DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE ÁGUA E TRANSLOCAÇÃO DE ÍONS EM
UM SOLO TERRA ROXA ESTRUTURADA CULTIVADO COM FEIJÃO
(PHASEOLUS VULGARIS, L.) IRRIGADO

João Ferreira da Cruz Filho
Engenheiro Agrônomo

ORIENTADOR: Prof. Dr. Décio Eugenio Cruciani

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Janeiro - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

C957d Cruz Filho, João Ferreira da
Determinação do fluxo de água e translocação de íons em um solo terra roxa estruturada cultivado em feijão (Phaseolus vulgaris, L.) irrigado. Piracicaba, 1991.
143p. ilustr.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Água em solo - Fluxo - Determinação 2. Feijão irrigado - Solo 3. Íon em solo - Translocação 4. Irrigação - Água - Qualidade I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 635.652

DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE ÁGUA E TRANLOCAÇÃO DE IONS EM UM
SOLO TERRA ROXA ESTRUTURADA CULTIVADO COM FEIJÃO (Phaseo-
lus vulgaris, L.) IRRIGADO.

JOÃO FERREIRA DA CRUZ FILHO

Aprovado em: 08/04/91

Comissão julgadora:

Profº Dr. Décio Eugênio Cruciani

ESALQ/USP

Profº Dr. Nilson Augusto Villa Nova

ESALQ/USP

Profº Dr. Dirceu Brasil Vieira

UNICAMP

Profº Dr. Décio Eugênio Cruciani
Orientador

SUMÁRIO

RESUMO	iii
SUMMARY	vii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. Qualidade da água para irrigação	04
2.2. Determinação do fluxo de água no solo	06
2.3. Translocação de íons no solo	09
2.4. Efeitos dos íons sobre o solo	14
2.4.1. Acúmulo de sais no perfil do solo	14
2.4.2. Efeito dos íons sobre o solo	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1. Local	21
3.2. Clima	21
3.3. Solo	22
3.4. Água de irrigação	25
3.5. Instalação do experimento	28
3.5.1. Colocação dos filmes plásticos e confecção dos sulcos	28
3.5.2. Instalação dos tensiômetros e extratores de solução do solo	28
3.5.3. Manejo da irrigação	30
3.5.4. Controle das irrigações	34
3.5.5. Suprimento de água	34
3.6. Delineamento experimental	35
3.7. Cultura	36

3.8. Dados coletados	36
3.8.1. Estudo do movimento da água no solo	36
3.8.2. Translocação de íons	37
3.8.2.1. Análise química dos íons	38
3.8.3. Análise estatística	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. Determinação do fluxo de água no solo	40
4.2. Determinação da translocação de íons no solo ...	59
4.2.1. Determinação da concentração dos sais no solo através da condutividade elétrica do extrato de saturação	60
4.2.2. Concentrações de Ca^{++} e Na^{+}	63
4.3. Determinação do armazenamento de sais/íons no perfil do solo	67
4.3.1. Armazenamento de sais através da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo	67
4.3.2. Armazenamento dos íons Ca^{++} , Na^{+} , Mg^{++} , Cl^{-} e NCHO_3^{-}	72
4.4. Determinação do fluxo de íons / sais no solo ...	80
4.4.1. Determinação do fluxo de sais	80
4.4.2. Determinação do fluxo de íons Ca^{++} , Na^{+} Mg^{++} , Cl^{-} e HCO^{-}	83
5. CONCLUSÕES	87
6. LITERATURA CITADA	89
APÊNDICE	97

DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE ÁGUA E TRANSLOCAÇÃO DE ÍONS EM UM
SOLO TERRA ROXA ESTRUTURADA CULTIVADO EM FEIJÃO
(Phaseolus vulgaris, L.) IRRIGADO

Autor: JOÃO FERREIRA DA CRUZ FILHO

Orientador: Prof. Dr. DÉCIO EUGENIO CRUCIANI

RESUMO

Na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", no Município de Piracicaba, São Paulo, estudaram-se o fluxo de água e a translocação de íons no perfil de um solo Terra Roxa Estruturada cultivado com feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.).

O experimento foi conduzido em dezoito parcelas de 2,0 metros de largura e 2,5 metros de comprimento, sendo que, em cada parcela foram instalados tensiômetros e extratores de solução do solo, tendo sido cada uma isolada das vizinhas através de um lençol plástico colocado até um metro de profundidade para evitar contaminação dos sais de uma para outra.

Os tratamentos foram definidos pela aplicação da água de irrigação com três concentrações salinas C1, C2 e C3 de condutividade elétrica respectivamente de 750, 1500 e 2250 micromhos/cm ($\text{dS/m} \cdot 10^{-3}$) a 25°C. Para isso foi preparada uma mistura dos sais solúveis bicarbonato de sódio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio na proporção de 470, 1140 e 1840 mg da mistura em um litro de água comum.

O controle da irrigação foi feita pelo tensiômetro instalado a 15 cm de profundidade, e as parcelas foram irrigadas quando o potencial matricial atingiu -0,5 atm. A lâmina de irrigação foi composta pela demanda da cultura mais a lâmina de lixiviação calculada para cada tratamento. Por ocasião das precipitações as parcelas foram protegidas por uma cobertura plástica.

Para conhecer a variação da concentração dos sais solúveis no perfil do solo, tanto espacial como temporal, foram realizadas amostragens da solução do solo nos intervalos de profundidade de 0-15, 15-30 e 30-60 cm, no início do experimento, antes e após a floração e na época da colheita.

Os resultados obtidos mostraram que o fluxo da água foi maior nos períodos da floração e após a floração e decresceu após estes períodos. A extração de água pela cultura foi bem maior na camada de 0-45cm e insignificante na camada de 45-75cm, por sua vez, esta camada apresentou um fluxo de água predominantemente descendente, o que sugere no mínimo uma tendência de lixiviação.

Em relação ao movimento de íons os resultados demonstraram que ocorreu um armazenamento na camada de 15-30 cm e que aumentava à medida que se aumentava os níveis de sais na água de irrigação. Assim, o Tratamento 1 apresentou um acúmulo de sais da ordem de 99,8 kg/ha, o Tratamento 2 apresentou um acúmulo de 180,4 kg/ha e o Tratamento 3 acumulou 225,7 kg/ha de sais na camada de 15-30 cm ao término do experimento.

Os íons Ca^{++} e Na^+ apresentaram os seguintes resultados: o Tratamento 1 acumulou 17,74 kg/ha e 9,56 kg/ha de cálcio e sódio respectivamente; o Tratamento 2 acumulou 35,17 kg/ha e 18,37 kg/ha de Ca^{++} e Na^+ respectivamente e finalmente o Tratamento 3 apresentou um acúmulo de 42,19 kg/ha e 24,46 kg/ha respectivamente de cálcio e sódio na camada de 15-30 cm na amostragem realizada ao término do experimento.

O íon cloreto apresentou um armazenamento na camada superior de 1,292; 6,056 e 9,440 kg/ha para os tratamentos 1, 2 e 3 respectivamente. Já o íon bicarbonato revelou um armazenamento de 21,72; 33,34 e 45,92 kg/ha na camada de 15-30 cm para os tratamentos 1, 2 e 3 respectivamente. Nesta camada ocorreu também um maior acúmulo do íon magnésio com 3,96; 7,41 e 9,21 kg/ha para os tratamentos 1, 2 e 3 respectivamente, nas amostragens realizadas ao término do experimento.

O fluxo de sais totais no perfil do solo foi comparativamente maior na camada de 15-30 cm em relação a camada inferior, para todos os tratamentos estudados durante o ciclo

da cultura.

Os fluxos dos íons Ca^{++} , Na^+ e Mg^{++} foram maiores também na camada de 15-30 cm para todos os tratamentos.

Entre os tratamentos estudados, o fluxo de sais totais e íons aumentava com a variação dos níveis de sais e íons na água de irrigação.

DETERMINATION WATER FLUX AND ION MIGRATION THROUGH A
TERRA ROXA ESTRUTURADA SOIL PROFILE CULTIVATED
WITH BEANS (Phaseolus vulgaris, L.).

Candidat: JOÃO FERRIRA DA CRUZ FILHO

Adviser: Prof. Dr. DECIO EUGENIO CRUCIANI

SUMMARY

A field experiment was at the Departament of Rural Engineering ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, for water flux and ion migration through a Terra Roxa Estruturada soil profile ultivated with beans.

The experiment was set in Eighteen plots, $2 \times 2,5$ m size, eache one containing tensiometers and soil solution extractors. The plots were insulated by a plastic sheet 1m deep to avoid salt diffusion among there. A removable plastic cover was provided to avoid rain water on plots.

Treatment consist of three salt concentration waters C1, C2 and C3 with respectively 750, 1500 and 2250 micromhos/cm (dS/m) of E. C., from a mixed solution previously

prepared with $\text{Na}_2\text{HCO}_3^-$, CaCl_2 and MgCl with respectively 470, 1140 and 1840 mg in one liter of water.

The irrigation control was done by tensiometers of 15 cm depth and water was applied when matric potential reached - 0,5 bar. Irrigation depth corresponded to crop requirement plus the leaching requirement calculated for each treatment.

Spatial and time Variability of salt concentration through the soil profile were checked by sampling beginning of crop growing, before and after flowering stage.

Results show that water flux was greater during flowering stage, decreasing after that. Water extraction by crop was greater at 0-45 cm depth layer and it was negligible at the 45-75 cm depth layer.

Where the water flux was mainly downward. This indicates the occurrence of leaching salts by exceeding water.

Ion movement indicated a storage in the 15-30 cm layer increasing with the salt concentration in water.

By extrapolation of results it is possible to say that only ions Ca^{++} and Na^+ with significant figures, accumulated up to 17,74 kg/ha and 9,56 kg/ha respectively by Treatment 1. In Treatment 2 and 3, the results were respectively 35,17 and 18,37 kg/ha and finally 42,19 and 24,46 kg/ha for Ca^{++} and Na^+ in the 15-30 cm depth layer.

The amount of ion Cl^- accumulated in the surface

layer of soil was up to 1,292; 6,056 and 9,440 kg/ha respectively for treatment 1, 2 and 3. Yes, for ion HCO^- the amount stored in the 15-30 cm soil layer was 21,72; 33,34 and 45,92 kg/ha for the same treatments. In that layer also occurred the greatest accumulation of ion mg^{++} with 3,96; 7,41 and 9,21 kg/ha respectively for treatments 1, 2 and 3.

The total salt flux through the profile was comparatively greater in the 15-30 cm layer, for all treatments. Among them, the total salt flux and ion flux increased with the variability of salt concentration in the irrigation water.

1. INTRODUÇÃO

A prática da irrigação data de muitos séculos e continuamente vem expandindo-se como um meio indispensável ao desenvolvimento agrícola e sócio-econômico das regiões áridas e semi-áridas. Porém, sérios problemas têm ocorrido com a utilização de águas com certos teores de sais solúveis, tendo como consequência, a salinização desses solos.

Com sucessivas irrigações e na ausência de uma drenagem eficiente, os sais vão se acumulando no perfil do solo até atingirem níveis críticos prejudiciais as características do solo e às culturas implantadas.

Os sais que se encontram dissolvidos na água de irrigação e que contribuem para tornar o solo gradativamente salino, são constituídos basicamente por cátions de cálcio, magnésio e sódio e os ânions cloreto, sulfato, bicarbonato e, algumas vezes, carbonato.

Outro fator importante no processo da salinização é o clima, principalmente as altas taxas evaporativas, que transferem a água armazenada na zona radicular da cultura para as camadas superiores do solo e em seguida para a atmosfera.

ra sob forma de vapor, deixando a solução do solo com maior concentração dos sais.

O estudo do fluxo de água que ultrapassa a zona radicular das culturas é importante, no sentido de que, promove a lixiviação dos sais para as camadas mais profundas do solo, mantendo assim, os níveis destes compatíveis com a tolerância da cultura implantada.

O conteúdo de sais acima do qual, o crescimento das plantas é alterado, depende de certos fatores, dentre os quais, cabe mencionar a textura do solo, a distribuição do sal no perfil, a composição do sal e a espécie vegetal.

O conhecimento da dinâmica de solutos no perfil do solo é de grande valia no sentido de se quantificar os íons mais ativos, ou seja, aqueles que participam ativamente no processo da salinização.

Baseado nas considerações anteriores, definiram-se os objetivos do presente trabalho, como sendo: a determinação do fluxo de água no perfil do solo e a extração e quantificação dos íons presentes na solução do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Qualidade da água para irrigação

A qualidade da água para irrigação é um importante fator no processo de salinização dos solos das regiões áridas e semi-áridas, com conseqüências desfavoráveis no desenvolvimento das culturas. A água usada na irrigação, em geral contém sais solúveis em níveis variados e, quando esta é aplicada ao solo com ausência de lixiviação ou com drenagem restrita produz acúmulo dos sais na zona radicular em concentrações prejudiciais a vida das plantas (SHALHEVET (1973); BERNSTEIN (1974)).

Segundo ALVES (1977), a qualidade da água para irrigação está relacionada a seus efeitos prejudiciais aos solos e às culturas, requerendo muitas vezes técnicas especiais de manejo para controlar ou compensar eventuais problemas associados a sua utilização.

BELTRAN (1985) diz que, quanto melhor seja a qualidade da água com maior facilidade se alcançará um nível ótimo de salinidade na zona radicular, porém, isto não ocorre sempre, já que, um solo pode salinizar-se com águas de boa qua-

lidade e ao contrário, com águas de moderada salinidade pode lograr-se uma agricultura irrigada econômica e permanente.

As águas de irrigação normalmente possuem centenas e em casos extremos, milhares de mg de sal por litro, em contraste com a água de chuva que normalmente contém até 100mg/l (BERNSTEIN (1974)).

Os problemas causados pela qualidade da água podem ser resumidos em quatro efeitos principais: salinidade, permeabilidade do solo, toxidez às plantas cultivadas e efeitos diversos (AYRES (1977)).

Para definir a qualidade da água para a irrigação, a salinidade total, se utiliza como parâmetro mais geral, a quantidade de sais solúveis, já que existe uma relação direta entre esta e o potencial osmótico da água do solo, que incide por sua vez diretamente sobre a disponibilidade de água para os cultivos (BELTRAN (1985)).

Os principais solutos encontrados na água de irrigação são os cátions: cálcio, magnésio, sódio e em menor proporção o potássio; os ânions bicarbonato, cloreto e sulfato. Boro, fluor, nitrato, lítio e selênio estão normalmente presentes em baixas concentrações (RICHARDS (1974); SOUZA (1971); HAGAN et alii (1967); PIZARRO (1986) e BELTRAN (1985)).

A concentração total dos sais pode ser expressa em forma de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT em g/l); também se utiliza a concentração de cátions e ânions (C em meq/l), po-

rêm, o parâmetro mais utilizado é a Condutividade Elétrica (CE) como medida da concentração total dos sais solúveis (WILCOX e DURUM (1967); RICHARDS (1974) e BELTRAN (1985)).

A relação entre as propriedades físico-químicas da água de irrigação e do solo, é um parâmetro importante na avaliação da adaptabilidade da água para irrigação (FRENKEL (1984)).

AYERS et WESCOT (1985) afirmam que no problema de permeabilidade, a sodicidade calculada através da fórmula de relação de adsorção de sódio ajustada (SAR ajus.) superestima o perigo do sódio em relação ao cálcio e magnésio; assim sugerem uma nova forma de se determinar o valor do cálcio em função da relação $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{++}$ e da salinidade da água de irrigação. Desta forma se consegue avaliar melhor os problemas potenciais da água na infiltração. Mencionam, também, os efeitos de traços de elementos pesados da água de irrigação, os quais são fixados e acumulados no solo, alcançando concentrações que podem exceder os requerimentos das plantas, contaminando o solo.

CRUCIANI (1986) assegura que mesmo solos normais podem se tornar improdutivos se receberem sais solúveis em excesso devido a irrigações mal conduzidas com águas salinas. Mesmo com um bom controle de qualidade da água de irrigação (o que raramente é feito na prática) há um contínuo resíduo de sais no solo, o êxito dessa operação depende essencialmente da existência de um sistema de drenagem eficiente que re-

mova a água lixiviada.

2.2. Determinação do fluxo de água no solo

A água no estado líquido move-se sempre que existirem diferenças de potencial hidráulico H nos diferentes pontos dentro do sistema. Este movimento dá-se no sentido de decréscimo do potencial H , isto é, a água sempre se move de pontos de maior potencial para pontos de menor potencial. Darcy (1856) foi o primeiro a estabelecer uma equação que possibilitasse a quantificação do movimento de água em materiais porosos saturados; mais tarde foi adaptada para solos não saturados e, apesar de suas limitações, é a equação que melhor descreve o fluxo de água no solo. Da maneira mais geral, ela pode ser escrita na forma:

$$q = - K \cdot dH$$

onde q é a densidade de fluxo de água ($\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{seg}$), dH o gradiente de potencial (cm/cm) e K a condutividade hidráulica do solo (cm/seg) (REICHARDT (1985)).

SCARDUA (1986) assegura que o estudo do fluxo de água em solo saturado é importante para irrigação por inundação, drenagem e barragem. O interesse reside na determinação da condutividade hidráulica. O fluxo não saturado é importante para irrigação em sulcos e aspersão e o interesse está voltado na determinação da velocidade de infiltração da água

no solo.

LIBARDI (1985) cita que a condutividade hidráulica (K) é um coeficiente que expressa facilidade com que um fluido é transportado através de um meio poroso. Depende, portanto, tanto das propriedades do meio como das propriedades do fluido. Como propriedades importantes da matriz porosa, tem-se: distribuição de tamanho das partículas do solo, forma das partículas, tortuosidade, superfície específica e porosidade do solo, propriedades todas estas que se refletem na geometria porosa do meio poroso. As propriedades relevantes do fluido, que afetam a condutividade hidráulica, são sua densidade e sua viscosidade.

Vários métodos têm sido desenvolvidos para a determinação da condutividade hidráulica no campo (HILLEL et alii (1972); LIBARDI et alii (1980)).

NIELSEN et alii (1964) enfatizaram que a maneira correta de avaliar o movimento de água no perfil do solo é através de tensiômetros e não apenas variações da umidade do solo. Além disso, o fluxo pode ser ascendente ou descendente dependendo da profundidade do sistema radicular e da intensidade e frequência de irrigação.

LA RUE et alii (1968) utilizaram baterias de tensiômetros a diferentes profundidades e as propriedades físicas do solo para medir a drenagem profunda em solo cultivado. Verificaram que ela é afetada pelo crescimento da planta, mas

também, que essas perdas são diretamente proporcionais a frequência de irrigação. Desconsiderar a percolação profunda na estimativa da evapotranspiração (ET) conduz a erros grosseiros.

