

ESTUDO DOS PARÂMETROS BÁSICOS DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO PARA A CULTURA DO LIMÃO TAHITI (*Citrus limonia*, OSBECK).

4 de 5 f
corrigir texto

TULIO ASSUNÇÃO PIRES RIBEIRO 355
Engenheiro Agrícola

Orientador: Prof. Dr. DIRCEU BRASIL VIEIRA

Atento tratar da numeração definitiva contendo todas as alterações e sugestões apresentadas pelo bomis e nomear o M. Louis de M. do. Brasil M. Louis de M. do. Brasil
9/12/93
9/12/93

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil de Campinas, UNICAMP, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento.

CAMPINAS

Estado de São Paulo - Brasil

Mai - 1993

1993

Aos meus pais por se
esforçarem tanto na minha formação
e educação; à minha companheira
Cristina que me incentivou a buscar
e a realizar este trabalho, dividindo
cada contratempo e cada vitória.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Dirceu Brasil Vieira, pela orientação, estímulo e apoio dado para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Flavio Arruda, cujo apoio e incentivo foram fundamentais para a realização deste trabalho. De fato, sem sua cooperação segura e eficiente, sempre pautada pela cordialidade e pela amizade e suas meticulosas revisões editoriais, foram muito importantes para a realização deste trabalho.

Aos professores Evaldo Miranda Coiado e Roberto Feijó de Figueiredo do departamento de hidráulica e saneamento da faculdade de Engenharia Civil pelas suas idéias e cooperação na realização deste trabalho através do exame de qualificação.

A faculdade de Engenharia Civil, pela oportunidade e principalmente para todos os funcionários do departamento de Hidráulica e Saneamento.

A empresa ASBRASIL S/A pela doação e montagem do equipamento e também pela cooperação e atenção do grande amigo, Eng. Agrícola Antonio Alfredo Teixeira Mendes.

A empresa Kactus instrumentação agrícola por toda contribuição e boa vontade através dos seus proprietários Jorge Luis de Castro e Magda de Castro que colocaram a empresa a meu inteiro dispor através da utilização de seus equipamentos.

Aos funcionários da ESALQ do departamento de fruticultura, pela apoio técnico e análises no estudo do sistema radicular.

Aos funcionários da Secção de Irrigação e Drenagem do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), por todo apoio e colaboração durante a realização deste

trabalho.

Aos funcionários Benedito Dragoni, Tarcizio Lima Ribeiro e Luis Fernando Chang Oliveira pelo hábil assessoramento nos trabalhos e ensaios de campo.

A Faculdade de Engenharia Agrícola pelo suporte técnico na parte de estudo sobre o solo, principalmente ao Prof. Dr. Carlos Roberto Espíndola e da técnica de laboratório Célia Panzarin Gonçalves.

Aos colegas de turma pelo companheirismo e amizade, com que me assessoraram no curso e na elaboração deste trabalho de tese.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| SUMÁRIO | i |
| LISTA DE FIGURAS | v |
| LISTA DE TABELAS | vii |
| LISTA DE SIMBOLOS | xi |
| RESUMO | xiv |
| SUMMARY | xvii |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 5 |
| 2.1. A citricultura paulista | 5 |
| 2.2. Irrigação localizada | 5 |
| 2.3. Hidráulica dos microaspersores | 7 |
| 2.4. Uniformidade de emissão de água | 9 |
| 2.5. Estudo do sistema radicular | 12 |
| 2.5.1. Peso de raízes | 18 |
| 2.6. Balanço hídrico | 23 |
| 2.6.1. Balanço hídrico no campo | 23 |
| 2.6.2. Drenagem profunda | 24 |
| 2.6.3. Evapotranspiração | 26 |
| 2.6.4. Coeficiente de cultura | 28 |

| | Página |
|--|--------|
| 2.7. Controle de umidade do solo | 30 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS | 34 |
| 3.1. Caracterização da área experimental | 34 |
| 3.1.1. Local | 34 |
| 3.1.2. Pomar | 35 |
| 3.1.3. Clima | 36 |
| 3.1.4. Solo | 37 |
| 3.1.4.1. Características do solo do pomar | 38 |
| 3.1.4.2. Propriedades químicas | 39 |
| 3.1.4.3. Propriedades físicas | 39 |
| 3.1.4.4. Curva de retenção | 40 |
| 3.2. Descrição do equipamento | 42 |
| 3.2.1. Dados técnicos do projeto | 43 |
| 3.2.2. Microaspersor | 45 |
| 3.2.3. Uniformidade de emissão do equipamento | 45 |
| 3.2.4. Uniformidade de aplicação de água do micro- aspersor | 49 |
| 3.3. Avaliação do sistema radicular | 52 |
| 3.3.1. Escolha das plantas | 53 |
| 3.3.2. Coleta das amostras | 53 |

