou contemporâneos depósitos de sais confinados no momento em zonas geoquimicamente provenientes de paisagens hidromórficas, PANKVA et alii (1983), apresentando, então uma limitada distribuição de solos salinos em razão do pequeno desenvolvimento da salinidade da rocha mãe. Nessa região os solos que ocupam grande parte da área não contêm sais em grande soma, prontamente solúvel

O problema de salinidade no extremo Norte do México é bastante conhecido a nível global e tem sua origem funda-

mentada em três variáveis: primeira, uma condição climática caracterizada pela ausência quase total de chuva e pela presença de altas evapotranspirações que favorecem a acumulação de sais no solo; segunda, o excesso de sais na água de irrigação e por fim os problemas de drenagem que indiretamente ocasionam acumulações salinas dentro do perfil do solo (SCH., 1984).

Em zonas áridas e semi-áridas, com baixa precipitação e alta evapotranspiração, produzem-se fenômenos de salinidade devido a carência de drenagem e inadequado manejo da água de irrigação. Se a esta situação se junta a presença de lençóis freáticos altos, o problema de salinização torna-se mais grave devido ao transporte de sais através do fluxo capilar. Em geral uma profundidade crítica do lençol freático se pode fixar em 1,0 m para solos de textura média e argiloso e 0,3 m para solos arenosos MILLAR (1974).

## 2.2 - Geoquímica dos Solos Salinos

Os elementos básicos que participam da formação dos solos salinos são: Ca, Mg, Na, K, Cl, S e C. Com menor frequência encontramos N, B e I, PIZARRO (1978). A meteorização da rocha dificilmente tem ocasionado depósito de sais em grandes quantidades, sendo comum que os sais, uma vez formados, sejam transportados pela água até os oceanos ou se depositem em depressões continentais tornando-as salinizadas.

FERSMAN, citado por PIZARRO (1978), indica que a sequência de extração de íons das rochas e minerais, sua velocidade de migração e capacidade de acumulação em forma de sais, nas depressões, são inversamente proporcionais ao coeficiente de energia desses íons. Portanto os cloretos, nitratos, sulfatos e carbonatos de cátions alcalinos e alcalinos terrosas são os mais frequentes em consequência do in-



temperismo da crosta terrestre. Em troca a precipitação ocorre em ordem inversa, o que explica o maior tempo de permanência do ClNa nas soluções.

QUADRO 1 - Coeficiente de energia segundo FERSMAN.

Ânions	Coeficiente de Energia	Cátions	Coeficiente de Energia
Cl e Br	0,23	Na	0,45
NO <sub>3</sub>	0,18	K	0,36
SO <sub>4</sub>	0,66	Ca	1,75
CO <sub>3</sub>	0,78	Mg	2,10
SiO <sub>3</sub>	2,75	Fe	5,15
		Al	4,25

POLYNOV & KOVDA classificam os elementos em cinco categorias, segundo a capacidade de migração.

QUADRO 2 - Categoria de migração dos elementos.

Categoria	Elementos
Praticamente não lavável	Si (quartzo)
Pouco lavável	Fe, Al e Si
Lavável	Si, P e Mn
Bastante lavável	Ca, Na, K, Mg, Cu, Co e Zn
Muito lavável	Cl, Br, I, S, C e B

Os elementos das categorias 4 e 5 são os formadores dos sais que salinizam o solo:  $\text{ClNa}$ ,  $\text{SO}_4\text{Na}_2$ ,  $\text{Cl}_2\text{Mg}$ ,  $\text{SO}_4\text{Ca}$ ,  $\text{CO}_3\text{Na}_2$ ,  $\text{CO}_3\text{HNa}$  e  $\text{CO}_3\text{Mg}$ .

O grau de solubilidade dos sais desempenha importante papel no manejo e recuperação dos solos salinos, uma vez que os efeitos prejudiciais às culturas são proporcionais às suas concentrações. Os sais mais solúveis dão lugar a soluções de altas concentrações, enquanto os menos solúveis precipitam antes de atingir concentrações prejudiciais às plantas. Todavia, deve-se observar que o aspecto qualitativo também é importante, pois as relações catiônicas e aniônicas que ocorrem em uma solução influenciam nas reações do solo. Como exemplo tem-se o aumento da solubilidade do  $\text{CO}_3\text{Ca}$  em presença de  $\text{CO}_2$  e diminuição com o pH.

Em soluções complexas, em geral, a presença de sais com íons comuns, diminui a solubilidade dos sais. No entanto, quando os sais são diferentes há um aumento da solubilidade do sal menos solúvel. A solubilidade do gesso é de 2,049 g/l na ausência do  $\text{ClNa}$ , elevando-se a 7,09 g/l quando há 358 g/l de  $\text{ClNa}$  (PIZARRO, 1978).

Dilatação e dispersão consideráveis podem ocorrer quando somente pequenas quantidades de sódio estão adsorvidas se a concentração salina da solução do solo é muito pequena. Menos dilatação e dispersão ocorre com o aumento da concentração salina da solução do solo (ROLSION et alii 1984). Isto resulta de uma compressão da dupla camada iônica e diminuição da carga negativa.

SHARMA, et alii (1977), em experimento conduzido durante dois anos em solo salino sódico observaram maior acúmulo de sais na camada superficial (0-30 cm), quando as regas eram realizadas a intervalos de 10 dias e com lâminas menores do que aquelas usadas quando o intervalo era de 15, 20 e 25 dias. Este fato foi atribuído a pequena quantidade de água que não possibilitou a lixiviação dos sais. Quando foram usadas lâminas maiores a intervalos de 15, 20 e 25 dias houve maior acúmulo nas camadas mais profundas.



Os sais que mais importam ao estudo dos solos com problemas de sal são:

a) Sulfato de magnésio - sua presença é notada não somente nos solos salinos, mas também nas águas freáticas e lagos salinizados. Nos solos está sempre combinado com outros sais muito solúveis.

b) Sulfato de sódio - à semelhança do sulfato de magnésio, é também um componente típico dos solos salinos, águas freáticas e lagos salinizados, contudo, mais tóxico. Sua solubilidade varia consideravelmente com a temperatura o que lhe confere alta importância relacionada à lavagem, pois em épocas frias esse sal precipita-se e em épocas quentes ascende à superfície por capilaridade, juntamente com outros sais solúveis. A lavagem desse sal será mais eficiente quando em estações quentes.

c) Cloreto de sódio - juntamente com os dois anteriores, é o sal de maior frequência nos solos salinos. A alta solubilidade, que não varia com a temperatura, aliada à toxicidade traduzem a sua importância para os solos salinos.

Seguindo em importância encontram-se o carbonato de sódio e cloreto de magnésio, ambos de alta solubilidade.

KEARNEY & SCOFIELD, citados por GONZALES(1982) constataram em 1936 que as plantas começam a ser afetadas de maneira adversa quando a concentração salina excede a 1%.

### 2.3 - Classificação dos Solos Salinos

A literatura apresenta várias classificações para os solos salinos, as quais apresentam vantagens e desvantagens. Na condução do presente trabalho o autor tomou por base a classificação proposta pelo US SALINITY LABORATORY RICHARDS, (1954), tendo em vista sua simplicidade e facilidade de aplicação.



Esta classificação utiliza fundamentalmente duas variáveis: CE e PSI. A condutividade elétrica indica os efeitos da salinidade sobre as plantas, enquanto que a percentagem de sódio intercambiável relaciona os efeitos sobre o solo. O QUADRO 3 apresenta as classes de solo segundo esse critério.

QUADRO 3

Classe	CE (mmhos/cm)	PSI
Normal	< 4	< 15
Salino	> 4	< 15
Sódico	< 4	> 15
Salino sódico	> 4	> 15

### Solos Salinos

São aqueles que contêm uma quantidade de sais dissolvidos na zona radicular capaz de afetar o desenvolvimento dos cultivos. O pH se mantém entre 7 e 8 e a PSI abaixo de 15 razão pela qual sua estrutura não é afetada. Na solução desses solos o Na raramente representa mais da metade dos cátions dissolvidos PIZARRO(1978).

### Solos Sódicos

Apresentam grande quantidade de Na adsorvido de modo a causar danos à estrutura do solo.

Nesses solos as argilas se dispersam e são arrastadas pela água de lavagem, podendo se acumular a poucos centímetros de profundidade, formando uma camada de baixa permeabilidade. Daí a razão pela qual a lavagem pura e simples sem aplicação de corretivo poderá ocasionar maiores problemas a esse tipo de solo.

### Solos Salinos Sódicos

São solos que apresentam no seu conjunto características inerentes aos dois primeiros. Contudo, seus efeitos prejudiciais são observados, principalmente sobre as plantas, pois a grande quantidade de sais dissolvidos evita a dispersão dos mesmos. A simples lavagem desses solos, também é prejudicial, a menos que, o mesmo já contenha gesso, pois caso contrário passará a sódico.

#### 2.4 - Influência dos Sais Sobre as Plantas

Os sais dissolvidos na solução do solo afetam as plantas de duas maneiras: mediante a elevação da pressão osmótica e toxicidade de alguns íons.

Em solos normais as plantas absorvem regularmente a água necessária ao seu desenvolvimento. Todavia a medida que aumenta a concentração salina na solução, sua pressão osmótica poderá chegar ao ponto de impedir o fluxo de água para o interior do vegetal, mesmo que ainda haja considerável quantidade no solo.



O outro mecanismo pelo qual os sais afetam o desenvolvimento vegetal é a toxidade, embora muito estudada, porém não suficientemente esclarecida. O mais aceitável é que os sais não afetam diretamente as plantas, sendo seu efeito tóxico ocasionado por alterações que determinados íons provocam na absorção e metabolismo das plantas, dando lugar à formação de produtos tóxicos PIZARRO(1978).

O excesso de sais no solo provoca uma diminuição na permeabilidade do sistema radicular para água. Como consequência as plantas podem sofrer "seca fisiológica", desde que sejam cultivadas em ambiente de alta demanda evaporativa PRISCO (1980).

Concentração de NaCl em solução nutritiva, a partir de 50 mM, diminui significativamente o crescimento vegetativo e a absorção de água por unidade de massa em tomateiro ZÉLIA(1984).

Concentrações ótimas dos sais facilmente solúveis nas soluções dos solos, estão entre 3 e 5 g/l. Concentrações acima de 5 g/l já levam as plantas a sofrerem déficit hídrico. Quanto ao sódio intercambiável, os cultivos começam a sofrer a partir de uma PSI de 10%. PSI acima de 20% provoca sérios danos às plantas NOVIKOVA(1973).

ZAKHARIN et alii(1982) estudando a tolerância aos sais baseados na transferência de plantas de meio não salino para outro fortemente salinizado, observaram que plantas submetidas ao regime de salinização-dessalinização, sobreviveram e entraram na fase reprodutiva, enquanto plantas mantidas constantemente em meio salino, morreram.

MACHADO et alii(1976) afirmam que tanto a germinação como o crescimento de plântulas de 20 cultivares de feijão estudadas, foram sensivelmente influenciadas pela presença de soluções de manitol, cloreto de sódio, à diferentes valores de potencial hídrico. A potenciais hídricos mais baixos, a germinação foi mais afetada em cloreto de sódio do que no manitol. Sendo esta atribuída, provavelmente aos efeitos con junto de osmose e toxidade do cloreto de sódio.



PRISCO(1975), estudando os efeitos da salinidade na germinação e vigor de plântulas de Sorghum bicolor (L) Moench, observaram que a salinização não apresentou qualquer efeito na emergência da radícula. *Todavia inibiu a germinação e vigor das plântulas.* Observaram ainda que a germinação e vigor das plântulas foram mais afetadas pelo  $\text{NaSO}_4$  do que pelo  $\text{NaCl}$ , quando os problemas de água do substrato foram menores do que - 2 bar. Estes resultados vieram apoiar a hipótese de que os efeitos da salinidade sobre a germinação de sementes são manifestados somente após a emergências das radículas.

PEREIRA e ANDRADE (1980) afirmam que o tratamento de solução nutritiva com  $\text{NaCl}$ , diminui significativamente o crescimento vegetativo e absorção de água por unidade de massa, em tomateiro a partir de concentrações de 50 mM, havendo influência negativa na absorção de Ca, Mg e K, notando-se uma competição crescente do sódio x potássio, até 5 mM em  $\text{NaCl}$ , com uma posterior estabilização. Igualmente observaram que a elevação do pH ocasionara um decréscimo da produção da matéria seca da cultura, possivelmente de fósforo e outros nutrientes.

SILVA et alii(1982), trabalhando com 7 cultivares de algodão herbáceo, comprovaram a alta resistência dessa cultura à salinidade, quando obtiveram produção média de algodão em rama de 3.174 kg/ha o que, para os autores, abre amplas possibilidades para o incremento do cultivo do algodoeiro em áreas salinas.

MACEDO(1984), estudando a água de dois rios no município de Pombal-PB, após 7 meses de investigações, afirma que as águas superficiais da região, apesar de sofrerem variações nas suas concentrações, durante e após o período chuvoso, não há limitação para o seu uso na irrigação. Podem então ser usadas para a maioria das culturas e tipos de solo, com pequena possibilidade do solo alcançar níveis perigosos de sódio.

## 2,5 - Recuperação de Solos com Problemas de Sal

A recuperação de um solo objetiva, acima de tudo, trazer-lo a níveis de salinidade permissíveis ao desenvolvimento das plantas.

Ao recuperar um solo a níveis de concentração toleráveis às plantas, temos que levar em conta o seu estado de salinização: nos solos salinos é necessário reduzir o conteúdo de sais; nos salinos sódicos além da redução da concentração salina, devem ser tomadas medidas para evitar que se deteriore sua estrutura física; e nos sódicos é necessário o deslocamento de sódio intercambiável das micelas coloidais pelo cálcio ACEVES(1979). Todavia, em quaisquer condições a lavagem é imprescindível, uma vez que a eliminação de sais haverá de ocorrer, sem exceção.

### Corretivos

Os corretivos usualmente empregados na correção dos solos sódicos e salinos sódicos são: gesso, cloreto de cálcio, enxofre, polisulfato de cálcio, ácido sulfúrico e calcário. Destes, o gesso é o mais usado devido ao seu baixo preço. Embora o cloreto apresente efeito imediato e alta eficiência, seu elevado custo limita sua aplicabilidade.

A pronta ação do gesso na substituição do sódio por cálcio no complexo de troca do solo se inicia três a quatro semanas após sua aplicação, podendo continuar lentamente até mais de um ano RICHARDS(1954).

CAVALCANTE e SILVEIRA (1983), estudando o efeito de fosfo gesso sobre a redução do sódio de um solo salino sódico do Nordeste brasileiro, verificaram que a partir de vinte dias, após a aplicação do fosfogesso, os teores de sódio lixiviados foram superiores àqueles verificados nos tratamentos sem



corretivos. Os autores assumiram que, possivelmente a superioridade desses dados, nesse período, representa o início da máxima eficiência do corretivo no deslocamento do sódio trocável.

A eficiência do gesso na lixiviação do sódio cresce com o teor de umidade do solo, ABDEL (1979).

EL SHABASSY et alii (1973) citados por ABDEL (1979), constataram que as características físicas desfavoráveis, a dinâmica da água e a baixa produtividade de alguns solos sódicos, foram restabelecidos com aplicação de gesso ou enxofre juntamente com drenagem e subsolagem do solo. Os melhores resultados foram observados quando o gesso foi aplicado na superfície. O gesso incorporado, basicamente não induziu efeito na estrutura do solo.

### Lavagem dos Solos

Consiste em se adicionar certa quantidade de água no solo além daquela necessária ao desenvolvimento das plantas e perdas usuais.

A lavagem objetiva a remoção dos sais para além da camada de solo explorada pelas raízes.