CRUCIANI (1980) estudando perdas de água por drenagem profunda, utilizou tensiômetros para medir os gradientes do potencial total da água do solo e as propriedades físicas do solo, concluiu que o uso de tensiômetros é um método viável e eficiente para caracterizar o fluxo de água no solo, particularmente a drenagem profunda, abaixo da zona radicular.

A possibilidade de medida do fluxo de água que ultrapassa a zona radicular de uma cultura irrigada e que se perde por drenagem profunda é uma exigência a ser satisfeita do método de irrigação como também da lixiviação dos sais do solo e fertilizantes, com efeitos diretos na produção (CRUCIANI (1980)).

BIGGAR et alii (1984) chegaram a conclusão de que o movimento de água através do perfil do solo é necessário para remover o excesso de sais solúveis na zona radicular, mas é indesejável quando dissolve sais precipitados. Portanto, se deve minimizar o fluxo de água para reduzir a dissolução de minerais do solo que promovem a precipitação de carbonatos e sulfatos levemente solúveis no solo.

SCARDUA (1986) relata que o valor da densidade de

fluxo assume alguma importância na irrigação para verificar as perdas por percolação ou para verificar se há fluxo ascendente alimentado pelo lençol freático, de grande interesse num manejo de água de irrigação mais sofisticado. Além destes estudos, outro aspecto de fluxo não saturado de fundamental importância para a irrigação está na determinação da capacidade de infiltração da água no solo em condições de campo.

2.3. Translocação de íons no solo

O fluxo de íons no solo é devido, principalmente, a dois processos: difusão e transferência de massa. A difusão é o movimento de íons devido ao gradiente de atividade e a transferência de massa é o movimento de íons arrastados pelo fluxo de água (REICHARDT (1985)).

O fenômeno da difusão no solo, ocorre devido a diferença de concentração do soluto entre dois pontos na solução do solo. Desse modo, para ocorrer somente a difusão, a umidade do solo deve permanecer constante (NASCIMENTO FILHO (1978)).

Vários trabalhos têm sido publicados abordando o movimento de íons principalmente em condições de equilíbrio dinâmico saturado e não saturado.

NIELSEN et BIGGAR (1961) introduziram o conceito de deslocamento miscível de solutos e trabalharam com colunas de solo e esferas de vidro, em condições de equilíbrio dinâmico.

mico saturado e não saturado, e com diferentes velocidades de infiltração de água. Apresentaram resultados de movimentação de Cl^- , concluindo que as curvas de eluição dependem da velocidade da água e da difusão do soluto, podendo também ser afetadas pela adsorção e trocas iônicas.

NIELSEN et BIGGAR (1962) fizeram considerações teóricas a respeito do deslocamento miscível do íon Cl^- em colunas de solo e esferas de vidro, e discutiram alguns modelos matemáticos para descrever as curvas de eluição, levando em consideração a difusão molecular e a dispersão devido ao fluxo de massa.

KELLER et alfaro (1966) estudaram em laboratório o efeito da taxa de irrigação na lixiviação do íon Cl^- em solos com diferentes teores de umidade, concluindo que a eficiência de lixiviação é maior à baixas taxas de irrigação.

A movimentação do íon NO_3^- e a sua perda por imobilização e/ou desnitrificação em colunas de solo saturado e não saturado, foram estudado por COREY et alii (1967). Empregaram o íon Cl^- como soluto não relativo e não degradável como referência para o íon NO_3^- , e variando a velocidade de infiltração da água e o teor de sacarose na solução eluente; concluíram que a imobilização e/ou desnitrificação é mais elevada à baixas velocidades de infiltração e concentração de sacarose acima de 50 ppm.

Em condições de campo, sob vários regimes de irrigação, TERRY et McCANTS (1970) estudaram a movimentação de K^+ ,

Mg^{++} , NH_4^+ e NO_3^- , e relacionaram a movimentação desses íons com a quantidade de água percolada, porosidade do solo, capacidade de troca catiônica e umidade do solo a 0,1 atm.

CASSEL (1971) estudam em solo nu e coberto a movimentação da água e dos ânions NO_3^- e Cl^- . Os solos receberam irrigação artificial, e ao solo nu esteve sujeito também a evaporação e precipitação.

Em solo arenoso cultivado com painço, GRAETZ et alii (1973) estudaram a movimentação dos ânions NO_3^- e Cl^- . O nitrato na forma de $NH_4 NO_3$, e o cloreto na forma de KCl, foram adicionados ao solo no plantio e também após 6 semanas. Segundo os autores, a nitrificação foi rápida e 45% do nitrogênio adicionado ao solo foi perdido por lixiviação.

KIRDA et alii (1974) estudaram a infiltração e redistribuição de água e do íon $^{36}Cl^-$ em colunas de solo. A utilização do traçador radioativo Cl e detector Geiger Muller permitiu, de modo não destrutivo, o estudo da movimentação do ânion na coluna, enquanto que o acompanhamento do movimento da água foi feita pela técnica de atenuação de raios gama.

A lixiviação e a difusão de enxofre, fósforo, cálcio, cobre e zinco ao se aplicar superfosfato contendo os micronutrientes na superfície do solo, foi estudada em laboratório por GILKES et alii (1975), notando-se maior imobilidade do Cu e Zn em relação aos outros elementos.

WIERENGA et alii (1975) estudaram a movimentação de

cátions e ânios (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , SO_4^- , Cl e HCO_3^-) em lisi-
mero irrigado periodicamente com água salina, e a aplicação
de um modelo matemático, levando em consideração as trocas
catiônicas não deu bons resultados para Mg^{++} e HCO_3^- .

A movimentação dos ânios NO_3^- e Cl^- em condições de
campo, sob diferentes condições de irrigação por gotejamento,
foi analisada por WILD et BABIKER (1976). As curvas de dis-
tribuição dos íons nos perfis do solo foram bastante assimé-
tricos, e os autores afirmaram que canais dentro do solo fo-
ram responsáveis por essa assimetria.

BIGGAR et NIELSEN (1976) estudaram no campo a va-
riabilidade do movimento do íon Cl^- sob condições de equilí-
brio dinâmico saturado, em 20 parcelas dentro de uma área de
150 hectares. Considerando que o íon Cl^- não reagiu com o so-
lo, determinaram a velocidade média da água nos poros e o
coeficiente de difusão aparente do Cl^- , e ambas as distri-
buições foram log-normais.

Levando em consideração a redução do íon nitrato,
MISRA et MISHRA (1977) estudaram em solos saturados em condi-
ções de campo a movimentação simultânea dos íons NO_3^- e Cl^- .

REICHARDT et alii (1977) apresentam uma metodologia
para extração e análise da solução do solo, em condições de
campo e discutem suas vantagens e desvantagens; neste traba-
lho, os autores estudaram a lixiviação de nitratos na cultura
de feijão, fertilizada com sulfato de amônio enriquecido com

N¹⁵, à base de 100 kg N/ha.

Pesquisando o movimento de sais em lisímeros plantados com trigo, irrigando com água salina, JURY et alii (1977) verificaram maior concentração de íons nos primeiros 20 cm de profundidade e que a extração de água pela cultura não altera o movimento de água e sais, mas o conteúdo e concentração podem ser grandemente afetados.

NASCIMENTO FILHO (1978) estudou alguns parâmetros físicos, como a velocidade nos poros e o coeficiente de difusão aparente do íon cloreto e da água em solo saturado de água, sob regime de equilíbrio dinâmico e em condições de campo, como também, caracterizou o solo sob o ponto de vista de variabilidade espacial. Para isso, foi empregada a técnica de deslocamento miscível do íon cloreto em fluxo descontínuo.

FRENKEL et alii (1978) afirmam que a quantidade e distribuição de sais precipitados na zona radicular dependem da composição da água de irrigação, da fração de lixiviação e da distribuição de CO. Elevados valores de condutividade elétrica estão associados com concentrações de sódio e cloreto altamente solúveis.

Estudando o transporte de solutos em colunas de solo de diferentes texturas e conteúdo iniciais de umidade, DAHIYA et alii (1980) observaram que havia maior concentração salina nos primeiros 17 cm de profundidade, independente das condições de fluxo e tipo de solo. Resultados semelhantes fo-

ram encontrados por EVANS et LEVIN (1969); DAHIYA et ABROL (1974) e WILD et BABIKER (1976).

BRESLER (1981) apresenta uma revisão sobre os fatores que afetam o transporte de sais em solos saturados e não saturados e o movimento simultâneo de água e sais que ocorrem em solos homogêneos.

KUMAR et OSWAL (1984) estudando a dinâmica dos sais em colunas de solo a diferentes profundidades durante seis irrigações com água salina, constataram aumento da salinidade com a profundidade em função do número de irrigações.

SANTOS et alii (1988) estudaram o movimento vertical de nitrato, amônio, cloreto e potássio em colunas de solo irrigado, utilizando para a monitoração da distribuição da umidade no perfil uma bateria de tensiômetros e para a extração de solução a cada profundidade, instalou-se um sistema de vácuo. Concluíram que ocorreu uma acentuada lixiviação de nitrato e cloreto abaixo de 80 cm e que a movimentação dos íons nitrato e cloreto foi governada predominantemente por fluxo de massa, ao passo que o transporte de amônio e potássio foi regido quase somente por difusão iônica.

2.4. Efeito dos íons sobre o solo

2.4.1. Acúmulo de sais no perfil do solo

Para fins práticos, tem-se que a concentração de

sais na solução do solo, causadora da redução do crescimento das culturas, pode ser calculada através da concentração de sais no extrato de saturação (RICHARDS (1974); AYRES et WESTCOT (1976)).

Quando o solo é irrigado sua solução é pelo menos tão salina quanto a água aplicada na irrigação e normalmente é mais salina do que ela. O aumento da salinidade do solo resulta das perdas de água por evapotranspiração e em consequência concentrando os sais na zona radicular da cultura. Se a quantidade de água aplicada ao solo for igual a evapotranspiração o acúmulo de sais no solo estará linearmente relacionado com a água aplicada. Porém, se a quantidade de água aplicada excede a evapotranspiração, parte dela penetrará além da zona radicular e o equilíbrio no nível de sais será atingido, dependendo da quantidade excedente e das condições de drenagem do solo (ALLISON (1964); SHALHEVET (1973); SEIFERT et alii (1975); RHOADES et alii (1977); BRESLER (1981) e CARTER (1984)).

HUMMADI et alii (1975) em um estudo conduzido no Arizona, utilizando na irrigação da cultura de alface uma água contendo 379 ppm de sais solúveis totais, constataram que ocorreu um acúmulo de sais nos 25 cm iniciais.

SEIFERT JR et alii (1975) utilizando na irrigação da cultura de trigo, águas com teores de 450, 800, 1600 e 2400 ppm de sais solúveis, obtiveram relação direta entre os níveis de sais usados na irrigação e o aumento da condutivi-

dade elétrica do extrato de saturação do solo.

FRENKER et alii (1978) afirmam que a quantidade e distribuição de sais precipitados na zona radicular dependem da composição da água de irrigação, da fração de lixiviação e da distribuição de CO_2 . Elevados teores de condutividade elétrica estão associados com concentrações de sódio e cloreto altamente solúveis.

YADAV et GIRDHAR (1980) irrigando trigo com água de 20 e 80 meq/l de concentração eletrolítica, em dois tipos de solos, constataram aumento da salinidade do solo com o incremento da concentração da água de irrigação, sendo de maior magnitude no solo argiloso. Observaram, também maior acumulação de sais na camada superficial nos dois solos.

FRANÇOIS (1981) estudando em casa de vegetação a distribuição de sais no perfil do solo irrigado com água de condutividade elétrica de 1milihm/cm, verificou um aumento da salinidade com a profundidade, e que para uma mesma profundidade não houve grandes variações da concentração salina.

OLIVEIRA (1983) irrigando arroz com águas possuindo 2000, 4000, 6000 e 8000 ppm de sais, obteve uma relação de natureza cúbica entre os níveis de sais utilizadas na água de irrigação e o aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo. Neste estudo, o autor verificou uma acumulação dos sais nos 15 cm iniciais do perfil do solo.

SHAINBERT et SHALHEVET (1984) enfatizam que o ciclo de crescimento da maioria das culturas anuais varia de 90 a 150 dias e geralmente são aplicadas de 4 a 10 irrigações, sendo este um período curto de tempo para alcançar condições de uniformidade na distribuição de sais no perfil do solo, exceto quando são aplicadas altas taxas de lixiviação.

Estudando o efeito da irrigação com três níveis de água salina na cultura de feijão, BORELLA (1986) verificou um aumento da concentração de sais no solo em função dos níveis de sais utilizados na água de irrigação, obedecendo a uma relação de natureza linear.

2.4.2. Efeito dos íons sobre o solo

O U.S. Salinity Laboratory Staff (1954) apresentou uma equação para cálculo da Relação de Adsorção de Sódio (SAR) da água de irrigação; posteriormente, esta equação foi modificada para incluir os efeitos adicionais de precipitação ou dissolução de cálcio nos solos e relacionada as concentrações de carbonato e bicarbonato.

BAVER et alii (1977) mostram que a água de irrigação com teores elevados de Na^+ em relação aos cátions bivalentes podem causar a deterioração das propriedades físicas do solo.

BOYER (1985) cita que os franceses na África do

Norte usam muito a relação molecular Na/Ca; se o número de moléculas de sódio na água supera o número de moléculas de cálcio tem-se riscos importantes de alcalinização dos solos.

BELTRAN (1986) relata que o risco de solidificação do solo através da água de irrigação depende do valor da RAS e também do conteúdo de CO_3 e HCO_3 da água: quando o solo seca entre duas irrigações, parte do CO_3^- e HCO_3^- precipita como carbonatos de cálcio e magnésio, separando Ca^{++} e Mg^{++} da solução do solo e aumentando a proporção relativa de Na.

Os cátions são retidos pelo solo, na seguinte ordem, denominada série liotrópica:

Dessa maneira, apenas quando o sódio representar a metade ou maior porção dos cátions solúveis da solução do solo é que são adsorvidos significativamente no complexo trocável (SCALOPPI et BRITO (1986)).

O cálcio e o magnésio são os principais cátions encontrados no complexo trocável dos solos de regiões áridas e semi-áridas. Quando um excesso de sais solúveis acumula-se nesses solos, o sódio geralmente representa o cátion dominante da solução, devido a precipitação de compostos de cálcio e magnésio. Com o aumento da concentração da solução, devido a evaporação e absorção de água pelas plantas, os limites de solubilidade do sulfato e carbonato de cálcio e carbonato de magnésio são ultrapassados e, sendo precipitações, ocorre um

correspondente aumento na proporção relativa de sódio. Nessas condições, a parte do cálcio e magnésio, originalmente trocáveis, é substituída pelo sódio (U. S. SALINITY LABORATORY (1954)).

RENGASAMY (1987) enfatiza que a presença do íon de cálcio em água salino sódica restringe a adsorção de sódio pelos colóides do solo e como consequência, previne a formação de solos sódicos com propriedades físicas deterioradas.

O íon divalente Mg^{++} tem sido citado por apresentar um efeito adverso sobre as propriedades do solo sob certas condições. Por exemplo, Na-Mg presentes no solo tem apresentado maior dispersão das argilas e menor condutividade hidráulica do que Na-Ca do solo (McNEAL et alii (1968)).

O diâmetro do íon cálcio hidratado é menor do que a do íon magnésio, resultando em uma adsorção mais forte do íon cálcio na superfície da argila. Entretanto, as forças repulsivas (responsáveis pela agregação e dispersão) presentes nas argilas com cálcio é menor do que nas argilas com magnésio, desta forma, os agregados de solos com cálcio são mais estáveis (RENGASAMY (1987)).

Em relação aos íons carbonato e bicarbonato, ALLISON (1964) relata que a presença relativa de cada íon é função do valor do pH da solução do solo. Apreciáveis quantidades de íons carbonatos ocorrem em solos somente com o valor do pH acima de 9.

BOYER (1985) cita que o íon Cl^- é tóxico no caso de ser abundante no solo e no caso dos sulfatos e sulfetos (solos de mangue) tem-se o efeito da acidez gerada pela transformação em ácido sulfúrico.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Local

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, localizada no município de Piracicaba-SP, cujas coordenadas geográficas são as seguintes:

.Latitude: 22 42 30" S

.Longitude: 47 38 00 " W

.Altitude: 576 m

3.2. Clima

Pela classificação de Koppen, o clima da região é Cwa ou seja, sub-tropical úmido com estiagem no inverno e a temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C, é também denominado de tropical de altitude (PAES de CAMARGO et alii (1974)).

3.3. Solo

O solo do local foi descrito e classificado por RANZANI et alii (1966) como Terra Roxa Estruturada, série Luiz de Queiroz.

A determinação das propriedades físicas desse solo tais como: análise granulométrica, peso específico aparente, foram realizadas no Laboratório de Física de Solos do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ-USP, tomando-se por amostras representativas das profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm; os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Para conhecer a capacidade de retenção da água do solo foi determinada a curva característica em amostras do solo indeformadas nas profundidades de 15,45 e 75 cm, respectivamente, de acordo com a metodologia estabelecida por RICHARDS (1947) e com auxílio de placas de pressão nos pontos 0,1; 0,3; 1; 5; 15 atm (Figura 1). Os limites superior e inferior de água disponível foram 0,35 e 0,25 cm³ de água / cm³ de solo, referentes as tensões de 0,1 e 10,0 atm, respectivamente para a curva de 15 cm de profundidade.

A Condutividade Hidráulica foi determinada por MATIOLI et alii (1982) na mesma área em que se instalou este experimento, utilizando o método analítico proposto por LIBARDI et alii (1980), e cujos resultados estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 1 - Granulometria, Classe Textural e Peso Esp. Aparente.

PROFUNDIDADE (cm)	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)	CLASSE TEXTURAL	PESO ESP. APARENTE (g/cm)
0 - 20	47,56	11,59	40,85	Argila	1,56
20 - 40	61,28	8,17	30,56	Argila	1,44
40 - 60	68,36	7,45	24,19	Argila	1,40

TABELA 2 - Equações de Condutividade Hidráulica não Saturada para diferentes profundidades.

PROFUNDIDADE (cm)	EQUAÇÕES
	$111,11(\theta - 0,422)$
15	$K = 0,011 e$
	$333,33(\theta - 0,470)$
45	$K = 0,026 e$
	$250,00(\theta - 0,428)$
70	$K = 0,368 e$

FONTE: MATIOLI et alii (1982)

Figura 1. Curva característica da água no solo.

3.4. Água de irrigação

A água utilizada na irrigação do experimento foi do sistema de abastecimento de água da ESALQ; foram tomadas várias amostras espaçadas no tempo e realizadas análises química correspondentes, para determinação da Condutividade Elétrica e dos íons componentes.

