

ESTUDO DA INFILTRAÇÃO DA ÁGUA EM SULCOS DE IRRIGAÇÃO: VARIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS COM O CRESCIMENTO DE PLANTAS

ANTONIO FERNANDO LORDELO OLITTA

Engenheiro Agrônomo, Instrutor do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz»

Tese para obtenção do título de doutor em Agronomia, apresentada à Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz» da Universidade de São Paulo.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
1970

À MINHA ESPÓSA

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Justo Moretti Filho, orientador dêste trabalho e a quem devemos nossa iniciação científica.
- Ao Dr. Humberto de Campos, pela orientação na análise estatística.
- A D. Dina M. B. Moretti, pelo auxílio na confecção da bibliografia.
- Ao Eng. Agr. Vivaldo F. Cruz e Dr. Roberto S. de Moraes, pelo auxílio prestado nas programações para o computador eletrônico.
- Ao Dr. Antonio S. Oliveira, pela colaboração prestada.
- Ao Dr. José Y. Demattê, pelo auxílio na caracterização do solo.
- Ao Eng. Agr. José M. F. dos Santos, administrador da Fazenda Ipanema, M. A., pelo empréstimo de material.
- Ao Eng. Agr. Romeu A. de S. Kiihl, da secção de Leguminosas do I. A. C., pelo fornecimento de sementes.
- Aos Drs. Oswaldo Godoy e Francisco F. de Toledo, pelas sugestões apresentadas.
- Aos colegas e funcionários da Cadeira, de um modo particular, e a todos aqueles que de uma ou outra forma, contribuíram para a realização dêste trabalho.

C O N T E Ú D O

1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	2
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	7
3.1 - Materiais.....	7
3.1.1 - Solo.....	7
3.1.2 - Cultura.....	8
3.1.3 - Sistematização à irrigação.....	11
3.2 - Métodos.....	16
3.2.1 - Teste de infiltração.....	16
3.2.1.1 - Equação da infiltração.....	16
3.2.1.2 - Cálculos para obtenção da equação da infiltração.....	19
3.2.1.3 - Equação do avanço da água no sulco.....	24
3.2.2 - Amostragem das raízes.....	28
3.2.3 - Características estudadas.....	28
3.2.3.1 - Equação da infiltração.....	29
3.2.3.2 - Tempo de irrigação.....	29
3.2.3.3 - Equação do avanço.....	30
4 - RESULTADOS.....	31
4.1 - Equação da infiltração.....	31
4.1.1 - Estudo dos valores de K	36
4.1.2 - Estudo dos valores de n	41
4.2 - Tempo de irrigação.....	45
4.3 - Equação do avanço.....	49
4.3.1 - Estudo dos valores de a	53
4.3.2 - Estudo dos valores de b	56
4.4 - Raízes.....	59
4.5 - Pêso específico aparente.....	60
5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	62
5.1 - Equação da infiltração.....	62
5.1.1 - Estudo dos valores de K	62
5.1.2 - Estudo dos valores de n	63
5.2 - Tempo de irrigação(T).....	63
5.3 - Equação do avanço.....	64
5.3.1 - Estudo dos valores de a	64
5.3.2 - Estudo dos valores de b	65
5.4 - Raízes e pêso específico aparente.....	65

6 - CONCLUSÕES.....	66
7 - RESUMO.....	68
8 - SUMMARY.....	70
9 - BIBLIOGRAFIA CITADA.....	72

FIGURAS

Fig. 1 - Vista geral do experimento com crotalária em sulcos de 50 metros de comprimento.....	10
Fig. 2 - Vista geral do experimento com a soja.....	10
Fig. 3 - Sistema de fornecimento de água aos sulcos de irrigação.....	13
Fig. 4 - Experimento com crotalária em sulcos de 35 m de comprimento.....	13
Fig. 5 - Fornecimento de água aos sulcos de irrigação....	14
Fig. 6 - Detalhe de uma calha WSC utilizada no sulco de irrigação.....	14
Fig. 7 - Aspecto da medição da vazão de entrada nos sulcos com calhas WSC.....	15
Fig. 8 - Medição da vazão nos 50 metros de sulco com calhas WSC, sem interferência no caminhamento da água.....	15
Fig. 9 - Curva da infiltração da água no sulco de irrigação.....	23
Fig. 10- Curva do avanço da água no sulco de irrigação...	27

QUADROS

QUADRO 1 - Características físico-mecânicas da série Luiz de Queiroz.....	8
QUADRO 2 - Dados de campo provenientes do teste de infiltração realizado no sulco nº1, do ensaio com crotalária.....	19
QUADRO 3 - Determinação da intensidade de infiltração no sulco.....	20
QUADRO 4 - Valores de T e de I, com os respectivos logarítmos.....	21
QUADRO 5 - Dados do avanço da água no sulco.....	26
QUADRO 6 - Equações da infiltração no ensaio crotalária - 35 m.....	32

QUADRO 7	- Equações da infiltração no ensaio crotalária-50 m.....	33
QUADRO 8	- Equações da infiltração no ensaio soja-50 m..	34
QUADRO 9	- Equações da infiltração no ensaio soja-100 m.	35
QUADRO 10	- Valores de \underline{K} no ensaio crotalária - 35 m.....	36
QUADRO 11	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \underline{K} no ensaio crotalária - 35 m.	36
QUADRO 12	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \underline{K} , no ensaio crotalária - 35 m.	37
QUADRO 13	- Valores de \underline{K} no ensaio crotalária - 50 m.....	38
QUADRO 14	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \underline{K} no ensaio crotalária - 50 m.	38
QUADRO 15	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores de \underline{K} no ensaio crotalária - 50 m.....	38
QUADRO 16	- Valores de \underline{K} no ensaio soja - 50 m.....	39
QUADRO 17	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \underline{K} no ensaio soja - 50 m.....	39
QUADRO 18	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \underline{K} no ensaio soja - 50 m.....	39
QUADRO 19	- Valores de \underline{K} no ensaio soja - 100 m.....	40
QUADRO 20	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \underline{K} no ensaio soja - 100 m.....	40
QUADRO 21	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \underline{K} no ensaio soja - 100 m.....	40
QUADRO 22	- Valores de \underline{n} no ensaio crotalária - 35 m.....	41
QUADRO 23	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \underline{n} no ensaio crotalária - 35 m.	41
QUADRO 24	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores de \underline{n} no ensaio crotalária - 35 m.....	41
QUADRO 25	- Valores de \underline{n} no ensaio crotalária - 50 m.....	42
QUADRO 26	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \underline{n} no ensaio crotalária - 50 m.	42
QUADRO 27	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \underline{n} no ensaio crotalária - 50 m.	42
QUADRO 28	- Valores de \underline{n} no ensaio soja - 50 m.....	43
QUADRO 29	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \underline{n} no ensaio soja - 50 m.....	43
QUADRO 30	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \underline{n} no ensaio soja - 50 m.....	43
QUADRO 31	- Valores de \underline{n} no ensaio soja - 100 m.....	44
QUADRO 32	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \underline{n} no ensaio soja - 100 m.....	44
QUADRO 33	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \underline{n} no ensaio soja - 100 m.....	44
QUADRO 34	- Valores de \underline{T} no ensaio crotalária - 35 m.....	45

QUADRO 35	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{T} no ensáio crotalária - 35 m.	45
QUADRO 36	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \bar{T} no ensáio crotalária - 35 m.	45
QUADRO 37	- Valores de \bar{T} no ensáio crotalária - 50 m.	46
QUADRO 38	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{T} no ensáio crotalária - 50 m.	46
QUADRO 39	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \bar{T} no ensáio crotalária - 50 m.	46
QUADRO 40	- Valores de \bar{T} no ensáio soja - 50 m.	47
QUADRO 41	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{T} no ensáio soja - 50 m.	47
QUADRO 42	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \bar{T} no ensáio soja - 50 m.	47
QUADRO 43	- Valores de \bar{T} no ensáio soja - 100 m.	48
QUADRO 44	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{T} no ensáio soja - 100 m.	48
QUADRO 45	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \bar{T} no ensáio soja - 100 m.	48
QUADRO 46	- Equações do avanço no ensáio crotalária - 50m	50
QUADRO 47	- Equações do avanço no ensáio soja - 50 m.	51
QUADRO 48	- Equações do avanço no ensáio soja - 100 m.	52
QUADRO 49	- Valores de \bar{a} no ensáio crotalária - 50 m.	53
QUADRO 50	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{a} no ensáio crotalária - 50 m.	53
QUADRO 51	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \bar{a} no ensáio crotalária - 50 m.	53
QUADRO 52	- Valores de \bar{a} no ensáio soja - 50 m.	54
QUADRO 53	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{a} no ensáio soja - 50 m.	54
QUADRO 54	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \bar{a} no ensáio soja - 50 m.	54
QUADRO 55	- Valores de \bar{a} no ensáio soja - 100 m.	55
QUADRO 56	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{a} no ensáio soja - 100 m.	55
QUADRO 57	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \bar{a} no ensáio soja - 100 m.	55
QUADRO 58	- Valores de \bar{b} no ensáio crotalária - 50 m.	56
QUADRO 59	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{b} no ensáio crotalária - 50 m.	56
QUADRO 60	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \bar{b} no ensáio crotalária - 50 m.	56
QUADRO 61	- Valores de \bar{b} no ensáio soja - 50 m.	57
QUADRO 62	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{b} no ensáio soja - 50 m.	57

QUADRO 63	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores de \bar{b} no ensaio soja - 50 m.....	57
QUADRO 64	- Valores de \bar{b} no ensaio soja - 100 m.....	58
QUADRO 65	- Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{b} no ensaio soja - 100 m.....	58
QUADRO 66	- Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \bar{b} no ensaio soja - 100 m.....	58
QUADRO 67	- Quantidade de raízes expressa em gr/dm^3 , no ensaio crotalária - 35 m.....	59
QUADRO 68	- Quantidade de raízes expressa em gr/dm^3 , no ensaio crotalária - 50 m.....	59
QUADRO 69	- Quantidade de raízes expressa em gr/dm^3 , no ensaio da soja.....	60
QUADRO 70	- Valores do peso específico aparente obtidos - no ensaio crotalária - 50 m.....	60
QUADRO 71	- Valores do peso específico aparente obtidos - no ensaio da soja.....	61

1 - INTRODUÇÃO

O projeto de um sistema de irrigação por sulcos de infiltração envolve uma série de variáveis fundamentais, evidenciadas essencialmente através do teste de infiltração (CRIDDLE, DAVIS, PAIR e SHOCKLEY - 1956): espaçamento, vazão, comprimento dos sulcos e tempo de irrigação. O teste, normalmente realizado antes da instalação da cultura, fornece indicações locais básicas, sendo mais interessantes aquelas que se referem à intensidade de infiltração e do avanço da água no sulco de irrigação.

Além de servir de base ao projeto de irrigação, a intensidade de infiltração é útil no estudo das características físicas do solo, sob condições de campo.

O propósito deste trabalho é uma avaliação do sistema de irrigação projetado, após a instalação da cultura, através do estudo das equações da infiltração e do avanço, obtidas da realização de sucessivos testes de infiltração, durante o período de crescimento da cultura. As culturas aqui selecionadas, Crotalaria juncea L. e Glycine max (L.) Merrill var. Santa Maria-1, serviram de suporte ao esquema da pesquisa, como produtoras de sistema radicular capaz de afetar a intensidade de infiltração da água no solo.

Pretende-se num futuro próximo, ir além dos estudos aqui desenvolvidos, analisando outras interferências na irrigação por sulcos, de modo a não se pretender, no presente início de pesquisa, conclusões de extensão ou extrapolações.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

Muitos foram os trabalhos realizados por pesquisadores para mostrar, através de determinações da intensidade de infiltração, a influência das culturas, na velocidade com que a água se movimenta através do perfil do solo.

DULEY e RUSSEL (1939) estudando a intensidade de infiltração sob a influência do fator vegetativo, encontraram que para os restos residuais das culturas na superfície do solo, a intensidade de infiltração foi grandemente aumentada.

PILLSBURY e HUBERTY (1941) pesquisando o efeito da matéria orgânica fornecida por uma cultura de cevada como cobertura, na intensidade de infiltração do solo, concluíram que o aumento nesta, parece resultar principalmente da influência da matéria orgânica presente na camada superficial do solo.

LI, ANTHONY e MERKLE (1942), trabalhando num solo de pomar sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal, observaram que algumas coberturas de solo produzem mudanças no seu teor em matéria orgânica e nas suas propriedades físicas, o que por sua vez, altera a intensidade de infiltração do solo.

PARKER e JENNY (1945) também observando pomares de citrus irrigados por sulcos de infiltração, concluíram que a intensidade de infiltração aumenta grandemente com a adição de matéria orgânica na forma de estêrco. Verificaram ainda, que em áreas completamente sem cultivo e plantadas com -

culturas anuais (Brassica nigra), houve um marcado incremento na infiltração. Em suas considerações, comentaram que a influência benéfica à penetração da água, pode ser atribuída ao sistema radicular da cultura de cobertura, pois que, a decomposição das raízes providenciaria no solo uma quantidade enorme de canalículos que facilitaríam a penetração da água.