| | Página |
|--|--------|
| 3.3.3. Preparo das raízes | 55 |
| 3.3.4. Pesagem das raízes | 56 |
| 3.4. Controle da irrigação | 57 |
| 3.4.1. Método gravimétrico | 57 |
| 3.4.2. Método tensiométrico | 59 |
| 3.4.2.1. Instalação dos tensiômetros | 60 |
| 3.4.2.2. Calibração dos vacuômetros | 61 |
| 3.4.3. Método do tanque classe A | 62 |
| 3.4.3.1. Tanque classe A | 63 |
| 3.4.3.2. Anemômetro | 63 |
| 3.4.3.3. Pluviômetro | 64 |
| 3.4.3.4. Psicrômetro | 64 |
| 3.5. Irrigação e Consumo de água | 64 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 68 |
| 4.1. Sistema radicular | 68 |
| 4.1.1. Distribuição horizontal | 78 |
| 4.1.2. Distribuição vertical | 80 |
| 4.2. Uniformidade de emissão de água do equipamento | 82 |
| 4.3. Uniformidade de aplicação de água do microaspersor..... | 87 |

| | Página |
|--|--------|
| 4.4. Dados climatológicos | 99 |
| 4.5. Controle de umidade do solo | 102 |
| 4.6. Balanço hídrico | 108 |
| 4.7. Coeficiente de cultura | 112 |
| 5. CONCLUSÕES | 118 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 121 |
| APÊNDICE | 136 |
| DADOS CLIMATOLÓGICOS | 156 |

LISTAS DE FIGURAS

| FIGURA | | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Mapa 1 | 35 |
| 2 | Mapa 2 - CAPIN - Área 2 - pomar | 36 |
| 3 | Balanço hídrico da região de Limeira | 37 |
| 4 | Curva de retenção de água | 42 |
| 5 | Componentes do sistema de irrigação localizada por microaspersão | 43 |
| 6 | Componentes do microaspersor | 46 |
| 7 | Tabela e gráfico para estimativa da uniformidade de emissão | 48 |
| 8 | Esquema do teste e suas respectivas zonas de dis- tribuição de umidade | 52 |
| 9 | Fotografia do estudo do sistema radicular | 54 |
| 10 | Esquema da localização e profundidade das perfu- rações onde foram coletadas as amostras | 55 |
| 11 | Trado e recipiente de alumínio | 59 |
| 12 | Esquema usado para o teste dos vacuômetros | 61 |
| 13 | Distribuição percentual de radículas a várias distancias em relação ao tronco da planta, limão | |

| | | |
|----|--|-----|
| | tahiti com o porta-enxerto limão cravo | 78 |
| 14 | Distribuição percentual das radículas em profundidade a várias distancias em relação ao tronco da planta, limão tahiti com o porta-enxerto limão cravo | 80 |
| 15 | Distribuição de água do microaspersor no campo para 3 locais distintos | 96 |
| 16 | Comparação das precipitações do ano de 1991/92 com a precipitação normal na região de Limeira | 103 |
| 17 | Variações das entradas e dos preços na companhia de entrepostos e armazéns gerais (CEAGESP) no Estado de São Paulo - Fonte CEAGESP | 117 |

LISTA DE TABELAS

| TABELA | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Análise física e granulométrica do pomar | 137 |
| 2 | Resultados da densidade global do solo da área do pomar | 40 |
| 3 | Número do círculo e o seu correspondente fator de multiplicação | 50 |
| 4 | Medidas da bomba de vácuo (cm de Hg), coluna de mercúrio (cm de Hg) e os vacuômetros | 139 |
| 5 | Resultado da avaliação do sistema radicular do limoeiro, em Limeira, S.P. | 69 |
| 6 | Desenvolvimento vegetativo do limão tahiti sobre o porta-enxerto limão cravo (<i>Citrus limonia</i> , OSBECK) | 70 |
| 7 | Distribuição vertical e horizontal em porcentagem e peso de radículas da planta A | 71 |
| 8 | Características físicas e granulométricas do solo da planta A | 71 |
| 9 | Distribuição vertical e horizontal em porcentagem e peso de radículas da planta B | 72 |