Os resultados das análises desta água, doravante denominada CO, demonstram que não houve variação dos resultados encontrados; desta forma, pode-se utilizar esta água para a preparação das águas salinizadas com concentrações diferenciadas denominadas C1, C2 e C3 bastando para tal, acrescentar as quantidades dos sais de tal forma a se atingir as Condutividades Elétricas desejada, quais sejam: 750, 1500 e 2250 micromhos/cm a 25°C (Tabela 3).

Os sais utilizados, quimicamente puros e solúveis em água foram: bicarbonato de sódio anidro (NaHCO_3), cloreto de cálcio hidratado ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e cloreto de magnésio hidratado ($\text{MgCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)². As águas salinizadas foram preparadas adicionando-se 470; 1140 e 1840 mg de sais, respectivamente, para um litro de água comum, cujas proporções encontram-se na Tabela 4.

TABELA 3 - Análise química da C0, C1, C2 e C3.

ELEMENTO	UNIDADE	QUANTIDADES			
		C0	C1	C2	C3
Ca ⁺⁺	meq/l	0,820	4,240	6,888	10,634
Mg ⁺⁺	meq/l	0,190	1,162	2,267	4,956
Na ⁺	meq/l	0,240	1,110	5,000	7,200
HCO ₃ ⁻	meq/l	0,789	2,025	3,800	4,525
Cl ⁻	meq/l	0,065	4,475	10,265	17,250
SO ₄ ⁻	meq/l	0,330	0,333	0,335	0,336
pH		7,12	8,50	8,07	7,45
CE	micromhos/cm a 25°C	180	750	1500	2250
SAR	mmol/l	0,338	0,675	2,337	2,579
SAR (ajust.)	mmol/l	0,291	1,289	5,469	6,680
Classificação		C1S1	C2S1	C3S1	C3S1

TABELA 4 - Proporção dos sais por litro de água comum.

SAIS	UNIDADE	QUANTIDADES		
		C1	C2	C3
NaCO_3H	mg/l	200	400	600
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	mg/l	160	520	910
$\text{MgCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	mg/l	110	220	330

3.5. Instalação do Experimento

3.5.1. Colocação dos filmes plásticos e confecção dos sulcos

Após o preparo inicial da área com aração, gradagem e subsolagem, foram marcadas 18 parcelas e em seguida, abertas trincheiras entre elas com a utilização de retroescavadeira, para a colocação de filmes plásticos na profundidade de 1,00m, com vistas a não permitir a passagem de água de uma parcela para outra (Figura 2).

Em seguida, foram confeccionados três sulcos em cada parcela perfazendo no total, 54 sulcos em todo o experimento. Os sulcos foram nivelados e espaçados de 0,50m com as dimensões de 2,50m de comprimento e 0,25m de profundidade e construídos com a utilização de enxada manual.

3.5.2. Instalação dos tensiômetros e extratores de solução do solo

Para o estudo do movimento de água no solo foram instalados cinco tensiômetros em cada parcela, sendo distribuídos da seguinte forma:

.2	tensiômetros	a	45	cm	de	profundidade
.2	"	"	75	cm	"	"
.1	"	"	15	cm	"	"

O tensiômetro instalado a profundidade de 15 cm teve como objetivo, também, controlar a irrigação da parcela nela instalado. Em todo o experimento foram instalados 90 tensiômetros.

Na construção dos tensiômetros utilizou-se de cápsulas de cerâmica porosa com condutância hidráulica uniforme, tudo capilar de nylon, tudo de plástico PVC e um reservatório para a colocação de mercúrio.

Para a determinação dos íons presentes na solução do solo, foram instalados 03 (três) extratores de solução por parcela nas profundidades de 15, 30 e 60 cm, perfazendo em todo o experimento 54 extratores.

Para sua construção utilizou-se cápsulas de cerâmica porosa com condutância hidráulica uniforme, tubo capilar de nylon, tudo de plástico PVC, tubo de ensaio para coletar a solução de solo, como é apresentado esquematicamente na Figura 3.

A extração da solução do solo foi realizada no dia seguinte ao da irrigação, aplicando-se vácuo com uma bomba de 0,8 atm de sucção durante duas a três horas em cada extrator, sendo que a quantidade da solução extraída não foi suficiente para realizar as análises químicas; isto provavelmente ocorreu porque a condutância hidráulica das cápsulas porosas não foi suficientemente elevada.

A localização dos tensiômetros e extratores de solução na parcela é apresentada nas Figuras 4 e 5.

3.5.3. Manejo da irrigação

Baseando-se nas características físicas do solo, determinou-se a lâmina útil a ser aplicada a partir da seguinte expressão:

$$h = \frac{AD \cdot Pa \cdot H}{10 \times Ea}$$

onde: h = altura de água a ser aplicada em mm;

AD = intervalo de água considerado a ser aplicado em %;

Pa = peso específico aparente em g/cm³;

H = profundidade do solo considerada em cm;

Ea = eficiência de aplicação, em %.

O requerimento de lixiviação segundo a fórmula recomendada pelo U.S.S.L. (1954) e com eficiência de lixiviação de 70% para as águas denominadas C1, C2 e C3 foram: 8,16 e 24 por cento respectivamente, da lâmina de irrigação.

O requerimento de lixiviação para cada tratamento, são os seguintes:

$$L.R. = \frac{C.E. \text{ iw}}{C.E. \text{ dw} \times \text{Ef. lixiviação}} \times 100$$

.Tratamento 1:

$$L.R. = \frac{750 \text{ } \mu\text{mhos/cm} \times 100}{13.000 \text{ } \mu\text{mhos/cm} \times 0,70} = 8\%$$

.Tratamento 2:

Figura 2 - Colocação do filme plástico.

Figura 3- Esquema do extrator de solução.

Figura 5 - Visão geral do experimento aparecendo as parcelas com tensiômetros e extratores.

Figura 4 - Parcelas com tensiômetros e extratores de solução do solo.

$$L.R. = \frac{1500 \text{ } \mu\text{mhos/cm} \times 100}{13000 \text{ } \mu\text{mhos/cm} \times 0,70} = 16\%$$

.Tratamento 3:

$$L.R. = \frac{2250 \text{ } \mu\text{mhos/cm} \times 100}{13000 \text{ } \mu\text{mhos/cm} \times 0,70} = 24\%$$

Durante o ciclo de cultura foram coletadas plantas para determinar a profundidade das raízes e aplicar a lâmina de irrigação correspondente a essa profundidade radicular.

3.5.4. Controle das irrigações

As irrigações foram controladas através da leitura dos tensiômetros instalados na profundidade de 15 cm; procedia-se a reposição de água todas as vezes em que o potencial matricial (PM) da água no solo atingisse -0,5 atm para não ocorrer queda de produtividade conforme BERNARDO et alii (1970) e MILLAR (1984).

Os dados de precipitação pluviométrica obtidos no Posto Agrometereológico da ESALQ, durante o período do experimento, estão apresentados na Tabela 1 do Apêndice.

3.5.5 Suprimento de água

Para o suprimento de água nas irrigações foi utilizado um tambor graduado de 100 litros, o qual foi posto em cota superior ao da parcela a ser irrigada, sendo a água sa-

linizada derivada aos sulcos através de sifões plástico de meia polegada de diâmetro.

3.6. Delineamento experimental

O experimento consotu de três tratamentos representados pelos três níveis de água salinizada com Condutividades Elétricas de 750, 1500 e 2250 micromhos/cm a 25°C; cada tratamento teve seis repetições, totalizando 18 parcelas, as quais foram distribuídas ao acaso na área experimental. Desta forma, os três elementos são descritos abaixo:

- a) Tratamento 1 - refere-se a água salinizada com Condutividade Elétrica de 750 micromhos/cm a 25°C e lâmina de lixiviação de 8%.
- b) Tratamento 2 - refere-se a água salinizada que possui Condutividade Elétrica de 1500 micromhos/cm a 25°C e lâmica de lixiviação de 16%.
- c) Tratamento 3 - refere-se a água salinizada com Condutividade Elétrica de 2250 micromhos/cm a 25°C e lâmina de lixiviação de 24%.

A área útil de cada parcela em que foram coletados os dados, foi representada pelo sulco central, ficando os dois outros como bordaduras. Todas as parcelas foram cobertas com lona plástica para se evitar que a água das precipitações diluísse os sais, que porventura, viesse a acumular no perfil

do solo.

3.7. Cultura

A cultura utilizada como suporte experimental foi a do feijoeiro comum (Phaseolus vulgaris, L.) cv. Goiano Precoce. A semeadura foi efetuada manualmente no dia 26.11.87, utilizando-se de um sulcador para a abertura do sulco de plantio.

O espaçamento entre fileiras de plantas foi de 0,50 m e entre plantas de 12 plantas/metro linear, obtendo-se assim uma densidade populacional de 240.000 plantas por hectare.

A adubação no plantio obedeceu às recomendações de VAN RAIJ et alii (1985) de 80 kg/ha de P_2O_5 sendo utilizado neste experimento o adubo fosfatado DAP.

Ao longo de todo período experimental foram efetuadas capinas manuais eventualmente, para controle das ervas daninhas e uma aplicação de inseticida para controle de mosca branca (Bemisia tabaci).

3.8. Dados coletados

3.8.1 Estudo do movimento da água no solo

Para o estudo do movimento de água no solo foram

coletados diariamente os dados do potencial matricial (PM) da água no solo, nas profundidades de 15, 45 e 75 cm; juntamente com os dados da Condutividade Hidráulica ($K(\theta)$), determina-se o fluxo de água aplicando-se a equação de Darcy:

$$q = - K(\theta) \cdot \text{grad } H$$

sendo:

q = fluxo da água no solo (cm^3 água/ cm^2 solo . s)

$K(\theta)$ = Condutividade Hidráulica (cm^3 /água/ cm^2 solo . s)

$\text{grad } H$ = Gradiente do potencial total (H) da água no solo (cm água / cm solo)

Na determinação do potencial total (H) da água no solo foram considerados os potenciais matricial e gravitacional (g).

3.8.2. Translocação de íons

No estudo da translocação de íons foram instalados 54 extratores de solução do solo nas profundidades de 15, 30 e 60 cm; após a retirada da solução do solo, proceder-se-ia as análises química para a determinação dos íons componentes, com vistas a se identificar aqueles que predominaram na solução.

Porém, o volume da solução retirada pelos extratores (em média 5 ml) não foi suficiente para as diversas análises dos íons, por isso, optou-se pela retirada de amostras

de solo nas mesmas profundidades dos extratores, suficientes para a preparação de extratos de saturação conforme metodologia descrita pelo U.S. SALINITY LABORATORY STAFF (1954).

Durante o período experimental foram efetuadas quatro amostragens do solo, assim descritas:

.Primeira Amostragem = corresponde ao início do experimento; foram retiradas seis amostras de cada profundidade, totalizando 18 amostras de solo. Para cada três parcelas foi feita uma amostra composta posteriormente analisada.

.Segunda Amostragem = foi efetuada antes do início da floração; foram retiradas 18 amostras de cada profundidade totalizando 54 amostras de solo.

.Terceira Amostragem = efetuada após a floração e antes da maturação dos grãos; retirou-se 18 amostras para cada profundidade, totalizando 54 amostras de solo.

.Quarta Amostragem = realizada após a colheita do feijão; retirou-se também, 54 amostras de solo correspondente as três profundidades estudadas.

Em todo o experimento foram retiradas 180 amostras de solo e posteriormente analisadas quimicamente.

3.8.2.1. Análise química dos íons

Os íons Ca^{++} e Mg^{++} foram determinados através do

Espectrofotômetro de Absorção Atômica utilizando-se para cada elemento uma lâmpada específica.

As determinações do íon Na^+ foram realizadas no Fotômetro de Chama, utilizando-se um filtro específico.

Os ânions Cl^- e HCO_3^- foram determinados por titulação; o íon cloreto foi titulado com Nitrato de Prata (AgNO_3) 0,05 N e o HCO_3^- com a utilização de Ácido Sulfúrico 0,025 N segunda metodologia do U.S. SALINITY LABORATORY (1954) e do SNLCS-EMBRAPA (1977).

3.8.3. Análise estatística

Procedeu-se a análise de variância dos elementos químicos, da Condutividade Elétrica do extrato de saturação e posteriormente ajustadas equações de regressão em função dos tratamentos quando significativos ao nível de 1% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Determinação do fluxo de água no solo

Procedeu-se a determinação do fluxo de água no solo nas profundidades de 15-45 e 45-75 cm, aplicando-se a equação de Darcy:

$$q = -K (\theta) \cdot \text{grad } H.$$

Na Tabela 5 apresentam-se os resultados do fluxo diário de água no solo para o Tratamento 1. Analisando estes resultados, observa-se que os valores do fluxo diariamente estão baixos, razão porque nos levou a calcular o fluxo através da variação do armazenamento de água e assim poder comparar os resultados obtidos.

Inicialmente construiu-se os gráficos de θ versus Z (cm) para o período de 21/12 a 25/1, em seguida, integrou-se as cruvas, determinando o armazenamento diário nas camadas consideradas. Matematicamente é representado por:

$$A_L = \theta \cdot L$$

onde:

TABELA 5 - Valores de Potencial Matricial (PM) em (cm.H₂O), Umidade Volumétrica (θ) em (cm³ . cm⁻³ H₂O), Condutividade Hidráulica Média (Km) em (cm²/h), Potencial Hidráulico (H), em H₂O grad. Potencial Hidráulico (Hm) e o Fluxo de Água (q) (cm/dia) relativos ao Tratamento 1,

DATA	PROF. (cm)	PM	θ	Km	H	Hm	q
21.12	15	- 69,79	0,399	9,1.10 ⁻⁴	- 9,79	- 0,038	0,000827
	45	- 38,64	0,460	0,00959	- 8,64	1,295	-0,298
	75	- 47,49	0,416		-47,49		
22.12	15	-103,6	0,384	3,63.10 ⁻⁴	-53,05	- 1,344	0,0117
	45	- 42,73	0,459	0,00704	-12,73	1,288	-0,217
	75	- 51,16	0,415		-51,16		
23.12	15	-143,48	0,367	1,79.10 ⁻⁴	-83,48	- 2,218	0,00952
	45	- 46,93	0,457	0,0074	-16,93	1,113	-0,197
	75	- 50,32	0,415		-50,32		
24.12	15	-173,91	0,356	8,52.10 ⁻⁵	-113,9	- 3,047	0,00623
	45	- 52,50	0,455	0,00523	-22,50	1,067	-0,133
	75	- 54,52	0,414		-54,52		
25.12	15	-257,91	0,334	7,63.10 ⁻⁵	-197,9	- 4,518	0,00827
	45	- 53,03	0,454	0,00448	-23,03		-0,095
	75	- 56,47	0,413		-56,47		
26.12	15	-361,35	0,315	6,55.10 ⁻⁵	-301,35		0,00145
	45	- 54,17	0,454	0,00394	-24,17		-0,082
	75	- 58,09	0,412		-58,09		

A_L = armazenamento de água na camada considerada;

θ = umidade média da camada considerada;

L = profundidade da camada considerada.

Em seguida, calculou-se as variações de armazenamento de água para as camadas em estudo em função do tempo, que nada mais é, do que o próprio fluxo de água, sendo representado por:

$$A_L = A_L^{ti} - A_L^{tj} = (\theta(t_i) - \theta(t_j)) \cdot L$$

onde:

A_L = armazenamento de água na camada L .

A_L^{ti} = armazenamento de água na camada em estudo.

A_L^{tj} = armazenamento de água na camada em estudo, no tempo t_j .

$\theta(t_i)$ = umidade média da camada considerada no instante t_i .

$\theta(t_j)$ = umidade média da camada em estudo, no instante t_j .

Este procedimento para cálculo do armazenamento de água no solo foi utilizado por REICHARDT (1985).

Nas figuras de 1 a 14 do Apêndice estão representados os perfis de umidade para o período em estudo de todos os tratamentos.

As Figuras de 7 a 12 representam as curvas do potencial (H) versus a profundidade z para o período de 21/12 a

Figura 7 - Curvas do Potencial Total (H) versus a prof. Z (cm) para período de 21-28/12 do Tratamento 1

Figura 8 - Curvas do Potencial Total (H) versus a prof. Z (cm) para o período de 29-5/1 do Tratamento 1.

Figura 11- Curvas do Potencial Total (H) versus a prof. Z
(cm) para o período de 21-28/12 do Tratamento 3

Figura 12- Curvas do Potencial Total (H) versus a prof. Z
(cm) para o período de 29-5/1 do Tratamento 3.

28/12 e 29/12 a 4/1 referentes aos Tratamentos estudados; as demais curvas dos períodos estudados encontram-se no Apêndice.

Analisando estas curvas, observa-se que a camada de 15-45 cm apresentou predominantemente um fluxo de água ascendente, enquanto que a camada de 45-75 cm mostrou um fluxo descendente de água.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores do armazenamento de água em mm, relativos aos tratamentos em estudo.

Os resultados do fluxo de água determinados diariamente através da variação do armazenamento de água nas camadas de solo estudada, estão apresentados na Tabela 7. Analisando estes resultados e comparando-os com aqueles determinados a partir da aplicação da equação de Darcy, observamos que estes são bem superiores a aqueles, indicando que os dados referentes a função $K(\theta)$ estão mascarando os resultados finais do fluxo, vez que os dados de umidade tomados foram idênticos em ambas as determinações. Em função disso, calculou-se o valor de K para o fluxo determinado através da variação do armazenamento de água, no intuito de comparar os valores obtidos. Assim, para o dia 21/12 do Tratamento 1 temos os seguintes dados para a camada de 15-45cm:

$$q = 2,4 \text{ mm/dia} = 0,24 \text{ cm/dia}$$

$$PM_{15} = - 69,76 \text{ cm} \cdot \text{água}$$

$$PM_{45} = - 38,64 \text{ cm} \cdot \text{água}$$

$$g_{15} = 30 \text{ cm}$$

$$z = 30 \text{ cm}$$

$$H_{15} = - 39,79 \text{ cm} . \text{ água}$$

$$H_{45} = - 38,64 \text{ cm} . \text{ água}$$

como $K = \frac{q}{\text{grad } H}$ tem-se que:

$$K = 6,261 \text{ cm/dia ou } 0,261 \text{ cm/h.}$$

O valor de K para a mesma camada, determinada pela equação de Darcy é de 0,00091 cm/h, o que demonstra que estes valores não estão representando a realidade e portanto foram descartados ou seja, doravante discutiremos os resultados do fluxo a partir dos resultados obtidos através da variação do armazenamento de água nas respectivas camadas.

Analizando a Tabela 7 nota-se que os fluxos estão baixos em relação aos valores da evapotranspiração real calculada a partir dos dados de evaporação do Tanque Classe A e do coeficiente de consumo da cultura (Kc) determinado por ENCARNÇÃO (1980), e estão apresentados na Tabela 8.

A razão destes valores de fluxos baixos pode ser explicada por:

- a camada de 0-15 cm do perfil do solo não foi considerada e levando-se em conta que nesta profundidade ocorre um processo de secamento intenso, é de se prever uma maior demanda evaporativa nesta camada.