MAZURAK, COSPER e RHOADES (1955) analisaram o comportamento da intensidade de infiltração da água em um solo Chestnut irrigado, que se manteve sob práticas culturais por 39 anos. A taxa de infiltração, medida com o clássico infiltrômetro cilíndrico de dois anéis concêntricos, tornou-se constante após duas horas de irrigação e foi influenciada pela aplicação de estêrco e tipo da cultura. A máxima intensidade de infiltração foi obtida na parcela cultivada continuamente com alfafa, e a mínima, na parcela também sempre mantida com milho, porém sem aplicação de estêrco. Determinaram uma equação linear, relacionando intensidade de infiltração com o pêso específico aparente do solo.

GARD, KLINGEBIEL e VAN DOREN (1956) realizaram um estudo das perdas de água e de solo em parcelas com culturas de milho e trigo, durante um período de 14 anos, sendo que nos primeiros sete anos, os resíduos das culturas foram totalmente removidos, e nos restantes, se incorporaram ao solo. Os dados obtidos indicaram que a perda de água por escoamento superficial, foi quase o dôbro no período em que a cultura foi removida, quando comparada com a do período em que a cultura foi incorporada ao solo. Isto indicaria um aumento na capacidade de infiltração da água no solo, quando a cultura foi incorporada, diminuindo portanto as perdas de água.

WILLIAN, DONEEN e RIRIE (1957) através de medições da intensidade de infiltração nos sulcos de irrigação, em uma cultura de beterraba açucareira, estudaram a influência de adubos verdes sôbre as condições físicas do solo. Observaram um acrêscimo na capacidade de infiltração do solo, durante o desenvolvimento da cultura, nas parcelas que anteriormente receberam tratamento com adubo verde.

MAZURAK e CONARD (1959) realizaram determinações com o infiltrômetro cilíndrico de dois anéis, em parcelas cultivadas por 7 anos com gramíneas perenes, e outras cul

tivadas com trigo e aveia em rotação. A intensidade de infiltração medida após duas ou mais horas de irrigação, foi mais alta nas parcelas cultivadas com gramíneas perenes.

MAZURAK, KRIG e RAMIG (1960) através do filtrômetro, estudaram a intensidade de infiltração num solo Chernozem irrigado por 6 horas consecutivas em cada determinação. Concluíram que nas parcelas mantidas durante 4 anos com gramíneas em rotação, aumentou substancialmente a intensidade de infiltração do solo, quando comparada com o valor obtido em parcelas nas quais se mantiveram uma seqüência de culturas de trigo e milho. Discutindo seu trabalho, acentuaram que as raízes das gramíneas podem facilitar a entrada da água no solo, através da estabilização do tamanho dos poros e que o aumento na intensidade de infiltração está relacionado com o crescimento das raízes no solo.

WILLIAN e DONEEN (1960) determinaram a intensidade de infiltração do solo em sulcos de irrigação, para avaliar a influência de leguminosas e gramíneas usadas como adubo verde, na estrutura do solo. Os resultados mostraram que as gramíneas, Sesbania exaltata e Sorghum sudanense, ocasionaram uma favorável estrutura ao solo, evidenciada pelo acréscimo na taxa de infiltração, ao passo que a leguminosa Hordem vulgare L. usada como adubo verde, não influenciou significativamente a infiltração.

DORTINAC e LOVE (1960) trabalhando nas florestas de pinus no Colorado, EE.UU., encontraram uma variação na intensidade de infiltração da água no solo com o tipo de cobertura vegetal, atribuindo como responsável em grande parte, a quantidade de matéria orgânica presente no solo. Observaram também, um acréscimo de 3,33 cm/hora na taxa de infiltração dos solos cobertos somente com gramíneas, e de 2,56 cm/hora nos solos cobertos com pinus e gramíneas, após 14 anos de estudos.

MAZURAK e RAMIG (1963) constataram um aumento crescente na intensidade de infiltração da água, em função da maior permanência da cultura sobre o solo. O experimento foi desenvolvido num solo Chernozem com trigo (Agropyron intermedium e Bromus inermis em rotação), por períodos de dura-

ção de 2, 4, 6, 8 e 20 anos. Verificaram, também, que as gramineas melhoraram a intensidade de infiltração dos solos, -- quando comparadas com outras culturas.

FERNANDEZ e WILKINSON (1965) realizaram um estudo do efeito de duas culturas, uma de milho em rotação -- com pequenos grãos e outra de trigo, por um período de 7 anos num solo Chestnut, através de medições da intensidade de infiltração com infiltrômetro de aspersão tipo Pardue. Observaram um acréscimo da intensidade de infiltração nas parcelas -- com trigo em relação ao milho em rotação, da ordem de 2,54 -- cm/hora e 1,02 cm/hora, respectivamente.

COLLINS e CAMPBELL (1967) trabalhando com cana de açúcar plantada nos sulcos de irrigação, avaliaram alguns fatores que afetam a infiltração da água no sulco, com especial referência ao desenvolvimento da cultura. Computaram para cada sulco uma equação de infiltração, relacionando a infiltração acumulada com o tempo, para as condições existentes em cada irrigação. Ressaltaram que restos de fôlhas e refugos de colmos que permaneciam no local obliteraram a secção -- transversal do sulco, e êste fato, com o desenvolvimento da cultura, contribui para retardar o fluxo de água, mesmo porque, de certa forma, ocorreu um acréscimo no perímetro molhado do canal e, em consequência, um aumento na infiltração da água no solo.

Tal equacionamento providenciou os dados para o desenvolvimento de um modelo de regressão, envolvendo os efeitos da idade da cana de açúcar (A), a vazão de entrada -- (Q), a declividade média do sulco (S) e o tempo (T) da infiltração acumulada (F).

$$F = \int (A , Q , S , T)$$

Observaram ainda que o efeito da idade da -- cultura é linear, ou seja, que a infiltração aumenta proporcionalmente com a idade da cultura.

CARREKER, BERTRAND e ELKINS (1968) verificaram um acréscimo na intensidade de infiltração, medida com o infiltrômetro de aspersão, com o aumento de restos de cultura incorporados ao solo, na modalidade experimental com milho em

rotação com outras plantas.

E quanto ao aspecto hidráulico da irrigação por sulcos de infiltração, tem-se a informação de LITTLE (-- 1960) salientando a necessidade de uma avaliação do sistema de irrigação projetado, após a instalação da cultura, pois preconizou uma variação na rugosidade, durante a fase de crescimento da planta, o que vem de modificar a equação inicial do avanço da água. Recentemente, outros autores, BISHOP, JENSEN e HALL (1967) acentuaram que as características hidráulicas do sulco de irrigação, além de serem extremamente variáveis, modificam-se com o tempo, com o umedecimento do solo durante as irrigações e com o crescimento das plantas entre as irrigações, evidenciando ainda, que a relação infiltração-tempo não é constante para as sucessivas irrigações.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - MATERIAIS

O experimento foi instalado no campo de pesquisas do Departamento de Engenharia Rural, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, e conduzido durante os anos de 1968 e 1969.

3.1.1 - Solo

Os dados levantados se referem a solo descrito, mapeado e classificado por RANZANI, FREIRE e KINJO (1966), como o da série Luiz de Queiroz, cujas principais características morfológicas são apresentadas a seguir :

- Ap 0-15 cm; pardo avermelhado escuro (5YR 3/3 sêco, 3/4 úmido) argila; granular e blocos sub angular, pequena, moderada; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; agregados pequenos, moderado, comum; raízes poucas; transição suave, abrupta.
- B_{21t} 15-45 cm; pardo avermelhado (2,5YR 4/4 sêco) pardo avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido); argila; blocos sub angular, média, forte; ligeiramente duro, firme, muito plástico e muito pegajoso; cerosidade revestindo as faces horizontais e verticais do agregado, aproximadamente 40%; fragmentos de rocha amarelo pardacento (10YR 6/8), pouco; fragmentos de quartzo, forma irregular, tamanho variável, nor-

malmente inferior a 1 cm, pouco; concreções pretas, muito pequenas, comum; - transição suave, clara.

B_{22t} 45-150+cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6 seco 3/6 úmido); argila; blocos sub angular, pequena, moderada; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; fragmentos de rocha amarelo pardacento (10YR 6/8), - pouco; fragmentos de quartzo, forma irregular, tamanho variável com o diâmetro máximo de 2 cm, comum; concreções, pouco; cerosidade revestindo aproximadamente 10% das faces do agregado.

As principais características físico-mecânicas deste solo estão indicadas no QUADRO 1 .

QUADRO 1 - Características físico-mecânicas da série Luiz de Queiroz.

Horizonte	Prof. (cm)	Análise mecânica, %			Constantes físicas, %	
		areia	limo	argila	Capac. Campo	P.M.P.
Ap	0-15	40,9	15,9	43,2	21,6	13,3
B _{21t}	15-45	26,4	9,5	64,1	26,5	17,4
B _{22t}	45-150+	22,3	4,9	72,8	28,8	19,9

Nos ensaios de 1969 acompanhou-se a variação do peso específico aparente do solo com o desenvolvimento da cultura, através de amostragens realizadas 2 ou 3 dias após a execução de cada teste de infiltração. Para a determinação - destes dados utilizou-se de um amostrador de UHLAND (1949) , - obtendo-se amostras em cilindros de alumínio de 7,62cmX7,62cm (3" X 3"), nas profundidades de 15 cm e 30 cm.

3.1.2 - Cultura

Como suporte experimental instalaram-se duas culturas em terreno previamente nivelado, arado e gradeado. A

primeira delas, Crotalaria juncea L., foi plantada inicialmente em novembro de 1968, em sulcos de 35 metros de comprimento e 70 cm de espaçamento, distribuída em duas fileiras de plantas por sulco, distantes de 5 cm entre si (Fig.4). Neste experimento, dos 13 sulcos existentes, somente 4 sulcos foram utilizados para o teste de infiltração, empregando-se uma vazão média de 0,350 litros/segundo em cada sulco.

Foi instalado em setembro de 1969, em outro local do campo de pesquisa, novo ensaio de crotalária agora - em sulcos de 50 metros de comprimento, espaçados de 75 cm e 5 cm entre plantas na linha. No ensaio foram utilizados 6 sulcos para a realização dos testes de infiltração, com uma vazão de entrada média de 0,457 litros/segundo, em cada sulco (Fig.1).

Em setembro de 1969, instalou-se também um experimento com a segunda cultura, soja - Glycine max (L.) - Merrill var. Santa Maria - 1, em local próximo dos anteriores. Este ensaio constituiu-se de 5 sulcos de 100 metros de comprimento e 75 cm de espaçamento, utilizando-se de uma linha de plantas equidistantes de 5 cm, para cada sulco (Fig.2). A vazão inicial constituiu-se neste caso de 0,633 litros/segundo - em cada sulco.

Em todos os ensaios manteve-se o cultivo sob tratamentos manuais, a fim de garantir a permanência dos sulcos sem qualquer vegetação.



Fig. 1 - Vista geral do experimento com crotalária em sulcos de 50 metros de comprimento.



Fig. 2 - Vista geral do experimento com a soja.

3.1.3 - Sistematização à irrigação

A irrigação mantida em todos os ensaios, se conduziu por sulcos de infiltração de secção trapezoidal, com dimensões nominais de 15 cm de largura na base menor e 20 cm de profundidade, e 1% de declividade média. Este fato não exigiu movimento de terra, porquanto a declividade natural do terreno ajustou-se compativelmente com a da direção dos sulcos .

No ensaio com crotalária, instalado em 1968, utilizou-se de um canal condutor de água, construído de chapas galvanizadas, disposto escalonadamente sobre o terreno; a distribuição da água nos sulcos se fez através de sifões plásticos de 19,05 mm (3/4") de diâmetro, conforme poderá ser observado à Fig. 3. O controle das vazões de entrada e saída dos sulcos, durante a realização dos testes de infiltração neste ensaio, se fez com cronômetro e recipientes de 3 e 5 litros, empregando-se o primeiro para as pequenas vazões observadas no início da irrigação, sendo posteriormente utilizado o segundo recipiente (Fig. 4).

Nos ensaios de crotalária e soja instalados em 1969, para a admissão de água nos sulcos, utilizou-se de tubos " Gated-pipes " de alumínio, com 6 metros de comprimento e 17,78 cm (7") de diâmetro, munido de comportas reguláveis para a saída da água, espaçadas de 75 cm. Para manter a mesma carga hidráulica em todas as irrigações, foi empregado um tambor de 200 litros de capacidade, funcionando como reservatório de nível constante (Fig. 5).

Nestes experimentos, as medições de entrada e de saída dos sulcos se realizaram com o auxílio de calhas tipo WSC (Washington State College), construídas em chapas galvanizadas conforme as dimensões estabelecidas por CHAMBERLAIN (1952) indicada para vazões desde 0,063 à 1,640 litros / segundo.

Respeitou-se na sua construção e instalação, as recomendações de origem, tendo-se previamente calibrado as calhas em litros/segundo para as possíveis cargas expressas em milímetros de altura de água (Fig. 6 e 7) .

Como as calhas WSC utilizadas na medição da vazão, não interferem no caminhamento da água no sulco, elas foram também instaladas nos 50 metros de comprimento, proporcionando o desdobramento do experimento com a soja em dois, - segundo testes realizados para 50 e 100 metros de sulco (-- Fig. 8) .