| | | |
|----|---|----|
| 10 | Características físicas e granulométricas do solo da planta B | 72 |
| 11 | Distribuição vertical e horizontal em percentagem e peso de radículas da planta C | 73 |
| 12 | Características físicas e granulométricas do solo da planta C | 73 |
| 13 | Distribuição vertical e horizontal em percentagem e peso de radículas da planta D | 74 |
| 14 | Características físicas e granulométricas do solo da planta D | 74 |
| 15 | Distribuição espacial do sistema radicular nas diversas profundidades do limão tahiti com o porta-enxerto do limão cravo na região de Limeira | 77 |
| 16 | Distribuição percentual do sistema radicular nas diversas profundidades do limão tahiti com o porta-enxerto do limão cravo | 77 |
| 17 | Dados de campo dos tempos requeridos para se encher um recipiente de 1.5 litros e suas respectivas vazões | 83 |
| 18 | Valores do coeficiente de uniformidade e suas res | |

| | | |
|----|--|-----|
| | pectivas vazões médias | 84 |
| 19 | Características hidráulicas do microaspersor da ASBRASIL com balarina no campo para 3 locais dife- rentes | 87 |
| 20 | Distribuição de água do microaspersor no campo (N, S, L, O) para 3 locais diferentes em um sis- tema para 2 hec | 91 |
| 21 | Calculo da uniformidade de distribuição dos valo- res médios de campo para 3 locais distintos | 94 |
| 22 | Temperatura média mensal (Temp.)e precipitação pluvial mensal (Precip.) registrada para a re- gião de Limeira - SP | 101 |
| 23 | Controle de umidade através do método gravimétri- co as profundidades de 0 a 15, 15 a 30 e 30 a 60 centímetros | 141 |
| 24 | Controle de umidade através do método tensiométri- co as profundidades de 0 a 15, 15 a 30 e 30 a 60 centímetros | 145 |
| 25 | Ánalise granulométrica do solo dos 4 locais anali- sados para o controle de umidade | 106 |

| | | |
|----|--|-----|
| 26 | Lâmina de água disponível no perfil de 0 a 60 cm de profundidade para os 3 locais analisados calculado através do método tensiométrico | 149 |
| 27 | Lâmina de água disponível no perfil de 0 a 60 cm de profundidade para os 4 locais analisados calculado através do método gravimétrico | 153 |
| 28 | Balanço hídrico feito através do método gravimétrico | 157 |
| 29 | Balanço hídrico feito através do método tensiométrico | 161 |
| 30 | Valores médios mensais do Kc operacional durante o ano para cultura do limoeiro sobre o limão Cravo, 3 anos de idade, em Limeira | 115 |
| 31 | Variações no desenvolvimento do pomar de limão tahiti em função dos meses do ano | 116 |