A quantidade de água e o tempo necessário à lavagem, tem sido estudado com proposições de modelos teóricos baseados em fórmulas matemáticas que aproximam ou explicam o processo. VALDIVIESO (1985) assume como mais recomendável a determinação dos volumes necessários e tempo requerido para lavagem, os testes diretos nos locais de lavagem que mostrarão diretamente e em condições reais as dificuldades a encontrar e a eficiência de lavagem.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Caracterização da Área Experimental

O presente experimento foi instalado no município de Pentecoste, na área da Fazenda Experimental do Vale do Curu, de propriedade da Universidade Federal do Ceará. Este município está situado entre os paralelos  $3^{\circ}45'$  e  $4^{\circ}00'$  latitude sul e os meridianos  $39^{\circ}15'$  e  $39^{\circ}30'$  a oeste de Greenwich, Ceará, Brasil, com altitude ao redor dos 47m acima do nível do mar. O clima da região é quente e úmido com precipitações máximas ocorrendo no outono. As condições climáticas da região caracterizam-se por temperaturas médias mensais mínima de  $21,9^{\circ}\text{C}$  e máximas  $34,8^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa média mensal de 67,4%, demanda evaporativa de 234,0 mm/mês pelo Tanque Classe "A". A precipitação total, no decorrer do experimento foi de 117,1mm, assim distribuída: em setembro 13mm, em dezembro 97,1mm e em janeiro 7,0mm.

A área escolhida para o experimento recebe dentro da planta da fazenda denominação de DS<sub>2</sub>, tendo sido sistematizada em nível. O solo é constituído de sedimentos aluvionais de deposição recente e conforme critérios de classificação adotados pela Equipe de Pedalogia e Fertilidade do Solo do Ministério da Agricultura, com modificações posteriores de acordo com o novo sistema americano de classificação - 7.<sup>a</sup> Aproximação (U.S.D.A., 1967; U.S.D.A., 1970), é classificado como solo aluvial Vértico Halomórfico (Sódico Salino), horizonte A fraco, textura argilosa, vértice Torrifluente (COELHO, 1971).

Antes de instalado o experimento, foram coletadas



amostras de solo deformadas, da área experimental, sempre em triplicata, nas profundidades de 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60, destinadas à determinação da massa específica aparente, massa específica das partículas, curva característica da umidade do solo, classificação textural, grau de flocculação, ponto de murchamento, pH, condutividade elétrica, complexo sor<sub>tivo</sub> e percentagem de sódio intercambiável.

As análises químicas revelaram tratar-se de um solo sódico e não salino-sódico, como anteriormente foi classificado.

Observa-se, no entanto que há 7 anos foi instalada na parcela uma rede de drenos subterrâneos. A partir de então vinha recebendo lavagens regulares, com rotação de cultura e adubação verde.

### 3.2 - Determinação das Características Físico-Químicas do Solo

#### 3.2.1 - Capacidade de campo

Na sua determinação foi usada a metodologia de THOMAZ & HARRIS (1986), descrita pela EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1969), no Manual de Métodos de Análises de Solo do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS-EMBRAPA). As determinações foram feitas às profundidades de 0-15cm e 15-30cm, correspondentes a exploração do sistema radicular do feijão-de-corda, cultura escolhida para o experimento.

O local das determinações, medindo uma área de 1,50m x 1,50m, foi circundado por um dique de terra e em seguida irrigado por dois dias consecutivos até a saturação. Desde que desapareceu a água da superfície, passou-se a coleta de amostras, sempre duplicadas, usando-se um trado de rosca. Di

tas amostras eram de imediato colocadas em latas de alumínio, que eram tampadas e vedadas com fita gomosa e transportadas até o laboratório, onde eram pesadas e colocadas na estufa a  $105^{\circ}\text{C}$ , para, após 48 horas ser determinada a umidade atual pelo método gravimétrico. Esta operação foi repetida durante nove dias consecutivos, sendo eleito como capacidade de campo a umidade que apresentou o mesmo valor durante dois dias seguidos.

### 3.2.2 - Massa específica do solo

Foi determinada pelo método do anel volumétrico, descrito por UHLAND(1949), para as profundidades de 0-15cm, 15-20cm, 30-45cm e 45-60. Para esta determinação tomou-se por base a massa das partículas sólidas do solo, (amostras indeformadas), posta na estufa a  $105^{\circ}\text{C}$ , durante 48 horas.

### 3.2.3 - Massa específica das partículas do solo

Foram colocados 20g de terra fina, seca na estufa a  $105^{\circ}\text{C}$ , por 24 horas, em um balão aferido de 50ml e completado o volume com álcool etílico. A massa específica das partículas do solo foi calculada com base no peso da amostra de solo e o volume das partículas determinado pela diferença entre o volume do balão/50ml) e o volume de álcool gasto.

### 3.2.4 - Ponto de murcha permanente

Foi usado o extrator de Richards com amostras deformadas, saturadas em anéis de borracha e submetidas a pressão de 15 atm. Após 24 horas foram obtidos os valores de umidade



que correspondem aos pontos de murchamento das camadas correspondentes.

### 3.2.5 - Curva característica da água no solo

Foram determinadas curvas características para as profundidades de: 0-15cm, 15-30cm, 0-45cm e 45-60cm. Para potenciais matriciais até -0,5 atm foi utilizado o método de COELHO & OLIVEIRA(1984), enquanto para potenciais entre 0,5-15 atm, utilizou-se a panela e extrator de Richards com respectivas placas de pressão, com amostras de solo indeformadas.

As curvas estão representadas na FIGURAS 4.

### 3.3 - Delineamento

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 5 tratamentos e 4 repetições, assim constituídas:

Tratamento A: 3/3 da lâmina bruta requerida

Tratamento B: 5/3 da lâmina bruta requerida

Tratamento C: 4/3 da lâmina bruta requerida

Tratamento D: 2/3 da lâmina bruta requerida

Tratamento E: 1/3 da lâmina bruta requerida.

As parcelas continham 6 sulcos de 12m de comprimento espaçados de 0,83m, perfazendo uma área de 60m<sup>2</sup>.

O tratamento A funcionou como controle e sempre que o potencial matricial na camada de 15cm, atingiu -0.4 atm, foi feita uma irrigação para todos os tratamentos.

O experimento ocupou uma área total de 1.195m<sup>2</sup>, segundo os esquemas das FIGURAS 1 e 2.

Todas as parcelas receberam gesso em quantidades iguais equivalente a 16 ton/ha, calculada para uma profundidade de 40cm e uma PSI igual a 8, segundo a fórmula abaixo:

$$D = \frac{(DSI_i - PSI_f) \cdot T \cdot P_e \cdot h \cdot da \cdot C}{100}$$

- onde: D - dose do corretivo químico, em kg/ha  
 PSI<sub>i</sub> - percentagem de sódio intercambiável inicial  
 PSI<sub>f</sub> - percentagem de sódio intercambiável final  
 T - capacidade de troca de cátions, em meq/100g  
 P<sub>e</sub> - peso equivalente do corretivo em mg/meq  
 h - profundidade do solo em cm  
 da - massa específica do solo em g/cm<sup>3</sup>  
 C - coeficiente de correção.

VALORES DE C: (Corretivo)	C
Gesso	1.25
Cl <sub>2</sub> Ca. 2H <sub>2</sub> O	1.10
Enxofre	1.25
S <sub>5</sub> Ca	1.25
Sulfato de ferro e alumínio	1.10
Calcáreo	1.25

FONTE: Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos. (PIZARRO, F. 1978).

### 3.4 - Cultura Eleita para o Experimento

Foi escolhido a cultura de feijão-de-corda por se tratar de uma cultura sensível ao estresse salino, bem como



sua representatividade na alimentação básica da família brasileira e em particular da nordestina. A cultivar trabalhada foi a EPACE 1, variedade criada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará.

### 3.5 - Condução do Experimento no Campo

A área na qual foi contida a parcela experimental, vinha sendo cultivada, obedecendo a uma rotação de cultura e adubação verde em períodos intercalados, contudo sem receber nenhum corretivo ou adubo químico.

Antes do plantio foi feito uma aração a uma profundidade média de 30cm, seguida de duas gradagens cruzadas e sulcamento. Como os sulcos apresentavam irregularidades no seu nivelamento, procedeu-se uma regularização manual dos mesmos, já que projetou-se fazer a irrigação por sulco fechado e a nível. Este método embora não seja o mais adequado a lavagem, presta-se muito bem à cultura do feijão.

Como a condução da água do canal até a cabeça do sulco, deveria ser feita por sifões plásticos, previamente calibrados, adaptaram-se duas comportas imóveis de madeira a quatro secções do canal terçoário com a finalidade de conservar o nível d'água constante durante as regas. Para manter a mesma carga hidráulica em todos os sifões, instalou-se em cada cabeça de sulco um piquete, de modo que a diferença do nível entre a ponta do piquete e o nível da água do canal, em todos os sulcos, fosse igual a 15,73cm. Essa diferença corresponde a carga necessária à proporcionar uma vazão de 2l/s, em sifões anelados de 2". Portanto, durante as regas, as bocas dos sifões foram colocadas sobre as cabeças dos piquetes.

Por sorteio escolheu-se a parcela A<sub>2</sub> para instalação de duas baterias de tensiômetros com manômetro de mercúrio, instalados às profundidades de 15cm e 40cm, ficando uma a 5m do canal e outra a 3m do final do sulco. Nas parcelas A<sub>3</sub>,

D<sub>4</sub>, C<sub>3</sub> e E<sub>1</sub> foram instalados poços de observação do lençol freático. Posteriormente nas parcelas B<sub>3</sub>, E<sub>4</sub>, D<sub>1</sub>, E<sub>3</sub>, C<sub>12</sub> e A<sub>2</sub>, também foram instalados poços de observação.

Preparado o terreno, após uma rega leve de 24mm efetuou-se a semeadura no espaçamento de 0,83m x 0,25m. A germinação ocorreu de 3 a 5 dias após o plantio. Embora as falhas de germinação não tenham chegado a 2%, realizou-se um replantio oito dias após o primeiro, seguido de mais uma rega leve de 24mm.

Logo aos primeiros dias ocorreu um ataque de vaquinha - Diabrotica speciosa (Germar 1824)(Col.,Chrysomelidae), o qual foi combatido com três pulverizações com cavim, espaçadas de 7 dias. Uma única pulverização preventiva, no início da floração, com Azodrin, foi suficiente no combate ao manhoso (Chalcodermus bimaculatus Fiedler, 1936 (Col., Curculionidae)).

Aos catorze dias, foi feito um desbaste deixando-se uma planta por cova.

Aos quinze dias após a germinação foi aplicado igual quantidade de gesso sobre a superfície do solo, em todas as parcelas.

Durante todo o período vegetativo a cultura foi mantida livre da concorrência de ervas daninhas. Para isso foram realizadas 3 capinas a enxada.

A irrigação foi controlada pelos tensiômetros de 15cm de profundidade, de maneira que sempre que o potencial matricial atingiu -0.4 atm, o que correspondia a uma coluna de mercúrio de 34,5cm, procedeu-se uma rega, pois, segundo BEZERRA (1985, esta tensão corresponde ao estresse de umidade mais adequado ao bom desenvolvimento da cultura do feijão.

As lâminas d'água foram calculadas através do medidor de umidade "speedy". Nos dias de rega, durante as primeiras horas do dia foram feitas determinações de umidade, usando-se amostras a 15cm e 40cm de profundidade.



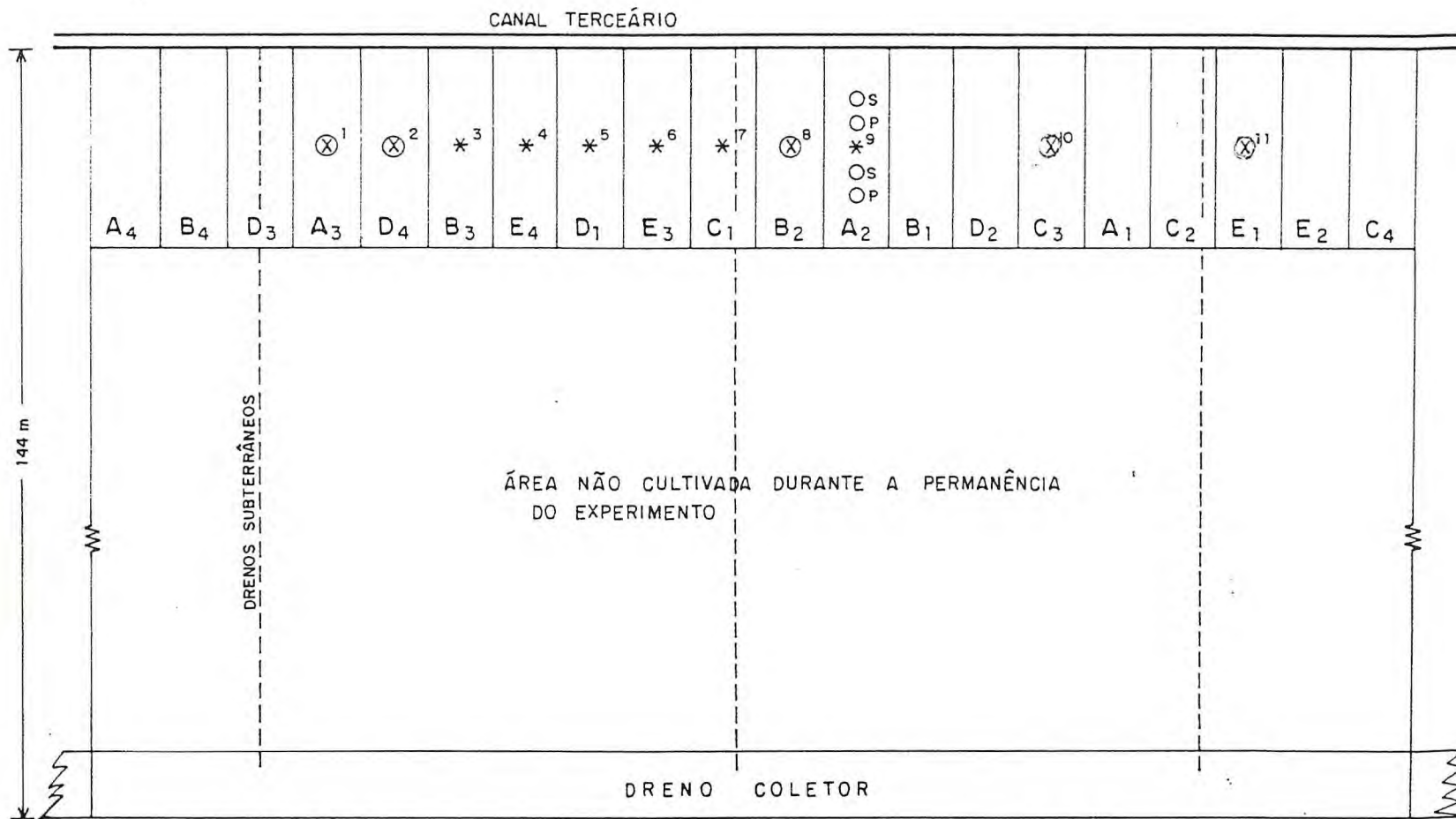
Com base na umidade atual nessas profundidades e a capacidade de campo processou-se a determinação da lâmina a aplicar, levando-se ainda em consideração uma eficiência de irrigação de 90%, pois tratava-se de sulcos com acabamento manual, em solo textura fina e comprimento bastante pequeno, recebendo uma vazão de 2 l/s. As datas e lâminas aplicadas, por tratamento, encontram-se no Quadro 3, no qual observaram-se intervalos de 7 dias até início da floração, reduzindo-se em seguida para 6 dias. Quando 50% das vagens estavam maduras, as regas foram suspensas.

As coletas de amostras de água e solo para análise química de laboratório, foram colhidas a intervalos médios de 20 dias e sempre antes das regas. Do solo foram coletadas amostras compostas para todos os tratamentos, nas profundidades de 0-15cm e 15-30cm, usando-se trado cilíndrico, enquanto as amostras de água (500ml) eram coletadas dos poços de observação já citados, usando-se um cano de 1.5", fechado na extremidade e provido de uma fenda a 20cm do seu final, conforme FIGURA 4.