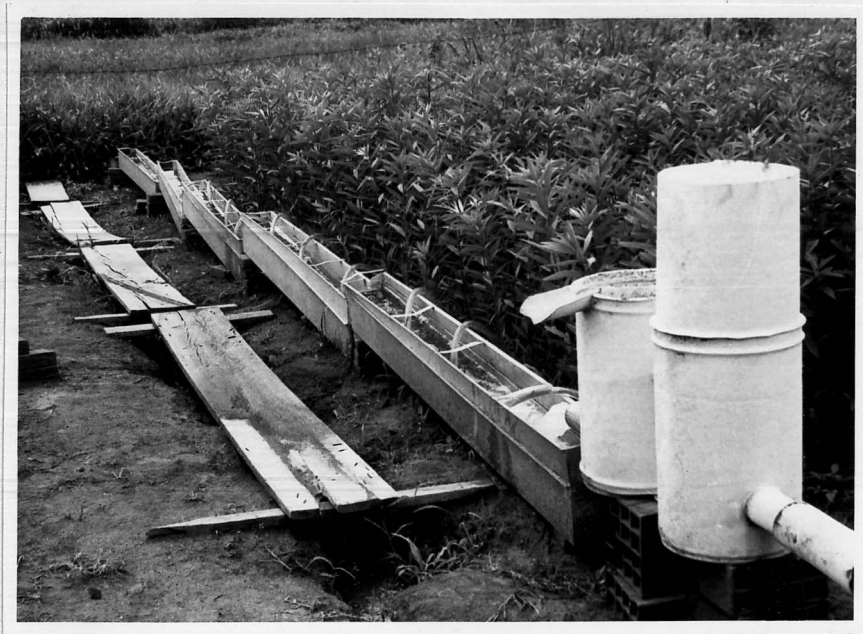


Fig. 3 - Sistema de fornecimento da água aos sulcos de irrigação .



Fig. 4 - Experimento com crotalaria em sulcos de 35 metros de comprimento. Em primeiro plano, o sistema utilizado na medição da vazão de saída do sulco .

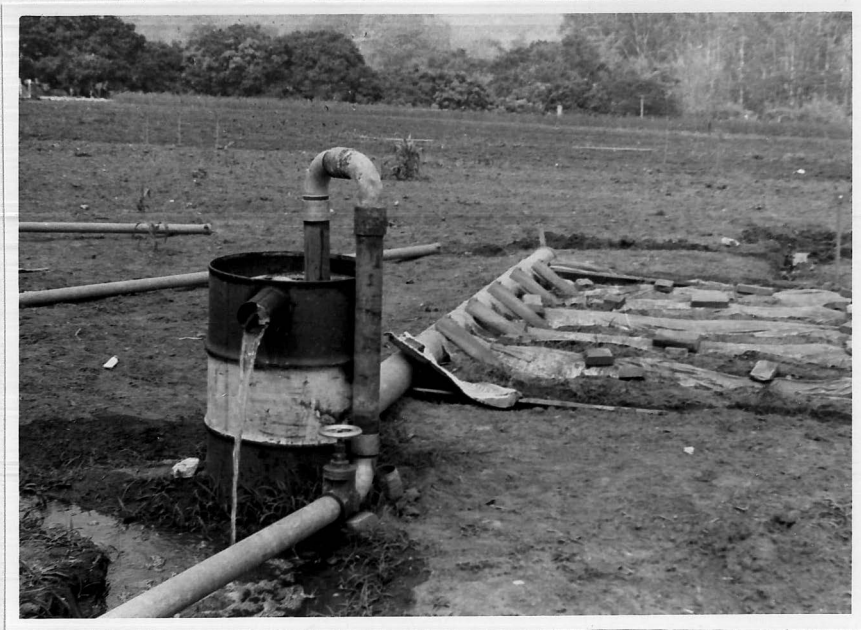


Fig. 5 - Fornecimento de água aos sulcos de irrigação. Conjunto reservatório e "gated-pipes" .

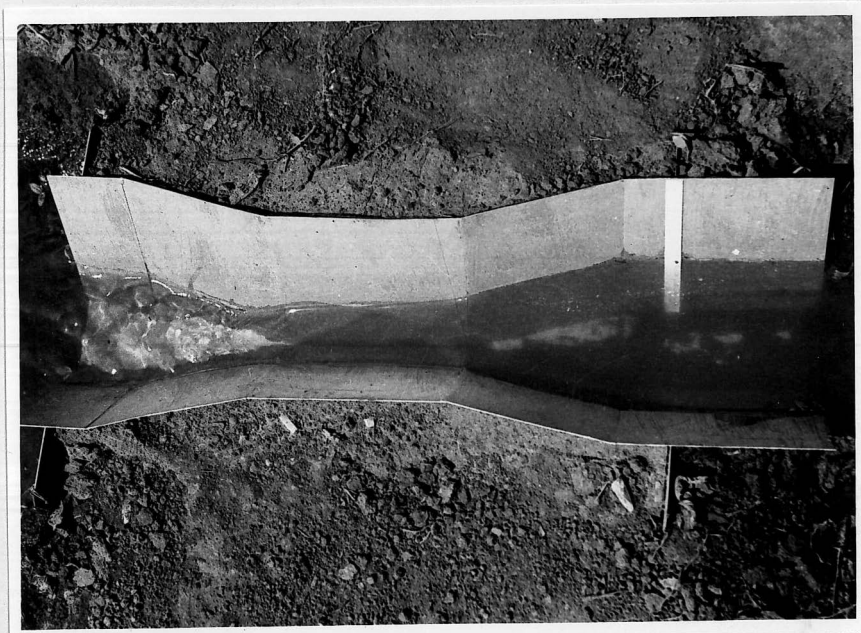


Fig. 6 - Detalhe de uma calha WSC utilizada no sulco de irrigação. O sentido da corrente é da direita para a esquerda .



Fig. 7 - Aspecto da medição da vazão de entrada nos sulcos com calhas WSC. O caminhamento da água do "gated-pipes" até as calhas está protegido com plástico para evitar perdas .



Fig. 8 - Medição da vazão nos 50 metros de sulco com calhas WSC, sem interferência no caminhamento da água .

3.2 - MÉTODOS

3.2.1 - Teste de infiltração

Os testes de infiltração foram realizados - aproximadamente uma vez por mês, entrando-se neste intervalo com irrigações normais à cultura, segundo as necessidades.

O controle do teor de umidade do solo foi auxiliado por tensiômetros como indicadores das proximidades do momento das irrigações; determinações posteriores através do método gravimétrico padrão, estabeleceram o momento exato das irrigações, que se baseiam no critério de 50% do intervalo de água disponível, para todos os ensaios realizados.

Na execução dos testes de infiltração, prolongou-se a irrigação até ser atingido um valor aproximadamente constante para a infiltração.

3.2.1.1 - Equação da infiltração

Os pesquisadores que se dedicam ao estudo da infiltração da água no solo, preocupados com a necessidade de determinar corretamente tal característica em sulcos de irrigação, têm desenvolvido métodos sugerindo meios para a sua obtenção. Vários métodos se baseiam em expressões matemáticas para descrever as características hidráulicas do fluxo de água.

A intensidade de infiltração, relação entre a lâmina d'água que se infiltra no solo e o tempo que leva para fazê-lo, geralmente expressa em cm/hora, é um valor que depende de vários fatores, principalmente o tempo.

Uma equação razoável, inicialmente proposta por GARDNER e WIDSTOE (1921) pode ser escrita na forma :

$$I = A + B e^{-rt_i}$$

onde

I = intensidade de infiltração;

A = constante representando a intensidade de infiltração final;

B = constante que representa a diferença entre a intensidade de infiltração inicial e final;
r = constante empírica;
e = base do logaritmo natural;
 t_i = tempo de infiltração.

Devido a complexidade de ordem prática que encerra a determinação das constantes, a sua utilização se torna condicionada às possibilidades instrumentais de cada pesquisador.

Outra equação foi apresentada por HORTON (1940) sob a forma:

$$I = I_b + (I_0 - I_b) e^{-k t}$$

e que se indicam por:

I = infiltração instantânea no tempo t ;
 I_b = intensidade de infiltração básica;
 I_0 = intensidade de infiltração para o tempo t = 0;
k = constante de infiltração que depende das condições do solo;
e = base do logaritmo natural.

CRIDDLE, DAVIS, PAIR e SHOCKLEY (1956) observaram que a intensidade de infiltração podia ser expressa por uma simples equação empírica exponencial da forma:

$$I = K T^n$$

sendo

I = intensidade de infiltração do solo;
K = constante representando a taxa de infiltração no tempo T = 1 ;
T = tempo de infiltração ;
n = expoente que indica a inclinação da reta, sempre negativo, com valores de 0 a -1 .

Esta equação de infiltração tem sido largamente utilizada para expressar a intensidade de infiltração para curtos períodos de irrigação, geralmente menores do que

24 horas, conforme FOK e BISHOP (1965).

Quando as observações se referem a períodos longos de irrigação, obtem-se uma representação mais adequada dos dados, acrescentando-se um coeficiente C indicativo da intensidade de infiltração quando o tempo T tende para o infinito:

$$I = K T^n + C$$

SHULL (1964) desenvolveu um método (inflow-advance-storage) para determinar a infiltração em sulcos de irrigação, que se resume na seguinte equação:

$$I = C + A \sqrt{T} + B T$$

identificando-se por:

- I = infiltração em m³/m de comprimento do sulco;
- T = tempo total que o segmento do sulco foi irrigado;
- C, A e B = constantes empíricas.

Esta equação tem a vantagem de incluir dados médios da infiltração no comprimento inteiro do sulco, pois dá a infiltração total em termos de m³/m de comprimento do sulco em função do espaço de tempo em que ficou molhado cada metro, mas apresenta grande dificuldade nos cálculos e no instrumental de campo. A maior dificuldade reside na necessidade de determinação de três perfis: da secção transversal do sulco, da água superficial e da base do sulco.

Visto que são várias as equações disponíveis e não existindo um método padrão para a caracterização da infiltração da água em sulcos de irrigação, resolveu-se com base nas aplicações de BISHOP (1961), SMERDON (1963), FOK e BISHOP (1965), WILKE e SMERDON (1965), VELEZ (1966), NAVARRETE (1966), CHRISTIANSEN, BISHOP, KIEFER e FOK (1966), COLLINS e CAMPBELL (1967), WILLARDSON e BISHOP (1967) e HART, BASSET e STRELKOFF (1968), utilizar-se também da equação de CRIDLLE et al. (1956).

3.2.1.2 - Cálculos para a obtenção da equação da infiltração.

Inserir-se aqui como exemplo, a condução dos cálculos efetuados com os dados do ensaio com crotalária em 1969, durante a realização do teste nº 1, no sulco nº 1, em 24/9/1969. Idêntico desenvolvimento aplicou-se aos demais sulcos, de modo que, no QUADRO 2 têm-se os dados obtidos no campo, com a realização deste teste, somente para o sulco nº1.

QUADRO 2 - Dados de campo provenientes do teste de infiltração realizado no sulco nº 1, do ensaio com crotalária.

Medição do avanço da água		Medição da vazão no sulco (*)			
Estacas (de 5 em 5 metros)	Hora	Estaca 0		Estaca 10	
		Hora	carga na calha WSC (mm)	Hora	carga na calha WSC (mm)
0	8h 52m	9h 45m	57	9h 33m	31
1	8h 53m	10h 15m	57	9h 37m	33
2	8h 54m	10h 45m	57	9h 40m	34
3	8h 55m	11h 15m	57	9h 45m	36
4	8h 56m	12h 15m	57	9h 55m	39
5	9h 02m			10h 06m	40
6	9h 07m			10h 13m	41
7	9h 11m			10h 23m	42
8	9h 17m			10h 33m	42
9	9h 22m			10h 48m	43
10	9h 28m			11h 20m	44
				11h 42m	45
				12h 30m	45
				13h 30m	46

(*) As leituras da carga nas calhas WSC foram transformadas em litros/segundo através de tabela do SCS National Engeneer--

ring Handbook (1962) .

As transformações necessárias à obtenção dos valores de intensidade de infiltração em cm/hora para os respectivos intervalos de tempo, são apresentados no QUADRO 3.

QUADRO 3 - Determinação da intensidade de infiltração no sulco.

Hora	Intervalo de tempo (min.)			Vazão inicial (l/s) (*)	Vazão final (l/s) (*)	Infiltração em 50m de sulco (l/s)	Infiltração cm/hora
	Estaca 0	Estaca 10	Média				
8h52m	-	-	-	-	-	-	-
9h28m	36	0	-	-	-	-	-
9h33m	41	5	23	0,457	0,098	0,359	3,45
9h37m	45	9	27	-	0,113	0,344	3,31
9h40m	48	12	30	-	0,123	0,334	3,21
9h45m	53	17	35	-	0,145	0,312	3,00
9h55m	63	27	45	-	0,173	0,284	2,73
10h06m	74	38	56	-	0,181	0,276	2,63
10h13m	81	45	63	-	0,194	0,263	2,53
10h23m	91	55	73	-	0,206	0,251	2,41
10h33m	101	65	83	-	0,206	0,251	2,41
10h48m	116	80	98	-	0,218	0,239	2,30
11h20m	148	112	130	-	0,235	0,224	2,15
11h42m	170	134	152	-	0,248	0,209	2,01
12h30m	218	182	200	-	0,248	0,209	2,01
13h30m	278	242	260	-	0,263	0,194	1,87

Para a obtenção dos valores da infiltração - em cm/hora, observou-se nos cálculos que o espaçamento dos - sulcos foi de 75cm e o seu comprimento de 50 metros.

Para a aplicação do método dos quadrados mí-

nimos, os valores da intensidade de infiltração (I) e do intervalo de tempo (T), foram transformados em logarítmos, conforme pode ser observado no QUADRO 4 .