LISTAS DE SÍMBOLOS

ARM - Armazenamento de água

C - Consumo de água pela cultura

CC - Capacidade de Campo

C.V. - Coeficiente de variação

C.U.F. - Coeficiente de uniformidade do fabricante

C.U.C. - Coeficiente de uniformidade de Christiansen

EXP - Exponencial

ECA - Evaporação do tanque classe A

ETr - Evapotranspiração real

ETp - Evapotranspiração potencial

ETo - Evapotranspiração de referência

Ei - Eficiência de irrigação

Eu - Uniformidade de emissão

Eua - Uniformidade de emissão absoluta

DC - Características de distribuição

dg - Densidade global

DU - Uniformidade de distribuição

g - Grama

h - Hora

H - Lâmina de água disponível no solo

Hb - Lâmina bruta

Hi - Lâmina de água realmente disponível

I - Perda por interceptação

L.C. - Limite de confiança

M - Metros

MCA - Metros de coluna de água

MEQ - Miliequivalente

ML - Mililitros

MM - Milímetros

N - Números de observações

Kc - Coeficiente de conversão do tanque classe A

Pi - Precipitação interna

Pe - Precipitação efetiva

PMP - Ponto de murchamento

Ps - Peso seco da amostra do solo em gramas

Pt - Precipitação total

Pu - Peso úmido da amostra do solo em gramas

$q_{\min(h)}$ - Mínima vazão do emissor

$q_{\max(h)}$ - Máxima vazão do emissor

$q_{\text{var}(h)}$ - Variação da vazão do emissor

R - Reserva de água no solo

r^2 - Coeficiente de determinação

RPM - Rotação por minuto

seg - Segundo

Tmax - Soma dos três maiores tempos

Tmin - Soma dos três menores tempos

UA - Umidade atual do solo expresso com base no peso seco

UC - Umidade critica

Us - Coeficiente de uniformidade estatística

Vq - Coeficiente de variação da amostra

V*q - Coeficiente de variação atual para toda a subunidade

V(t) - Variação total dos emissores

V(h) - Coeficiente de variação hidráulico

V(m) - Coeficiente de variação do fabricante

Z - Profundidade de irrigação

**ESTUDO DOS PARÂMETROS BÁSICOS DE
IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO PARA A
CULTURA DO LIMÃO TAHITI (*Citrus
limonia*, OSBECK) EM LIMEIRA.**

Autor: TULIO ASSUNÇÃO PIRES RIBEIRO

Orientador: PROF. DR. DIRCEU BRASIL VIEIRA

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar o comportamento de alguns parâmetros básicos que afetam o manejo da irrigação por microaspersão sobre a cultura do limão tahiti. Foram investigados, a distribuição do sistema radicular, o controle de umidade do solo que afeta a disponibilidade de água no solo para a cultura e a performance do equipamento. Detalhe especial foi dado ao estudo da uniformidade de emissão de água no campo como também o perfil de distribuição de água do microaspersor utilizado.

O pomar localiza-se no Campo de Pesquisa Hidroagrícola do Pinhal (CAPIN), no Estado de São Paulo, a 22°40' de latitude sul e 47°20' de longitude a oeste de Greenwich, no município de Limeira. O solo é do tipo litólico com textura bastante

variada e inclinado. O clima é Cwa, segundo a classificação de Köeppen. As plantas tem como porta-enxerto o limão Cravo (*Citrus limonia*, OSBECK) e a copa o limão tahiti, com 3 anos e meio de idade, anteriormente não era irrigado. A área total do pomar era de 2 hectares e com 11% de declividade.

O sistema de irrigação era por microaspersão com cabeçal de controle, linhas laterais de distribuição de polietileno e linha principal de PVC. Os microaspersores fabricados pela ASBRASIL, é do tipo autocompensante com bailarina, funcionando a uma pressão de serviço de 25 a 40 M.C.A. e uma vazão de aproximadamente 73 litros/hora. A intensidade de aplicação do microaspersor ao longo do raio variou bastante entre os locais estudados e apresentaram coeficientes de variação (CV) entre 40 a 75,8% para praticamente uma mesma vazão.

O estudo do sistema radicular foi feito pelo método do trado, tendo sido tomadas amostras do solo contendo as radículas a distancias de 70, 140, 210, 280 e 350 cm do tronco. Em cada um desses pontos as amostras foram tomadas até a profundidade de 60 cm. Os resultados mostraram que 74,1% das radículas estavam na profundidade de 0 a 30 cm e que o restante está na profundidade de 30 a 60 cm. Nessas camadas a maior porcentagem das radículas está na faixa de 70 a 140 cm de distancia do tronco.

Durante um ano foi feito o acompanhamento sistemático da umidade do solo, através do método gravimétrico, em 4 locais, e tensiométrico, em 3 locais. O controle foi nas profundidades de 0 a 15 cm, 15 a 30 cm, 30 a 60 cm de

profundidade a 70 cm do tronco, onde se concentra o sistema radicular.

O balanço hídrico foi restrito a distancia de 70 cm do tronco e a profundidade de 0 a 60 cm.

Os valores do coeficiente de cultura (kc), provenientes de ambos os métodos, denominou-se de kc operacional que variou de 0,61 a 0,90 durante o ano. No verão o coeficiente obtido variou de 0,76 a 0,77, no outono até final de inverno de 0,90 a 0,73 e na primavera de 0,99 a 0,84.

Através do manejo empregado obteve-se produção de frutos de junho a agosto, considerado fora de época. Os resultados observados na presente pesquisa indicam que a irrigação pode ser de grande valia para o produtor para a regularização da oferta de frutas no mercado.

STUDY OF BASIC PARAMETERS FOR A TAHITI LEMON ORCHARD IRRIGATED BY MICROASPRINKLER.