TABELA 6 - Valores do armazenamento de água em mm, para as camadas de 15-45 e 45-75 cm, relativos aos Tratamentos em estudo.

DATA	TRATAMENTO 1		TRATAMENTO 2		TRATAMENTO 3	
	15-45	45-75	15-45	45-75	15-45	45-75
21.12	128,85	131,1	126,62	131,33	125,4	131,67
22.12	126,45	131,1	123,75	130,89	121,9	131,07
23.12	123,6	130,8	120,44	130,65	119,7	130,88
24.12	121,65	130,35	119,45	130,56	117,9	130,50
25.12	120,0	130,2	118,88	130,65	117,11	130,46
26.12	118,2	129,9	117,51	130,73	114,53	130,26
27.12	117,9	129,6	115,64	130,65	113,22	130,09
28.12	115,95	129,3	114,42	130,2	112,09	129,93
29.12	111,0	128,4	112,26	129,6	127,71	129,43
30.12	126,15	128,4	127,79	19,54	125,89	129,40
31.12	125,85	129,0	124,62	129,2	122,90	129,25
1.1	125,15	129,49	120,68	129,66	118,82	129,45
2.1	119,91	129,39	117,33	129,53	114,47	129,39
3.1	114,45	128,76	114,38	129,08	112,41	128,97
4.1	112,08	128,24	112,22	128,90	126,0	128,64
5.1	125,73	128,07	127,23	128,92	122,69	129,41
6.1	128,01	128,75	129,32	129,99	130,5	131,48
7.1	130,55	131,43	131,33	131,25	129,75	131,67
8.1	130,55	131,43	130,65	131,73	129,38	131,27
9.1	130,02	131,07	130,16	131,31	128,64	130,88
10.1	129,79	131,01	128,55	130,8	127,07	130,68
11.1	129,76	130,97	128,16	130,77	12,81	130,69
12.1	128,48	130,85	127,73	130,71	121,94	130,68
13.1	123,32	130,73	125,09	130,5	118,95	130,24
14.1	117,96	130,28	121,65	130,59	116,24	129,93
15.1	115,05	130,11	119,06	130,25	114,17	129,62

(continua)

(continuação - Tabela 6)

DATA	TRATAMENTO 1		TRATAMENTO 2		TRATAMENTO 3	
	15-45	- 45-75	15-45	- 45-75	15-45	- 45-75
16.1	112,92	129,75	116,66	130,01	112,34	129,42
17.1	128,55	129,41	114,57	129,57	127,35	128,97
18.1	127,38	129,0	112,55	129,09	125,51	129,20
19.1	126,06	129,24	127,11	128,84	122,79	129,49
20.1	126,18	129,47	126,68	128,89	122,66	129,79
21.1	126,54	129,71	126,81	129,93	122,47	129,74
22.1	125,33	129,82	124,55	129,69	122,03	129,44
23.1	124,61	130,29	123,83	129,53	121,88	129,21
24.1	123,62	129,23	122,31	128,93	120,23	129,08
25.1	122,01	129,08	120,6	128,75	119,73	128,67

TABELA 7 - Valores do Fluxo de Água diário (mm/dia) obtido a partir da variação do armazenamento de água de todos os tratamentos.

DATA	TRATAMENTO 1		TRATAMENTO 2		TRATAMENTO 3	
	15-45 (cm)	- 45-75 (cm)	15-45 (cm)	- 45-75 (cm)	15-45 (cm)	- 45-75 (cm)
21-22/12	- 2,4	- 0,3	- 2,87	- 0,44	- 3,49	- 0,6
22-23/12	- 2,85	- 0,3	- 3,31	- 0,24	- 2,18	- 0,19
23-24/12	- 1,95	- 0,45	- 0,99	- 0,09	- 1,79	- 0,38
24-25/12	- 1,65	- 0,15	- 0,57	0,09	- 0,83	- 0,04
25-26/12	- 1,8	- 0,3	- 1,37	0,08	- 2,58	- 0,2
26-27/12	- 0,3	- 0,3	- 1,87	- 0,08	- 1,31	- 0,17
27-28/12	- 1,95	- 0,3	- 1,22	- 0,45	- 1,13	- 0,16
28-29/12	- 4,95	- 0,9	- 2,16	- 0,6	15,62	- 0,5
29-30/12	15,15	0	15,53	- 0,6	- 1,82	- 0,03
30-31/12	- 3,45	0,6	- 3,17	- 0,34	- 2,99	- 0,15
31-1/1	- 3,00	0,4	- 3,94	0,46	- 4,08	0,2
1-2/1	- 3,21	- 0,1	- 3,35	- 0,13	- 4,35	- 0,06
2-3/1	- 3,63	- 0,63	- 2,95	- 0,45	- 2,06	- 0,42
3-4/1	- 1,53	- 0,52	- 2,16	- 0,18	13,59	- 0,33
4-5/1	13,65	- 0,17	15,01	- 0,08	- 3,31	0,77
5-6/1	2,28	0,68	2,09	1,17	7,81	2,07
6-7/1	2,9	3,01	2,01	1,26	- 0,75	0,19
7-8/1	- 0,36	- 0,33	- 0,68	0,48	- 0,37	- 0,4
8-9/1	- 0,53	- 0,36	- 0,49	- 0,42	- 0,74	- 0,39
9-10/1	- 0,23	- 0,06	- 1,61	- 0,51	- 1,57	- 0,2
10-11/1	- 0,03	- 0,04	- 0,39	- 0,03	- 3,26	0,01
11-12/1	- 1,31	- 0,12	- 0,43	- 0,06	- 1,87	- 0,01
12-13/1	- 5,16	- 0,12	- 2,64	- 0,21	- 2,99	- 0,44
13-14/1	- 5,36	- 0,45	- 3,44	- 0,09	- 2,71	- 0,31
13-15/1	- 2,91	- 0,17	- 2,59	- 0,34	- 2,07	- 0,31
15-16/1	- 2,13	- 0,36	- 2,4	- 0,24	- 1,83	- 0,2
16-17/1	15,63	- 0,34	- 2,09	- 0,44	15,01	- 0,45

(continua)

(continuação - Tabela 7)

DATA	TRATAMENTO 1		TRATAMENTO 2		TRATAMENTO 3	
	15-45 (cm)	- 45-75 (cm)	15-45 (cm)	- 45-75 (cm)	15-45 (cm)	- 45-75 (cm)
17-18/1	- 1,17	- 0,41	- 2,02	- 0,48	- 1,84	0,23
18-19/1	- 1,32	0,24	14,56	- 0,25	- 2,72	0,29
19-20/1	- 1,05	0,23	- 0,43	- 0,05	- 0,13	0,3
20-21/1	- 1,52	0,24	- 0,13	1,04	- 0,19	- 0,05
21-22/1	- 1,17	0,11	- 2,26	- 0,24	- 0,44	- 0,3
22-23/1	- 0,73	0,47	- 0,72	- 0,16	- 0,15	- 0,23
23-24/1	- 0,57	- 1,06	- 1,52	- 0,6	- 1,65	- 0,13
24-25/1	- 1,45	- 0,15	- 1,71	- 0,18	- 0,5	- 0,41

- como as irrigações foram realizadas utilizando-se água salina, deduz-se que, à medida que o solo foi salinizado a pressão osmótica da solução do solo aumentou de tal forma, que mesmo o solo estando com um teor de umidade satisfatório (o que os tensiômetros confirmam), as plantas não conseguiam retirar água na quantidade necessária para atender as suas necessidades.

Para explicar estas considerações, estimou-se o fluxo de água na camada de 0-15cm assumindo que a camada superior estivessem no PMP e assim calculou-se a média da umidade até a profundidade de 15 cm e em seguida o fluxo.

Na Tabela 9 apresenta-se os resultados do fluxo total nas camadas de 0-45 cm e 45-75 cm, e mostra que apesar do aumento do fluxo nos períodos considerados ainda continuam menores do que a evapotranspiração real.

Para a determinação do potencial osmótico da solução do solo, aplicou-se a equação dada por RICHARDS (1974):

$$PO = - 0,36 \cdot CE$$

onde CE é a Condutividade Elétrica do extrato de saturação do solo (mmhos/cm a 25°C) e PO dado em atm.

Na Tabela 10 apresentam-se os resultados do potencial osmótico em atm para todos os tratamentos estudados. Analisando os resultados obtidos, deduz-se que os valores do PO aumentaram na camada superior em função dos níveis de : sais

TABELA 8 - Dados de Evapotranspiração Ideal (mm/dia) obtidos a partir dos valores da evaporação do Tanque Classe A (ECA) e do K_c determinado por ENCARNÇÃO (1980)

DATA (dias)	VENTO (km/dia)	UR (%)	K _p	ECA (médio) mm	ET (mm)		K _c	ET _m (mm)	ET _m (mm/ dia)
					0	médio - total			
21-29	241	69	0,7	8,17	5,72	51,48	1,0	51,48	5,7
30-4	224	71	0,75	7,56	5,67	34,02	1,2	40,82	6,8
7-16	192	75	0,75	5,63	4,22	42,25	0,9	38,03	3,8
17-25	194	72	0,75	6,85	5,13	46,23	0,8	36,98	4,1

**TABELA 9 - Valores do Fluxo de Água Total (mm/dia)
relativos as camadas de 0-45 e 45-75 cm
para todos os Tratamentos estudados.**

DATA	TRATAMENTO 1		TRATAMENTO 2		TRATAMENTO 3	
	0-45	- 45-75	0-45	- 45-75	0-45	- 45-75
21-22	- 3,53	- 0,3	- 4,18	- 0,44	- 5,09	- 0,6
22-23	- 4,13	- 0,3	- 4,87	- 0,24	- 3,19	- 0,19
23-24	- 2,78	- 0,45	- 1,46	- 0,09	- 2,59	- 0,38
24-25	- 2,40	- 0,15	- 0,88	- 0,09	- 1,24	- 0,04
25-26	- 1,95	- 0,3	- 2,09	- 0,08	- 3,80	- 0,2
26-27	- 1,15	- 0,3	- 2,79	- 0,08	- 1,89	- 0,17
27-28	- 2,85	- 0,3	- 2,14	- 0,45	- 1,66	- 0,16
28-29	- 7,05	- 0,9	- 3,10	- 0,6	23,60	- 0,5
29-30	22,65	- 0,3	23,27	- 0,06	- 2,72	- 0,03
30-31	- 5,33	0,6	- 4,60	- 0,34	- 4,42	- 0,15
31-1	- 4,65	0,49	- 6,03	0,46	- 6,29	- 0,2
1-2	- 4,79	- 0,1	- 4,96	- 0,13	- 6,41	- 0,06
2-3	- 5,28	- 0,63	- 4,27	- 0,45	- 3,01	- 0,42
3-4	- 2,93	- 0,52	- 3,14	- 0,18	20,49	- 0,33
4-5	20,55	- 0,17	22,53	- 0,08	- 5,27	0,77
5-6	3,18	0,68	2,69	1,17	11,01	2,07
6-7	3,57	3,01	2,57	1,26	- 1,09	0,19
7-8	- 0,46	- 0,33	- 1,09	0,48	- 0,44	- 0,4
8-9	- 0,69	- 0,36	- 0,66	- 0,42	- 1,00	- 0,39
9-10	- 0,33	- 0,06	- 2,23	- 0,51	- 2,26	- 0,2
10-11	- 0,03	- 0,04	- 0,55	- 0,03	- 4,86	- 0,01
11-12	- 1,91	- 0,12	- 0,63	- 0,06	- 2,80	- 0,01
12-13	- 7,74	- 0,12	- 3,87	- 0,21	- 4,34	- 0,44
13-14	- 7,90	- 0,45	- 5,23	- 0,09	- 3,96	- 0,31
14-15	- 4,32	- 0,17	- 3,73	- 0,34	- 2,99	- 0,31
15-16	- 3,05	- 0,36	- 3,55	- 0,24	- 2,68	- 0,2
16-17	- 23,5	- 0,34	- 3,10	- 0,44	22,72	- 0,45
17-18	- 1,62	- 0,41	- 2,86	- 0,48	- 2,92	0,23

(continua)

(continuação - Tabela 9)

DATA	TRATAMENTO 1		TRATAMENTO 2		TRATAMENTO 3	
	0-45	- 45-75	0-45	- 45-75	0-45	- 45-75
18-19	- 2,07	0,24	21,92	- 0,25	- 2,72	0,29
19-20	- 1,65	0,23	- 0,64	0,05	- 0,30	0,3
20-21	- 2,50	0,24	- 0,47	1,04	- 0,25	- 0,05
21-22	- 1,77	0,11	- 3,28	- 0,24	- 0,55	- 0,3
22-23	- 0,96	- 0,47	- 1,04	- 0,16	- 0,22	- 0,23
23-24	- 0,72	- 1,06	- 2,08	- 0,6	- 2,43	- 0,13
24-25	- 2,13	- 0,15	- 2,51	- 0,18	- 0,64	- 0,41

empregado na água de irrigação como também, aumentou a medida que se procedia as irrigações, atingindo a determinados valores que teoricamente não prejudicariam a absorção de água pelas plantas.

Como estes valores são oriundos de extrato de saturação fica a dúvida quanto a representatividade em relação à solução do solo.

Como o objetivo deste trabalho foi o de determinar o fluxo de água no perfil do solo até a profundidade de 75cm, discutiu-se os resultados destes que estão apresentados na Tabela 9 e resumidos na Tabela 11.

Analisando os resultados observa-se que os maiores fluxos de água na camada de 0-45cm ocorreu no período de floração (21-29/12) e após a floração (30-4/1), no que concorda com os resultados obtidos por ENCARNAÇÃO (1980).

A camada que atendeu a demanda da cultura foi a de 0-45 cm, enquanto que, a contribuição da camada 45-75cm foi insignificante comparativamente, apresentando um fluxo predominantemente descendente em todo o período estudado. Resultado semelhante foi observado por REICHARDT (1985).

**TABELA 10 - Valores de Potencial Osmótico em atm
relativos aos Tratamentos estudados.**

DATA	PROF. (cm)	TRATAMENTO 1	TRATAMENTO 2	TRATAMENTO 3
26.11	15	- 0,0248	- 0,0248	- 0,0248
	30	- 0,0241	- 0,0259	- 0,0238
	60	- 0,0238	- 0,0245	- 0,0241
16.12	15	- 0,0560	- 0,072	- 0,0870
	30	- 0,0396	- 0,0353	- 0,0356
	60	- 0,0367	- 0,0299	- 0,0281
6.1	15	- 0,0802	- 0,167	- 0,266
	30	- 0,0436	- 0,058	- 0,0648
	60	- 0,0256	- 0,0288	- 0,0335
26.1	15	- 0,134	- 0,244	- 0,352
	30	- 0,0500	- 0,0925	- 0,072
	60	- 0,0320	- 0,0353	- 0,0356

TABELA 11 - Extração de água pela cultura nas camadas de 0-45cm e 45-75cm em todo período estudado.

PERÍODO	CAMADA (cm)	TRATAMENTO	PERDA TOTAL (mm)	PERDA DIÁRIA (mm/dia)
21-29	0-45	1	25,84	3,23
	45-75	1	3,0	0,33
21-29	0-45	2	21,51	2,69
	45-75	2	1,73	0,21
21-28	0-45	3	19,46	2,78
	45-75	3	1,74	0,25
30-4	0-45	1	22,98	4,60
	45-75	1	0,16	0,03
30-4	0-45	2	23,0	4,60
	45-75	2	0,70	0,14
29-3	0-45	3	22,85	4,57
	45-75	3	1,12	0,28
7-16	0-45	1	26,43	2,94
	45-75	1	2,21	0,24
7-18	0-45	2	28,1	2,55
	45-75	2	3,07	0,27
6-16	0-45	3	26,42	2,64
	45-75	3	2,27	0,22
17-25	0-45	1	13,42	1,68
	45-75	1	0,67	0,08
19-25	0-45	2	10,02	1,67
	45-75	2	0,34	0,05
17-25	0-45	3	11,55	1,44
	45-75	3	0,75	0,09

4.2. Determinação da translocação de íons no solo

Com o intuito de apresentar os resultados obtidos de maneira compreensível, dividiu-se em três itens o estudo do fluxo de íons:

- a) A determinação da concentração dos íons/sais na solução do solo obtidos a partir do extrato de saturação.
- b) A determinação do armazenamento de íons/sais na camada de solo estudada, dada pela equação:

$$AS_L = \bar{C} \cdot \bar{\theta} \cdot L$$

sendo:

AS_L = armazenamento de sais na camada em estudo do L.

$\bar{C}$ = concentração média dos íons/sais na camada considerada

$\bar{\theta}$ = umidade média da camada em estudo.

- c) A determinação do fluxo de íons, ou seja, a variação destes na camada considerada e ao longo das amostragens realizadas, dada por:

$$FS = \frac{AS_L}{t} = \frac{AS_L^{tf} - AS_L^{ti}}{t_f - t_i}$$

onde:

FS = fluxo de sais na camada em estudo

AS_L^{tf} = armazenamento de sais na camada em estudo, no tempo t_f

AS_L^{ti} = armazenamento de sais na camada em estudo, no tempo t_i

t_f = instante final de amostragem, em dias.

4.2.1. Determinação da concentração dos sais no solo através da condutividade elétrica do extrato de saturação

Os resultados concernentes à condutividade elétrica do extrato de saturação do solo das quatro amostragens realizadas em função da condutividade elétrica da água de irrigação estão apresentadas na Figura 13. A análise da equação de regressão e coeficiente de determinação mostram que a CEes cresceu significativamente em função dos níveis de sais usados na água de irrigação numa relação de natureza quadrática. Este resultado discorda daqueles apresentados por SONNEVEL e VOOGT (1978) e BORELLA (1986) que obtiveram efeito linear e OLIVEIRA (1983) que obteve uma relação de natureza cúbica entre a CEes e a condutividade elétrica da água de irrigação (CEai). Entretanto, a função quadrática obtida teve a participação da componente linear em 92,41% (Tabela 4 no Apêndice).

Com relação a distribuição de sais no perfil do solo, houve uma acumulação nos 15 cm iniciais para todos os

Regressão da C.E. para Tratamentos

$$Y = 0,4104 + 1,2062E-4X - 2,6739E-8X^2 \quad CD=1.$$

Figura 13 - Variação da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) (mmhos/cm à 25°C) com os tratamentos.

tratamentos. Esse aumento da concentração salina na parte superior do solo deve-se, provavelmente, a maior concentração de raízes nessa camada, onde a perda de água pela evapotranspiração da cultura é maior, aumentando assim o fluxo ascendente e conseqüentemente concentrando os sais nessa região do perfil.

Estudos realizados por CARTER e WIEGAND (1965), HUMMADI et alii (1975), SEIFERT JR. et alii (1975) e OLIVEIRA (1983) verificaram essa variação na concentração de sais no perfil de solos salinos.