QUADRO 4 - Valores de T e de I , com os respectivos logarítmos

T (mm)	I (cm/hora)	log T	log I
23	3,45	1,361728	0,537819
27	3,31	1,431364	0,519828
30	3,21	1,477121	0,506505
35	3,00	1,544068	0,477121
45	2,73	1,653212	0,436163
56	2,65	1,748188	0,423246
63	2,53	1,799340	0,403120
73	2,41	1,863323	0,382017
83	2,41	1,919078	0,382017
98	2,30	1,991226	0,361728
130	2,15	2,113943	0,332438
152	2,01	2,181843	0,303196
200	2,01	2,301030	0,303196
260	1,87	2,414973	0,271842

sendo

$$\begin{aligned}
 N &= 14 \\
 \sum T &= 25,800437 \\
 \bar{T} &= 1,842888 \\
 (\sum T)^2 &= 665,662549 \\
 \sum T^2 &= 48,971876 \\
 \sum I &= 5,640236 \\
 \bar{I} &= 0,402874 \\
 \sum TI &= 10,031295
 \end{aligned}$$

Através do método dos quadrados mínimos -
 obteve-se os valores de \underline{n} e \underline{K} :

$$n = \frac{\sum T I - \frac{(\sum T)(\sum I)}{N}}{\sum T^2 - \frac{(\sum T)^2}{N}}$$

$$n = \frac{10,031295 - \frac{25,800437 \times 5,640236}{14}}{48,971876 - \frac{665,662549}{14}}$$

$$n = \frac{-0,363030}{1,424551} = -0,2548$$

$$\log K = \bar{I} - n \bar{T}$$

$$\log K = 0,402874 - (-0,2548) \times 1,842888 =$$

$$\log K = 0,872442$$

$$K = 7,4559$$

A equação se apresenta na forma $I = K T^n$, ou seja :

$$I = 7,4559 T^{-0,2548}$$

e está representada na Fig. 9 .

INFILTRAÇÃO em cm/hora

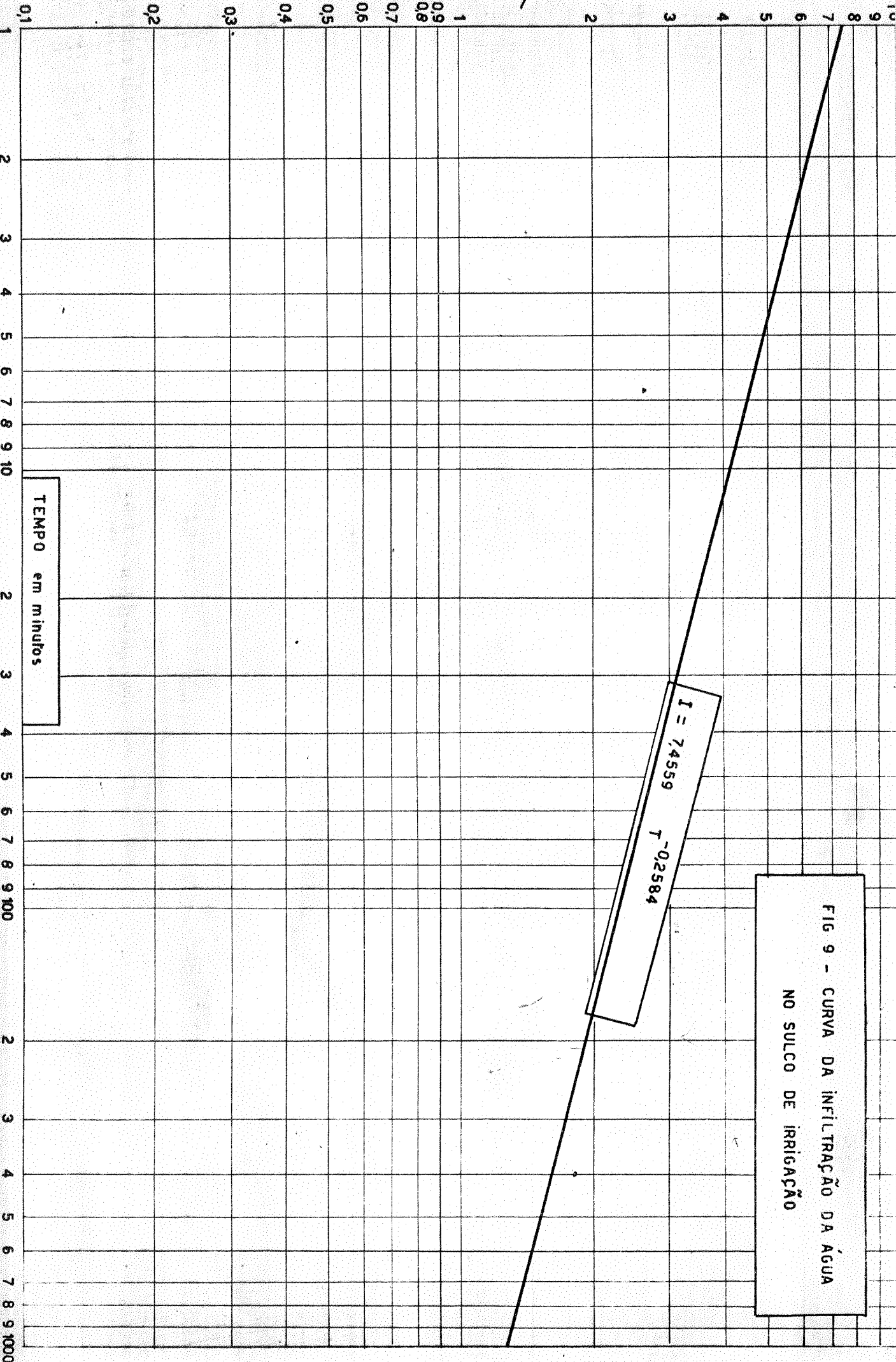


FIG 9 - CURVA DA INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SULCO DE IRRIGAÇÃO

Os cálculos correspondentes foram realizados no computador IBM - 1130 da Secção de Matemática e Estatística da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, sendo - que a programação correspondente foi feita na linguagem "Fortran - IV".

3.2.1.3 - Equação do avanço da água no sulco

DAVIS (1961) desenvolveu uma equação do avanço da lâmina d'água no sulco de irrigação, usando a mesma relação que HALL (1956), apresentando-se, para $i \geq 2$, sob a forma :

$$X_i = \frac{Q \Delta T - \frac{F K (\Delta T)^n}{2} [\Delta I_i \Delta X_1 + \Delta I_{i-1} \Delta X_2 + \dots + \Delta I_2 \Delta X_{i-1}]}{F K (\Delta T)^n k + C_1 D_0^2 + e}$$

onde :

X_i = distância do avanço ;

Q = vazão no sulco ;

F = fator modificando a função de infiltração, variável com o método de determinação ;

k = coeficiente da quantidade de água armazenada na superfície do sulco ;

D_0 = altura do nível da água no início do sulco ;

e = fator de correção para a altura da água no início do sulco .

Trata-se de uma equação bastante exata na previsão do avanço, porém seus coeficientes são de difícil de terminação na prática .

WILLARDSON e BISHOP (1967) selecionaram em seu trabalho, uma equação empírica representativa do avanço, na forma :

$$t_x = a (e^{c x} - 1)$$

sendo :

t_x = tempo em minutos, necessário para a água atingir uma distância x ao longo do sulco ;
 e = base do logaritmo natural ;
 a e c = constantes que condicionam a forma da curva .

A intensidade do avanço aí se representa por uma curva construída por pontos, em escala decimal. Outros pesquisadores preferem a representação em escala logarítmica, imprimindo o seguinte aspecto à equação do avanço :

$$L = a T^b$$

onde :

L = comprimento do sulco coberto pelo avanço da água em metros ;
 T = tempo em minutos ;
 a e b = constantes empíricas .

Os autores, em geral consideram correta esta representação do avanço da água no sulco. SHULL (1964) se utiliza da mesma equação em seu método "Inflow-Advance-Storage", para determinar a infiltração nos sulcos de irrigação. SMERDON e WILKE (1965) consideram-na representativa dos dados obtidos no campo e do mesmo modo, FOK e BISHOP (1965) e CHRISTIANSEN, BISHOP, KIEFER e FOK (1966) .

Justifica-se pelo exposto, o motivo de se utilizar nos cálculos deste trabalho, a equação de aceitação geral para representar o avanço da água no sulco de irrigação. O processo de determinação é idêntico ao da intensidade de infiltração.

Exemplificando com os dados apresentados no QUADRO 2 , relativos ao avanço da água no sulco, obteve-se os seguintes intervalos de tempo (QUADRO 5) :

QUADRO 5 - Dados do avanço da água no sulco .

Comprimento (m)	hora	Intervalo de tempo (min.)
0	8h 52m	-
5	8h 53m	1
10	8h 54m	2
15	8h 56m	4
20	8h 58m	6
25	9h 02m	10
30	9h 07m	15
35	9h 11m	19
40	9h 17m	25
45	9h 22m	30
50	9h 28m	36

A resolução pelos quadrados mínimos, definiu a seguinte equação :

$$L = 6,0138 T^{0,6018}$$

que está representada graficamente na Fig. 10 .

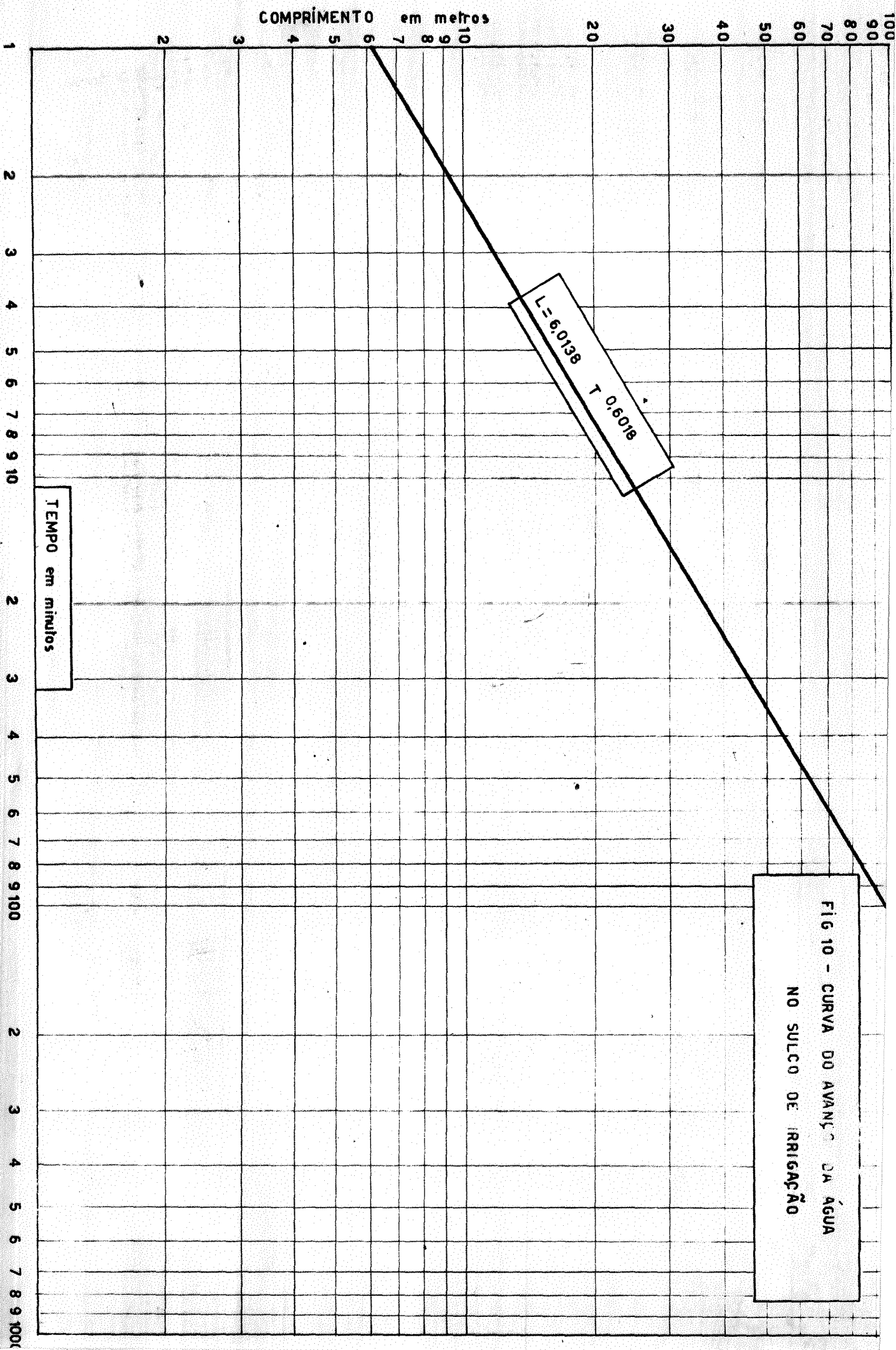


FIG 10 - CURVA DO AVANÇO DA ÁGUA
NO SULCO DE IRRIGAÇÃO

3.2.2 - Amostragem das raízes

SCARANARI e INFORZATO (1952) estudando a distribuição do sistema radicular de algumas leguminosas, observaram que 78% das raízes de Crotalária juncea L. se acumulam nos primeiros 30 cm de solo, alcançando entretanto a profundidade de até 4,60 metros. Verificaram também que 73% do total das raízes da soja (Glycine max L. var. oototan), se acumulam nos 30 cm superficiais de solo, mas que podiam alcançar profundidades de 2,80 metros. Estas observações referem-se às plantas no florêcimento.