A colheita foi realizada em uma área útil de 8,3m<sup>2</sup> que corresponde a duas filas contendo, cada uma 20 plantas, conforme FIGURA 2. Uma das filas foi colhida em três etapas: a primeira quando 50% das vagens estavam secas e duas outras 6 e 10 dias após. A segunda fila foi colhida de uma vez, por ocasião da data da última colheita da primeira.

O experimento permitiu observar as seguintes variáveis:

- a) Produção de vagens em kg/ha
- b) Produção de grãos em kg/ha
- c) Variação de PSI do solo
- d) Variação do Ca e Mg no solo
- e) Variação do Ca, Mg e Na na água do lençol freático
- f) Variação da altura do lençol freático.



**SIMBOLOGIA :**

- \* POÇOS DE OBSERVAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO
- <sub>S</sub> TENSÍOMETROS A 40 cm DE PROFUNDIDADE
- <sub>P</sub> TENSÍOMETROS A 15 cm DE PROFUNDIDADE
- ⊗ POÇOS DE COLETA DE ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO PARA ANÁLISE

Figura 1 - Esquema da área experimental.



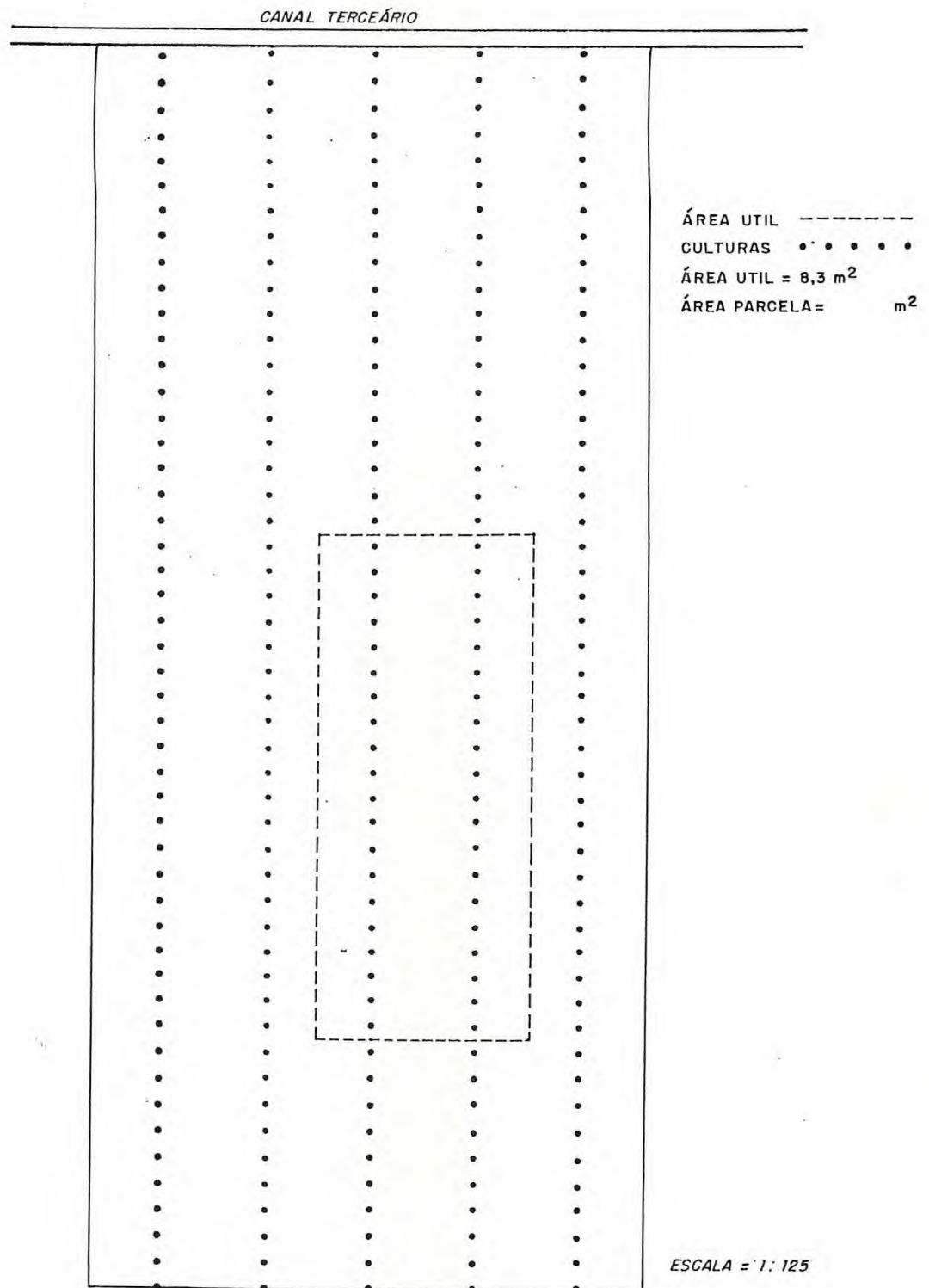
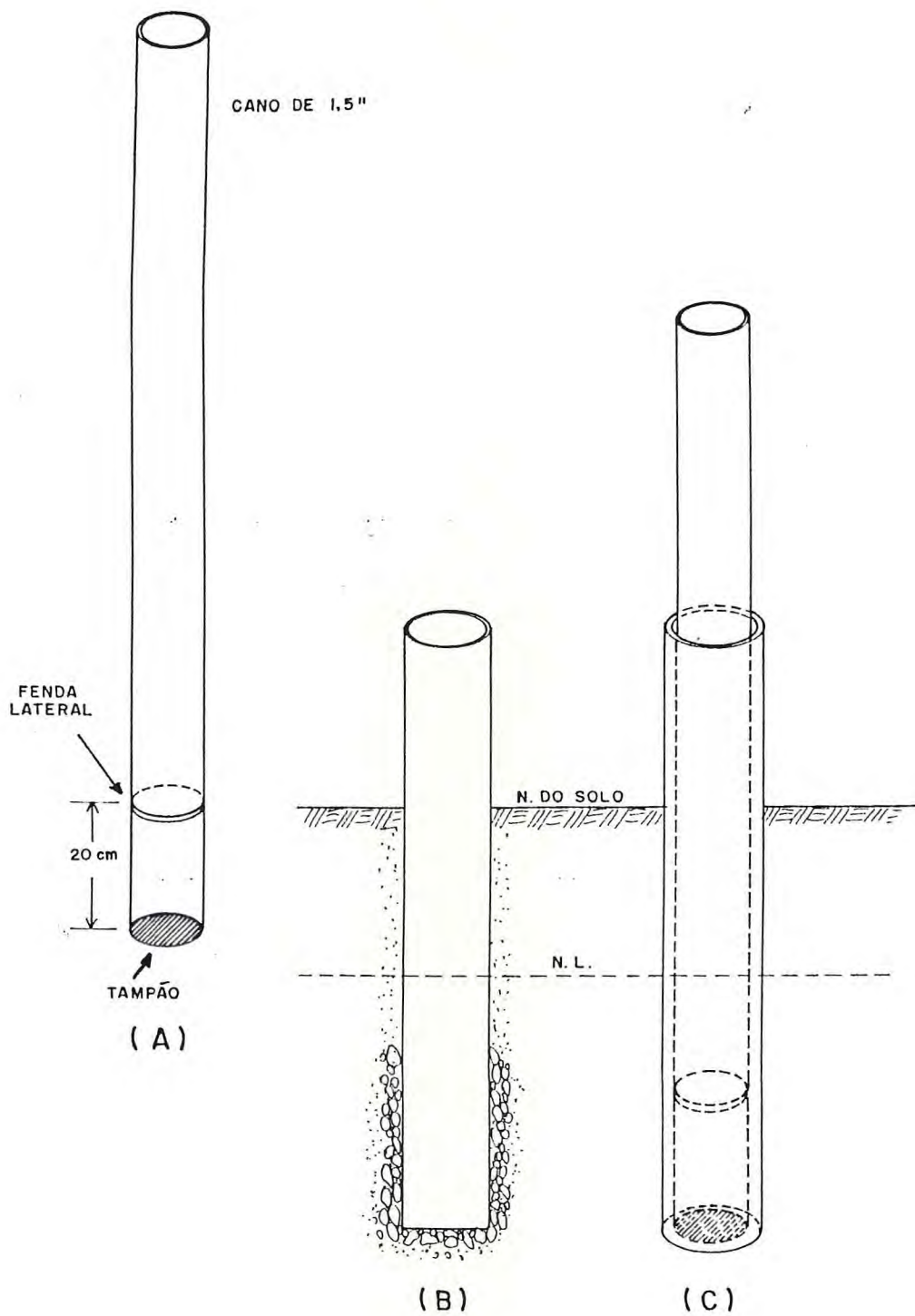


Figura 2 - Esquema de uma parcela do experimento.



- A - CANO PARA COLETA DE ÁGUA  
 B - POÇO DE OBSERVAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO  
 C - OPERAÇÃO DE COLETA

Figura 3



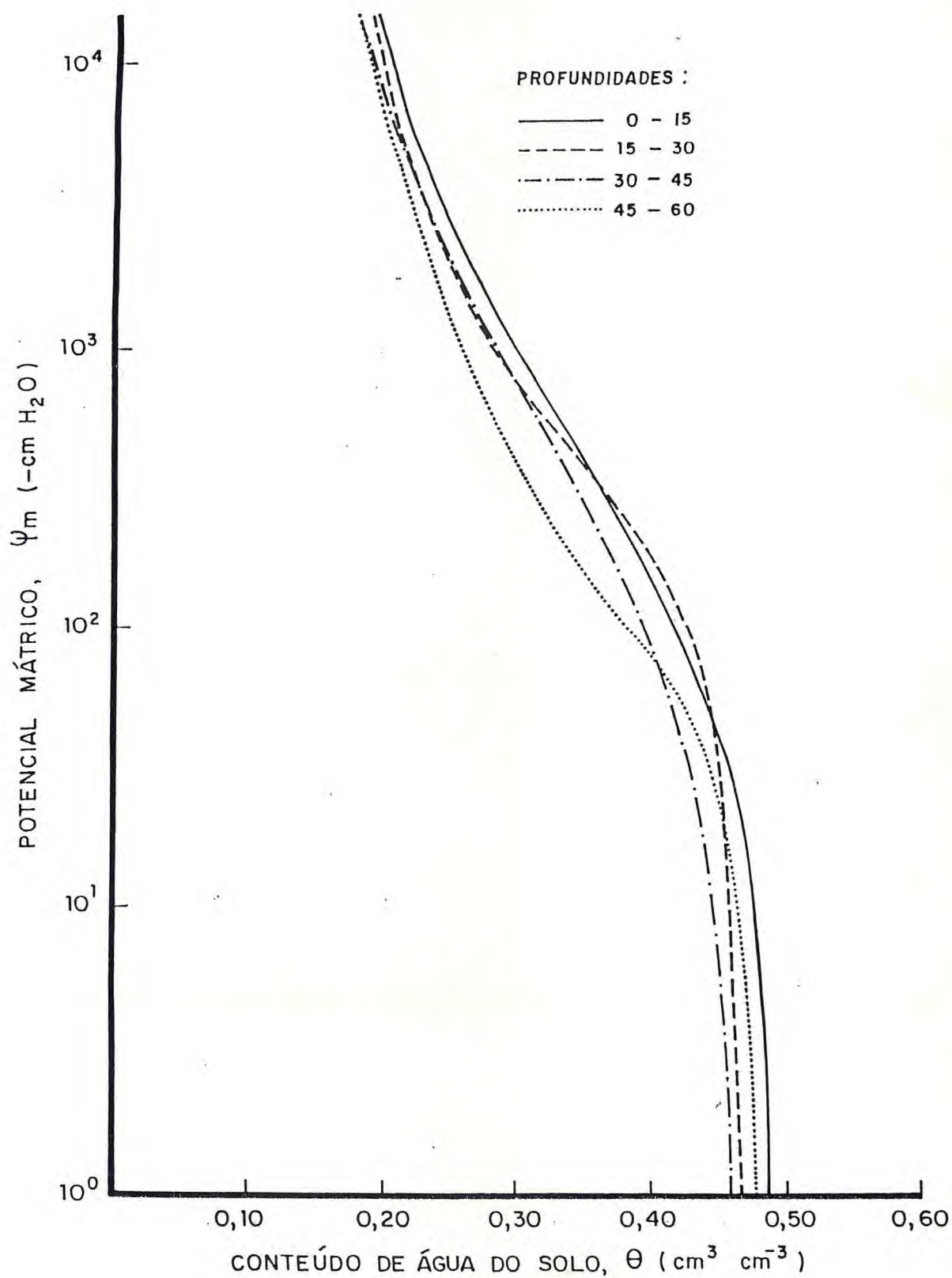


Figura 4 - Curva característica da água no solo da área experimental.

QUADRO 4 - Lâminas d'água por tratamento - (mm)

Data	Dias	Dias acumu- lados	Tratamentos				
			A	B	C	D	E
21/18/85	0	-	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10
29/08/85	8	8	24.10	24.10	24.10	24.10	24.10
13/09/85	14	22	36.00	60.00	48.00	24.00	12.00
20/09/85	7	29	39.90	66.50	53.20	26.60	13.30
27/09/85	7	36	51.30	85.50	68.40	34.20	17.10
03/10/85	6	42	47.40	79.00	63.20	31.60	15.80
09/10/85	6	48	44.10	73.50	58.80	29.40	14.70
15/10/85	6	54	45.90	76.50	61.20	30.60	15.30
22/10/85*	7	61	42.30	70.50	56.40	28.20	14.10
06/11/85	15	76	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
13/11/85	7	83	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
20/11/85	7	90	37.20	62.00	49.60	24.80	12.40
27/11/85	7	97	46.68	76.80	62.24	31.12	15.56
04/12/85	7	104	45.78	76.30	61.04	30.52	15.26
10/12/85	7	121	37.35	62.25	49.80	24.90	12.45
23/12/85	13	134	40.95	68.25	54.60	27.30	13.65

(\*) Última irrigação para colheita.



QUADRO 5 - Características Químicas do Solo da Área Experimental. (DS<sub>2</sub>)

C a m a d a		pH Em Água	CE a 25°C Ext. Sat. mmhos/cm	Carbono (%)	Nitrogênio (%)	C/N	Matéria Orgânica (%)	P Assimilável (mg/100 g)	PST (%)
Símbolo	Profundidade (cm)								
1	0 - 14	7,0	0,58	0,84	0,09	9,30	1,45	1,09	8,51
2	15 - 30	7,1	0,94	0,53	0,03	18,00	0,91	1,00	21,00
3	30 - 45	7,1	1,93	0,44	0,03	15,00	0,76	1,50	30,00
4	45 - 60	7,4	1,48	0,47	0,03	16,00	0,81	2,29	7,33

C o m p l e x o      S o r t i v o      mE/100 g      d e      S o l o						100 S/T = V (%)
Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	T	
7,60	9,50	0,38	1,62	19,05	19,05	100
8,10	9,10	0,30	4,71	22,21	22,21	100
8,20	6,70	0,23	6,42	21,55	22,55	100
9,00	6,20	0,28	1,70	23,18	23,18	100

QUADRO 6 - Características Físicas do Solo da Área Experimental. (DS<sub>2</sub>)

C a m a d a		Composição Granulométrica (%)					Argila Natural (%)	Classificação	Grau de Flocculação (%)	Massa Específica do Solo <sub>3</sub> (g.cm <sup>-3</sup> )	Capacidade de Campo (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia Grossa 2 - 0,2 mm	Areia Fina 0,2 - 0,05mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002mm						
1	0 - 15	0,95	18,45	55,40	25,20	15,70	Franco Siltoso	38	1,40	0,39	
2	15 - 30	0,60	17,40	51,50	30,50	27,20	Franco Argiloso-Siltoso	11	1,56	0,41	
3	30 - 45	0,50	21,95	49,55	28,00	27,60	Franco Argiloso	01	1,61	0,42	
4	45 - 60	0,40	20,15	49,55	29,90	29,25	Franco Argiloso	02	1,56	-	



## 4 - RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho são avaliados sob dois ângulos: o primeiro diz respeito a resultados obtidos com a cultura de feijão e o segundo estuda tendências resultantes de possíveis efeitos, ocasionados pelo uso do gesso e levagem do solo, na constituição do complexo sortivo do solo e composição iônica da água do lençol freático.