Author : TULIO ASSUNÇÃO PIRES RIBEIRO

Adviser : PROF. DR. DIRCEU BRASIL VIEIRA

SUMMARY

The present work studies some basic parameter used in water management of lemon orchard irrigated by microsprinkler. Those parameters are root systems distribution, soil's characteristics and moisture control, water consumption and to the equipment's performance, such as water distribution's profile and emission uniformity under field conditions.

The orchard is located at Pinhal Hydroagriculture Research Field (CAPIN), in the State of São Paulo, at latitude 47°20' S and longitude west of Greenwich, in Limeira's area.

The soil is litholics type with variable texture and slope of 11%. The climate is Cwa type, by KÖEPPEN'S classification.

The plant are Tahiti with over cravo's lemon (*Citrus limonia*, OSBECK), with three and half years of age, no irrigated previosly.

A 2 hectare microirrigation system has control head filters, main and lateral lines of PVC. The microsprinklers are self-compensated models manufactured by ASBRASIL S.A., with working pressure of 25 to 40 mca and the outflow of approximately 73 liter/hour. The application intensity of the microsprinkler along the radius showed variable distribution within the wetted area for different levels in the orchard. The coefficient variation (CV) were between 40 to 75.8% for basically the same outflow. However, outflow was not affected by pressure variation.

The study of root systems were made by auger method. Soil sample with root were taken at 70, 140, 210, 280 and 350 cm of the trunk.

The results showed that 74,1% of the root were at the depth of 0 to 30 cm and the rest were at the depth of 30 to 60 cm. In these layers the higher percentage of the root were in an area of 70 to 140 cm of distance from the trunk.

During one year, were systematically accompanied the wetness of the soil, through the gravimeter method, in 4 different places, and tensiometer method in 3 different places. The control was 0 a 15 cm, 15 to 30 cm and 30 to 60 cm deep and 70 cm far from the trunk, where root system is concentrated.

The hydric balance was restricted to 70 cm of distance from the trunk and 0 a 60 cm of depth.

The values of the culture coefficient from both methods, was denominated k_c operational, and varied from 0,61 to 0,90 during one year. In the summer, the coefficient obtained varied from 0,76 to 0,77. In the fall, until the end of the

winter, it varied from 0,90 to 0,73 and in spring from 0,79 to 0,84.

Through this management obtained the production of fruit from june to august, what is considered out of season. The observed results in the present research indicate that irrigation can be very useful to the producer and to the regularization of fruit offering in the market.

1. INTRODUÇÃO

A irrigação, na maior parte das zonas citrícolas brasileiras, tem sido uma técnica de caráter suplementar. Sua finalidade é corrigir a distribuição irregular das chuvas, a fim de evitar o déficit hídrico durante o ciclo vegetativo da cultura. Dessa forma, a irrigação possibilita uma estabilidade na produção da cultura em níveis médios mais elevados.

A princípio, a irrigação teve o seu desenvolvimento limitado ao emprego dos métodos de aplicação por superfície, sulcos, de infiltração e inundação, cuja utilização está condicionada à topografia e à natureza do solo. Tais métodos, devido a sua baixa eficiência de irrigação, exigem grandes quantidades de água.

Atualmente com a existência de uma ampla oferta de equipamentos modernos, o sistema de irrigação localizada por microaspersão vem gerando um grande interesse pelos citricultores e fruticultores em geral. Este fato fez com que este tipo de equipamento fosse bastante difundido nos últimos anos, estendendo sua aplicação à irrigação em pomares cítricos, hortaliças, viveiros e estufas.

O elevado grau de desenvolvimento que o sistema tem atingido nos

últimos anos, se deve principalmente às seguintes vantagens, mencionadas por FISHER (1977) e KOEKEMOER (1979):

- economia de água e energia;
- elevada eficiência do sistema;
- uniformidade de aplicação de água;
- filtragem de baixo custo;
- possibilita a fertirrigação;
- independe da topografia e tipo de solo;
- elimina perigos de erosão;
- fácil localização de microaspersores entupidos;
- não interfere no tratamento fitossanitário;
- exige pouca mão-de-obra.

FOUCHÉ *et alii* (1979), estudando comparativamente a irrigação por microaspersão, aspersão, gotejamento e tubos perfurados, em cultura de laranja, concluíram que, em se tratando de produção por volume de água, o gotejamento e a microaspersão levaram a melhores resultados, porém a melhor qualidade de frutos foi obtida com a microaspersão.