Para acompanhar o desenvolvimento mensal do sistema radicular das culturas aqui estudadas, procedeu-se à amostragem com o auxílio de um tubo amostrador de Veihmeyer (1929), às profundidades de 15cm, 30cm, 50cm, 75cm e 100cm. As amostras foram retiradas na ocasião da realização dos testes de infiltração. Posteriormente, as raízes foram separadas e pesadas, obtendo-se resultados expressos em gramas de raízes por decímetro cúbico de solo .

3.2.3 - Características estudadas

Visando a apresentação dos resultados obtidos, qualificaram-se os ensaios aqui conduzidos respectivamente de : crotalária-35m , crotalária-50m , soja-50m e soja-100m, indicando-se deste modo a cultura estudada e também o comprimento em metros do sulco de irrigação, utilizado em cada ensaio .

Tratando-se dos testes de infiltração, por êles terem sido realizados periódicamente (aproximadamente uma vez por mês), durante a fase de crescimento das culturas, até ser atingido a época de florescimento, denominou-se de : teste 0 , aquêle realizado antes do plantio; teste 1 , o realizado após um mês de crescimento das plantas ; teste 2, o que compreende 2 meses de desenvolvimento da cultura; e assim por diante. No ensaio com crotalária-50m, devido a época do plantio, a cultura apresentou-se com o ciclo mais curto, alcançando em 4 meses o florescimento, enquanto que no ensaio - crotalária-35m, deu-se no 5º mês .

Os fatores que serviram de base à realiza -

ção deste estudo foram :

3.2.3.1 - Equação da infiltração

A equação da infiltração ($I=KT^n$) pode ser estudada através de suas constantes : K , infiltração inicial no tempo unitário e n , expoente representativo do coeficiente angular, indicando a inclinação da reta proveniente da equação, quando coordenados os pontos em papel di-logaritmo.

O coeficiente linear K representa a etapa inicial da infiltração, sendo um valor médio de todo o comprimento do sulco. Seu estudo possibilita uma avaliação das condições físicas do solo, nos diversos estágios de crescimento das culturas em que foram realizados os testes de infiltração. Por outro lado, n representando a sequência dos diferentes valores da infiltração que normalmente ocorrem no transcorrer de uma irrigação, tem grande importância no estudo das condições reais de campo.

3.2.3.2 - Tempo de irrigação

Ao considerarmos uma determinada quantidade de água à aplicarmos ao solo, temos a observar que, independente da forma de fornecimento da água, o solo apresenta como característica específica, uma capacidade de permitir que a água penetre através dele. Esta característica é representada pela intensidade de infiltração (I) e pode ser definida como a proporção da lâmina de água (H) que penetra por unidade de tempo (T), ou seja

$$I = \frac{d H}{d T}$$

integrando esta equação para obter-se o tempo total em minutos, necessário à aplicação de uma determinada altura de água, teremos :

$$T = \left[\frac{60 H (n + 1)}{K} \right]^{\frac{1}{n + 1}}$$

Para uniformizar os resultados , possibilitando a aplicação da análise estatística, a altura da lâmina d'água (H) para uma irrigação hipotética, foi fixada em 5 cm, sendo então todas as equações de infiltração aplicadas nesta fórmula .

O estudo do tempo de irrigação reúne as influências das constantes K e n , proporcionando um melhor entendimento das variações na hidráulica deste método de irrigação .

3.2.3.3 - Equação do avanço

Procedimento idêntico ao item 2.4.1 pode ser aplicado no estudo da equação do avanço, a qual se apresenta na forma $L = a T^b$. O valor da constante a indica a etapa inicial do avanço da água no sulco e o valor da constante b , sempre positiva , simboliza a inclinação que a reta -- proveniente da representação dos dados em escala di-logarítmica , assumirá .

O estudo desses fatores proporciona uma boa visão das modificações nas características hidráulicas do sulco , pois a equação do avanço, salientando principalmente o valor de b , está intimamente relacionada à vazão, declividade, e, considerando êsses fatores constantes, à rugosidade do sulco .

4 - RESULTADOS

4.1 - Equação da infiltração

Com os dados obtidos dos testes de infiltração efetuados em cada ensáio, e cálculos posteriores, resultaram as seguintes equações que se encontram nos QUADROS 6, 7, 8, e 9 .

QUADRO 6 - Equações da infiltração ($I = K T^n$) no ensaio crotalaria - 35 m.

Sulco \ Teste	1	2	3	4
0	$I = 6,1733 T^{-0,2466}$	$I = 5,6086 T^{-0,3001}$	$I = 8,6990 T^{-0,3120}$	$I = 6,4586 T^{-0,2905}$
1	$I = 9,3864 T^{-0,3617}$	$I = 6,4440 T^{-0,3451}$	$I = 9,9651 T^{-0,4105}$	$I = 6,9519 T^{-0,3148}$
2	$I = 8,8165 T^{-0,3803}$	$I = 12,8915 T^{-0,3717}$	$I = 13,5641 T^{-0,5657}$	$I = 12,8382 T^{-0,4039}$
3	$I = 9,9383 T^{-0,3844}$	$I = 9,4973 T^{-0,3343}$	$I = 13,9227 T^{-0,4436}$	$I = 11,8750 T^{-0,4048}$
4	$I = 8,5448 T^{-0,4580}$	$I = 7,4024 T^{-0,3782}$	$I = 12,2638 T^{-0,4362}$	$I = 13,9607 T^{-0,4352}$
5	$I = 8,0586 T^{-0,4504}$	$I = 7,7133 T^{-0,3993}$	$I = 13,0037 T^{-0,4224}$	$I = 15,3260 T^{-0,4509}$

QUADRO 7 - Equações da infiltração ($I = K T^n$) no ensaio orotalária - 50 m.

Sulco / Neste	1	2	3	4	5	6
0	$I = 7,1765 T^{-0,2761}$	$I = 6,8206 T^{-0,2379}$	$I = 5,5007 T^{-0,2302}$	$I = 5,1334 T^{-0,2932}$	$I = 7,1030 T^{-0,2918}$	$I = 6,3928 T^{-0,2725}$
1	$I = 7,4559 T^{-0,2548}$	$I = 7,2802 T^{-0,2116}$	$I = 8,5957 T^{-0,2622}$	$I = 6,9379 T^{-0,2904}$	$I = 6,3269 T^{-0,2218}$	$I = 6,5837 T^{-0,2619}$
2	$I = 9,6523 T^{-0,3065}$	$I = 7,0298 T^{-0,2171}$	$I = 9,1627 T^{-0,3287}$	$I = 8,5679 T^{-0,3578}$	$I = 9,7020 T^{-0,3965}$	$I = 8,4618 T^{-0,3579}$
3	$I = 8,2617 T^{-0,3885}$	$I = 5,3233 T^{-0,2615}$	$I = 4,9410 T^{-0,2878}$	$I = 6,6066 T^{-0,3945}$	$I = 7,2601 T^{-0,3300}$	$I = 7,1023 T^{-0,3902}$
4	$I = 7,7636 T^{-0,3361}$	$I = 6,1572 T^{-0,3405}$	$I = 8,2423 T^{-0,2879}$	$I = 8,4432 T^{-0,5302}$	$I = 9,1933 T^{-0,4355}$	$I = 10,1664 T^{-0,4456}$

QUADRO 8 - Equações da infiltração ($I = K T^n$) no ensaio soja - 50 m.

Sulco / Teste	1	2	3	4	5
0	$I = 5,3640 T^{-0,2807}$	$I = 5,9077 T^{-0,2603}$	$I = 3,8782 T^{-0,1949}$	$I = 3,4614 T^{-0,2000}$	$I = 3,4598 T^{-0,2646}$
1	$I = 5,3141 T^{-0,2041}$	$I = 5,3691 T^{-0,1856}$	$I = 5,5166 T^{-0,1742}$	$I = 6,4392 T^{-0,3106}$	$I = 6,4306 T^{-0,3298}$
2	$I = 6,6004 T^{-0,3106}$	$I = 5,6818 T^{-0,2366}$	$I = 6,5483 T^{-0,2669}$	$I = 5,4076 T^{-0,2892}$	$I = 6,5633 T^{-0,3324}$
3	$I = 5,7669 T^{-0,4454}$	$I = 6,1334 T^{-0,3269}$	$I = 5,7667 T^{-0,3082}$	$I = 8,3811 T^{-0,4467}$	$I = 7,0991 T^{-0,4125}$
4	$I = 4,9405 T^{-0,4076}$	$I = 6,0791 T^{-0,2596}$	$I = 5,9875 T^{-0,2622}$	$I = 6,6465 T^{-0,4455}$	$I = 5,8043 T^{-0,4095}$

QUADRO 2 - Equações da infiltração ($I = K r^n$) no ensaio soja - 100 m.

Sulco / Teste	1	2	3	4	5
0	$I = 4,1095 r^{-0,2340}$	$I = 5,0931 r^{-0,3000}$	$I = 5,8721 r^{-0,3198}$	$I = 5,2019 r^{-0,3358}$	$I = 3,2395 r^{-0,2436}$
1	$I = 4,3077 r^{-0,1933}$	$I = 4,2698 r^{-0,2151}$	$I = 4,6875 r^{-0,1943}$	$I = 4,3230 r^{-0,2408}$	$I = 4,2594 r^{-0,2280}$
2	$I = 6,3895 r^{-0,2990}$	$I = 7,2242 r^{-0,3264}$	$I = 6,2048 r^{-0,2584}$	$I = 4,0731 r^{-0,2364}$	$I = 6,8294 r^{-0,3295}$
3	$I = 5,1385 r^{-0,3812}$	$I = 6,8522 r^{-0,4128}$	$I = 6,3100 r^{-0,3735}$	$I = 6,9170 r^{-0,3819}$	$I = 8,2608 r^{-0,4447}$
4	$I = 4,4626 r^{-0,2775}$	$I = 4,5286 r^{-0,2560}$	$I = 4,7410 r^{-0,2652}$	$I = 6,4546 r^{-0,4689}$	$I = 6,2186 r^{-0,3862}$

4.1.1 - Estudo dos valores de K

Os valores da constante K da equação da infiltração que serviram ao estudo no ensaio crotalária -35m, juntamente com as respectivas médias de cada teste, são apresentadas no QUADRO 10.

QUADRO 10 - Valores de K no ensaio crotalária - 35 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	Média
0	6,1733	5,6086	8,6990	6,4586	6,7348
1	9,3864	6,4440	9,9651	6,9519	8,1869
2	8,8154	12,8915	13,5641	12,8382	12,0273
3	9,9383	9,4973	13,9227	11,8750	11,3083
4	8,5448	7,4024	12,2638	13,9607	10,5429
5	8,0586	7,7133	13,0037	15,3260	11,0254

A análise de variância aplicada aos valores de K, forneceu os resultados apresentados no QUADRO 11.

QUADRO 11 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de K no ensaio crotalária - 35 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	5	84,4455	16,8890	5,17 **
Sulcos	3	62,7875	20,9295	6,41 **
Resíduo	15	48,9672	3,2644	
Total	23	196,2012		
C.V. = 18,12 %				

Posteriormente, foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para comparação das médias, obtendo-se o seguinte valor :

$$\Delta (5\%) = 4,1465$$

Os resultados provenientes desta comparação estão apresentados no QUADRO 12, realçando-se que NS e S, representam respectivamente as diferenças Não Significativas e Significativas, encontradas no confronto das médias .

QUADRO 12 - Resultado do teste de Tukey aplicado aos valores médios de \bar{K} no ensaio crotalária - 35 m.

Teste	0	1	2	3	4	5
0	*					
1	NS	*				
2	S	NS	*			
3	S	NS	NS	*		
4	NS	NS	NS	NS	*	
5	S	NS	NS	NS	NS	*

Para uniformizar a apresentação dos resultados adotou-se o mesmo critério de disposição dos dados , para todos os ensaios estudados .