A impossibilidade de coleta da solução do solo, principalmente nos tratamentos de menor teor hídrico, não permitiu maiores explicações para algumas nuances, verificadas entre tratamentos. Dentre estas dificuldades, cita-se a impossibilidade do cálculo e estudo da pressão osmótica da solução do solo.

### 4.1 - Análise Estatística da Produção

As produções médias por tratamento de grãos e vagens do feijão de corda estão representadas nos QUADROS 7 e 8. O QUADRO 9 mostra a produção da cultura quando colhida de uma única vez e de três vezes.

#### 4.1.1 - Efeitos na cultura

Os resultados das análises de variância apresentadas nos QUADROS 10 e 11, mostram diferenças estatísticas significativas ao nível de 5% de probabilidade, para produção de grãos e vagens do feijão-de-corda. Os valores dos coeficien-

tes de variância encontrados para as duas variáveis, estão dentro dos intervalos, considerados como médios por GOMES (1963).

QUADRO 7 - Produção de grãos (kg/ha) da cultura de feijão-de-corda.

Repetições	T r a t a m e n t o s				
	A	B	C	D	E
R <sub>1</sub>	1.039	870	1.090	823	650
R <sub>2</sub>	1.054	898	1.193	1.127	1.048
R <sub>3</sub>	970	506	1.145	964	714
R <sub>4</sub>	1.518	1.012	1.229	961	541

QUADRO 8 - Produção de vagem (kg/ha) da cultura de feijão-de-corda

Repetições	T r a t a m e n t o s				
	A	B	C	D	E
R <sub>1</sub>	1.392	1.241	1.492	1.102	820
R <sub>2</sub>	1.422	1.214	1.675	1.539	1.398
R <sub>3</sub>	1.253	681	1.560	1.365	982
R <sub>4</sub>	2.108	1.398	1.663	1.301	747



QUADRO 9 - Produção média de grão (em kg/ha), quando realizou-se 3 colheitas e uma única colheita, na cultura de feijão-de-corda

Tratamento	Uma única colheita	Três colheitas
A	1.151	1.140
B	783	873
C	1.145	1.184
D	1.006	929
E	699	779

QUADRO 10 - Análise de variância de produção (kg/ha) de grãos da cultura de feijão-de-corda

Causas da Variação	G.L.	SQ	QM	F
Entre tratamento	4	475.334,58	118.833,65	4,02*
Resíduo	15	443.411,14	29.560,74	
T O T A L	19	918.745,72		

(\*) Significativo ao nível de 5%.

C.V. = 19%

QUADRO 11 - Análise de variância da produção (kg/ha) de vagem da cultura de feijão-de-corda.

Causas da Variação	G.L.	SQ	QM	F
Entre tratamento	4	871.590,30	217.897,58	3.63*
Resíduo	15	900.866,27	60.057,75	
<b>T O T A L</b>	<b>19</b>	<b>1.772.456,57</b>		

(\*) Significativo ao nível de 5%.

C.V. = 20%

QUADRO 12 - Valores médios da produção de grãos e vagem (kg/ha) da cultura de feijão-de-corda, relativa as diversas lâminas aplicadas-cultivar EPACE 1.

Tratamentos	Lâminas	Produção de Grãos	Produção de Vagem	Rendimento de Grãos (%)
A	$\frac{3L}{3}$	1.145,25 a	1.543,75 a	74
B	$\frac{5L}{3}$	828,88 b	1.133,50 b	73
C	$\frac{4L}{3}$	1.164,25 a	1.597,50 a	73
D	$\frac{2L}{3}$	967,75 ab	1.326,50 ab	73
E	$\frac{L}{3}$	738,25 b	1.001,75 b	74

Os valores médios seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente, ao nível de 5%, pelo Teste de DUNCAN.



QUADRO 13 - Análise das médias de produção (kg/ha) quando a colheita for feita em uma única etapa e em três etapas. Cultivar EPACE 1.

Tratamento	Produção		t Calculado
	I Etapa	III Etapas	
A	1.151	1.140	0.06 NS
B	783	873	0.59 NS
C	1.145	1.184	-0.61 NS
D	1.006	929	0.81 NS
E	699	779	-1.36 NS

NS.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste t.

O teste de DUNCAN aplicado às médias do QUADRO 12, não constatou diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos C e A, que receberam lâminas de irrigação de L + 1/3L e L, respectivamente. Entretanto qualquer um destes tratamentos tomados isoladamente, apresentam diferença estatisticamente significativa a esse mesmo nível de probabilidade, quando comparados com os tratamentos B e E, respectivamente (L+2/3L e 1/3L). O tratamento D (2/3L) não apresentou diferença estatisticamente significativa ao nível de 5%, com relação aos demais.

Estes efeitos são atribuídos aos teores de água aplicadas ao solo, pois tanto o déficit (1/3L) como o excesso (5/3L) foram prejudiciais à produção do feijão-de-corda.

A hipótese do teor salino haver influenciado neste resultado parece pouco provável, uma vez que o tratamento que recebeu maior lâmina, (5/3L), portanto, onde a solução

do solo apresentaria menor concentração de sais, não diferiu daquele onde a concentração salina, por deficiência de umidade do solo, apresentar-se-ia mais elevada. Uma possibilidade da influência do teor salino, seria explicada pela maior quantidade de gesso solubilizado, em consequência do maior teor de água presente no solo. Isto concorreria para aumentar a concentração salina da solução e conseqüentemente elevar sua pressão osmótica. Por outro lado, o fato do tratamento D(2/3L), não haver apresentado diferença significativa em relação aos tratamentos A(L) e C(4/3 L), possivelmente seria atribuída a pequenas concentrações salinas na solução do solo.

Considerando a baixa concentração salina da solução do solo ( $CE < 4 \text{ mmho.cm}^{-1}$ ), assim como uma PSI igual a oito, na camada do 0-15cm, o efeito tóxico do sódio não deve haver influenciado, de vez que isto se faz sentir a partir de percentagens de sódio intercambiável acima de 10 (NOVIKOVA, 1973).

A análise das médias de produção contidas no Quadro 13 - colheita em uma ou três etapas, não apresentou resultados estatisticamente significativos, o que do ponto de vista econômico, é uma vantagem apresentada pela cultivar estudada.

#### 4.2 - Análise de Tendência

Na abordagem que se segue procurar-se-á analisar tendências relacionadas a alterações na constituição química do solo e da água do lençol freático. Para tanto se considerou apenas as camadas de 0-15 e 15-30cm, que representam a zona de exploração radicular do feijão.



#### 4.2.1 - Variação do teor do Ca e Mg do complexo sortivo

Os teores de cálcio e magnésio observados nos Quadros 14 e 15, revelam uma tendência desses cátions a diminuir com a profundidade nos tratamentos de menor lâmina d'água, embora o tratamento C (4/3L) apresente uma ligeira queda. O contrário observa-se nos tratamentos que mantiveram maior teor hídrico, o que se explica pela maior quantidade de gesso dissolvida. MOURA(1981) estudando a influência da mecanização agrícola na produção de milho, em período invernos de alta precipitação (com chuva acima de 180mm), mas não usando corretivo, verificou uma diminuição desses cátions com a profundidade. Por outro lado, os quadros mostram aumento desses íons após o experimento.

Esses dados evidenciam a pronta reação do gesso, a partir de pequenas lâminas de lavagem do solo, ainda que sua eficiência tenda a aumentar com o teor hídrico.

#### 4.2.2 - Variação do teor de K e Na do complexo sortivo

Os teores de potássio baixaram, seja no decorrer do experimento, seja com a profundidade (Quadros 14 e 15). Resultados semelhantes foram encontrados por MOURA (1981).

Quanto ao sódio houve diminuição de modo geral, sendo as maiores quedas verificadas nos tratamentos de maiores lâminas aplicadas. Todavia com relação à profundidade aconteceu o inverso para o potássio, ou seja, maiores teores foram observados à maior profundidade.

A redução nas quantidades de sódio pode ser atribuída à sua substituição pelo cálcio proveniente do gesso e posterior lixiviação. Como observou-se, esta reação aumenta de eficiência com o teor de água.

QUADRO 14 - Composição catiônica média do complexo sortivo da camada de 0-15cm, antes e depois do experimento (meq/100 de solo).

Tratamento	Antes					Depois				
	Ca+Mg	K	Na	PSI	pH	Ca+Mg	K	Na	PSI	pH
A	17.1	0.38	1.62	8.51	7.0	23.57	0.29	1.16	4.75	6.8
B	17.1	0.38	1.62	8.51	7.0	23.68	0.19	0.82	3.36	7.1
C	17.1	0.38	1.62	8.51	7.0	22.94	0.32	0.77	3.11	7.1
D	17.1	0.38	1.62	8.51	7.0	22.82	0.37	1.48	6.27	7.0
E	17.1	0.38	1.62	8.51	7.0	22.70	0.37	1.42	5.80	7.1

QUADRO 15 - Composição catiônica média do complexo sortivo da camada de 15-30cm, antes e depois do experimento (meq/100g solo).

Tratamento	Antes					Depois				
	Ca+Mg	K	Na	PSI	pH	Ca+Mg	K	Na	PSI	pH
A	17.2	0.30	4.71	21.00	7.1	24.95	0.17	1.67	6.31	7.2
B	17.2	0.30	4.71	21.00	7.1	25.17	0.15	1.04	3.70	7.4
C	17.2	0.30	4.71	21.00	7.1	22.38	0.24	1.70	6.99	7.3
D	17.2	0.30	4.71	21.00	7.1	21.85	0.22	4.18	14.82	7.2
E	17.2	0.30	4.71	21.00	7.1	21.54	0.25	3.08	12.92	7.4



A redução nos teores de potássio pode estar relacionada ao intercâmbio deste cátion, havendo também a possibilidade de sua assimilação pela cultura.

O Quadro 16 mostra alta correlação entre os teores de Na e K, trocáveis com maior e menor coeficientes para mais alto e mais baixo teor hídrico, respectivamente.

#### 4.2.3 - Variação no pH do solo

O valor do pH, praticamente, se manteve constante com o tempo. Apenas ligeiras alterações, para mais, ocorreram, principalmente à maior profundidade. (Quadros 14 e 15)

Estas modificações podem ser explicadas pelo aumento dos teores de cálcio e magnésio.

#### 4.2.4 - Alterações na PSI do solo

A percentagem de sódio intercambiável apresentou maior redução nos tratamentos de maior lâmina aplicada. Este comportamento é explicado pela redução do sódio e aumento do cálcio e magnésio, em decorrência de mais altas quantidades de gesso solubilizado. Destaca-se ainda a qualidade da água de irrigação, que durante todo período manteve-se na classificação  $C_2S_1$  (anexo 2).

QUADRO 16 - Correlação entre Na e K trocáveis.

Data Co leta de Amostra	Tratamentos									
	A		B		C		D		E	
	K	Na	K	Na	K	Na	K	Na	K	Na
03.10.85	0.27	1.10	0.33	1.10	0.37	0.96	0.29	1.39	0.25	1.26
21.10.85	0.32	1.05	0.29	1.00	0.39	1.13	0.25	1.07	0.28	1.35
12.11.85	1.19	2.14	0.91	1.79	0.53	1.24	0.85	2.43	0.66	2.36
03.12.85	0.32	1.14	0.28	0.91	0.23	0.78	0.29	1.20	0.24	0.87
23.12.85	0.30	0.88	0.28	0.91	0.21	0.72	0.25	1.20	0.18	0.82
16.01.86	0.29	1.16	0.19	0.82	0.20	0.77	0.37	1.62	0.37	1.86
R	0.97		0.99		0.97		0.97		0.94	

#### 4.2.5 - Variação da composição catiônica da água do lençol freático.

Os resultados das análises químicas da água do lençol freático, revelaram maior presença de sais no tratamento A. Os valores médios, constantes no Quadro 17, não parecem estar associados com as lâminas aplicadas em cada tratamento, mas apenas relacionados com a distância dos poços de observação (de onde eram feitas as coletas de água para análise), aos drenos subterrâneos. Na FIGURA 1, pode-se observar que são exatamente os poços dos tratamentos A, B e os mais próximos dos drenos.

O mais provável seria uma redistribuição de água das parcelas de maior para as de menor teor hídrico, principal-



mente nos períodos mais próximos as regas, quando o déficit hídrico era mais pronunciado nas parcelas correspondentes aos tratamentos de menores lâminas.

Logo após as regas, as parcelas dos tratamentos A, B e C, comportaram-se como zona de alta carga hidrostática, enquanto os demais (D,E) como regiões de baixa carga. Quando uma das parcelas do D ou E está localizada próximo a um dreno, o fluxo de água em sua direção mais se evidencia, em virtude da baixa pressão criada em volta do mesmo. A parcela E<sub>1</sub>, onde estava o poço para observação do lençol freático e coleta de água para análise, comportava-se como tal. Portanto os teores salinos aí encontrados não provinham da mesma, mas de parcelas vizinhas.

Outra comprovação deste fato pode ser constatada no Quadro 18, onde o lençol freático correspondente ao tratamento E se manteve mais elevado do que em C, A e D. Também pôde-se observar que os tratamentos D e E sempre elevaram seus respectivos lençóis freáticos no segundo dia após as irrigações, enquanto os demais foram rebaixados.

A menor concentração salina, verificada para o tratamento C, pode ter a mesma explicação, pois, trata-se do poço mais afastado do dreno. Os tratamentos A e B, embora passíveis de induzir alta carga hidrostática, contêm nos seus lençóis freáticos alto teor salino. Possivelmente a pequena distância destes tratamentos aos drenos, concorreu para que houvesse contribuição de outras parcelas.

Os teores de Ca e Mg comparados aos de Na (QUADRO 17), podem explicar a diminuição do Na no complexo sortivo, como foi observado anteriormente.

Ainda no QUADRO 18, pode-se verificar que o poço mais afastado do dreno, no caso o C, tem o lençol mais rebaixado, quando não é o esperado. Mais uma vez comprova a recarga desse poço (parcela) sobre o seu vizinho E.

QUADRO 17 - Composição catiônica média da água do lençol freático (meq/l).

Tratamento	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	CE mmho <sub>cm</sub> <sup>-1</sup>	pH	PAS	Classe de Água
A	4.63	4.13	0.12	33.90	4.01	7.6	16.20	C <sub>4</sub> S <sub>4</sub>
B	4.26	3.43	0.45	19.12	2.67	7.49	9.75	C <sub>4</sub> S <sub>3</sub>
C	4.95	3.86	0.23	12.32	2.15	7.57	5.87	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>
D	4.41	3.09	0.11	13.40	2.09	7.51	6.92	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub>
E	4.41	3.00	0.33	18.13	2.47	7.61	9.88	C <sub>4</sub> S <sub>3</sub>

QUADRO 18 - Alturas médias do lençol freático, em cm.

Dias após a Irrigação	T r a t a m e n t o s				
	A	B	C	D	E
1	105	34	103	109	103
2	110	65	107	108	101
3	111	67	114	112	105
4	114	71	115	112	107
5	114	72	119	114	109
6	115	74	120	120	115

Por ordem de proximidade dos drenos, tem-se:  
E, A, B, D e C.



#### 4.3 - Variação dos Parâmetros com o Tempo

Na abordagem anterior, analisa-se os efeitos sobre os valores médios dos parâmetros, antes e após o experimento. Neste item serão estudadas possíveis alterações, verificadas ao longo do período experimental em decorrência do manejo da água e uso do gesso, relacionados ao solo.

##### 4.3.1 - Variação da CE do extrato saturado

Como mostram as FIGURAS 5 e 6, houve um aumento da CE, em todos os tratamentos, mas, não de maneira contínua, nas duas camadas. As flexões das curvas são observadas aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias, após aplicação do gesso.