A equação de regressão e coeficiente de determinação mostram que a condutividade elétrica do extrato de saturação das amostras coletadas a 15 cm de profundidade cresceu significativamente com o aumento da salinidade da água numa relação de natureza linear (Figura 14). Entretanto, as amostras coletadas a 30 cm de profundidade apresentaram uma relação significativa de natureza quadrática entre a CEes e os níveis de sais da água de irrigação (Figura 15). Já aos 60 cm de profundidade, os resultados não apresentaram significância entre estas interações.

Ao longo do ciclo da cultura foram realizadas quatro amostras que apresentaram os seguintes resultados:

- a) as amostras retiradas do início do experimento e antes do florescimento da cultura não apresentaram efeito significativo entre a condutividade elétrica do ex-

trato de saturação do solo (CEes) e os teores de sais da água de irrigação.

- b) as amostras extraídas após a floração e colheita apresentaram efeitos significativos na interação CEEs e a condutividade elétrica da água de irrigação (CEai). A equação de regressão e o coeficiente de determinação mostram que ocorreu um aumento significativo de natureza linear nos valores da CEes em função dos níveis de sais da água de irrigação na amostragem realizada após a floração, e de natureza quadrática naquelas retiradas após a colheita (Figuras 16 e 17). Embora a relação seja de natureza quadrática, mas a participação do efeito linear foi expressiva com 92,78% (Tabela 5 do Apêndice).

4.2.2. Concentrações de Ca^{++} e Na^{+}

A equação de regressão e o coeficiente de determinação demonstram que ocorreu um aumento significativo dos teores de cálcio e sódio na solução do solo em função do aumento da salinidade da água de irrigação. Nas Figuras 18 e 19 apresentam-se a regressão de natureza quadrática para os teores de cálcio e sódio respectivamente; os teores de sódio apesar de apresentarem uma relação idêntica a do cálcio (quadrática) teve uma participação da componente linear bastante expressiva com 95,38% contra uma participação de 70,80% para

Reg. da C.E. para Tratam. Prof.=15cm.

$$Y = 0,4576099 + 1,044517E-4X \quad CD=0,9854$$

Figura 14 - Variação da cond. elét.do extrato de saturação (CEes) das amostras de 15 cm de prof., com os (mmhos/cm à 25°C) tratamentos.

Reg. da C.E. para Tratam. Prof.=30cm.

$$Y = 0,3798 + 1,4693E-4X - 4,308E-8X^2 \quad CD=1.$$

Figura 15 - Variação da cond. elét.do extrato de saturação (CEes) das amostras de 30 cm de prof., com os (mmhos/cm à 25°C) tratamentos.

Reg. da C.E. para Tratam. Depois Flor.

$$Y = 0,4421782 + 6,23181E-5X \quad CD=0,9727$$

Figura 16 - Variação da cond. elét.do extrato de saturação (CEes) das amostras retiradas após a floração com (mmhos/cm à 25°C) tratamentos.

Reg. da C.E. para Tratam. Colheita.

$$Y = 0,3873 + 2,1362E-4X - 4,692E-8X^2 \quad CD=1.$$

Figura 17 - Variação da cond. elét.do extrato de saturação (CEes) das amostras retiradas após a colheita com os (mmhos/cm a 25°C) tratamentos

Regressao do Calcio para Tratamentos

$$Y = 0,5686 + 4,221E-4X - 1,1488E-7X^2 \quad CD=1.$$

Figura 18 - Variação dos teores de Ca em meq/l em função dos tratamentos.

Regressao do Sodio para Tratamentos

$$Y = 0,473 + 2,698E-4X - 5,432E-8X^2 \quad CD=0.9538$$

Figura 19 - Variação dos teores de Na em meq/l em função dos tratamentos.

o cálcio (Tabelas 6 e 7 do Apêndice).

Fazendo-se uma análise dos dados apresentados observa-se que as médias calculadas dos teores de cálcio foram superiores as médias dos teores de sódio. Isto nos indica que ocorreu uma predominância do íon Ca^{++} sobre o íon Na^+ , reduzindo assim, os efeitos nocivos deste íon sobre as propriedades físicas do solo.

Vários trabalhos têm sido documentados evidenciando a capacidade do íon Ca^{++} em inibir os efeitos tóxicos do Na^+ (LEVITT (1980), KENT e LAUCHLI (1985) e RENGASAMY (1987).

As Figuras 20 e 21 representam as regressões de natureza linear e os respectivos coeficientes de determinação para os teores de Ca^{++} (mea/l) nas profundidades de 15 e 30 cm em função dos tratamentos.

As equações de regressão e coeficiente de determinação mostram que os teores de Na^+ (meq/l) variou linearmente com os tratamentos para a profundidade de 15 cm e demonstrou uma relação de natureza quadrática para a profundidade de 30 cm (Figuras 22 e 23).

4.3. Determinação do armazenamento de sais/íons no perfil do solo

4.3.1. Armazenamento de sais através da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo

Com o objetivo de se determinar o conteúdo de sais armazenados nas camadas de 15-30 e 30-60 cm e assim verificar a variação destes entre e dentro dos tratamentos procedeu-se os seguintes passos:

- a) converteu-se os dados de CE de mmhos/cm para mg/l ou ppm;
- b) calculou-se a média dos dados de concentração e umidade na camada considerada;
- c) determinou-se o armazenamento de sais empregando a seguinte fórmula:

$$AS_L = \bar{C} \cdot \theta \cdot L.$$

onde:

AS_L = armazenamento de sais na camada considerada, em mg/cm^2 (kg/ha)

θ = umidade volumétrica média da camada em estudo em $(\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3} \text{ H}_2\text{O})$

$\bar{C}$ = concentração média dos sais na camada em estudo, em mg/cm^3 .

Os dados referentes a condutividade elétrica em mmhos estão apresentados na Tabela 12.

Na Tabela 13 estão apresentados os resultados do armazenamento de sais para as camadas de 15-30 e 30-60 cm. Nesse estudo não contemplou a amostragem feita no dia 16/12,

Reg. do Calcio para Tratam. Prof.=15cm.

$$Y = 0,8471741 + 1,705268E-4X \quad CD=0.9604$$

Figura 20 - Variação dos teores de Ca em meq/l das amostras de 15 cm, em função dos tratamentos.

Reg. do Calcio para Tratam. Prof.=30cm.

$$Y = 0,4374 + 5,5917E-4X - 1,6487E-7X^2 \quad CD=1.$$

Figura 21 - Variação dos teores de Ca em meq/l das amostras de 30 cm, em função dos tratamentos.

Reg. do Sodio para Tratam. Prof.=15cm.

$$Y = 0,5659195 + 2,402325E-4X \quad CD=0,9908$$

Figura 22 - Variação dos teores de Na em meq/l das amostras de 15 cm, em função dos tratamentos.

Reg. do Sodio para Tratam. Prof.=30cm.

$$Y = 0,3907 + 3,7693E-4X - 1,0796E-7X^2 \quad CD=1.$$

Figura 23 - Variação dos teores de Na em meq/l das amostras de 30 cm, em função dos tratamentos.

TABELA 12 - Valores de Condutividade Elétrica em mmhos de todos os Tratamentos

DATA	PROF.	TRATAMENTO 1	TRATAMENTO 2	TRATAMENTO 3
26.11	15	0,069	0,069	0,069
	30	0,067	0,072	0,066
	60	0,066	0,068	0,067
16.12	15	0,156	0,201	0,242
	30	0,110	0,098	0,099
	60	0,102	0,083	0,078
6.1	15	0,223	0,463	0,628
	30	0,121	0,161	0,180
	60	0,071	0,080	0,093
26.1	15	0,372	0,678	0,979
	30	0,139	0,257	0,199
	60	0,089	0,098	0,099

já que, neste período não temos os dados de umidade do solo em virtude do roubo do mercúrio dos tensiômetros.

Analisando a Tabela 13 observa-se que ocorreu uma maior concentração de sais na camada superior do perfil em todos os tratamentos à medida que se ia procedendo as irrigações com água salinizada.

Ocorreu também um significativo aumento da concentração de sais na camada superior do solo em virtude do aumento da concentração de sais na água de irrigação isso demonstra que, o quanto é perigoso se irrigar com água que possuam elevados teores de sais dissolvidos, pois a sua concentração está intimamente relacionada com a água de irrigação.

4.3.2. Armazenamento dos íons Ca^{++} , Na^+ , Mg^{++} , Cl^- e NCHO_3^- .

O mesmo procedimento anteriormente descrito para a determinação do armazenamento de sais foi adotado para a determinação do armazenamento dos íons.

Os dados referentes aos teores de Ca^{++} e Na^+ estão apresentados nas Tabelas 14 e 15 respectivamente.

Nas Tabelas 16 e 17 apresentam-se os resultados do armazenamento de cálcio e sódio respectivamente.

Analisando-se estas Tabelas, observa-se que:

**TABELA 13 - Dados de Concentração Média de Sais em mg/cm
Umidade Volumétrica Média (θ) em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ e
Armazenamento de Sais (AS) em kg/ha relati-
vos aos Tratamentos estudados.**

TRATAMENTO	DATA	PROF.	$\bar{C}$	θ	AS
1	26/11	15-30	0,04352	0,4399	29,8
		30-60	0,0432	0,4419	59,4
	6/1	15-30	0,110	0,4267	70,5
		30-60	0,06144	0,4292	79,1
	26/1	15-30	0,16352	0,4067	99,8
		30-60	0,07296	0,4302	94,2
2	26/11	15-30	0,04512	0,4399	29,8
		30-60	0,0448	0,4423	59,4
	6/1	15-30	0,19968	0,4311	129,1
		30-60	0,07712	0,4333	100,2
	26/1	15-30	299,2	0,402	180,4
		30-60	113,6	0,4292	146,2
3	26/11	15-30	0,0432	0,4404	28,5
		30-60	0,04256	0,4431	56,6
	6/1	15-30	0,25856	0,4350	168,7
		30-60	0,08736	0,4383	114,9
	26/1	15-30	379,96	0,3991	225,7
		30-60	95,36	0,4289	122,7

TABELA 14 - Dados dos teores de Ca^{++} em meq/l das amostras referentes as profundidades de 15-30-60 cm relativos aos Tratamentos estudados.

DATA	PROF.	TRATAMENTO 1	TRATAMENTO 2	TRATAMENTO 3
26/11	15	0,201	0,214	0,233
	30	0,121	0,212	0,241
	60	0,259	0,292	0,296
16/12	15	0,725	1,604	1,709
	30	0,467	0,926	0,489
	60	0,413	0,306	0,344
6/1	15	1,353	2,578	3,401
	30	0,521	1,122	1,130
	60	0,469	0,399	0,492
26/1	15	2,315	4,220	5,925
	30	0,593	1,613	1,124
	60	0,586	0,511	0,564

TABELA 15 - Dados de teores de Na^+ em meq/l nas profundidades de 15-30 e 60 cm para todos os Tratamentos.

DATA	PROF.	TRATAMENTO 1	TRATAMENTO 2	TRATAMENTO 3
26/11	15	0,332	0,376	0,337
	30	0,320	0,308	0,290
	60	0,310	0,381	0,365
16/12	15	0,530	0,815	1,252
	30	0,328	0,427	0,436
	60	0,296	0,343	0,382
6/1	15	0,597	1,256	2,068
	30	0,270	0,598	0,538
	60	0,242	0,315	0,425
26/1	15	0,975	1,750	2,905
	30	0,388	0,899	0,647
	60	0,330	0,310	0,375

**TABELA 16 - Dados de Concentração Média de Cálcio ($\bar{C}$),
Umidade Volumétrica Média (θ) e Armazenamento
de Cálcio em kg/ha nas camadas de 15-30 e
30-60 dos Tratamentos estudados.**

TRATAMENTO	DATA	PROF.	$\bar{C}$	θ	FCa^{++}
1	26/11	15-30	0,00322	0,4402	2,126
		30-60	3,8	0,4419	5,037
	6/1	15-30	18,74	0,4267	11,99
		30-60	9,9	0,4292	12,74
	26/1	15-30	29,08	0,4067	17,740
		30-60	11,79	0,4302	15,21
2	26/11	15-30	4,26	0,4399	2,81
		30-60	5,04	0,4423	6,687
	6/1	15-30	37,0	0,4311	23,92
		30-60	15,21	0,4333	19,77
	26/1	15-30	58,33	0,4020	35,17
		30-60	21,24	0,4292	27,34
3	26/11	15-30	4,74	0,4404	3,13
		30-60	5,37	0,4431	7,13
	6/1	15-30	45,34	0,4350	29,58
		30-60	16,22	0,4383	21,32
	26/1	15-30	70,49	0,3991	42,19
		30-60	16,88	0,4289	21,71

TABELA 17 - Valores de Concentração Média de Na^+ em mg/cm^3 , Umidade Volumétrica (θ) e Armazenamento de Na^+ em kg/ha das camadas de 15-30 e 30-60cm dos Tratamentos estudados.

TRATAMENTO	DATA	PROF.	$\bar{C}$	θ	FNa^+
1	26/11	15-30	0,007498	0,4402	4,95
		30-60	0,007245	0,4419	9,60
	6/1	15-30	9,970	0,4267	6,38
		30-60	5,888	0,4292	7,58
	26/1	15-30	15,675	0,4067	9,56
		30-60	8,257	0,4302	10,65
	26/11	15-30	7,866	0,4399	5,19
		30-60	7,924	0,4423	10,51
2	6/1	15-30	21,32	0,4311	13,78
		30-60	10,499	0,4333	13,64
	26/1	15-30	30,464	0,4020	18,36
		30-60	13,904	0,4292	17,90
	26/11	15-30	7,211	0,4404	4,763
		30-60	7,533	0,4431	10,01
3	6/1	15-30	29,969	0,4350	19,55
		30-60	11,075	0,4383	14,56
	26/1	15-30	40,853	0,3991	24,45
		30-60	11,753	0,4289	15,12

- a) Para todos os tratamentos estudados prevaleceu um incremento de cálcio e sódio na camada superior do perfil do solo.
- b) Os teores de sódio inicialmente eram superiores aos de cálcio porém, à medida que procedia-se as irrigações estes valores foram invertendo-se até o período final, onde se observa que os teores de cálcio é praticamente o dobro dos teores observados de sódio.
- c) Com o aumento da concentração dos íons na água de irrigação ocorreu um aumento na concentração do cálcio e e sódio no perfil do solo principalmente na camada superior.

Os resultados concernentes a concentração e armazenamento do íon cloreto estão apresentação na Tabela 18. Fazendo-se uma análise destes resultados nota-se que o referido íon só foi detectado nas duas últimas amostragens e somente na profundidade de 15 cm.

Os motivos que levaram a não quantificação do íon pode ser explicada por:

.Como o intervalo entre as amostragens foi relativamente longo, pode ter ocorrido que o referido íon tenha sido lixiviado no espaço entre amostragens.

.A determinação do íon por titulação não seja tão rigorosa e em consequência, pequenas quantidades não foram de-

TABELA 18 - Valores de armazenamento de cloreto (kg/ha) a partir da concentração na prof. de 15 cm, no período de 6/1 a 26/1.

TRATAMENTO	PROF.	DATA	C (meq/l)	θ	ACl ⁻
1	15	6/1	0,115	0,4042	0,162
	15	26/1	1,016	0,3633	1,292
2	15	6/1	2,775	0,4085	3,966
	15	26/1	4,875	0,3550	6,056
3	15	6/1	4,342	0,4088	6,210
	15	26/1	7,717	0,3496	9,440

TABELA 19 - Valores de concentração média em mg/cm³, unidade volumétrica média (θ) e armazenamento de HCO₃⁻ em kg/ha para o dia 26/1.

TRATAMENTO	PROF.	DATA	C (meq/l)	θ	ACl ₃ ⁻
1	15-30	26/1	0,0356	0,4067	21,72
	30-60	26/1	0,0149	0,4302	19,32
2	15-30	26/1	0,0553	0,4020	33,34
	30-60	26/1	0,0243	0,4291	31,34
3	15-30	26/1	0,0767	0,3991	45,92
	30-60	26/1	0,0285	0,4289	36,66

tectadas.

Analisando a Tabela apresentada acima, observa-se que o íon Cl^- aumentou a sua concentração à medida que se irrigava, como também, aumentou o armazenamento em função do aumento dos níveis de sais na água de irrigação.

O íon HCO_3^- só foi detectado também na última amostragem, porém em todo o perfil do solo. Os mesmos motivos levados em consideração para o cloreto é válido para o HCO_3^- .

A Tabela 19 apresenta os resultados obtidos para o íon HCO_3^- . Fazendo uma análise desta, nota-se que o armazenamento do íon na camada de 15-30 cm foi significativa em relação a camada de 30-60 cm para todos os tratamentos, como também, aumentou a sua concentração à medida que se irrigava com água com teores elevados de sais.

Os resultados do armazenamento de Mg^+ (Tabela 20) indicam que ocorreu um acúmulo do íon na camada superior (15-30 cm) à medida que se irrigava. Com o aumento do teor de sais na água de irrigação aumentava-se a concentração do íon na solução do solo.

4.4. Determinação do fluxo de íons / sais no solo

4.4.1. Determinação do fluxo de sais

Procedeu-se as determinações do fluxo de sais no

TABELA 20 - Valores de concentração média, umidade volumétrica média e armazenamento de Mg^{++} para todo período estudado.

TRATAMENTO	PROF. (cm)	DATA	$\bar{C}$	θ	AMg^{++}
1	15-30	26/11	0,000336	0,4402	0,222
	30-60	26/11	0,000173	0,4419	0,210
	15-30	6/1	0,0038	0,4267	2,43
	30-60	6/1	0,00146	0,4292	1,86
	15-30	26/1	0,00649	0,4067	3,96
	30-60	26/1	0,00269	0,4302	3,45
2	15-30	26/11	0,00049	0,4395	0,329
	30-60	26/11	0,000174	0,4423	0,231
	15-30	6/1	0,00739	0,4311	4,778
	30-60	6/1	0,00158	0,4333	2,054
	15-30	26/1	0,0123	0,402	7,417
	30-60	26/1	0,00408	0,4292	5,253
3	15-30	26/11	0,000671	0,4404	0,443
	30-60	26/11	0,000174	0,4431	0,231
	15-30	6/1	0,01012	0,4350	6,655
	30-60	6/1	0,00190	0,4383	2,498
	15-30	26/1	0,0154	0,3991	9,219
	30-60	26/1	0,00243	0,4289	3,126

TABELA 21 - Valores de fluxo de sais em $\text{mg}/\text{cm}^2.\text{diz}$ e $\text{kg}/\text{ha}.\text{dia}$ relativos aos tratamentos estudados.