QUADRO 13 - Valores de K no ensaio crotalária - 50 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	6	Média
0	7,1765	6,8206	5,5007	5,1334	7,1030	6,3928	6,3544
1	7,4559	7,2802	8,5957	6,9379	6,3269	6,5837	7,1967
2	9,6523	7,0298	9,1627	8,5679	9,7020	8,4618	8,7627
3	8,2617	5,3233	4,9410	6,6066	7,2401	7,1023	6,5791
4	7,7636	6,1572	8,2423	8,4432	9,1933	10,1664	8,3276

QUADRO 14 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de K no ensaio crotalária - 50 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	27,0963	6,7740	6,58 **
Sulcos	5	8,2900	1,6580	1,61
Resíduo	20	20,5633	1,0281	
Total	29	55,9498		
C.V. = 13,62 %				

QUADRO 15 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 1,7551$) aplicado aos valores médios de K no ensaio crotalária - 50m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	NS	*			
2	S	NS	*		
3	NS	NS	S	*	
4	S	NS	NS	NS	*

QUADRO 16 - Valores de K no ensaio soja - 50 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	Média
0	5,3640	5,9077	3,8782	3,4616	3,4598	4,4142
1	5,3141	5,3691	5,5166	6,4392	6,4302	5,8139
2	6,6004	5,6818	6,5483	5,4076	6,5633	6,1602
3	5,7669	6,1334	5,7667	8,3811	7,0991	6,6294
4	4,9405	6,0791	5,9875	6,6465	5,8043	5,8915

QUADRO 17 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de K no ensaio soja - 50 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	13,7249	3,4312	4,07 *
Sulcos	4	0,9252	0,2313	0,27
Resíduo	16	13,4722	0,8420	
Total	24	28,1224		
C.V. = 15,87 %				

QUADRO 18 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 1,7810$) aplicado aos valores médios de K no ensaio soja - 50 m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	NS	*			
2	NS	NS	*		
3	S	NS	NS	*	
4	NS	NS	NS	NS	*

QUADRO 19 - Valores de K no ensaio soja - 100 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	Média
0	4,1095	5,0931	5,8721	5,2019	3,2395	4,7032
1	4,3077	4,2698	4,6875	4,3230	4,2594	4,3694
2	6,3895	7,2242	6,2048	4,0731	6,8294	6,1441
3	5,1385	6,8522	6,3100	6,9170	8,2608	6,6966
4	4,4626	4,5286	4,7410	4,4546	6,2186	5,2810

QUADRO 20 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de K no ensaio soja - 100 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	18,9339	4,7334	4,46 *
Sulcos	4	2,2804	0,5701	0,53
Resíduo	16	16,9803	1,0612	
Total	24	38,1948		
C.V. = 18,94 %				

QUADRO 21 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 1,9994$) aplicado aos valores médios de K no ensaio soja - 100 m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	NS	*			
2	NS	NS	*		
3	NS	S	NS	*	
4	NS	NS	NS	NS	*

4.1.2 - Estudo dos valores de n

QUADRO 22 - Valores de n no ensáio crotalária - 35 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	Média
0	0,2466	0,3001	0,3120	0,2905	0,2873
1	0,3617	0,3451	0,4105	0,3148	0,3580
2	0,3803	0,3717	0,5657	0,4039	0,4303
3	0,3844	0,3343	0,4436	0,4048	0,3917
4	0,4580	0,3782	0,4362	0,4352	0,4268
5	0,4504	0,3993	0,4224	0,4509	0,4307

QUADRO 23 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de n no ensáio crotalária - 35 m.

Causas de variação	G L	S Q	q M	F
Testes	5	0,0647	0,0129	7,71
Sulcos	3	0,0185	0,0061	3,68
Resíduo	15	0,0251	0,0016	
Total	23	0,1085		
C.V. = 10,57 %				

QUADRO 24 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 0,0940$) aplicado aos valores médios de n no ensáio crotalária - 35m.

Teste	0	1	2	3	4	5
0	*					
1	NS	*				
2	S	NS	*			
3	S	NS	NS	*		
4	S	NS	NS	NS	*	
5	S	NS	NS	NS	NS	*

QUADRO 25 - Valores de \bar{n} no ensaio crotalária - 50 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	6	Média
0	0,2761	0,2379	0,2302	0,2932	0,2918	0,2725	0,2669
1	0,2548	0,2116	0,2622	0,2904	0,2248	0,2619	0,2509
2	0,3065	0,2171	0,3287	0,3578	0,3065	0,3579	0,3124
3	0,3885	0,2615	0,2878	0,3945	0,3300	0,3902	0,3420
4	0,3361	0,3405	0,2879	0,5302	0,4355	0,4456	0,3959

QUADRO 26 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{n} no ensaio crotalária - 50 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	0,0821	0,0205	12,99 **
Sulcos	5	0,0467	0,0093	5,91 **
Resíduo	20	0,0316	0,0015	
Total	29	0,1605		
C.V. = 12,67 %				

QUADRO 27 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 0,0688$) aplicado aos valores médios de \bar{n} no ensaio crotalária - 50m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	NS	*			
2	NS	NS	*		
3	S	S	NS	*	
4	S	S	S	NS	*

QUADRO 28 - Valores de \bar{n} no ensaio soja - 50 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	Média
0	0,2807	0,2603	0,1949	0,2000	0,2646	0,2400
1	0,2041	0,1856	0,1742	0,3106	0,3298	0,2408
2	0,3106	0,2366	0,2669	0,2892	0,3324	0,2871
3	0,4454	0,3269	0,3082	0,4467	0,4125	0,3879
4	0,4079	0,2596	0,2622	0,4455	0,4095	0,3568

QUADRO 29 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{n} no ensaio soja - 50 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	0,0909	0,0227	11,86 **
Sulcos	4	0,0519	0,0129	6,77 **
Resíduo	16	0,0306	0,0019	
Total	24	0,1734		
C.V. = 14,46 %				

QUADRO 30 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 0,0849$) aplicado aos valores médios de \bar{n} no ensaio soja - 50 m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	NS	*			
2	NS	NS	*		
3	S	S	S	*	
4	S	S	NS	NS	*

QUADRO 31 - Valores de \bar{n} no ensaio soja - 100 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	Média
0	0,2340	0,3000	0,3198	0,3358	0,2436	0,2866
1	0,1933	0,2151	0,1943	0,2408	0,2280	0,2142
2	0,2990	0,3264	0,2584	0,2364	0,3295	0,2899
3	0,3812	0,4128	0,3735	0,3819	0,4447	0,3988
4	0,2775	0,2560	0,2652	0,4689	0,3862	0,3307

QUADRO 32 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{n} no ensaio soja - 100 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	0,0912	0,0228	8,56 **
Sulcos	4	0,0126	0,0031	1,18
Resíduo	16	0,0426	0,0026	
Total	24	0,1465		
C.V. = 16,97 %				

QUADRO 33 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 0,1001$) aplicado aos valores médios de \bar{n} no ensaio soja - 100 m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	NS	*			
2	NS	NS	*		
3	S	S	S	*	
4	NS	S	NS	NS	*

4.2 - Tempo de irrigação

QUADRO 34 - Valores de T no ensáio crotalária - 35 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	Média
0	119,0	177,0	99,7	137,8	133,3
1	112,7	184,6	131,5	140,1	142,2
2	137,0	71,4	182,9	83,0	118,5
3	115,2	97,0	86,8	95,0	98,5
4	229,4	179,3	105,0	83,0	149,1
5	242,8	189,7	88,5	75,5	149,1

QUADRO 35 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de T no ensáio crotalária - 35 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	5	7.987,9729	1.597,5945	0,69
Sulcos	3	13.240,1888	4.413,3962	1,92
Resíduo	15	34.400,1088	2.293,3405	
Total	23	55.628,2705		
C.V. = 36,32 %				

QUADRO 36 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 109,9$) aplicado aos valores médios de T no ensáio crotalária - 35m.

Teste	0	1	2	3	4	5
0	*					
1	NS	*				
2	NS	NS	*			
3	NS	NS	NS	*		
4	NS	NS	NS	NS	*	
5	NS	NS	NS	NS	NS	*

QUADRO 37 - Valores de \bar{T} no ensaio crotalária - 50 m.

Sulco \ Teste	1	2	3	4	5	6	Média
0	111,1	100,3	128,3	193,4	121,3	128,1	130,4
1	95,9	82,7	81,7	124,5	104,5	117,0	101,0
2	92,5	88,4	99,8	127,4	83,1	129,8	103,5
3	159,1	155,8	198,2	238,3	142,7	206,0	183,3
4	132,6	192,7	96,6	400,3	174,3	154,7	191,8

QUADRO 38 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{T} no ensaio crotalária - 50 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	44.938,9619	11.234,7404	6,03 **
Sulcos	5	36.173,9617	7.234,7923	3,88 **
Resíduo	20	37.237,5896		
Total	29	118.350,5132		
C.V. = 30,37 %				

QUADRO 39 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 74,6$) aplicado aos valores médios de \bar{T} no ensaio crotalária - 50m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	NS	*			
2	NS	NS	*		
3	NS	S	S	*	
4	NS	S	S	NS	*

QUADRO 40 - Valores de \bar{T} no ensaio soja - 50 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	Média
0	170,1	134,5	169,3	200,1	284,4	191,6
1	119,2	108,6	100,2	153,3	170,1	130,2
2	147,9	126,7	120,7	175,9	167,3	147,6
3	429,3	179,7	177,6	220,6	236,8	248,8
4	423,2	129,0	133,3	332,8	326,7	269,0

QUADRO 41 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{T} no ensaio soja - 50 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	73.881,9078	18.470,4769	4,34 *
Sulcos	4	63.403,7405	15.850,9351	3,72 *
Resíduo	16	68.018,4553	4.251,1531	
Total	24	205.304,1036		
C.V. = 33,01 %				

QUADRO 42 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 126,5$) aplicado aos valores de \bar{T} no ensaio soja - 50 m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	NS	*			
2	NS	NS	*		
3	NS	NS	NS	*	
4	NS	S	NS	NS	*

QUADRO 43 - Valores de \bar{T} no ensaio soja - 100 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	Média
0	191,2	203,0	184,3	242,0	275,2	219,1
1	147,5	165,5	133,4	185,3	177,0	161,7
2	146,1	140,5	124,8	195,8	155,2	152,4
3	329,2	252,0	225,4	204,5	223,6	246,9
4	215,8	188,4	185,9	311,5	249,6	230,2

QUADRO 44 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{T} no ensaio soja - 100 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	35.927,6829	8.981,9207	6,82 **
Sulcos	4	10.024,9629	2.506,2407	1,90
Resíduo	16	21.042,3269	1.315,1454	
Total	24	66.994,9727		
C.V. = 17,94 %				

QUADRO 45 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 70,3$) aplicado aos valores médios de \bar{T} no ensaio soja - 100 m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	NS	*			
2	NS	NS	*		
3	NS	S	S	*	
4	NS	NS	S	NS	*

4.3 - Equação do avanço

Adotando a mesma orientação na apresentação , seguem-se nos QUADROS 46, 47 e 48 , as equações do avanço - - obtidas da realização dos testes de infiltração nos ensaios - de crotalária - 50 m, soja - 50 m e soja - 100 m. No ensaio crotalária - 35 m não foi possível determinar-se as equações do avanço da água nos sulcos de irrigação. A apresentação - dos resultados da análise estatística também seguiu o mesmo deliniam^oento .

QUADRO 46 - Equações do avanço ($L = a T^b$) no ensaio crotalária - 50 m.

Sulco Reste	1	2	3	4	5	6
0	$L = 4,8308 T^{0,7071}$	$L = 6,4737 T^{0,6105}$	$L = 4,6803 T^{0,7281}$	$L = 5,4526 T^{0,7477}$	$L = 6,9677 T^{0,7502}$	$L = 6,1133 T^{0,6030}$
1	$L = 6,0138 T^{0,6018}$	$L = 8,0146 T^{0,4373}$	$L = 8,2925 T^{0,4515}$	$L = 4,2549 T^{0,7362}$	$L = 5,7635 T^{0,6409}$	$L = 4,4594 T^{0,6585}$
2	$L = 2,1283 T^{0,8960}$	$L = 2,3651 T^{0,8633}$	$L = 2,8472 T^{0,8733}$	$L = 3,6958 T^{0,7577}$	$L = 3,8676 T^{0,7195}$	$L = 3,7885 T^{0,7101}$
3	$L = 4,6731 T^{0,7293}$	$L = 5,8756 T^{0,7433}$	$L = 6,0534 T^{0,7312}$	$L = 5,7607 T^{0,7378}$	$L = 6,2320 T^{0,6524}$	$L = 5,9850 T^{0,6955}$
4	$L = 5,2504 T^{0,5797}$	$L = 4,8803 T^{0,6823}$	$L = 4,9574 T^{0,6283}$	$L = 4,8542 T^{0,6875}$	$L = 4,2867 T^{0,6823}$	$L = 5,7586 T^{0,6132}$

QUADRO. 47 - Equações do avanço ($L = a T^b$) no ensaio soja - 50 m.

Sulco \ Teste	1	2	3	4	5
0	$L = 11,3213 T^{0,9028}$	$L = 11,2817 T^{0,8171}$	$L = 10,8312 T^{0,8809}$	$L = 10,9325 T^{0,8524}$	$L = 11,3213 T^{0,9028}$
1	$L = 5,3292 T^{0,7532}$	$L = 5,7229 T^{0,7516}$	$L = 4,5994 T^{0,8036}$	$L = 7,7476 T^{0,7885}$	$L = 7,7564 T^{0,7967}$
2	$L = 1,6995 T^{1,0831}$	$L = 1,2875 T^{1,0799}$	$L = 2,7132 T^{0,9536}$	$L = 1,4300 T^{0,9897}$	$L = 2,5275 T^{1,0357}$
3	$L = 4,9231 T^{0,8646}$	$L = 5,1782 T^{0,8001}$	$L = 5,1113 T^{0,8035}$	$L = 3,9880 T^{0,8087}$	$L = 4,2069 T^{0,8516}$
4	$L = 5,6307 T^{0,7682}$	$L = 6,1882 T^{0,7134}$	$L = 5,6989 T^{0,7774}$	$L = 4,4630 T^{0,8053}$	$L = 4,2965 T^{0,8688}$

QUADRO 43 - Equações do avanço ($L = a T^b$) no ensaio soja - 100 m.