A subida rápida vista na FIGURA 5, até o vigésimo dia pode estar associada ao aumento de Ca, proveniente da dissolução do gesso. Aos 20 dias nos tratamentos A, B e C a CE caiu quase que bruscamente, enquanto nos demais continuou a subir. A explicação mais plausível para esta variação está na lixiviação de sais com a água de lavagem, nos tratamentos onde isto era permitido. Nos tratamentos D e E, cuja lâmina não era suficiente para o solo atingir a capacidade de campo, à profundidade de 40cm, o teor de cátions tende a aumentar no complexo solo versus água e com ele a CE.

Vale salientar ainda a rápida ascensão das curvas no período compreendido entre o quadragésimo e o sexagésimo dia. Neste período, as regas estiveram suspensas durante 14 dias para colheita, seguindo-se duas regas leves de 25mm cada, espaçadas de 7 dias, para germinação de um novo cultivo de feijão. Este último plantio não foi possível ser analisado, em consequência das chuvas ocorridas durante o mês de dezembro. Assim se admite como sendo a ascensão capilar a causa responsável pelo aumento da concentração salina.

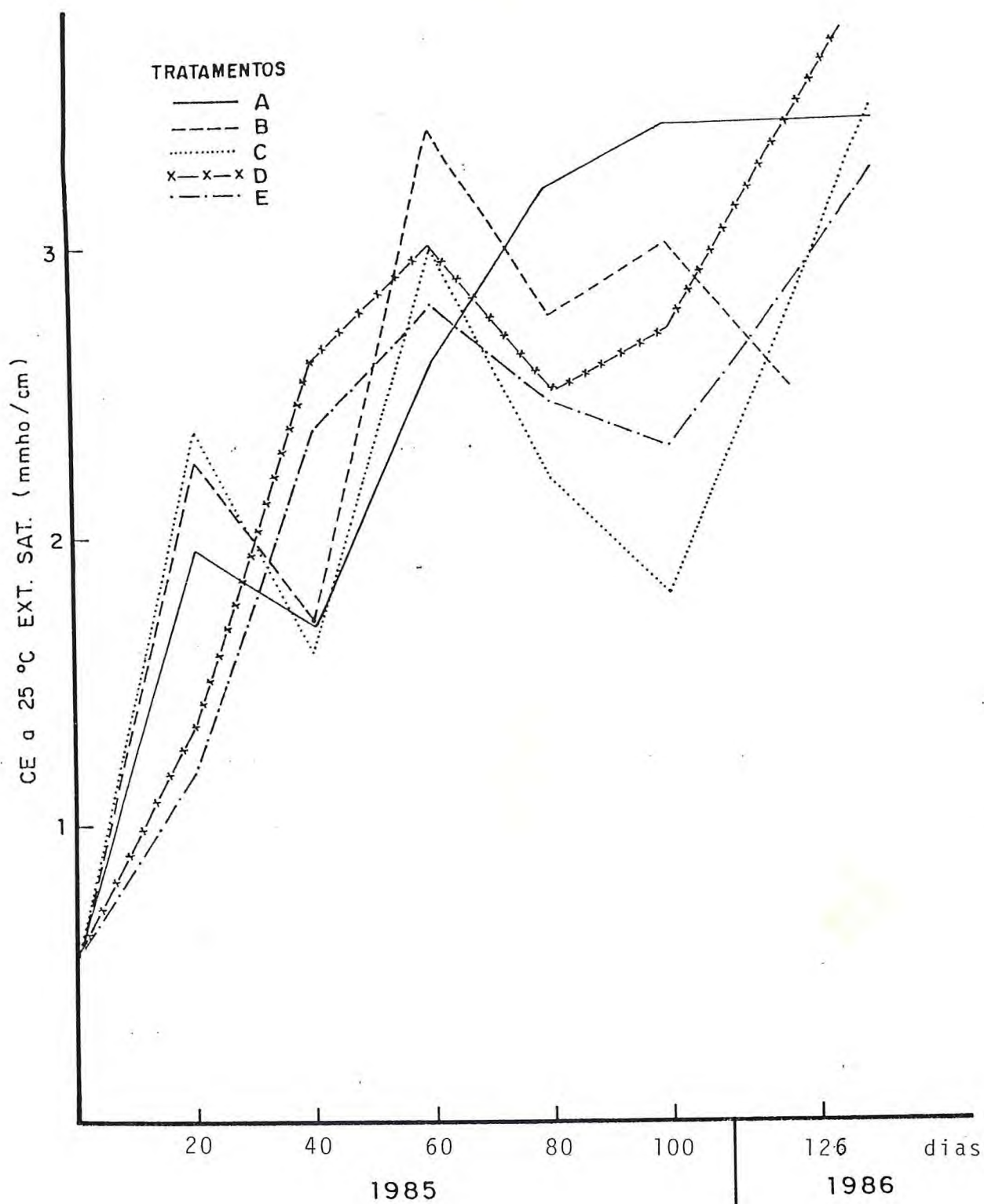


Figura 5 - Variação da CE do solo com o tempo camada: 0-15cm.



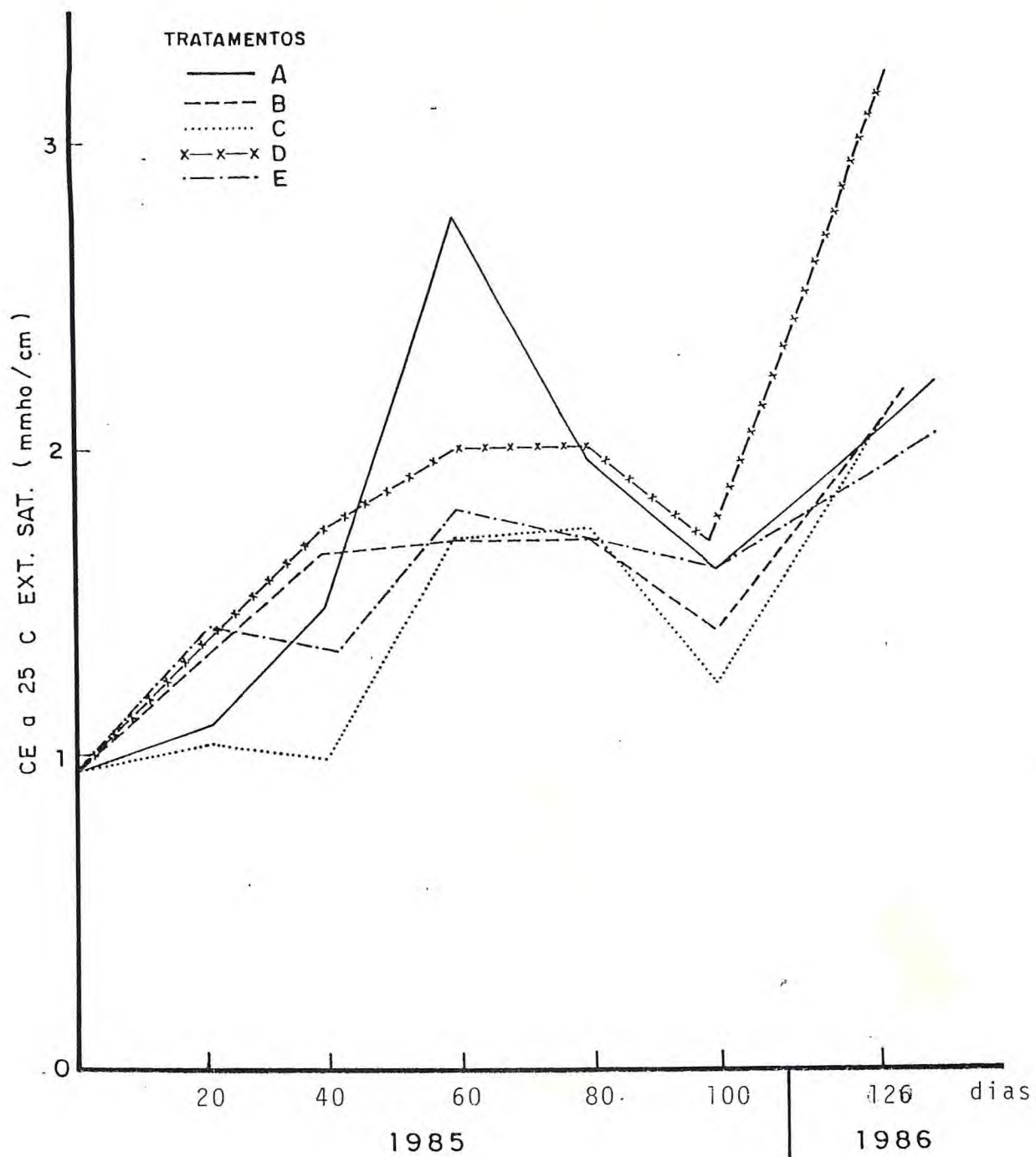


Figura 6 - Variação da CE do solo com o tempo.  
Camada: 15-30cm.

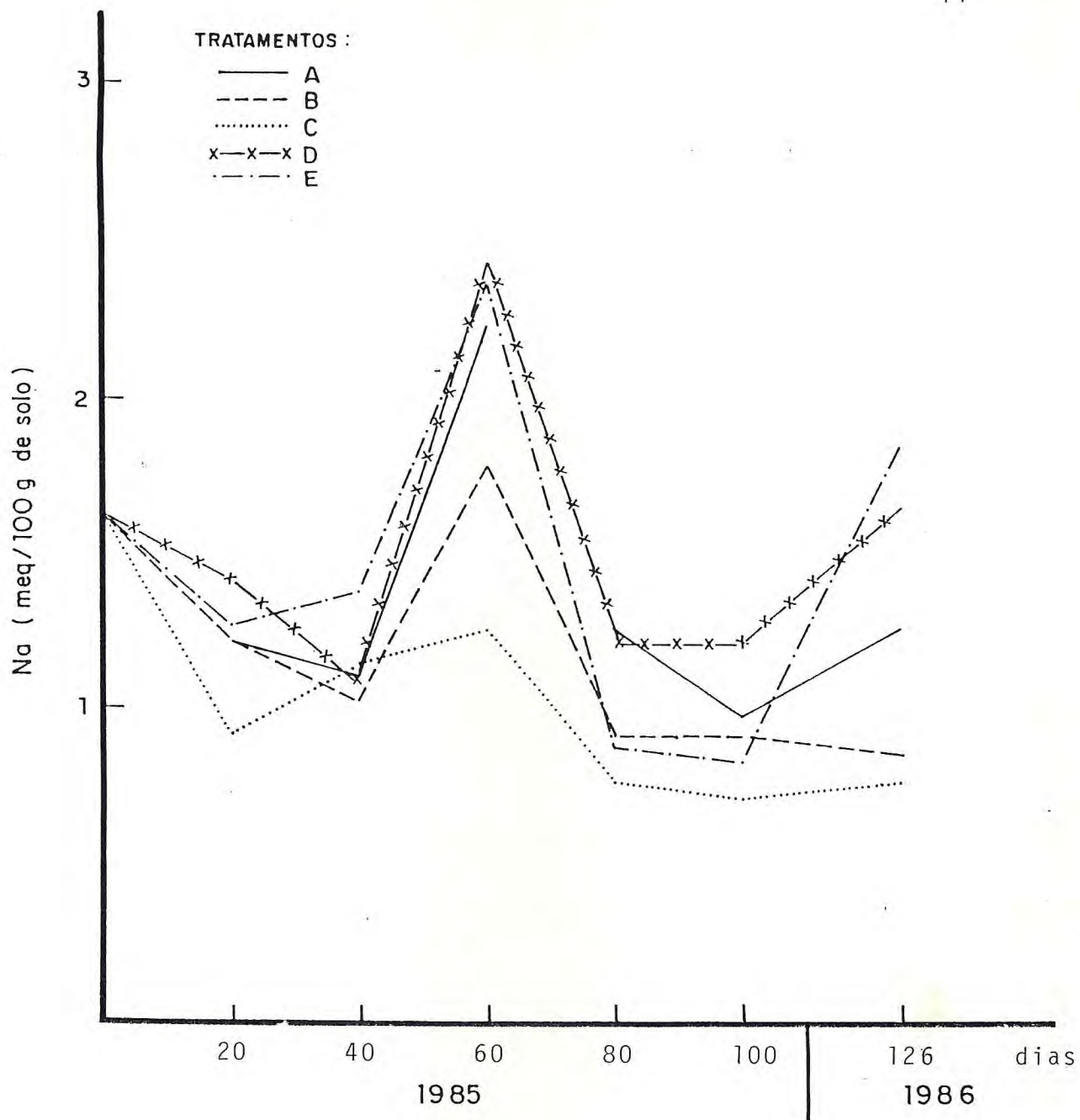


Figura 7 - Variação do Na adsorvido com o tempo.  
Camada: 0-15cm.

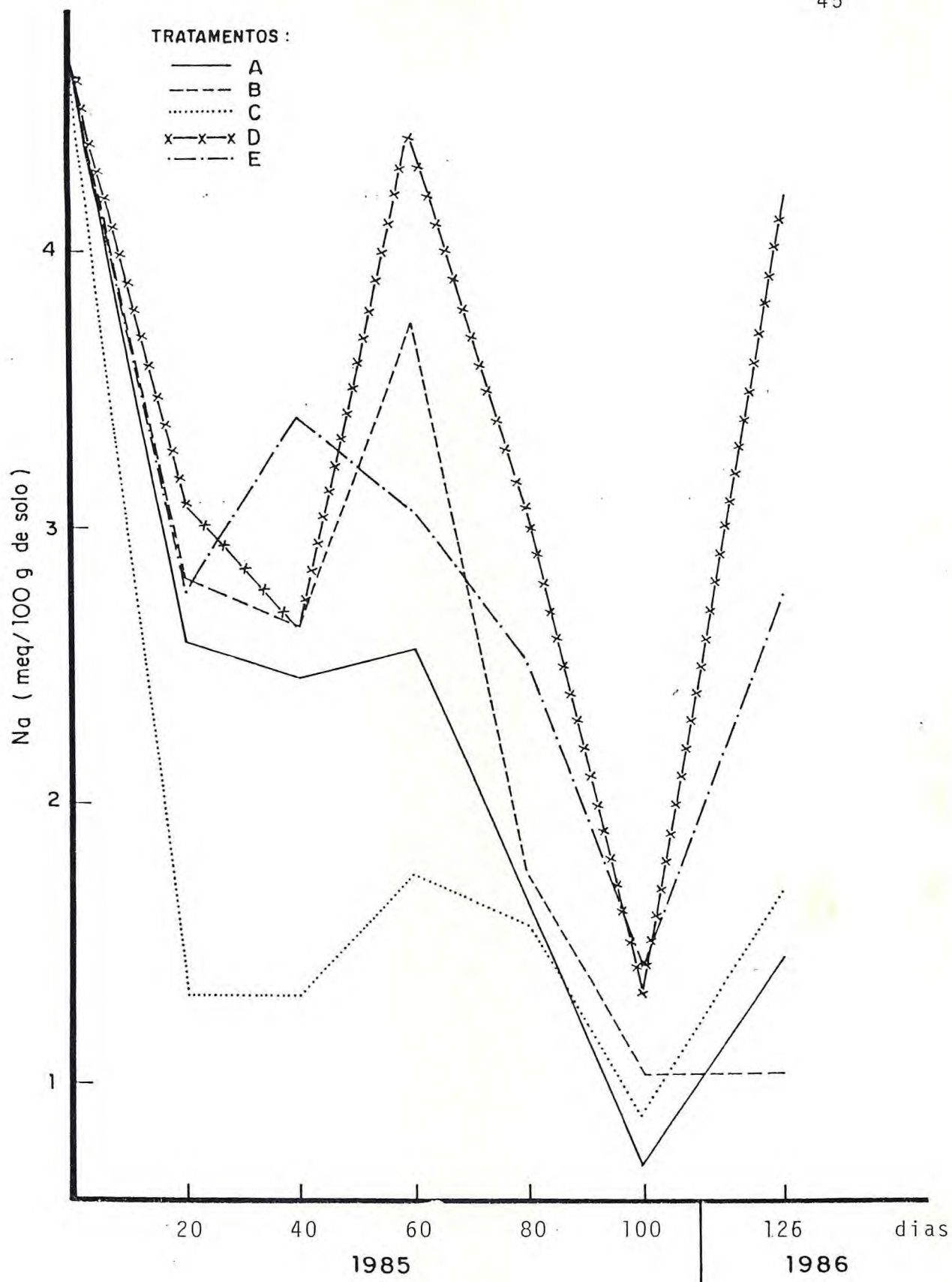


Figura 8 - Variação do Na adsorvido com o tempo.  
Camada: 15-30cm.