TRATAMENTO	PERÍODO	PROF.	FLUXO DE SAIS	
			$\text{mg}/\text{cm}^2.\text{dia}$	$\text{kg}/\text{ha}.\text{dia}$
1	26/11-6/1	15-30	0,0101	1,019
	26/11-6/1	30-60	0,00532	0,532
	6/1-26/1	15-30	0,0146	1,465
	6/1-26/1	30-60	0,0075	0,755
2	26/11-6/1	15-30	0,0242	2,422
	26/11-6/1	30-60	0,0099	0,995
	6/1-26/1	15-30	0,0256	2,565
	6/1-26/1	30-60	0,023	2,3
3	26/11-6/1	15-30	0,0341	3,419
	26/11-6/1	30-60	0,0142	1,422
	6/1-26/1	15-30	0,0285	2,85
	6/1-26/1	30-60	0,0039	0,39

perfil do solo, ao longo do ciclo da cultura para as quatro amostragens realizadas durante o período em estudo. Os resultados não contemplam a amostragem realizada no dia 16/12 por motivos já citados anteriormente.

Na Tabela 21 na qual são apresentados os resultados do fluxo de sais, observa-se que ocorreu maiores taxas de fluxo na camada superior do perfil do solo para todos os tratamentos estudados, como também detectou-se uma elevação das taxas de fluxo à medida que se aumentava os níveis de sais na água de irrigação.

4.4.2. Determinação do fluxo de íons Ca^{++} , Na^+ , Mg^{++} , Cl^- e HCO_3^-

Determinou-se os fluxos dos diversos íons na solução do solo, e os resultados encontram-se nas Tabelas 22 a 24 para os íons Ca^{++} , Na^+ e Mg^{++} respectivamente; para os íons HCO_3^- e Cl^- não foi possível a determinação do fluxo por motivos já mencionados.

Analisando as Tabelas acima mencionadas, observa-se que houve uma tendência dos íons cálcio, sódio e magnésio, em aumentar as taxas de fluxo na camada de 15-30 cm nos Tratamentos 1 e 2 enquanto que, no Tratamento 3 ocorreu um decréscimo na taxa de fluxo nesta camada em todo período estudado.

Detectou-se também um aumento nas taxas de fluxo dos íons em função dos níveis de sais empregado na água de

irrigação.

TABELA 22 - Valores de fluxo de Ca^{++} em $\text{mg}/\text{cm}^2.\text{dia}$ e $\text{kg}/\text{ha}.\text{dia}$ relativos aos tratamentos estudados.

TRATAMENTO	PERÍODO	PROF. (cm)	FLUXO DE Ca^{++}	
			$\text{mg}/\text{cm}^2.\text{dia}$	$\text{kg}/\text{ha}.\text{dia}$
1	26/11-6/1	15-30	0,0024	0,240
	26/11-6/1	30-60	0,0018	0,188
	6/1-26/1	15-30	0,0028	0,287
	6/1-26/1	30-60	0,0012	0,123
2	26/11-6/1	15-30	0,0051	0,514
	26/11-6/1	30-60	0,0031	0,319
	6/1-26/1	15-30	0,0056	0,562
	6/1-26/1	30-60	0,0037	0,378
3	26/11-6/1	15-30	0,0064	0,645
	26/11-6/1	30-60	0,0034	0,346
	6/1-26/1	15-30	0,0063	0,630
	6/1-26/1	30-60	0,0002	0,019

TABELA 23 - Valores de fluxo de Na^+ em $\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{dia}$ e $\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{dia}$ relativos aos tratamentos estudados

TRATAMENTO	PERÍODO	PROF. (cm)	FLUXO DE Na^+	
			$\text{mg}/\text{cm} \cdot \text{dia}^2$	$\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{dia}$
1	26/11-6/1	15-30	0,00035	0,035
	26/11-6/1	30-60	0,00049	0,049
	6/1-26/1	15-30	0,00159	0,159
	6/1-26/1	30-60	0,00153	0,153
2	26/11-6/1	15-30	0,00209	0,209
	26/11-6/1	30-60	0,00076	0,076
	6/1-26/1	15-30	0,00229	0,229
	6/1-26/1	30-60	0,00213	0,213
3	26/11-6/1	15-30	0,00360	0,360
	26/11-6/1	30-60	0,00111	0,111
	6/1-26/1	15-30	0,00245	0,245
	6/1-26/1	30-60	0,00029	0,029

TABELA 24 - Valores de fluxo de Mg^{++} em $mg/cm^2.dia$ e $kg/ha.dia$ relativos aos tratamentos estudados.

TRATAMENTO	PERÍODO	PROF. (cm)	FLUXO DE Mg^{++}	
			$mg/cm^2.dia$	$kg/ha.dia$
1	26/11-6/1	15-30	0,00054	0,054
	26/11-6/1	30-60	0,00040	0,040
	6/1-26/1	15-30	0,00076	0,076
	6/1-26/1	30-60	0,00079	0,079
2	26/11-6/1	15-30	0,00108	0,108
	26/11-6/1	30-60	0,00035	0,035
	6/1-26/1	15-30	0,00132	0,132
	6/1-26/1	30-60	0,00160	0,160
3	26/11-6/1	15-30	0,00151	0,151
	26/11-6/1	30-60	0,00055	0,055
	6/1-26/1	15-30	0,00128	0,128
	6/1-26/1	30-60	0,00031	0,031

5. CONCLUSÕES

Badeando-se nos resultados obtidos e nas observações feitas no presente trabalho e também considerando as condições da sua realização, podemos concluir que:

- 1 - O fluxo de água da camada 15-45 cm foi maior no período da floração e após a floração (21/12 a 4/1) e decresceu após este período.
- 2 - A extração de água pela cultura foi maior na camada de 0-45cm e comparativamente menor na camada de 45-75 cm.
- 3 - O fluxo de água na camada de 45-75 cm foi descendente durante o ciclo da cultura, o que sugere no mínimo uma tendência de lixiviação.
- 4 - Os valores do fluxo de água determinados a partir da variação do armazenamento da água no solo foram menores do que a evapotranspiração real (ideal).
- 5 - A maior concentração dos sais totais no perfil ocorreu na camada 15-30 cm e aumentou à medida que se aumentava os níveis de sais na água de irrigação.

- 6 - O armazenamento dos íons cálcio e sódio também ocorreu na camada de 15-30 cm à medida que se procedia as irrigações com águas salinizadas. Verificou-se um aumento na concentração dos íons na camada superior em função do aumento dos níveis de sais utilizados na água de irrigação.
- 7 - O armazenamento do íon cloreto apresentou um acúmulo na camada de 15-30 cm de 1,292; 6,056 e 9,440 kg/ha para os Tratamentos 1, 2 e 3 respectivamente. Já o íon HCO apresentou um acúmulo nesta camada de 21,72; 33,345 e 45,92 kg/ha para os Tratamentos 1, 2 e 3 respectivamente. Na camada de 15-30cm ocorreu o maior armazenamento do íon Mg^{++} com 3,96, 7,417 e 9,219 kg/ha para os Tratamentos 1, 2 e 3 respectivamente.
- 8 - O fluxo de sais no perfil do solo foi comparativamente maior na camada de 15-30 cm em relação a camada inferior, para todos os tratamentos estudados durante o ciclo da cultura.
- 9 - Os maiores fluxos de sais ocorreram à medida que se aumentava os níveis de sais na água de irrigação.
- 10 - Os fluxos dos íons cálcio, sódio e magnésio foram maiores também na camada de 15-30 cm para todos os tratamentos.
- 11 - Entre os Tratamentos, o fluxo aumentava com a variação dos níveis de sais na água de irrigação.

6. LITERATURA CITADA

- ALLISON, L. E. Salinity in relation to irrigation. Adv. Agron New York, 16: 139-178, 1964.
- AYERS, R. S. Quality of water for irrigation. Journal of the Irrigation and Dreinage Division, Nwe York, 103: 135-54, Jun: 1977.
- AYERS, R. S. e WESTCOT, D. W. Water quality for agriculture. Rome, FAO, 1985. 174 p. (FAO. Irrigation and Drainage paper, 29, rev. 1).
- BAVER, L. D. et alii. Soil Physics. 4. ed. New York, J. Wiley e Sons, 498 p., 1972.
- BERNSTEIN, L. Crops Growth and salinity. In: VAN SCHILFGARDS, J. ed. Drainage for Agriculture. Madison, American Society of Agronomy. 1974, p. 39-99 (Agronomy, 17).
- BELTRAN, J. M. El control del riesgo de salinizacion de los suelos regables. Madrid, Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentacion. 1985, 56 p.
- BERNARDO, S. et alii. Efeito dos níveis de água no solo sobre a produção do feijoeira (*Phaseolus vulgaris*, L.) Anais do SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO, Porto Alegre, p. 283, 1970.
- BIGGAR, J. W e D. R. NIELSEN. Spatial variability of the

- leaching characteristics of a field soil. Water Res. Res. Washington, 12: 78-84.
- BIGGAR, J. W. et alii. Transport of salts by water. California Agriculture, Berkeley, 38 (10): 10-1, 1984.
- BORELLA, J. E. Efeito da irrigação com água salina e da lâmina de lixiviação na produção de feijão (Phaseolus vulgaris, L.) e na salinização do solo. Piracicaba, 1986. 82 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz"/ USP).
- BOYER, J. L. Dinâmica dos elementos químicos e fertilidade dos solos. Salvador, Instituto de Geociências da UFBA, 328 p. 1985.
- BRESLER, E. Transport of salts in soils and subsoils. Agricultural Water Management, 4, 35-62, 1981.
- CARTER, D. L. Salinity and plant productivity. In: CRC Handbook of Agricultural Productivity. Volume 1 Plant Productivity. CRC Series in Nutrition and Food. Florida v. 1, 117-133, 1984.
- CASSEL, D. K. Water and solute movement in Svea loam for two water management regimes. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 1971, 35: 859-866.
- COREY, J. C. et alii. Miscible displacement of nitrate through soil columns. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 1967, 31: 497-503.
- CRUCIANI, D. E. Perdas de água por drenagem profunda em cultura de milho irrigado (Zea mayz L.). O Solo, Piracicaba, 72 (2): 10-8, jul/dez. 1980.
- _____, A drenagem na agricultura. 3. ed., São Paulo: Nobel, 337 p., 1986.

- DAHIYA, I. S. e ABROL, I. P. The redistribution of surface salts by transient and steady infiltration of water into dry soils. J. Ind. Soc. Soil Science, 22: 209-16, 1974.
- DAHIYA, I. S. et alii. Simultaneous transport of surface - applied salts and water through unsaturated soils as affected by infiltration, redistribution, and evaporation. Soil Sci. Society of America. Madison, 44 (2): 223-28, 1980.
- ENCARNAÇÃO, C. R. F. Estudos da demanda de água do feijoeiro (Phaseolus vulgaris, L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 1979. (Dissertação de Mestrado).
- EVANS, G. N. e LEVIN, I. The distribution of salts by infiltration of water into dry soils and sand. Aust. J. Soil Science, 7: 21-7, 1969.
- FRANÇOIS, L. E. Alfafa management under saline conditions with zero leaching. Agronomy Journal, Madison, 73: 1042-1046, 1981.
- FRENKEL, H. et alii. The effect of salt precipitation and high sodium concentrations on soil hydraulic conductivity and water retention. Water Resources Research. Washington, 14(2): 217-22, 1978.
- FRENKEL, H. Reassessment of water quality criteria for irrigation. In: SHAINBERG, I. e SHALHEVET, J. ed. Soil salinity under irrigation, processes and management. Berlin, Springer-Verlag, 1984. p. 143-67. (Ecological studies, 51).
- GILKES, R. J. et alii. Leaching of copper and zinc from element superphosphate. Austr. J. Soil Res. Melbourne, 1975, 13: 31-41.

GRAETZ; D. A. et alii. Nitrate movement in a Eutis fine sand planted to millet. Soil Crop Sci. Soc. Florida. Florida, 1973, 33: 157-160.

HAGAN, R. M. Irrigation of agricultural lands. Madison, American Society of Agronomy, 1967. (Monograph, 11).

HILLEL, D. Procedure and test of internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ. Soil Sci., 114:395-400, 1972.

HUMMADI, K. B. et alii. Salubre salt and nitrate distribution in irrigated lettuce beds. Trans. Am. Soc. Agric. Engers. St. Joseph, 18(2): 686-68, 1975.

JURY, W. A. Influence of soil properties, leaching fraction, and plant water uptake on solute concentration distribution. Water Resources Research. Washington, 13(3): 645-50, JUn. 1977.

KELLER, J. e ALFARO, J. F. Effect of water application rate on leaching. Soil Sci. Baltimore, 1966, 102: 107-114.

KENT, L. M. e LAUCHLI, A. Germination and seedling growth of cotton: Salinity - Calcium interactions. Plant Cell Environ., 8: 155-159, 1985.

KIRDA, C. et alii. The combined effects of infiltration and redistribution on leaching. Soil Sci. Baltimore, 117: 323-330, 1974.

KUMAR, N. M. e OSWAL, M. C. Tests on one-dimensional models for predicting salt dynamics in soils. Soil Science, Baltimore, 137(6): 408-14, 1984.

LA RUE, M. E. et alii. Soil Water flux below a ryegrass root zone. Agronomy Journal, 1968, 60: 625-629.

- LEVITT, J. Responses of plants to enviromental stresses. Academic Press, New York, vol. 2, 1980.
- LIBARDI, P. L. et alii. Simplified methods for estimating the unsaturated hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 44(1): 3-6, 1980.
- LIBERDI, P. L. Dinâmica de água no sistema - solo - planta - atmosfera. Apostila de aulas. CENA/USP. Piracicaba/SP. 1985.
- MATIOLI, C. et alii. Determinação da condutividade hidráulica de um solo em condições de campo. Piracicaba, ESALQ/USP 27 p. 1982.
- McNEAL, B. L. et alii. Factors influencing hydraulic conductivity of soils in the presence of mixed solutions. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 32:187-190, 1968.
- MILLAR, A. A. Manejo racional da irrigação: uso de informações básicas sobre diferentes culturas. IICA, Série Publicações Miscelâneas. Brasília/DF, n. 461. p. 10-12, 1984.
- MISRA, C e MISHRA, B. K. Miscible displacement of nitrate and chloride under field condictione. Soil Sci. Soc. Amer. Proc Madison, 1977, 41:496-499.
- NASCIMENTO FILHO, V. F. do. Variabilidade espacial do deslocamento miscível do íon cloreto em solo saturado. Piracicaba, 1978. 142 p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- NIELSEN, D. R. e BIGGAR, J. W. Miscible displacement in soils I. Experimental information. Soil Science Society of America. Proceedings, Madison, 25(1): 1-5, Jan./Feb. 1961.
- _____, Miscible displacement in soils. III. Theoritical considerations. Soils Science Society of America Proceedings, Madison, 26: 216-221, 1962.

- NIELSEN, D. R. et alii. Water movement through Panoch clay loam soil. Hilgardia, 1964, 35: 495-505.
- OLIVEIRA, F. A. de. Efeito da salinidade da água de irrigação sobre algumas características do solo e da cultura do arroz (Oryza sativa, L.). Piracicaba, 1983. 181 p. (Dourado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP).
- PAES CAMARGO, A. et alii. Clima do Estado de São Paulo. In: SAEESP. Inst. Agronômico. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, vol. 1.
- PIZARRO, F. Drenagem Agrícola y Recuperation de Suelos Salinos. Madrid, Editora Agric. Española, 521 p., 1976.
- RANZANI, G. et alii. Carta de solos do município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/Centro de Estudos de Solos, 1966. 85 p.
- REICHARDT, K. et alii. Extração e análise de nitratos em solução de solo. Rev. Bras. Ciência do Solo, 1:130-132, 1977.
- REICHARDT, K. A água na produção agrícola. São Paulo: McGraw Hill do Brasil, 119 p., 1978.
- _____, Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 4. ed., Campinas: Fundação Cargill, 445 p. 1985.
- RENGASAMY, P. Important of calcium in irrigation with saline - sodic water - a viewpoint. Agricultural water management, Amsterdam, 12: 207-219, 1987.
- RHOADES, J. D. Quality of water for irrigation. Soil Sci., Baltimore, 113(4): 277-84, 1972.
- RICHARDS, L. A. Diagnóstico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos. México, 1974, Editorial Limusa, 171 p.

SANTOS, C. R. et alii. Movimento vertical de nitrato, amônio, cloreto e potássio em colunas de solo irrigado. Anais do VIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem Florianópolis/SC, vol. 1, 609-640, 1988.

SCARDUA, R. Irrigação. Apostila de aulas. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 1982.

SCALOPPI, E. J. e BRITO, R. A. L. Qualidade da água e do solo para irrigação. Inf. Agropec., Belo Horizonte, 12(139): 80-94, Julho 1986.

SEIFERT Jr., W. J. et alii. Trickle irrigation with water of different salinity levels. Trans. Am. Soc. Agric. Engers., St. Joseph, 18 (1): 89-94, 1975.

SHALHEVET, J. Irrigation with saline water. In: YARON, B; E. DANFORS e Y. VAADIA. eds. Arid zone irrigation. New York, 1973. Springer - Valag, 5: 163-276.

SHAINBERG, I. e OSTER, J. D. Quality of irrigation water. Bet Dagan, Internacional Irrigation Information Center, 1978. 65 p. (IIIC publication, 2).

SOUZA, R. Qualidade da água de irrigação no controle da salinidade do solo e sua reabilitação. Recife, 1971, MINTERGEIDA/SUDENE, 66 p.

TERRY, D. L. e C. B. McCANTS. Quantitative prediction of leaching in field soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 1970, 34: 271-276.

U. S. SALINITY LABORATORY STAFF. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, USDA, 1954. 160 p. (Handbook, 60).

VAN RAIJ, B. et alii. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômi-

co, 107 p., (Boletim Técnico 100). 1985.

WIERENGA, P. J. et alii. Predicting ionic distributions in large soil columns. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 1975, 39: 1080-84.

WILCOX, L. V. e W. H. DURUM. Quality of irrigation water. In: HAGAN, R. M. et alii, ed. Irrigations of agricultural land. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p. 104-22. (Agronomy, 11).

WILD, A. e I. A. BABIKER. The assymetric leaching pattern of nitrate and chloride in a loammy sand under field condictionns. J. Soil Sci. Londres, 1976, 27: 460-466.

YADAV, J. S. P. e GIRDHAR, I. K. Effect of varying Mg/Ca ratio and eletrolyte concentration in the irrigation water on the soil properties and growth of wheat. Plant and Soil, Dordrecht, 56(3): 413-27, 1980.