Salvo Festa	1	2	3	4	5
0	$L = 10,7264 T^{0,8534}$	$L = 10,4974 T^{0,8243}$	$L = 10,4541 T^{0,8625}$	$L = 10,5182 T^{0,8461}$	$L = 10,4343 T^{0,8954}$
1	$L = 5,3815 T^{0,7514}$	$L = 6,8223 T^{0,7002}$	$L = 4,7001 T^{0,7904}$	$L = 7,5136 T^{0,7537}$	$L = 7,8309 T^{0,7358}$
2	$L = 2,0312 T^{1,0000}$	$L = 1,3008 T^{1,0780}$	$L = 3,1794 T^{0,8738}$	$L = 1,5587 T^{0,9630}$	$L = 3,0533 T^{0,9359}$
3	$L = 4,5259 T^{0,9176}$	$L = 4,9430 T^{0,8321}$	$L = 4,9316 T^{0,8306}$	$L = 3,3682 T^{0,9173}$	$L = 3,9100 T^{0,9030}$
4	$L = 5,4312 T^{0,7942}$	$L = 5,9173 T^{0,7447}$	$L = 5,8108 T^{0,7621}$	$L = 4,0782 T^{0,8649}$	$L = 4,2559 T^{0,8770}$

4.3.1 - Estudo dos valores de a

QUADRO 49 - Valores de a no ensáio crotalária - 50 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	6	Média
0	4,8308	6,4737	4,6803	5,4526	6,9677	6,1133	5,7530
1	6,0138	8,0146	8,2925	4,2549	5,7635	4,4594	6,1331
2	2,1283	2,3651	2,8472	3,6985	3,8676	3,7885	3,1154
3	4,6731	5,8756	6,0534	5,7607	6,2320	5,9850	5,7632
4	5,2504	4,8803	4,9574	4,8542	4,2867	5,7586	4,9979

QUADRO 50 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de a no ensáio crotalária - 50 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	32,2137	8,8034	8,36 **
Sulcos	5	3,5524	0,7104	0,67
Resíduo	20	21,0499	1,0524	
Total	29	59,8161		
C.V. = 19,91 %				

QUADRO 51 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 1,7758$) aplicado aos valores de a no ensáio crotalária - 50 m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	NS	*			
2	S	S	*		
3	NS	NS	S	*	
4	NS	NS	S	NS	*

QUADRO 52 - Valores de a no ensáio soja - 50 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	Média
0	11,3213	11,2817	10,8312	10,9325	11,3213	11,1375
1	5,3292	5,7229	4,5994	7,7476	7,7564	6,2310
2	1,6995	1,2875	2,7132	1,4300	2,5275	1,9315
3	4,9231	5,1782	5,1113	3,9880	4,2069	4,6814
4	5,6307	6,1882	5,6989	4,4630	4,2965	5,2552

QUADRO 53 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de a no ensáio soja - 50 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	225,8868	56,4717	64,99 **
Sulcos	4	0,3166	0,0791	0,09
Resíduo	16	13,9024	0,8689	
Total	24	240,1059		
C.V. = 15,94 %				

QUADRO 54 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 1,8092$) aplicado aos valores de a no ensáio soja - 50 m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	S	*			
2	S	S	*		
3	S	NS	S	*	
4	S	NS	S	NS	*

QUADRO 55 - Valores de \bar{a} no ensaio soja - 100 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	Média
0	10,7264	10,4974	10,4541	10,5182	10,4343	10,5260
1	5,3815	6,8223	4,7001	7,5136	7,8309	6,4496
2	2,0312	1,3008	3,1794	1,5587	3,0533	2,2246
3	4,6259	4,9430	4,9316	3,3682	3,9100	4,3557
4	5,4312	5,9173	5,8108	4,0782	4,2559	5,0986

QUADRO 56 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{a} no ensaio soja - 100 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	190,4737	47,6184	52,70**
Sulcos	4	0,8751	0,2187	0,24
Resíduo	16	14,4551	0,9034	
Total	24	205,8044		
C.V. = 16,58 %				

QUADRO 57 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 1,8448$) aplicado aos valores médios de \bar{a} no ensaio soja - 100 m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	S	*			
2	S	S	*		
3	S	S	S	*	
4	S	NS	S	NS	*

4.3.2 - Estudo dos valores de b

QUADRO 58 - Valores de b no ensáio crotalária - 50 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	6	Média
0	0,7071	0,6105	0,7281	0,7477	0,7502	0,6030	0,6910
1	0,6018	0,4373	0,4515	0,7362	0,6409	0,6585	0,5876
2	0,8960	0,8633	0,8733	0,7577	0,7191	0,7101	0,8033
3	0,7293	0,7433	0,7312	0,7378	0,6524	0,6975	0,7152
4	0,5797	0,6823	0,6283	0,6875	0,6823	0,6133	0,6455

QUADRO 59 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de b no ensáio crotalária - 50 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	0,1554	0,0388	6,15 **
Sulcos	5	0,0186	0,0037	0,59
Resíduo	20	0,1262	0,0063	
Total	29	0,3003		
C.V. = 11,53 %				

QUADRO 60 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 0,1375$) aplicado aos valores médios de b no ensáio crotalária - 50m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	NS	*			
2	NS	S	*		
3	NS	NS	NS	*	
4	NS	NS	S	NS	*

QUADRO 61 - Valores de \bar{b} no ensaio soja - 50 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	Média
0	0,9028	0,8171	0,8809	0,8524	0,9028	0,8711
1	0,7532	0,7516	0,8036	0,7885	0,7967	0,7787
2	1,0831	1,0799	0,9536	0,9897	1,0357	1,0283
3	0,8646	0,8001	0,8035	0,8087	0,8516	0,8256
4	0,7682	0,7134	0,7774	0,8053	0,8688	0,7866

QUADRO 62 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{b} no ensaio soja - 50 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	0,2081	0,0520	32,55 **
Sulcos	4	0,0115	0,0028	1,80
Resíduo	16	0,0255	0,0015	
Total	24	0,2452		
C.V. = 4,65 %				

QUADRO 63 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 0,0776$) aplicado aos valores de \bar{b} no ensaio soja - 50 m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	S	*			
2	S	S	*		
3	NS	NS	S	*	
4	S	NS	S	NS	*

QUADRO 64 - Valores de \bar{b} no ensáio soja - 100 m.

Sulco Teste	1	2	3	4	5	Média
0	0,8534	0,8243	0,8625	0,8461	0,8954	0,8563
1	0,7514	0,7002	0,7904	0,7537	0,7358	0,7462
2	1,0000	1,0780	0,8738	0,9630	0,9359	0,9701
3	0,9176	0,8321	0,8306	0,9173	0,9030	0,8801
4	0,7942	0,7447	0,7621	0,8649	0,8770	0,8035

QUADRO 65 - Resultado das análises de variância aplicada aos valores de \bar{b} no ensáio soja - 100 m.

Causas de variação	G L	S Q	Q M	F
Testes	4	0,1391	0,0347	12,79 **
Sulcos	4	0,0088	0,0022	0,81
Resíduo	16	0,0435	0,0027	
Total	24	0,1917		
C.V. = 6,11 %				

QUADRO 66 - Resultado do teste de Tukey ($\Delta = 0,1012$) aplicado aos valores de \bar{b} no ensáio soja - 100 m.

Teste	0	1	2	3	4
0	*				
1	S	*			
2	S	S	*		
3	NS	S	NS	*	
4	NS	NS	S	NS	*

4.4 - Raizes

A determinação da quantidade de raizes presentes às diversas profundidades do solo, foi realizada ao mesmo tempo da execução dos testes de infiltração, sendo os dados obtidos apresentados nos QUADROS 67, 68 e 69 .

QUADRO 67 - Quantidade de raizes expressa em gramas por decímetro cúbico, no ensaio crotalária - 35 m.

teste prof.	1	2	3	4	5
0 - 15	4,87	7,25	14,50	25,06	31,21
15 - 30	2,52	4,02	5,54	7,85	7,28
30 - 50	0,24	0,52	1,75	2,19	2,21
50 - 75	*	0,11	0,84	0,79	0,93
75 - 100	*	*	0,11	0,41	0,30

QUADRO 68 - Quantidade de raizes expressa em gramas por decímetro cúbico, no ensaio crotalária - 50 m.

teste prof.	1	2	3	4
0 - 15	7,23	11,61	25,85	29,58
15 - 30	2,95	5,79	7,59	8,10
30 - 50	0,51	1,99	2,25	2,02
50 - 75	0,13	0,26	0,19	0,51
75 - 100	*	0,08	0,15	0,24

QUADRO 69 - Quantidade de raízes expressa em gramas por decímetro cúbico, no ensaio da soja .

teste prof.	1	2	3	4
0 - 15	7,40	21,70	31,18	44,39
15 - 30	3,09	3,38	5,03	7,64
30 - 50	0,57	1,55	2,62	2,50
50 - 75	*	0,67	0,51	0,72
75 - 100	*	0,13	0,15	0,29

4.5 - Pêso específico aparente

As determinações do pêso específico aparente - nas profundidades de 15 cm e 30 cm, foram realizadas quando - da execução dos testes de infiltração. O QUADRO 70 mostra ês tes dados para o ensaio crotalária - 50 m e o QUADRO 71 , pa- ra o ensaio com a soja .

QUADRO 70 - Valores do pêso específico aparente obtidos no en- saio crotalária - 50 m .

Teste	Profundidade	
	0 - 15 cm	15 - 30 cm
0	1,37	1,46
1	1,37	1,50
2	1,44	1,53
3	1,45	1,55
4	1,40	1,53

QUADRO 71 - Valores do pêsso específico aparente obtidos no ensáio da soja .

Teste	Profundidade	
	0 - 15 cm	15 - 30 cm
0	1,33	1,43
1	1,32	1,43
2	1,33	1,45
3	1,37	1,47
4	1,34	1,44

5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados serão discutidos na ordem em que foram apresentados, com base nas informações provenientes das análises estatísticas.

5.1 - Eguação da infiltração

5.1.1 - Estudo dos valores de K

Representando o valor da constante K , na equação da infiltração, a taxa com que a água penetrou no solo num tempo unitário, as modificações neste valor insinuam uma variação nas condições físicas presentes no solo, afetando conseqüentemente as características hidráulicas da irrigação .

Os QUADROS 10, 13, 16 e 19, mostram uma variação da constante K entre os sulcos de um mesmo teste, já esperada e sem significado estatístico na maioria dos casos (QUADROS 14, 17 e 20), e entre os testes, cujos valores médios apresentam de um modo geral, uma tendência de crescer numericamente com o decorrer do período de desenvolvimento da cultura, evidenciada na seqüência de realização dos testes de infiltração.

Observa-se pelos resultados do teste de Tukey (5%) aplicado aos valores médios de K (QUADROS 12, 15, 18 e 21), que as diferenças significativas constatadas, ocorreram com maior freqüência, quando se relacionou o primeiro teste com os últimos.

5.1.2 - Estudo dos valores de n

Conforme foi salientado em 2.4.1, é de grande importância o valor da constante n da equação da infiltração, para a avaliação das condições de solo que se apresentam durante o desenvolvimento da irrigação, pois representa em sí, todo o processo da infiltração.

Nos valores de n apresentados nos QUADROS 22, 25, 28 e 31, evidencia-se a mesma observação feita no item 5.1.1, considerando-se que as constantes obtidas nos testes 2, 3 e 4, justamente quando as plantas estudadas, crotalaria e soja, já atingiram um grau de desenvolvimento em que seus sistemas radiculares alcançam profundidades de um metro (QUADROS 67, 68 e 69), situam-se num plano superior às constantes provenientes dos testes 0 e 1.

Estas afirmativas são evidenciadas nos resultados da aplicação do teste de Tukey (5%), apresentados nos QUADROS 24, 27, 30 e 33. Em todos os ensaios, não apresentaram diferenças significativas entre sí, os relacionamentos do teste 0 com o teste 1 e do teste 3 com o teste 4, observando-se que no primeiro caso, os valores de n referem-se ao período inicial de crescimento da cultura, situando-se êsses valores numa faixa diferente do segundo caso, no qual a cultura está atingindo o seu total desenvolvimento. Poderíamos portanto salientar a ocorrência de uma variação significativa nos valores de n , a partir do primeiro mês, e que esta variação tende a fornecer maiores valores à constante, no 3º e 4º mês de desenvolvimento das plantas.

5.2 - Tempo de irrigação (T)

Procedeu-se ao cálculo do tempo de irrigação necessário ao fornecimento de uma determinada altura de água ao solo, para realizar um estudo conjunto da variação nas características hidráulicas dos sulcos de irrigação, influenciada pelo desenvolvimento da cultura. Esta variação afetaria os valores de n e K , da equação da infiltração, proporcionando um desvio significativo ao valor do tempo de irrigação. Ficou evidenciado nas discussões anteriores, um acréscimo tanto no valor de K como no valor de n , conforme se processou a realização dos testes de infiltração subsequentes, cuja variação -

também pode ser observada nos valores médios do tempo de irrigação calculado para os diversos ensaios (QUADROS 34, 37, 40 e 43) .

Enquanto que o resultado da análise estatística - mostra uma não significância entre os valores do tempo de irrigação, calculado para o ensaio crotalaria - 35 m (QUADRO 36) indicando que as variações ocorridas nas irrigações não afetaram este valor, nos outros ensaios (QUADROS 39, 42 e 45), já aparecem diferenças significativas entre os diversos testes. Geralmente a desuniformidade de resultados aparece, quando se compara os valores dos testes 1 e 2, contra os valores dos testes 3 e 4.

Em linhas gerais, a variação nos valores calculados para o tempo de irrigação, que afetariam a eficiência na aplicação da água por este método de irrigação, ocorrem principalmente nos dois últimos meses da fase de desenvolvimento das culturas estudadas.