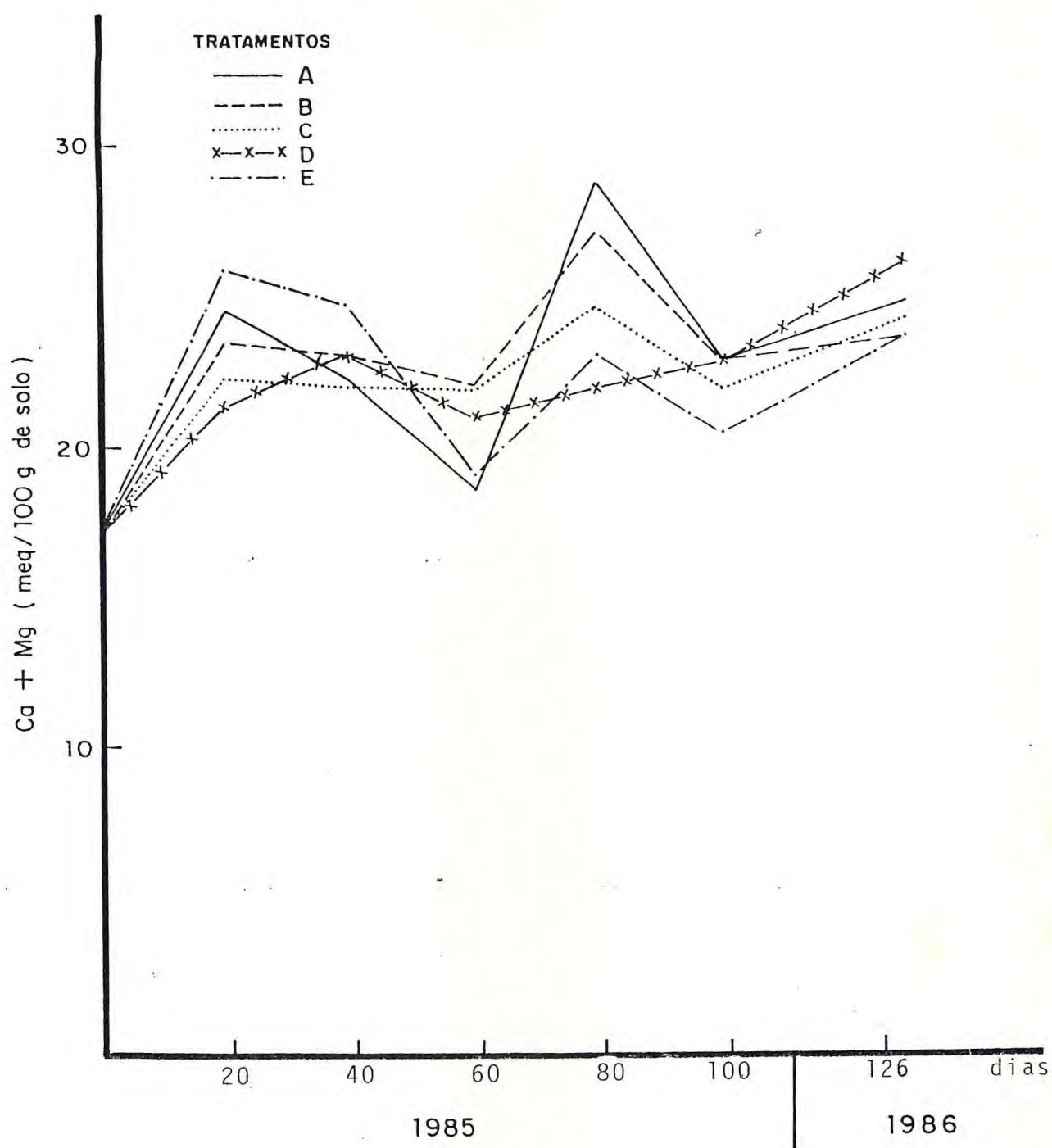


Figura 9 - Variação de Ca e Mg adsorvidos com o tempo.  
Camada: 0-15cm.

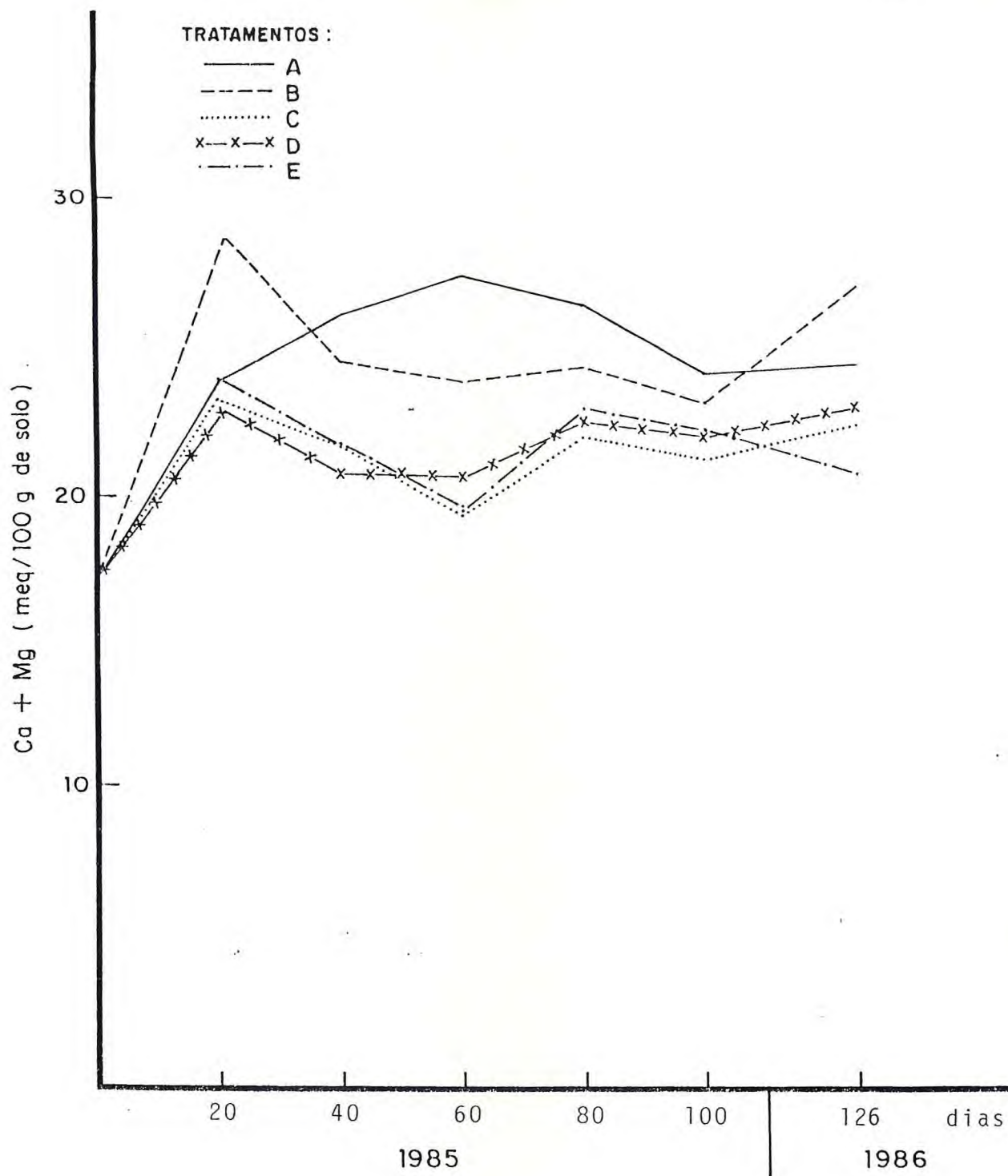


Figura 10 - Variação do Ca e Mg adsorvidos com o tempo.  
Camada 15-20cm.

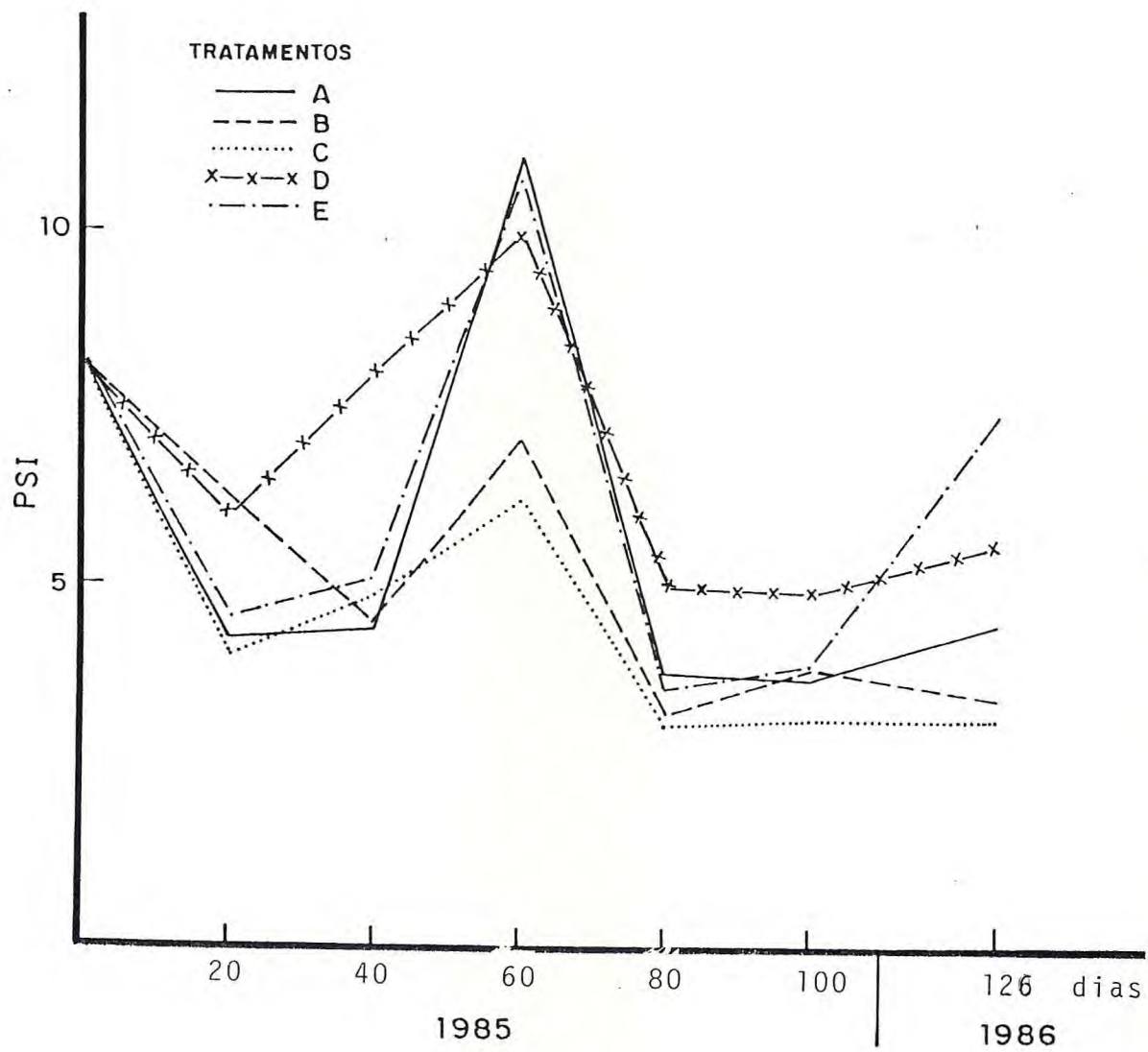


Figura 11 -- Variação da PSI com o tempo.  
Camada: 0-15cm.



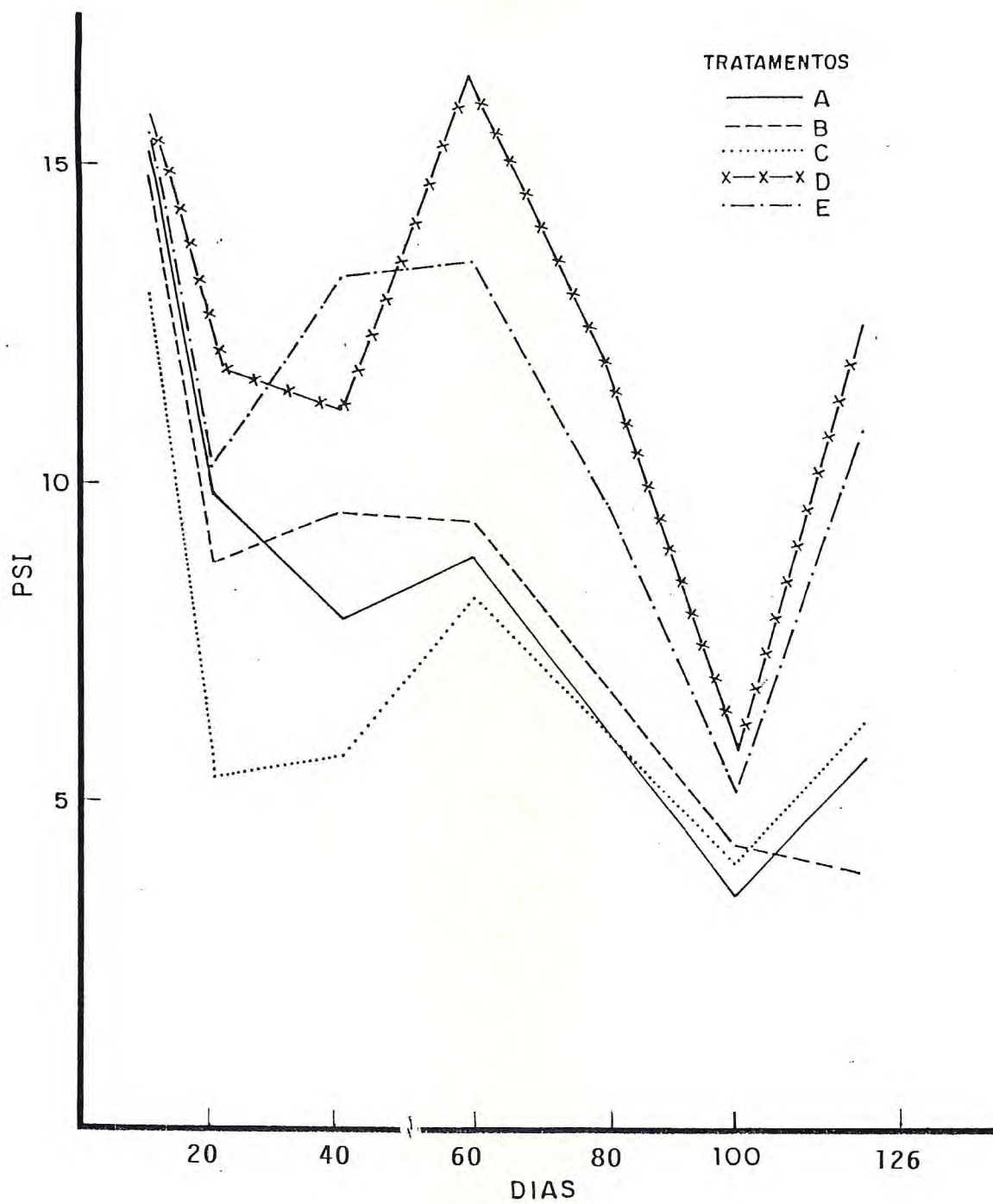


Figura 12 - Variação do PSI com o tempo.  
Camada: 15-30cm.