APENDICE

DADOS METEOROLÓGICOS

Mês NOVEMBRO /1987

Dia	Radiação Global (cal/cm ² .dia ⁻¹)	Insolação (hora/dia)	Precipi- tação (mm/alt)	Umidade Relativa (%)	Vento		Temperatura			Evaporação Classe A (mm)
					Max. (m/s)	Med. (km/h)	Max. (°C)	Min. (°C)	Med. (°C)	
1	628	11,3	0,0	56	10,0	12,9	31,7	13,8	22,7	9,75
2	638	11,4	0,0	56	9,4	10,8	32,0	13,0	22,5	9,30
3	609	11,2	0,0	47	10,0	9,5	33,1	13,4	23,2	11,57
4	552	10,8	0,0	47	6,5	7,3	35,0	14,2	24,6	8,55
5	461	7,4	3,7	63	16,2	14,9	36,2	16,2	26,2	8,53
6	225	0,0	4,4	86	14,2	8,0	25,2	20,4	22,8	1,62
7	284	0,8	0,0	77	8,5	7,5	28,6	19,9	24,2	2,53
8	500	8,8	0,0	72	9,8	6,5	32,8	19,2	26,0	6,32
9	502	6,6	0,0	68	15,8	17,6	32,2	19,2	25,7	9,75
10	491	9,8	0,0	67	11,5	20,5	28,8	17,2	23,0	8,73
11	507	9,7	0,0	65	13,3	16,9	31,2	18,0	24,6	9,62
12	515	10,0	0,0	64	13,1	15,4	31,2	16,6	23,9	8,53
13	512	9,0	27,4	66	10,9	11,8	32,2	17,2	24,7	saturado
14	178	0,0	27,0	89	8,0	11,2	23,8	19,2	21,5	saturado
15	157	0,0	25,3	89	8,1	10,8	24,2	19,4	21,8	saturado
16	471	7,7	0,2	74	7,7	8,7	30,2	19,6	24,9	6,16
17	616	12,0	0,0	60	9,4	7,2	31,2	17,4	24,3	8,00
18	526	11,6	0,0	53	11,4	8,3	32,8	16,6	24,7	8,65
19	519	11,2	0,0	58	8,9	8,3	33,8	18,4	26,1	8,73
20	491	9,5	1,7	64	7,8	8,5	33,3	17,0	25,1	7,98
21	484	9,0	0,0	74	12,2	10,7	32,8	17,8	25,3	6,80
22	257	8,7	0,0	72	13,0	12,6	30,2	17,8	24,0	7,70
23	560	10,4	0,0	68	10,0	12,4	30,2	16,0	23,1	9,72
24	469	9,2	15,9	76	15,1	9,2	32,0	15,4	23,7	5,85
25	312	3,8	6,1	80	5,2	8,6	28,8	17,0	22,9	4,45
26	448	8,7	1,6	80	9,3	9,3	30,6	19,2	24,9	5,59
27	565	10,3	0,0	66	9,9	7,7	30,6	18,2	24,4	8,15
28	507	11,3	0,0	66	7,5	10,2	30,4	17,4	23,9	7,75
29	579	11,8	0,0	55	7,5	7,3	32,6	16,6	24,6	8,74
30	523	9,8	0,0	60	7,0	6,9	33,8	17,4	25,6	9,18
31										
T M	476	8,4	113,3	67	10,2	10,6	31,0	17,3	24,2	7,72

Tabela 1 - Dados meteorológicos do mês de novembro/87.

DADOS METEOROLÓGICOS

Mês: DEZEMBRO /19 87

Dia	Radiação Global (cal/cm ² .dia ⁻¹)	Insolação (hora/dia)	Precipi- tação (mm/alt)	Umidade Relativa (%)	Vento		Temperatura			Evaporação Classe A (mm)
					Max. (m/s)	Med. (km/h)	Max. (°C)	Min. (°C)	Med. (°C)	
1	497	11,1	0,0	60	5,6	6,7	34,8	18,5	26,6	8,16
2	516	9,1	34,3	71	12,4	10,1	33,9	19,6	26,7	saturado
3	492	8,3	5,7	74	10,2	9,1	31,6	17,4	24,5	7,19
4	275	0,6	26,7	87	11,1	12,5	27,7	19,8	23,7	saturado
5	283	1,0	0,5	85	6,9	9,6	28,3	19,8	24,0	1,98
6	295	2,0	8,3	84	7,7	9,4	27,7	20,6	24,1	5,73
7	484	10,1	0,0	69	8,9	11,4	30,6	18,0	24,3	7,63
8	524	9,2	1,1	68	10,8	6,5	32,5	17,3	24,9	7,35
9	488	8,3	0,0	73	11,5	12,7	30,6	19,4	25,0	7,33
10	421	5,1	0,0	73	10,1	13,3	31,2	21,0	26,1	7,19
11	436	10,3	0,0	68	9,7	8,8	33,0	19,1	26,0	7,15
12	380	5,3	9,4	82	15,3	9,7	30,3	20,6	25,4	5,66
13	429	3,6	0,0	77	9,3	16,2	27,3	19,8	23,5	5,93
14	557	11,4	0,0	68	12,2	13,5	31,0	17,6	24,3	9,91
15	611	11,7	0,0	63	11,1	10,8	32,6	16,9	24,7	8,84
16	523	10,7	0,0	67	10,1	13,2	32,7	18,6	25,6	8,08
17	349	1,6	42,4	80	17,1	13,6	30,0	18,7	24,3	saturado
18	351	0,0	18,6	88	11,5	11,0	25,8	19,7	22,7	saturado
19	405	5,4	0,0	74	9,9	13,5	26,0	19,0	22,5	5,16
20	464	10,2	6,2	73	9,3	8,1	30,8	16,9	23,8	6,66
21	492	9,5	0,2	72	12,1	9,4	31,3	18,4	24,8	8,74
22	600	9,5	0,0	65	11,7	12,0	29,2	17,1	23,1	8,83
23	571	12,2	0,0	64	8,8	14,2	29,2	16,2	22,7	9,24
24	466	10,9	0,0	67	12,6	12,2	29,9	15,8	22,8	7,29
25	536	11,6	0,0	66	9,3	10,4	31,5	15,2	23,3	8,39
26	511	10,3	0,0	66	8,8	8,7	32,6	16,3	24,4	7,97
27	516	8,5	1,7	67	8,1	7,6	32,5	18,0	25,2	7,08
28	371	3,5	1,9	80	9,0	8,4	31,1	18,6	24,8	6,48
29	452	6,3	11,9	74	18,1	7,7	33,5	20,8	27,1	9,56
30	244	1,4	10,1	85	11,6	5,5	29,4	23,9	25,1	3,65
31	391	5,2	11,5	80	19,1	8,6	31,4	22,0	26,7	8,33
T			190,5							
M	443	7,2		73	11,0	10,5	30,6	18,6	24,6	7,24

Tabela 2 - Dados meteorológicos do mês de dezembro/87.

DADOS METEOROLÓGICOS

Mês JANEIRO /1988

Mês	Radiação Global (cal/cm ² .dia ⁻¹)	Insolação (hora/dia)	Precipitação (mm/alt)	Umidade Relativa (%)	Vento		Temperatura			Evaporação Classe A (mm)
					Max. (m/s)	Med. (km/h)	Max. (°C)	Min. (°C)	Med. (°C)	
1	612	11,6	0,0	62	11,1	13,0	31,6	21,2	26,4	10,32
2	528	9,2	0,0	65	10,8	11,5	32,0	19,2	25,6	7,83
3	505	8,7	0,0	65	9,6	8,5	32,6	17,8	25,2	6,72
4	494	8,6	0,0	69	8,2	9,0	33,0	19,2	26,1	8,55
5	400	5,9	33,9	74	10,0	11,1	32,4	20,8	26,6	saturado
6	183	0,0	66,0	90	7,7	7,7	26,0	20,8	23,4	saturado
7	323	1,7	0,0	78	7,0	10,9	27,2	20,4	23,8	4,48
8	110	0,0	0,5	88	6,5	6,7	22,8	17,8	20,3	0,73
9	381	6,0	17,1	83	10,3	8,3	26,8	18,7	22,7	4,03
10	389	4,8	7,8	83	16,1	7,2	29,4	17,8	23,6	4,87
11	507	9,1	0,0	71	5,2	6,3	31,2	16,2	23,7	7,33
12	493	11,1	0,0	70	7,2	7,0	31,6	16,6	24,1	5,95
13	533	11,1	0,1	69	7,5	10,0	32,6	19,4	26,0	7,04
14	467	10,6	0,0	70	11,9	9,2	32,8	21,4	27,1	7,92
15	405	6,3	1,0	78	14,8	6,5	33,0	21,9	27,4	6,20
16	513	10,9	0,4	69	14,1	8,0	34,4	20,6	27,5	7,79
17	525	10,3	0,0	70	8,3	6,8	35,4	21,0	28,2	7,63
18	508	9,3	3,2	68	10,8	10,0	36,0	21,2	28,6	10,73
19	500	10,2	0,0	66	9,0	8,6	35,4	20,8	28,1	7,63
20	511	11,5	0,0	67	9,9	6,8	35,8	21,6	28,7	7,58
21	339	6,1	6,8	80	23,0	8,8	33,4	23,0	28,2	8,39
22	429	9,8	0,0	71	14,6	8,3	34,2	20,6	27,4	7,87
23	366	4,8	4,5	77	19,2	8,5	34,1	17,0	25,5	7,17
24	352	5,4	1,1	81	11,3	8,2	32,2	21,2	26,6	4,73
25	423	4,1	38,4	75	26,2	6,8	34,0	20,0	27,0	saturado
26	528	10,9	0,0	70	5,9	7,3	34,6	19,4	27,0	7,25
27	434	7,2	0,0	69	7,0	7,6	34,8	20,4	27,6	7,14
28	517	9,5	0,0	72	11,1	7,9	34,8	21,6	28,2	8,46
29	324	3,8	4,5	72	16,0	8,0	34,6	21,8	28,2	6,10
30	487	9,3	0,0	76	10,2	8,9	32,4	20,8	26,6	7,37
31	443	8,5	8,0	69	11,9	8,3	33,2	20,4	26,8	7,91
T M	436	7,6	185,3	73	11,4	8,4	32,4	20,0	26,2	6,99

Tabela 3 - Dados meteorológicos do mês de janeiro/88.

Figura 1 - Perfis de umidade ($\Theta \times Z$) para o período de 21 a 28/12 do Tratamento 1.

Figura 2 - Perfis de umidade ($\Theta \times Z$) para o período de 29/12 a 4/1 do Tratamento 1.

Figura 4 - Perfis de umidade ($\theta \times Z$) para o período de 13 a 17/1 do Tratamento 1.

Figura 3 - Perfis de umidade ($\theta \times Z$) para o período de 5 a 12/1 do Tratamento 1.

Figura 5 - Perfis de umidade ($\Theta \times Z$) para o período de 18 a 25/1 do Tratamento 1.

Figura 6 - Perfis de umidade ($\Theta \times Z$) para o período de 21 a 28/12 do Tratamento 2.

Figura 13 - Perfis de umidade ($\Theta \times Z$) para o período de 06 a 13/1 do Tratamento 3.

Figura 14 - Perfis de umidade ($\Theta \times Z$) para o período de 14 a 20/1 do Tratamento 3.

Figura 15 - Perfis de umidade ($\Theta \times Z$) para o período de 21 a 25/1 do Tratamento 3.

Figura 16 - Curvas do Potencial Total (H) versus a Prof. (Z) para o período 6 a 13/1 do Tratamento 1.

Figura 17 - Curvas do Potencial Total (H) versus a Prof. (Z) para o período 14 a 21/1 do Tratamento 1.

Figura 18 - Curvas do Potencial Total (H) versus a Prof. (Z) para o período 22 a 25/1 do Tratamento 1.

Figura 19 - Curvas do Potencial Total (H) versus a Prof. (Z) para o período 07 a 13/1 do Tratamento 2.

Figura 20 - Curvas do Potencial Total (H) versus a Prof. (Z) para o período 14 a 21/1 do Tratamento 2.

Figura 21 - Curvas do Potencial Total (H) versus a Prof. (Z) para o período 22 a 25/1 do Tratamento 2.

Figura 22 - Curvas do Potencial Total (H) versus a Prof. (Z) para o período 07 a 13/1 do Tratamento 3.

Figura 23 - Curvas do Potencial Total (H) versus a Prof. (Z) para o período 14 a 21/1 do Tratamento 3.

Figura 24 - Curvas do Potencial Total (H) versus a Prof. (Z) para o período 22 a 25/1 do Tratamento 3.

REGRESSAO POLINOMIAL PARA OS NIVEIS DE TRATAM.

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCTA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	D.M.	VALOR F	PROB.>F
REGRESSAO LINEAR	1	0.1321990	0.1321990	67.29813	0.00001
REGRESSAO QUADR.	1	0.0108594	0.0108594	5.52814	0.01869
RESIDUO	180	0.3535882	0.0019644		

EQUACOES POLINOMIAIS

*	*	X	*	X ²	*
* Y =	0.480559 *	0.0000404 *			*
* Y =	0.410422 *	0.0001206 *		-0.00000003 *	

MEIAS AJUSTADAS PELAS EQUACOES DE REGRESSAO

NIVEIS	MEDIAS OBS.	MEDIAS ORIG.	LINEAR	QUADR.
750.000	0.4858	0.1255	0.4909	0.4858
1500.000	0.5312	0.2009	0.5212	0.5312
2250.000	0.5464	0.2271	0.5515	0.5464
COEF. DETERMINACAO			0.9241	1.0000

Tabela 4 - Regressão polinomial para os níveis de tratamento e a cond. elét. do extrato de saturação.

REGRESSAO POLINOMIAL PARA OS NIVEIS DE TRATAM.
DENTRO DE COLHEITA DO FATOR EPOCA

QUADRO DA ANALISE DE VARIANCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
REGRESSAO LINEAR	1	0.1074740	0.1074740	54.71142	0.00001
REGRESSAO QUADR.	1	0.0083605	0.0083605	4.25603	0.03808
RESIDUO	180	0.3535882	0.0019644		

EQUACOES POLINOMIAIS

*	*	X	*	X ²	*
* Y =	0.475347 *	0.0000729 *			*
* Y =	0.387363 *	0.0002136 *		-0.00000005 *	

MEDIAS AJUSTADAS PELAS EQUACOES DE REGRESSAO

NIVEIS	MEDIAS OBS.	MEDIAS ORIG.	LINEAR	QUADR.
750.000	0.5212	0.1840	0.5300	0.5212
1500.000	0.6022	0.3262	0.5846	0.6022
2250.000	0.6305	0.3785	0.6393	0.6305
COEF. DETERMINACAO			0.9278	1.0000

Tabela 5 - Regressão polinomial para os níveis de tratamentos e a cond. elet. da amostragem realizada após a colheita.

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA OS NÍVEIS DE TRATAM.

QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
REGRESSAO LINEAR	1	0.9244557	0.9244557	98.87642	0.00001
REGRESSAO QUADR.	1	0.0448226	0.0448226	4.79406	0.02800
RESIDUO	180	1.6829293	0.0093496		

EQUACOES POLINOMIAIS

*	*	X	*	X ²	*
* Y =	0.575044 *	0.0001068 *			*
* Y =	0.473183 *	0.0002698 *		-0.00000005 *	*

MÉDIAS AJUSTADAS PELAS EQUACOES DE REGRESSAO

NÍVEIS	MÉDIAS OBS.	MÉDIAS ORIG.	LINEAR	QUADR.
750.000	0.6450	0.4060	0.6552	0.6450
1500.000	0.7557	0.6290	0.7353	0.7557
2250.000	0.8052	0.7372	0.8154	0.8052
COEF. DETERMINACAO			0.9538	1.0000

Tabela 6 - Regressão polinomial para os níveis de
tratamentos e os teores de Na⁺ (meq/l).

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA OS NÍVEIS DE TRATAM.

QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	C.M.	VALOR F	PROB.>F
REGRESSAO LINEAR	1	0.4880145	0.4880145	18.89138	0.00011
REGRESSAO QUADR.	1	0.2004437	0.2004437	7.79124	0.00576
RESIDUOS	180	4.6306262	0.0257236		

EQUACÖES POLINOMIAIS

		X	X ²
* Y =	0.784020 *	0.0000775 *	
* Y =	0.568616 *	0.0004221 *	-0.00000011 *

MÉDIAS AJUSTADAS PELAS EQUACÖES DE REGRESSAO

NÍVEIS	MÉDIAS OBS.	MÉDIAS ORIG.	LINEAR	QUADR.
750.000	0.8206	0.4534	0.8421	0.8206
1500.000	0.9433	0.7917	0.9002	0.9433
2250.000	0.9368	0.7701	0.9583	0.9368
COEF. DETERMINACAO			0.7000	1.0000

Tabela 7- Regressão polinomial para os níveis de
tratamentos e os teores de ⁺⁺Ca (meq/l).

Tabela 8 - Valores de Potencial Matricial(PM) em (cm.H O),
 Umidade Volumétrica (θ) em (cm³ . cm⁻³ H O),
 Condutividade Hidráulica Média (Km) em (cm/h),
 Potencial Hidráulico (H) e o Fluxo de Água
 (q)(cm/dia) relativos ao Tratamento 1 relativos
 ao período de 27/12 a 25/1.

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
27/12	15	-487,88	0,301	4,826.10 ⁻⁵	-427,88	0,0155
	45	-56,53	0,453	0,00322	-26,53	-0,0667
	75	-60,61	0,411		-60,61	
28/12	15	-590,91	0,293	3,718.10 ⁻⁵	-530,91	0,0149
	45	-58,53	0,452	0,00220	-28,53	-0,0405
	75	-65,53	0,410		-65,53	
29/12	15	-53,86	0,406	9,949.10 ⁻⁴	6,14	-0,0301
	45	-61,71	0,451	0,00168	-31,71	-0,0305
	75	-69,05	0,409		-69,05	
30/12	15	-83,56	0,393	2,270.10 ⁻⁴	-23,56	-0,0029
	45	-66,77	0,449	0,00135	-36,77	-0,0288
	75	-71,95	0,408		-71,95	
31/12	15	-146,48	0,366	2,534.10 ⁻⁵	-86,48	0,0010
	45	-65,83	0,450	0,00182	-35,83	-0,0407
	75	-67,91	0,410		-67,91	
1/1	15	-256,62	0,334	3,316.10 ⁻⁵	-196,62	0,0044
	45	-59,48	0,452	0,00288	-29,48	-0,0634
	75	-61,97	0,411		-61,97	

Tabela 8 - Valores de Potencial Matricial(PM) em (cm.H O),
 Umidade Volumétrica (θ) em (cm³ . cm⁻³ H O),
 Condutividade Hidráulica Média (Km) em (cm/h),
 Potencial Hidráulico (H) e o Fluxo de Água
 (q)(cm/dia) relativos ao Tratamento 1 relativos
 ao período de 27/12 a 25/1.