5.3 - Equação do avanço

5.3.1 - Estudo dos valores de a

A análise da constante a da equação do avanço apresenta vários aspectos que devem ser considerados para este estudo, pois são muitos os fatores que influenciam seu valor. No ensaio crotalaria - 50 m procedeu-se a determinação da equação do avanço dentro das ocorrências normais à prática da irrigação, mas no ensaio com a soja, por ocasião do teste de infiltração realizado antes do plantio, procedeu-se a um ajustamento nos sulcos, o que deve ter causado o aparecimento do alto valor de a na equação do teste.

Os valores de a e a análise estatística - apresentada nos QUADROS 49 a 57, mostra-nos diferenças significativas entre os diversos testes dos ensaios analisados, cuja variação é proveniente principalmente das mudanças nas características hidráulicas de rugosidade e forma dos sulcos de irrigação . Dentro das limitações deste método de determinação, observamos que esta variação foi mais acentuada por ocasião do segundo mês de desenvolvimento das culturas estudadas, cujos valores se apresentam menores do que nos outros -

testes.

5.3.2 - Estudo dos valores de b

As mesmas considerações feitas no item anterior apresentam-se válidas no estudo da constante b da equação do avanço, mas como ela representa a seqüência de valores das distâncias atingidas durante o avanço da frente de água - no comprimento inteiro do sulco, as variações se apresentam - menos acentuadas.

Enquanto os QUADROS 60, 63 e 66 mostram - que variações significativas ocorrem entre os testes, uma -- observação dos QUADROS 58, 61 e 64 indicará que esta variação ocorreu principalmente com os valores do teste 2, apresentando-se maior do que os outros testes nos ensaios analisados.

5.4 - Raizes e pêsos específicos aparentes

As quantidades de raizes (gr/dm^3) presentes às diversas profundidades do solo, quando da realização dos testes de infiltração, permitiu-nos observar, dentro das limitações que êste método de amostragem proporciona, o desenvolvimento do sistema radicular das culturas estudadas (QUADROS 67, 68 e 69). Observe-se que no 3º e 4º mês, o sistema radicular já está praticamente desenvolvido, enquanto que até o 1º mês, as raizes alcançam 0,50 m de profundidade somente.

Os pêsos específicos aparentes apresentados nos - QUADROS 70 e 71, mostram pouca variação entre seus valores, - ainda que um pequeno acréscimo seja observado até o 3º mês. Com o aumento do volume de raizes no solo, o pêsos específicos aparente deveria diminuir; tal não aconteceu, talvez devido à compactação ou arrançamento das partículas com o correr do tempo, nas camadas superficiais do solo. A diminuição do pêsos específicos aparente somente foi observada do 3º para o 4º mês do ciclo das plantas.

6 - CONCLUSÕES

A análise estatística dos resultados obtidos com os experimentos aqui descritos e discutidos, nas condições locais e com o método empregado, permitiram obterem-se as seguintes conclusões, apresentadas na ordem em que foram discutidos :

- 1 - Há uma variação nas características hidráulicas da irrigação por sulcos de infiltração, durante a fase de desenvolvimento vegetativo das culturas estudadas (Crotalaria juncea L. e Glycine max (L.) Merrill var. Santa Maria-1), evidenciada pelo aumento dos valores das constantes K e n da equação da infiltração.
- 2 - Esta variação é evidenciada quando se comparam os resultados dos testes de infiltração realizados no primeiro mês, com os dois últimos meses do período de crescimento das plantas, o que vem de indicar a necessidade da realização de novo teste de infiltração após dois meses do plantio, para um melhor controle na aplicação da água de irrigação.
- 3 - Houve um aumento significativo no tempo de irrigação obtido para os dois últimos meses da fase de desenvolvimento das culturas estudadas.

- 4 - Os diversos valores encontrados para as constantes a e b, da equação do avanço da água, denotam que houve variação das características hidráulicas nos sulcos de irrigação, no transcorrer do crescimento das culturas.
- 5 - Esta variação é mais acentuada no segundo mês, evidenciada nos ensaios analisados, pelo menor valor encontrado à constante a, e pelo máximo valor da constante b.

7 - RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo constatar a ocorrência de variações nas características hidráulicas dos sulcos de irrigação por infiltração, durante a fase de desenvolvimento vegetativo de uma cultura.

Foram instalados em solo da série Luiz de Queiroz do campo experimental do Departamento de Engenharia Rural, quatro ensaios: dois, utilizando-se da Crotalaria juncea L. em sulcos de 35 e 50 metros, e dois, com Glycine max (L.) Merrill var. Santa Maria-1 em sulcos de 50 e 100 metros de comprimento.

Aproximadamente uma vez por mês, a partir do plantio, foram realizados testes de infiltração, conforme o estabelecido por CRIDLLE et al. (1956), obtendo-se equações da infiltração na forma $I = K T^n$. A medição do avanço da água no sulco de irrigação, forneceu equações da forma $L = a T^b$.

Verificou-se a variação ocasionada no transcorrer do crescimento das plantas, nas constantes K e n da citada equação da infiltração, bem como nas constantes a e b reservadas à equação do avanço. Através das equações da infiltração, calculou-se ainda os tempos de irrigação necessários ao fornecimento de determinada quantidade de água ao solo.

O estudo desses fatores, forneceu algumas conclusões, condensadas na recomendação de nova realização do teste de infiltração, após dois meses do plantio, devido as diferenças encontradas nas constantes da equação de infiltração e do avanço, e também no tempo de irrigação. As variações de K , n

e T, foram evidenciadas por uma tendência de aumento numérico com o crescimento das culturas.

Esta recomendação prendeu-se ao objetivo de um melhor controle na aplicação da água através da irrigação por sulcos de infiltração.

8 - SUMMARY

The variations in the hydraulic characteristics of irrigation furrows by infiltration during the vegetative growing period of a crop was studied at this research work.

Four experiments were established in soils of the "Luiz de Queiroz" series in the experimental field of the Rural Engineering Department : two using Crotalaria juncea L. in 35 and 50 m furrows, and two using Glycine max (L.) Merrill - var. Santa Maria-1 in furrows of 50 and 100 m in length.

Approximately once a month, from the planting on, infiltration tests were made according to the criteria established by CRIDDLE et al. (1956), and equations of infiltration in the form $I = K T^n$ were fitted. The advance of water in the irrigation furrow was fitted to an equation in the form of $L = a T^b$.

The variation occurring during the growing period of the crops was observed in K and n constants of the above mentioned infiltration equation, as well as the a and b constants used in the advance equation. Based on infiltration equations the period of irrigation needed for the supplying of certain amount of water to the soil was estimated.

The study of these factors furnished some conclusions which are condensed in the recommendation of carrying out a new infiltration test, after two months from planting due to the differences found in the constants of the infiltration and advance equation as well as in the time of irrigation. The variations of K, n and T were evidenced by a tendency of

numerical increase with the growing of the crops.

This recommendation had in view a better control in water application through irrigation by infiltration furrows.

9 - BIBLIOGRAFIA CITADA (*)

- BISHOP, A. Relation of intake rate to length of run in surface irrigation. J. Irrig. Drain. Div. Am. Soc. civ. Engrs 87(1): 23-29. 1961.
- , JENSEN, M. E. and HALL, W. A. Surface irrigation systems. Am. Soc. Agron. Agron. 11: 865-884. 1967.
- CARREKER, J. R., BERTRAND, A. R. and ELKINS, C. B. Effect of cropping systems on soil physical properties and irrigation requirements. Agron. J. 60(3): 229-302. 1968.
- CHAMBERLAIN, A. R. Measuring water in small channels with -- WSC flume. Stn. Circ. Wash. agric. Exp. Stn n^o200. 1952. 9p.
- CHRISTIANSEN, J. E., BISHOP, A. A., KIEFER, F. W. and FOK, Y. Evaluation in intake rate constants as related to advance in surface irrigation. Trans. Am. Soc. agric. Engrs 9(5): 671-674. 1966.
- COLLINS, H. G. and CAMPBELL, R. B. Water infiltration in Hawaiian sugarcane furrow. J. Irrig. Drain. Am. Soc. civ. - Engrs 93(4): 81-96. 1967.
- CRIDDLE, W. D., DAVIS, S., PAIR, C. H. and SHOCKLEY, D. G. - Methods for evaluating irrigation systems. In: USDA Agric. Handb. 82: 3-10. 1956.
- DAVIS, J. R. Estimating rate of advance for irrigation furrows. Trans. Am. Soc. agric. Engrs. 4(1): 52-54. 1961.

- DORTINAC, E. J. and LOVE, L. D. Relation of plant cover to infiltration and erosion in Ponderosa pine forest of Colorado. Trans. Am. Soc. agric. Engrs 3(1): 58-61. 1960.
- DULEY, F.L. and RUSSEL, J.C. The use of crop residues for soil and moisture conservation. J. Am. Soc. Agron. 31(7): 703-709. 1939.
- FERNANDEZ, B. and WILKINSON, G.E. Effect of crop cultures on the infiltration and erosion of water into a Chestnut soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29(6): 748-752. 1965.
- FOK, Y.S. and BISHOP, A.A. Analysis of water advance in surface irrigation. J. Irrig. Drain. Am. Soc. civ. Engrs 91(1): 99-116. 1965.
- GARD, L.E., KLINGEBIEL, A.A. and VAN DOREN, C.A. The effects of crop residues on soil and water losses from corn and winter wheat. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20(2): 279-283. 1956.
- GARDNER, W. and WIDTSOE, J.A. Movement of soil moisture. Soil Sci. 11(3): 215-232. 1921.
- HALL, W.A. Estimating irrigation border flow. Agric. Engng. 37(4): 263-265. 1956.
- HART, W.E., BASSETT, D.L. and STRELKOFF, T. Surface irrigation hydraulics - kinematics. J. Irrig. Drain. Am. Soc. civ. Engrs 94(4): 419-440. 1968.
- HORTON, R.E. An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 5:399-419. 1940.
- LI, L.Y., ANTHONY, R.D. and MERKLE, F.G. Influence of orchard soil management upon the characteristics of the soil. Soil Sci. 53: 65-74. 1942.
- LITTLE, W.C. The design of furrow irrigation systems. Proc. ARS-SCS Workshop and Hydraulics Surface Irrigation, ARS 41-43. 1960.

MAZURAK, A. P. and CONARD, E. C. Rates of water entry in the three great soil groups after seven years in grasses and small grains. Agron. J. 51(5): 264-266. 1959.

—————, COSPER, H. R. and RHOADES, H. F. Rate of water entry into a irrigated Chestnut soil as affected by 39 years of cropping and manurial practices. Agron. J. 47(1): 490 - 493. 1955.

—————, KRIZ, W. and RAMIG, R. E. Rates of water entry into a Chernozem soil as affected by age of perennial grass sods. Agron. J. 52(1): 35-37. 1960.

—————, and RAMIG, R. E. Residual effects of perennial grass sod on the physical properties of a Chernozem soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27(5): 592-595. 1963.

NAVARRETE, J. D. Sistemas de riego. In: Riego y Drenaje : primer curso nacional de manejo del riego. Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria, 1966 p.267-309.

PARKER, E. R. and JENNY, H. Water infiltration and related soil properties as affected by cultivation and organic fertilization. Soil Sci. 60(5): 353-376. 1945.

PILLSBURY, A. F. and HUBERTY, M. R. Infiltration rates in a Yolo Loam soil as affected by organic matter. Am. Soc. Hort. Sci. Proc. 39: 16-18. 1941.

RANZANI, G., FREIRE, O. e KINJO, T. Carta de solos do município de Piracicaba. Piracicaba, Centro de Estudos de Solos, 1966. 85p.

SCARANARI, H. J. e INFORZATO, R. Sistema radicular das principais leguminosas empregadas como adubo verde em cafezal. Bragantia 12(7/9): 291-298. 1952.

SHULL, H. An inflow-advance-storage method for determining infiltration in irrigated furrows. Soil Sci. 98(3): 192 - 196. 1964.

SMERDON, E. T. Surface water distribution in surface irrigation. J. Irrig. Drain. Div. Am. Soc. civ. Engrs 89(1): 1-15. 1963.

———, and WILKE, O. Discussion of FOK, Y. S. and BISHOP, A. A. Analysis of water advance in surface irrigation. - J. Irrig. Drain. Div. Am. Soc. civ. Engrs 91(4): 98-101. - 1965.

UHLAND, R. E. Physical properties of soils as modified by - crops and management. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 14:361-366. 1949.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. SOIL CONSERVATION - SERVICE. National engineering handbook, section 15: irrigation, chapter 9: measurement of irrigation water. Washington, USDA, 1962. 72p.

VEIHMEYER, F. F. An improved soil-sampling tube. Soil Sci. 27(2): 147-152. 1929.

VELEZ, P. Cuando, cuanto y como regar. Ingenieria hidraul.- Méx. 20(1): 95-138. 1966.

WILKE, O. and SMERDON, E. T. A solution of the irrigation - advance problem. J. Irrig. Drain. Am. Soc. civ. Engrs 91 (3): 23-34. 1965.

WILLARDSON, L. S. and BISHOP, A. A. Analysis of surface irrigation application efficiency. J. Irrig. Drain. Div. Am. Soc. civ. Engrs 93(2): 21-36. 1967.

WILLIAMS, W. A. and DONEEN, L. D. Field infiltration studies with green manures and crop residues on irrigated soils. - Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24(1): 58-61. 1960.

———, ——— and RIRIE, D. Production of sugar cane -- beets following winter green manure cropping in California, II: soil physical conditions and associated crop response. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21(1): 92-94. 1957.

(*) Abreviaturas de acôrdo com: "World List of Scientific Periodicals: 1900-1960". 4th ed. London, Butterworths, 1963 - 1965. 3 vol.