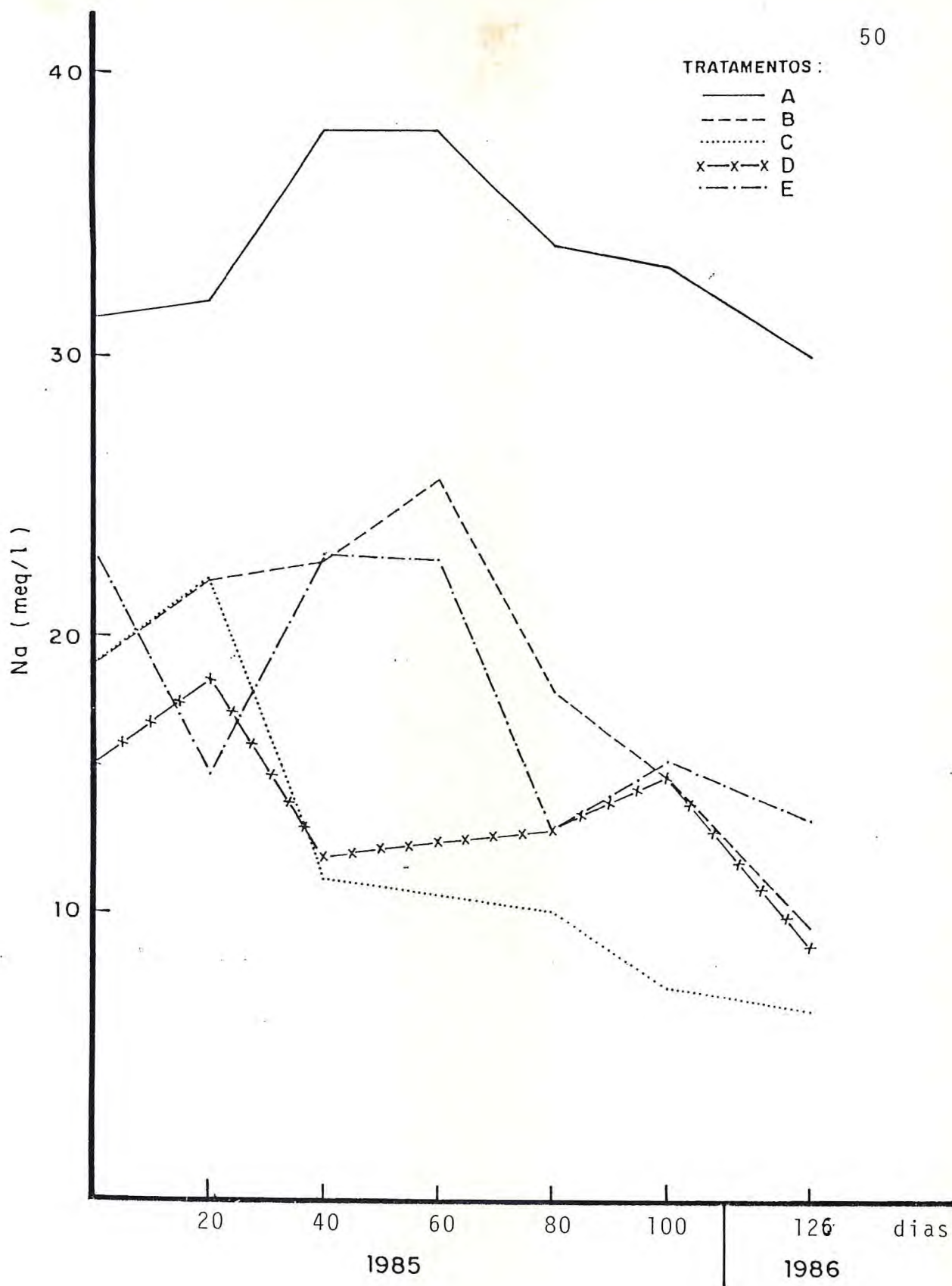


Figura 13 - Variação do Na na água do lençol freático com o tempo.

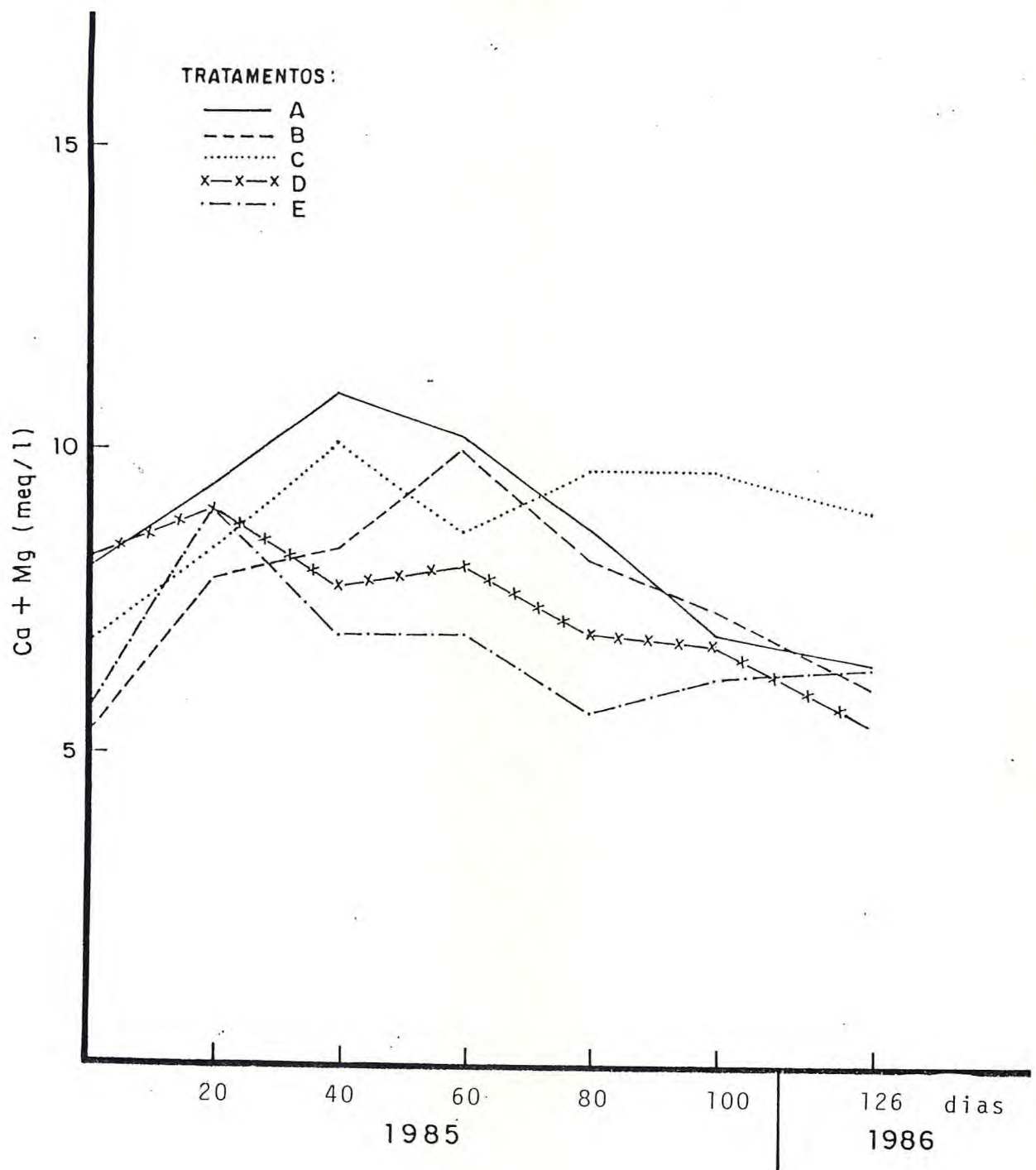


Figura 14 - Variação do Ca e Mg na água do lençol freático com o tempo.



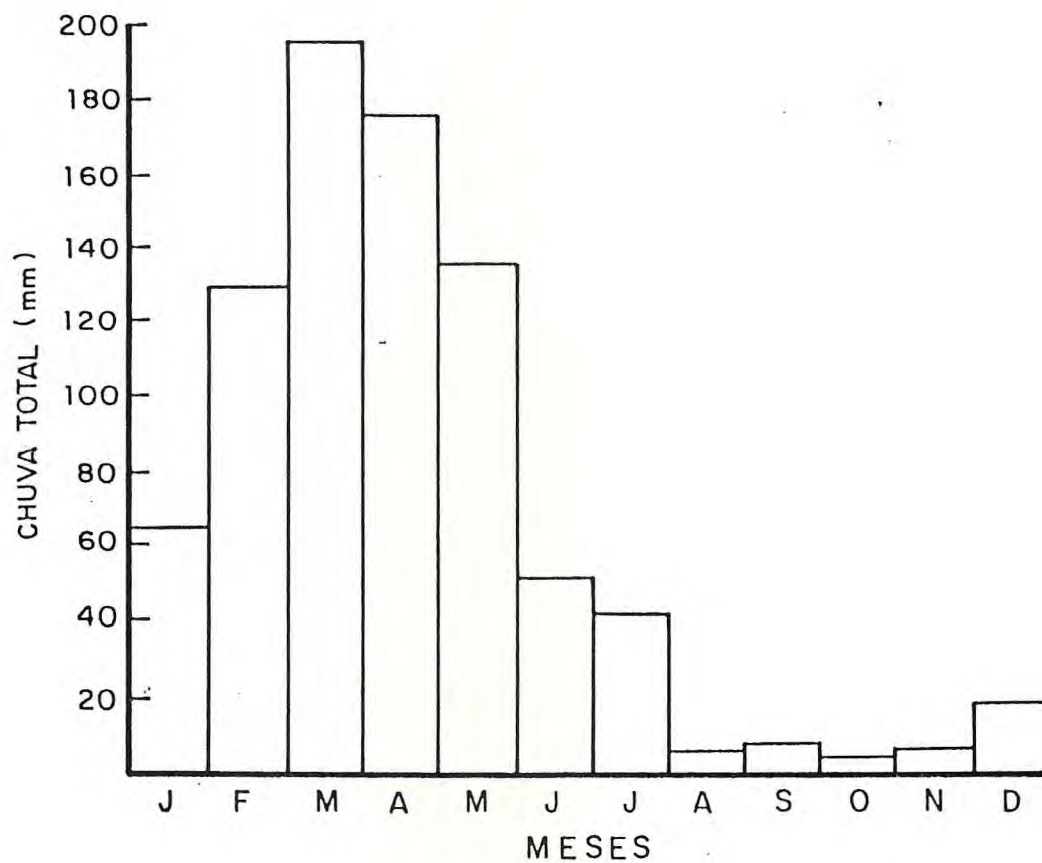


Figura 15 - Distribuição anual de chuvas na região de Pentecoste, Ceará. Média de 15 anos (1966 a 1980).

Fonte: DE PAIVA (1983).

Logo que foram reiniciadas as regas normais as curvas voltaram a cair. Durante o mês de dezembro as chuvas não permitiram o controle mais acurado das lâminas aplicadas em cada tratamento, bem como melhor avaliação das tendências dos diversos parâmetros.

No decorrer do período compreendido entre 01/01 a 18/01/86, o experimento não recebeu irrigação, ocorrendo apenas uma chuva de 7mm, o que caracteriza um novo período seco e conseqüentemente uma nova subida da CE (FIGURA 5 e 6), com exceção do tratamento B, na camada de 0-15cm. Este decesso da curva B, reflete a alta intensidade de lixiviação desse tratamento.

Na camada de 15-30cm (FIGURA 6) as variações seguiram as mesmas tendências. No entanto em menores proporções, por vez que as lixiviações, possivelmente, maiores responsáveis pelas causas anteriores, diminuíram com a profundidade.

#### 4.3.2 - Variação no Na, Ca e Mg, adsorvidos

As FIGURAS 7 e 8, mostram as variações do parâmetro sódio adsorvido, nos diversos tratamentos. Verifica-se que de modo geral, houve variação desequilibrada ao longo do período experimental com pontos (12/11/85) na camada de 0-15cm, chegando a atingir valores acima daqueles iniciais. Comparando esta variável com a CE (FIGURAS 8 e 9) pode-se constatar que o aumento inicial destas deve-se realmente à concentração de Ca e Mg (FIGURAS 9 e 10), pois nesse período houve decréscimo de Na e aumento de Ca e Mg. Como a variação de K (QUADROS 14 e 15) é insignificante, como era de se esperar, possivelmente, apenas esses dois cátions concorrem para o acréscimo da CE.

O contrário constata-se naqueles períodos, onde foram suspensas as regas normais (22/10-20/11). Houve aumento de teor de Na e diminuição do Ca e Mg (FIGURAS 9 e 10).



Então, possivelmente, o aumento da CE, nessa fase, deverá estar associado com a elevação do teor sódico.

O crescimento do teor deste cátion, poderá ser explicado pela ascensão capilar.

Como o lençol freático, nesse período, manteve-se, praticamente à mesma altura, em todos os tratamentos, a maior ascensão é explicada pelo teor hídrico, como reflete a FIGURA 7, onde os tratamentos D e E apresentam maiores alturas. Na camada de 15-30cm o tratamento B (maior lâmina) apresenta ligeiro aumento do teor sódico em relação ao E (menor lâmina), provavelmente em consequência do seu lençol estar mais elevado que os demais.

Os decréscimos de Ca e Mg, nos mesmos períodos de aumento do Na, possivelmente relacionam-se à menor quantidade de gesso solubilizado em virtude do déficit hídrico.

As menores percentagens de Ca e Mg com relação ao Na, podem estar associadas às valências dos cátions deste que um íon Ca ou Mg, substitui dois Na das micelas de argila.

#### 4.3.3 - Variação da PSI

As variações em PSI tanto na primeira camada como na segunda, retratam as interações observadas entre os cátions de Ca e Mg versus Na. (FIGURAS 5, 6, 7, 8, 9 e 10).

De modo geral, os valores em PSI, crescem com a profundidade e decrescem na razão inversa das lâminas d'água aplicadas, conforme FIGURAS 11 e 12.

Estas condições devem estar relacionadas com o deslocamento do Na pelo Ca e posterior lixiviação do primeiro. O maior volume de água proporciona maior quantidade de gesso solubilizado pronto para processar o deslocamento do Na adsorvido.



#### 4.3.4 - Variação catiônica na água do lençol freático

A variação do teor sódico na água do lençol, representada pela FIGURA 13, indica que as maiores concentrações ocorreram nos tratamentos (A, B e E), cujos poços de coleta de amostra da água estão mais próximos aos drenos (FIGURA 1). Já o Ca e Mg (FIGURA 14) marcam maior presença nos tratamentos de maior teor hídrico (A, B e C).

A primeira alteração pode ser explicada pelo deslocamento do sódio até os drenos, através da água de lavagem, enquanto que a segunda deverá estar relacionada com o maior teor de cálcio na solução do solo, em decorrência da maior lâmina d'água disponível à solubilização do gesso.

Vale salientar que, a exceção do tratamento B, a altura média do lençol freático nunca esteve acima dos drenos, que estão a 0,80m da superfície (QUADRO 18).

#### 4.4 - Lavagem do Solo com Água de Chuva

A distribuição de chuva representada na FIGURA 15, revela a existência de duas fases anuais bem distintas. Uma chuvosa compreendida entre janeiro e junho, com as maiores precipitações ocorrendo nos meses de março a maio e um período, praticamente sem chuvas, que vai de julho a dezembro.

Durante a fase chuvosa o excesso d'água (com baixíssimo teor de sais) proporciona eficiente dissolução dos sais do solo e conseqüente lixiviação para zonas além daquela explorada pelo sistema radicular. Esta eficiência é aumentada nos terrenos sistematizados, onde a regular e pequena declividade facilita a infiltração em detrimento do escoamento superficial. Todavia uma boa rede de drenagem é indispensável, pois na ausência dela haverá elevação do lençol freático e conseqüente carregamento de sais à zona radicular.