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
2/1	15	-381,72	0,313	2,835.10 ⁻⁵	-321,72	0,0066
	45	-60,62	0,452	0,00266	-30,62	-0,0589
	75	-62,98	0,411		-62,98	
3/1	15	-475,72	0,302	1,401.10	-415,72	0,0042
	45	-66,04	0,449	0,00164	-36,66	-0,0350
	75	-69,32	0,409		-69,32	
4/1	15	-603,24	0,292	5,86.10 ⁻⁸	-543,24	
	45	-71,95	0,447	0,00116	-41,95	-0,0263
	75	-73,85	0,407		-73,85	
5/1	15	-85,39	0,391	1,999.10 ⁻⁴	-15,39	-0,0030
	45	-74,23	0,446	0,00110	-44,23	-0,0262
	75	-74,57	0,407		-74,57	
6/1	15	-58,75	0,404	7,751.10 ⁻⁴	1,25	-0,0235
	45	-66,67	0,449	0,00166	-36,67	-0,0366
	75	-69,12	0,409		-69,12	
7/1	15	-38,31	0,412	0,00244	21,69	-0,0599
	45	-38,95	0,459	0,0177	-8,95	-0,415
	75	-39,69	0,418		-39,69	

Tabela 8 - cont.

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
8/1	15	-41,61	0,411	0,00204	18,39	-0,0494
	45	-41,90	0,458	0,0136	-11,90	-0,317
	75	-42,87	0,417		-42,87	
9/1	15	-46,65	0,409	0,00157	13,35	-0,0363
	45	-45,56	0,457	0,0106	-15,56	-0,251
	75	-45,91	0,416		-45,91	
10/1	15	-49,75	0,408	0,00137	10,25	-0,0289
	45	-46,20	0,457	0,0099	-16,20	-0,235
	75	-46,65	0,416		-46,65	
11/1	15	-49,91	0,408	0,00134	10,09	-0,0288
	45	-46,73	0,457	0,00977	-16,73	-0,233
	75	-46,86	0,416		-46,86	
12/1	15	-67,72	0,400	6,24.10 ⁻⁴	-7,72	-0,0052
	45	-48,27	0,456	0,00915	-18,27	-0,224
	75	-47,63	0,416		-47,63	
13/1	15	-146,90	0,365	1,46.10 ⁻⁴	-86,9	0,0080
	45	-48,56	0,456	0,00781	-18,56	-0,181
	75	-49,59	0,415		-49,59	
14/1	15	-266,31	0,332	7,53.10 ⁻⁵	-206,31	0,0110
	45	-53,13	0,454	0,00572	-23,13	-0,136
	75	-53,37	0,414		-53,37	

Tabela 8 - cont.

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
15/1	15	-378,86	0,313	6,21.10 ⁻⁵	-318,86	0,0146
	45	-54,59	0,454	0,00503	-24,59	-0,119
	75	-54,97	0,413		-54,97	
16/1	15	-493,17	0,301	3,12.10 ⁻⁵	-433,17	0,0101
	45	-59,87	0,452	0,00453	-29,87	-0,122
	75	-56,2	0,413		-56,2	
17/1	15	-54,81	0,406	9,50.10 ⁻⁴	5,19	-0,0281
	45	-61,82	0,451	0,00313	-31,82	-0,0773
	75	-60,89	0,411		-60,89	
18/1	15	-67,88	0,400	4,93.10 ⁻⁴	-7,88	-0,0113
	45	-66,64	0,449	0,00253	-36,64	-0,0670
	75	-63,55	0,411		-63,55	
19/1	15	-89,43	0,390	1,77.10 ⁻⁴	-29,43	-0,0005
	45	-63,60	0,450	0,00280	-33,60	-0,0708
	75	-62,29	0,411		-62,29	
20/1	15	-106,54	0,382	1,81.10 ⁻⁴	-46,54	-0,0001
	45	-61,16	0,451	0,00322	-31,16	-0,0790
	75	-60,51	0,411		-60,51	
21/1	15	-137,72	0,369	2,18.10 ⁻⁴	-77,72	0,0012
	45	-53,53	0,454	0,00238	-23,53	-0,0360
	75	-64,66	0,410		-64,66	

Tabela 8 - cont.

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
22/1	15	-159,5	0,361	1,34.10 ⁻⁴	-99,50	0,0028
	45	-53,05	0,454	0,00275	-23,05	-0,0448
	75	-62,75	0,411		-62,75	
23/1	15	-166,98	0,358	8,19.10 ⁻⁵	-106,98	0,0018
	45	-58,01	0,452	0,00316	-28,01	-0,0688
	75	-60,80	0,412		-60,80	
24/1	15	-174,62	0,356	4,69.10 ⁻⁵	-114,62	0,0013
	45	-62,47	0,451	0,00248	-32,47	-0,0566
	75	-63,89	0,410		-63,89	
25/1	15	-204,48	0,347	2,53.10 ⁻⁵	-144,48	0,0012
	45	-64,44	0,450	0,00232	-34,44	-0,0552
	75	-64,71	0,410		-64,71	

Tabela 9 - Valores de Potencial Matricial(PM) em (cm.H O),
 Umidade Volumétrica (O) em (cm³ . cm⁻³ H O),
 Condutividade Hidráulica Média (Km) em (cm/h),
 Potencial Hidráulico (H), e o Fluxo de Água
 (q)(cm/dia) relativos ao Tratamento 2, para o
 período de 27/12 a 25/1.

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
21/12	15	-100,24	0,385	4,39.10 ⁻⁴	-40,24	0,0102
	45	-41,16	0,459	0,0108	-11,24	-0,221
	75	-45,81	0,416		-45,81	
22/12	15	-141,93	0,367	2,02.10 ⁻⁴	-81,93	0,0106
	45	-45,98	0,457	0,0079	-15,98	-0,168
	75	-49,48	0,415		-49,48	
23/12	15	-204,9	0,347	1,25.10 ⁻⁴	-144,9	0,0126
	45	-49,24	0,456	0,0074	-19,24	-0,172
	75	-50,22	0,415		-50,22	
24/12	15	-227,87	0,341	1,09.10 ⁻⁴	-167,87	0,0129
	45	-50,26	0,456	0,00703	-20,26	-0,165
	75	-50,87	0,415		-50,87	
25/12	15	-245,04	0,337	1,22.10 ⁻⁴	-185,04	0,0163
	45	-49,37	0,456	0,00754	-19,37	-0,177
	75	-50,01	0,415		-50,01	
26/12	15	-290,58	0,327	1,44.10 ⁻⁴	-230,58	0,0245
	45	-48,09	0,456	0,00748	-18,09	-0,167
	75	-50,15	0,415		-50,15	

Tabela 9 - continuação

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
27/12	15	-367,11	0,315	1,32.10	-307,11	0,0305
	45	-48,75	0,456	0,00701	-18,75	-0,156
	75	-50,94	0,415		-50,94	
28/12	15	-415,68	0,308	6,73.10 ⁻⁵	-355,68	0,0179
	45	-53,97	0,454	0,00542	-23,97	-0,130
	75	-54,05	0,414		-54,05	
29/12	15	-551,35	0,296	3,64.10 ⁻⁵	-491,35	0,0135
	45	-58,69	0,452	0,00321	-28,69	-0,072
	75	-60,61	0,412		-60,61	
30/12	15	-69,51	0,399	4,81.10 ⁻⁴	-9,51	-0,0071
	45	-57,99	0,453	0,00273	-27,99	-0,055
	75	-62,74	0,411		-62,74	
31/12	15	-111,47	0,380	7,37.10 ⁻⁵	-51,47	0,0010
	45	-63,01	0,451	0,00248	-33,01	-0,058
	75	-63,88	0,411		-63,88	
1/1	15	-186,63	0,352	3,78.10 ⁻⁵	-126,63	0,0029
	45	-58,90	0,452	0,00359	-28,90	-0,085
	75	-59,14	0,412		-59,14	
2/1	15	-271,18	0,331	2,66.10 ⁻⁵	-211,18	0,0038
	45	-61,16	0,451	0,00349	-31,16	-0,088
	75	-59,46	0,412		-59,46	

Tabela 9 - continuação

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
3/1	15	-378,82	0,313	$1,34 \cdot 10^{-5}$	-318,82	0,0030
	45	-66,39	0,449	0,00277	-36,39	-0,075
	75	-62,39	0,411		-62,39	
4/1	15	-502,12	0,300	$8,52 \cdot 10^{-6}$	-442,12	0,0027
	45	-69,89	0,448	0,00288	-39,89	-0,087
	75	-61,87	0,411		-61,87	
5/1	15	-67,02	0,400	$5,09 \cdot 10^{-4}$	-7,02	-0,0136
	45	-70,37	0,447	0,00263	-40,37	-0,0786
	75	-63,03	0,411		-63,03	
6/1	15	-48,94	0,408	0,00128	11,06	-0,0375
	45	-55,35	0,4536	0,00448	-25,35	-0,104
	75	-56,41	0,413		-56,41	
7/1	15	-29,45	0,416	0,00323	30,55	-0,105
	45	-40,15	0,459	0,00862	-10,15	-0,148
	75	-48,75	0,415		-48,75	
8/1	15	-43,75	0,411	0,00210	16,25	-0,0401
	45	-37,56	0,460	0,0152	-7,56	-0,314
	75	-41,71	0,418		-41,71	
9/1	15	-49,21	0,408	0,00158	10,79	-0,0271
	45	-40,59	0,459	0,00981	-10,59	-0,185
	75	-47,07	0,416		-47,07	

Tabela 9 - continuação

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
10/1	15	-67,66	0,400	$6,50 \cdot 10^{-4}$	-7,66	-0,0048
	45	-47,02	0,457	0,00765	-17,02	-0,166
	75	-49,9	0,415		-49,90	
11/1	15	-72,14	0,398	$5,27 \cdot 10^{-4}$	-12,14	-0,0025
	45	-48,22	0,456	0,00815	-18,22	-0,190
	75	-49,8	0,415		-49,8	
12/1	15	-77,94	0,395	$4,19 \cdot 10^{-4}$	-17,94	-0,0024
	45	-48,67	0,456	0,00767	-18,67	-0,177
	75	-49,81	0,415		-49,81	
13/1	15	-114,37	0,379	$1,35 \cdot 10^{-4}$	-54,37	0,0035
	45	-51,80	0,455	0,00738	-21,80	-0,187
	75	-50,22	0,415		-50,22	
14/1	15	-177,52	0,355	$1,24 \cdot 10^{-4}$	-117,52	0,0098
	45	-49,41	0,456	0,00682	-19,41	-0,154
	75	-51,27	0,414		-51,27	
15/1	15	-231,22	0,340	$6,08 \cdot 10^{-5}$	-171,22	0,0071
	45	-54,83	0,454	0,00648	-24,83	-0,171
	75	-51,79	0,414		-51,79	
16/1	15	-304,09	0,324	$4,79 \cdot 10^{-5}$	-244,09	0,0083
	45	-56,59	0,453	0,00515	-26,59	-0,132
	75	-54,63	0,413		-54,63	

Tabela 9 - continuação

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
17/1	15	-394,13	0,311	$3,94 \cdot 10^{-5}$	-334,13	0,0096
	45	-58,08	0,452	0,00282	-28,08	-0,058
	75	-62,28	0,411		-62,28	
18/1	15	-503,06	0,300	$1,85 \cdot 10^{-5}$	-443,06	0,0060
	45	-63,89	0,450	0,00225	-33,89	-0,052
	75	-65,13	0,410		-65,13	
19/1	15	-71,96	0,398	$4,02 \cdot 10^{-4}$	-11,96	-0,0079
	45	-66,52	0,449	0,00188	-36,52	-0,044
	75	-67,44	0,409		-67,44	
20/1	15	-77,98	0,395	$2,98 \cdot 10^{-4}$	-17,98	-0,0094
	45	-66,81	0,449	0,00216	-36,81	-0,054
	75	-65,66	0,410		-65,66	
21/1	15	-87,73	0,391	$2,52 \cdot 10^{-4}$	-27,73	0,0010
	45	-52,75	0,455	0,00318	-22,75	-0,056
	75	-60,86	0,412		-60,86	
22/1	15	-118,38	0,377	$8,61 \cdot 10^{-5}$	-58,38	0,0021
	45	-56,57	0,453	0,00309	-26,57	-0,063
	75	-61,13	0,411		-61,13	
23/1	15	-128,60	0,373	$6,26 \cdot 10^{-5}$	-68,6	0,0020
	45	-58,19	0,452	0,00269	-28,19	-0,055
	75	-62,86	0,411		-62,86	

Tabela 9 - continuação

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
24/1	15	-147,58	0,366	$2,64 \cdot 10^{-5}$	-87,58	0,0011
	45	-65,03	0,450	0,00195	-35,03	-0,044
	75	-67,03	0,410		-67,03	
25/1	15	-177,94	0,355	$1,53 \cdot 10^{-5}$	-117,94	0,0009
	45	-67,17	0,449	0,00174	-37,17	-0,0397
	75	-68,53	0,409		-68,53	

Tabela 10 -Valores de Potencial Matricial(PM) em (cm.H O),
 Umidade Volumétrica (θ) em (cm . cm H O),
 Condutividade Hidráulica Média (Km) em (cm/h),
 Potencial Hidráulico (H), e o Fluxo de Água
 (q)(cm/dia) relativos ao Tratamento 3, para o
 período de 27/12 a 25/1.

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
21/12	15	-120,4	0,376	4,41.10 ⁻⁴	-60,4	0,0178
	45	-39,90	0,459	0,01660	-9,90	-0,391
	75	-40,47	0,418		-40,47	
22/12	15	-177,72	0,355	2,14.10 ⁻⁴	-117,72	0,0176
	45	-45,12	0,457	0,00999	-15,12	-0,228
	75	-46,62	0,416		-46,62	
23/12	15	-224,39	0,341	1,52.10 ⁻⁴	-164,39	0,0179
	45	-47,67	0,456	0,00912	-17,67	-0,219
	75	-47,68	0,416		-47,68	
24/12	15	-271,06	0,331	1,00.10 ⁻⁴	-211,06	0,0152
	45	-50,92	0,455	0,00669	-20,92	-0,158
	75	-51,46	0,414		-51,46	
25/12	15	-299,56	0,325	9,91.10 ⁻⁵	-239,56	0,0173
	45	-50,99	0,455	0,00636	-20,99	-0,147
	75	-52,09	0,414		-52,09	
26/12	15	-411,84	0,309	7,41.10 ⁻⁵	-351,84	0,0195
	45	-53,23	0,454	0,005746	-23,23	-0,137
	75	-53,32	0,414		-53,32	

Tabela 10 - cont.

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
27/12	15	-487,3	0,301	$5,22 \cdot 10^{-5}$	-427,3	0,0168
	45	-55,92	0,453	0,00551	-25,92	-0,142
	75	-53,79	0,413		-53,79	
28/12	15	-577,51	0,294	$4,37 \cdot 10^{-5}$	-517,51	0,0172
	45	-57,28	0,452	0,00479	-27,28	-0,122
	75	-55,52	0,413		-55,52	
29/12	15	-66,43	0,400	$5,38 \cdot 10^{-4}$	-6,43	-0,0113
	45	-62,89	0,450	0,00356	-32,89	-0,0958
	75	-59,22	0,412		-59,22	
30/12	15	-92,43	0,388	$1,56 \cdot 10^{-4}$	-32,43	-0,0001
	45	-63,32	0,450	0,00352	-33,32	-0,0959
	75	-59,33	0,412		-59,33	
31/12	15	-136,78	0,369	$3,11 \cdot 10^{-5}$	-76,78	0,0010
	45	-57,86	0,449	0,00348	-27,86	-0,101
	75	-59,46	0,412		-59,46	
1/1	15	-229,78	0,340	$3,19 \cdot 10^{-5}$	-169,78	0,0035
	45	-59,84	0,452	0,00272	-29,84	-0,0591
	75	-62,71	0,411		-62,71	
2/1	15	-381,4	0,313	$1,88 \cdot 10^{-5}$	-321,45	0,0043
	45	-63,77	0,450	0,00367	-33,77	-0,103
	75	-58,83	0,412		-58,83	

Tabela 10 - cont.

Data	Prof.	PM	θ	Km	H	q
3/1	15	-501,78	0,300	1,34.10 ⁻⁵	-441,78	0,00437
	45	-66,34	0,449	0,00238	-36,34	-0,0607
	75	-64,39	0,410		-64,39	
4/1	15	-84,68	0,392	2,10.10 ⁻⁴	-24,68	-0,00264
	45	-70,36	0,447	0,00196	-40,36	-0,0524
	75	-66,91	0,409		-66,91	
5/1	15	-146,29	0,366	4,21.10 ⁻⁵	-86,29	0,00190
	45	-59,89	0,452	0,00264	-29,89	-0,0564
	75	-63,13	0,410		-63,13	
6/1	15	-48,22	0,409	0,00197	11,78	-0,0272
	45	-35,42	0,461	0,00851	-5,42	-0,109
	75	-49,38	0,415		-49,38	
7/1	15	-58,45	0,404	0,00137	1,55	-0,00915
	45	-36,81	0,461	0,0127	-6,81	-0,232
	75	-44,02	0,417		-44,02	
8/1	15	-60,34	0,403	0,00105	-0,34	-0,00906
	45	-41,09	0,459	0,00971	-11,09	-0,186
	75	-47,17	0,416		-47,17	
9/1	15	-68,11	0,399	6,92.10 ⁻⁴	-8,11	-0,00374
	45	-44,87	0,457	0,00703	-14,87	-0,134
	75	-51,06	0,415		-51,06	

Tabela 10 - cont.

Data	Prof.	PM	Θ	Km	H	q
10/1	15	-87,98	0,391	$3,11 \cdot 10^{-4}$	-27,98	0,00242
	45	-48,27	0,456	0,00701	-18,27	-0,153
	75	-50,95	0,415		-50,95	
11/1	15	-131,66	0,369	$1,41 \cdot 10^{-4}$	-77,66	0,00662
	45	-49,16	0,456	0,00786	-19,16	-0,187
	75	-49,49	0,415		-49,49	
12/1	15	-171,9	0,357	$1,24 \cdot 10^{-4}$	-111,99	0,00923
	45	-49,47	0,456	0,00782	-19,47	-0,187
	75	-49,55	0,415		-49,55	
13/1	15	-234,9	0,339	$6,34 \cdot 10^{-5}$	-174,95	0,00764
	45	-54,49	0,454	0,00611	-24,49	-0,156
	75	-52,53	0,414		-52,53	
14/1	15	-317,02	0,322	$3,98 \cdot 10^{-5}$	-257,02	0,00731
	45	-58,01	0,453	0,00513	-28,01	-0,137
	75	-54,47	0,413		-54,47	
15/1	15	-404,46	0,310	$2,40 \cdot 10^{-5}$	-344,6	0,00602
	45	-61,88	0,451	0,00443	-31,88	-0,126
	75	-56,45	0,413		-56,45	
16/1	15	-519,04	0,298	$1,79 \cdot 10^{-5}$	-459,04	0,00608
	45	-64,15	0,450	0,00397	-34,15	-0,115
	75	-57,82	0,412		-57,82	