Os dados contidos no QUADRO 19, revelam que parte da precipitação pluviométrica acumula-se na zona radicular (chuva efetiva) e outra parte escapa às outras regiões, seja por percolação, seja por escoamento superficial ou evaporação.

Do ponto de vista de lavagem do solo, as perdas d'água mais importantes são aquelas realizadas por percolação profunda. Em áreas irrigadas onde os terrenos são sistematizados, admite-se que as perdas por percolação sejam também muito significativas em termos de volume, conforme foi referenciado anteriormente. Assim sendo, espera-se que grande parte dos 311.4mm de chuva ( $3.114 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) perdidos (QUADRO 19) serão utilizados na dissolução e transporte dos sais do solo às zonas que estão além daquelas exploradas pelo sistema radicular. Todavia a ausência de uma rede de drenagem poderá fazer com que os mesmos sejam novamente translocados até as camadas superficiais, através da capilaridade, durante a estação seca.

QUADRO 19 - Média pluviométrica mensal de 1966 à 1980, chuva efetiva e perdas por percolação, escoamento superficial, evaporação, etc., na região do experimento.

Mês	Chuva Total média (mm)	Chuva Efetiva média (mm)	Perdas (mm)	Perdas Acumulado (mm)
Jan	63,6	58,0	5,6	5,6
Fev	129,5	96,0	33,5	39,1
Mar	194,7	102,0	92,7	131,8
Abr	176,0	98,0	78,0	209,8
Mai	136,3	48,0	88,3	298,1
Jun	51,3	38,0	13,3	311,4
Jul	40,8	0,0	-	-
Ago	5,8	0,0	-	-
Set	6,8	0,0	-	-
Out	4,7	0,0	-	-
Nov	5,5	0,0	-	-
Dez	18,8	18,0	-	-

FONTE: De Paiva (1983).



#### 4.5 - Duração do experimento versus melhorias nas condições físicas do solo.

Considerando o curto espaço de tempo (126 dias), não se pode afirmar que haja ocorrido grandes e duradouras modificações na estrutura física do solo. A literatura dá conta da necessidade de períodos que vão de poucos a vários anos para recuperação de um solo, dependendo das condições locais. Todavia os resultados obtidos, durante a fase experimental, parecem ser suficientes à comprovação da eficiência do gesso na recuperação de solos sódicos. O que encoraja à continuidade da pesquisa.

#### 4.6 - Aspectos econômicos

O alto custo da terra e a escassez de alimentos são dois fatores preponderantes na justificativa para o emprego de corretivos na recuperação de solos sódicos e salinos sódicos. O custo atual (1986) da tonelada de gesso, em Fortaleza-Ceará é de Cz\$ 326,00. Nas condições do experimento (16 ton/ha), o custo com o corretivo foi Cz\$5.000,00/ha, acrescido de Cz\$ 216,00 da mão-de-obra para aplicação. Isto dar um custo total adicional de Cz\$ 5.216,00, por cada hectare a ser recuperado.

Por outro lado, a recuperação não deve ser feita isoladamente, mas associada a um cultivo. No caso do experimento em questão os tratamentos que mantiveram melhor desempenho (A, C e D) apresentaram produções (QUADRO 9), muito próximas da média regional, que é de 1.200 kg de grãos de feijão-de-corda por cada hectare irrigado. Vale ressaltar que, nas áreas irrigadas da região, o feijão-de-corda é cultivado com adubação, seja direta ou indiretamente, aproveitando resíduos da adubação de culturas anteriores. Enquanto no presente experimento não foi realizado qualquer tipo de adubação.



## 5 - CONCLUSÕES

Nas condições em que o presente trabalho foi conduzido, os resultados obtidos permitem as conclusões seguintes:

. É possível introduzir feijão dentro de plano de rotatividade de culturas, durante a recuperação de solos sódicos, desde que haja adequação da lâmina d'água aplicada.

. O feijão de corda, cultivar EPACE 1, pode ser colhido em uma única etapa, sem que haja prejuízo da produção de grãos e vagens, em cultura irrigada.

. Os efeitos do gesso na recuperação de solos sódicos, tornam-se evidentes já a partir dos vinte dias, mesmo que a aplicação seja feita sobre o solo, desde que o teor hídrico seja propício.

. Lâminas d'água inferiores as requeridas, não são recomendadas, tanto para redução da salinidade e sodicidade (CE e PSI) como para produção de feijão-de-corda. Embora o tratamento D(2/3L), não tenha diferido estatisticamente, sua produção foi inferior aos tratamentos A(L) e C(4/3L). As lâminas d'água acima de 30% da requerida são prejudiciais à cultura do feijão-de-corda.

. Durante as lavagens não é aconselhável haver intervalos de regas superiores a 7 dias, pois a capilaridade poderá reconduzir os sais às camadas superficiais.

Considerando os resultados obtidos, recomenda-se a continuidade desse trabalho, atentando para os seguintes pontos.

. Eficiência do gesso, tendo em vista o modo de aplicação (incorporado e não incorporado ao solo).

. Observação do movimento subterrâneo da água, através da utilização de baterias de tensiômetros e sonda de neutrons.

. Instalar experimentos que possibilitem o estudo do comportamento do solo e movimento da água subterrânea, durante a fase chuvosa e período de irrigação.

. Programar adequadamente o manejo da água, de modo a prover irrigações complementares nos períodos de estiagens longas e evitar grandes intervalos de rega. A eleição das culutras a serem usadas no plano de rotação é de grande importância.

. Planejar experimentos que permitam comparar tratamentos com e sem gesso, bem como com gesso e outros corretivos.

. Repetir o experimento utilizando outros métodos de irrigação.



## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL SALAM, M.A. - Uso de Gesso na Correção de Solos Aléutinos do Egito. Anais do CPG em Manejo e Conservação de solos, CCA/UFPB. p. 40-60. 1983.
- ACEVES, N.E. - El eusalitramiento de los suelos bajo riego, México. Colégio de Postgraduados, Chapingo, 1979. 382p.
- BEZERRA, F.M.L. - Efeito do potencial matricial e da época do plantio na produtividade de dois cultivares de feijão de-corda, *Vigna unguiculata*, (L) Walp., no Vale do Curu sob Regiões de Irrigação. Fortaleza, 1985. 93p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará.
- CAVALCANTE, L.E. & LUCENA, E.R. - Efeito do fosfogesso industrial sobre a retenção e disponibilidade de água em um solo salino sódico da Paraíba. Anais do CPG em Manejo e Conservação de Solos, CCA/UFPB. p. 61-69. 1983.
- CAVALCANTE, L.E. & SILVEIRA, R.I. - Efeito do fosfogesso industrial sobre a redução do sódio, carbonato, bicarbonato e cloreto de um solo salino-sódico do Nordeste. CNPq, CCA/UFPB/Areia/PB. Parte da Tese do Primeiro Autor. p. 1-10. 1983.
- COELHO, M.A. - Características de Umidade de alguns solos de aluvião: Normais, sódico e sódico-salino. Rio de Janeiro, 1971. 113p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- COELHO, M.A. & OLIVEIRA, F.N.S. - Procedimento para determinação de curva característica da água do solo com emprego do tensiômetro. XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Fortaleza. 1984.



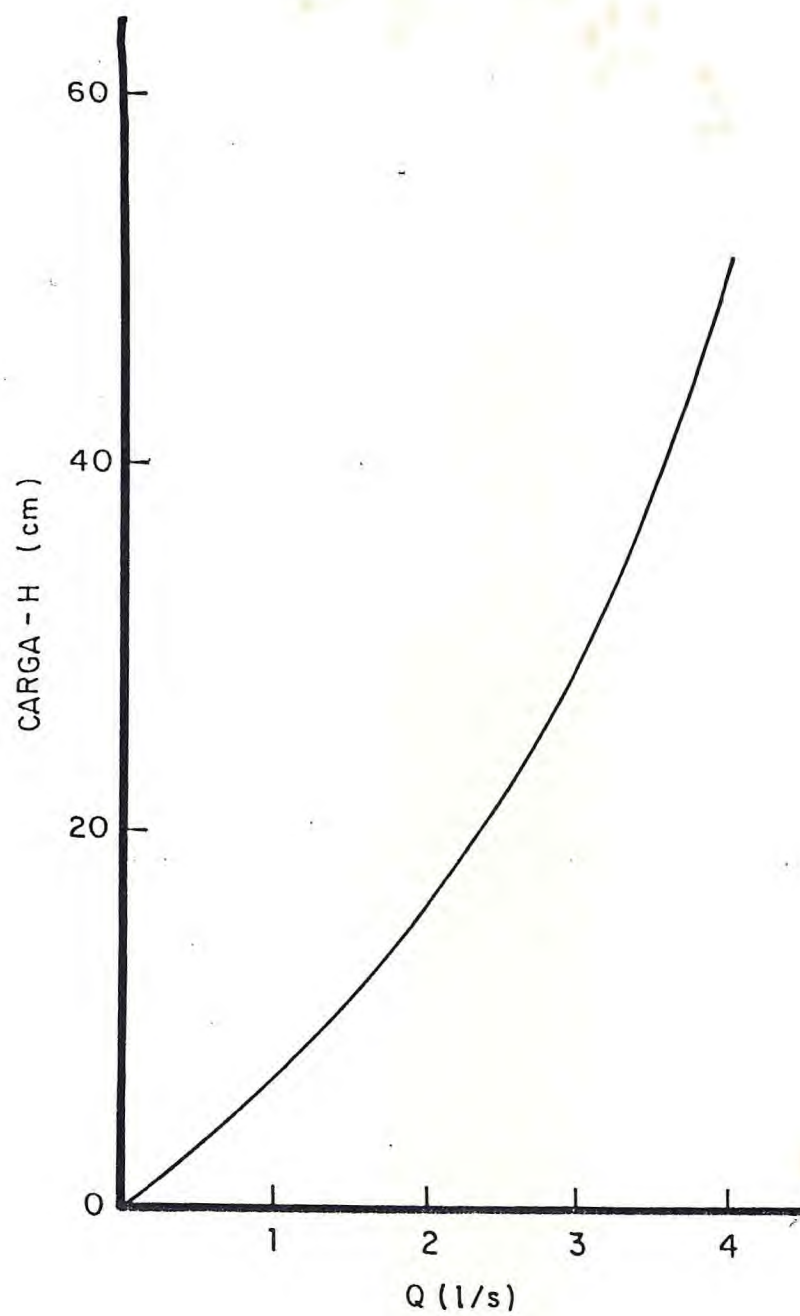
- DE PAIVA, F.L. - Reconnaissance isotopique et geochemique des conditions d'infiltration sur parcelles irriguees dans le nord-Est du Bresil. These présentée à L'universite de Paris - Sud Centre D'Orsay Pour Obtenir le Diplome de Douteur - Ingenieur Specialite, Geologie Appliquee. 194p. 1983.
- GOMES, F. P. Curso de Estatística Experimental. Universidade de São Paulo, 384p. 1984.
- GONZALEZ, R. Del C. G. - Establecimiento de Relaciones Funcionales entre laminas de lavado, Sales Desplazadas y Sales Residuales en los suelos salinos. Chapingo México, 1982. 141p. Dissertação de Mestrado.
- MACEDO, L.S. de. - Avaliação da qualidade da água e solo do Município de Pombal para fins de Irrigação. João Pessoa, EMEPA-PB. 1984.
- MACHADO, R.C.; RENA, A.B. & VIEIRA, C. - Efeito da Desidratação osmótica na germinação de sementes de vinte culturas de feijão (*Phaseolus vulgares*, L). R. Ceres, Viçosa, 23(128):310-20, 1976.
- MILLAR, A.A. - Drenagem de terras agrícolas. Petrolina, Pernambuco. 1974. 146p.
- MOURA, A.R.B. de. - Efeito de sistemas de manejo na cultura do milho (*Zeamays*, L.) e sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico vermelho amarelo câmbio distrófico fase terraço. Viçosa, MG. 1981. 116p. Dissertação (Mestrado). Univ. Fed. Viçosa.
- NOVIKOVA, A.V. - Sobre los métodos determinación de la cantidad de sales en los espesores del suelo. Moscuedo. Vajeril. 1973. p. 186-193.
- PANKOVA Ye. I. & RUBTSOVA, L.P. - Dokuchayev soil institute. Moscow. Pochvovedeniye, 1983. nº 9:13-21.
- PEREIRA, Z.M.R. & ANDRADE, A.G. - Efeito da concentração salina no desenvolvimento do tomateiro (*Lycopersienu esculentum* NILL). Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, São Paulo. 1980. Anais. Vol. 3. p. 345-422.



- PIZARRO, F. - Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos. Madrid. Editorial Agrícola Española. 1978. 521.p.
- PRISCO, J.T.; BARBOSA, L. & FERREIRA, L.G.R. - Efeitos da salinidade na germinação e vigor de plântulos de Sorghum bicolor (L) Moench. Ciência agrônômica. Fortaleza, 5(1-2): 13-17. 1975.
- PRISCO, J.T. - Alguns aspectos da fisiologia do "stress" salino. Revista Brasil. Bot. 3:85-94(1980).
- RICHARDS, L.A. - Diagnóstico y rehabilitacion de suelos salinos y sódicos. Editorial Limusa, México, 1974. 172p.
- ROLSION, D.E.; NIELSEN, D.R. & BIGGAR, J.W. - Effect of salt on soils. California Agriculture, 1984. 2p.
- SCH, R.R. - Diagnóstico y estrategia para o control de problemas salinos. IPA La Platina nº 23, 1984.
- SHARMA, S.S.; PUNTAMKAR, S.V. - Effect of different frequencies of irrigation with saline water on the yield of wheat and acculation in saline sodic soil. Department of agriculture. Jodhpur. India J. Agric. Sci 47(10): 485-8. 1977. 4p.
- SILVA, M.J.; CRISÓSTOMO, J.S.; SOUSA, J.G. & VIEIRA, R.M. - Competição de cultivares de algodoeiro herbáceo em regime de irrigação sob condições salinas. Relatório Técnico Anual. Campina Grande, EMBRAPA/CNPA, 1982. p. 91-93.
- VALDIVIESO, C.R. - Solos salinos: diagnóstico e recuperação. CPTSA/EMBRAPA. Petrolina-Pernambuco. 31p. 1983.
- \_\_\_\_\_ - Recuperação de solos salinos por lavagem no Norte do Egito. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 19(10): 1247-1255. 1984.
- ZAKHARIN, A.A.; PETROVA, R.K. & STROGONOV, B.P. - Tolerância de plantas leguminosas ao sal e seus componentes com relação a mudança de um meio normal para outro altamente salino. Anais do CPG em Manejo e Conservação de Solos. CCA/UFPb, 11-28, 1983.

A N E X O S





Curva para sifão plástico de 2", verde (anelado) de 2.20m

TABELA 3 - Dados de análise da água de irrigação proveniente do Açude General Sampaio.

Data da Coleta	Meq/l								CE mmho Cm <sup>-1</sup>	Ph	RAS	Classe da Água
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>				
16.09.85	1,68	1,60	0,15	3,08	0,00	1,92	3,60	0,45	0,66	7,5	2,41	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>
03.10.85	1,60	1,44	0,15	2,71	0,00	1,80	3,20	0,43	0,62	7,7	2,40	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>
21.10.85	1,68	1,48	0,17	2,15	0,00	2,00	2,80	0,43	0,60	7,5	1,71	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>
12.11.85	1,70	2,20	0,10	1,80	0,00	1,88	2,50	0,52	0,59	7,6	1,29	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>
03.12.85	1,70	1,80	0,15	2,24	0,00	1,88	3,50	0,49	0,59	7,6	1,69	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>
23.12.85	1,70	1,20	0,15	2,26	0,00	2,28	2,60	-	0,65	7,6	2,13	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>

Análise realizada no Laboratório de Solos do C.C.A. da UFC.