Conforme estudo já realizado por ARRUDA *et alli* (1984), os sistemas de irrigação localizada proporcionam melhor suprimento de água às plantas, que resulta um maior desenvolvimento vegetal, elevação da produtividade, melhoria na qualidade dos frutos e a possibilidade de produção fora de época.

Uma limitação a nível de um projeto eficiente e bem elaborado, baseia-se no monitoramento sistemático dos fatores de solo, clima, planta e hidráulica do sistema de irrigação utilizado. Portanto a presente pesquisa torna-se necessária devido aos seguintes fatores:

- avaliar a performance do equipamento de rega, para constatar-se que realmente a eficiência de funcionamento do sistema esta de acordo com o catálogo do fabricante;
- orientação do irrigante e dos técnicos, com o objetivo de orienta-los para a agricultura irrigada, a fim de que possam aplicar corretamente a água necessária, realizar a adequada manutenção dos componentes, garantindo desta forma uma boa eficiência de irrigação;
- fazer sistemas de controle das aplicações de água, no sentido de que sejam feitas nos momentos certos, sem riscos de excessos ou deficiência, que sempre são prejudiciais a cultura irrigada.

Segundo VIEIRA (1984) é importante que a pesquisa forneça ao projetista e ao usuário de irrigação informações básicas para elaboração do projeto e do programa de manejo. Nesse contexto é importante determinar os parâmetros de citricultura irrigada que propiciem um melhor projeto e manejo.

Entre os parâmetros básicos necessários, indicados por VIEIRA (1988), destacam-se: consumo de água pela planta, turno de irrigação, potencial matricial crítico, distribuição das raízes, profundidade efetiva de irrigação para citros, coeficiente de cultura (K_c) e uniformidade de emissão.

O levantamento dos elementos técnicos de um projeto instalado

numa região citrícola, dará uma efetiva contribuição para o aprimoramento da citricultura irrigada, proporcionando ao citricultor um investimento mais seguro. A irrigação, mesmo sendo feita empiricamente, pode e tem dado bons resultados, desde que os erros mais elementares sejam minimizados. Contudo na agricultura moderna, uma técnica de alto custo como a irrigação só se justifica quando utilizada de forma adequada para seu uso eficiente e racional.

O presente trabalho tem por objetivo realizar um estudo nos parâmetros básicos para a elaboração de um projeto e estudar um programa de manejo de água na cultura do limão tahiti na região de Limeira no Estado de São Paulo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A citricultura paulista

Segundo AMARO (1991), o Brasil é atualmente o maior produtor mundial de citros, seguido pelos Estados Unidos. A cultura encontra-se disseminada por todo o território nacional, com grande importância econômica e social para diversos estados, onde se situa entre as dez principais culturas.

De acordo com os dados do Instituto de Economia Agrícola de São Paulo (IEA), São Paulo responde por três quartos da produção e da área dedicada à citricultura no Brasil.

Nos últimos quinze anos a cultura de citros experimentou notável desenvolvimento graças à adoção de melhor tecnologia na produção dos pomares, ao maior potencial genético representado pelos clones nucelares e ao programa de plantas matrizes selecionadas, tendo a produção cítrica se elevado para 324 milhões de caixa em 1989 (AMARO, 1991).

O mesmo autor cita ainda que no caso do limão, o número de pés novos vai decrescendo de 1976 a 1980, para novamente passar a se elevar pelo grande

interesse de plantio da variedade tahiti, em substituição ao galego.

VIEIRA (1988), cita que devido aos altos preços atingidos pelo limão tahiti nos grandes centros consumidores durante os segundos semestre, em decorrência da menor quantidade ofertada (entressafra), fez com que a irrigação se tornasse uma prática mais freqüente entre os citricultores paulistas.

O clima nas regiões produtoras de citros no Estado de São Paulo, caracteriza-se por um curto período frio e seco no meio do ano, seguido de um período longo, que é quente e úmido, segundo SETZER (1966). CAMARGO *et alli* (1974), comparando os climas do Estado de São Paulo, afirmam que o tipo que corresponde a maior área é o Cwa segundo a classificação de KÖEPEN. Toma toda a parte central do planalto pelo clima tropical de altitude, com o inverno seco e verão quente.

Os pomares de citros, segundo MOREIRA (1979), e MOREIRA (1980), inicialmente foram plantados na região de Limeira, em solos relativamente férteis, expandiram e passaram a ser plantados em solos até então ocupados por vegetação de cerrado. Segundo LEPSCH (1972), os solos de cerrados são profundos, textura predominantemente arenosa, alta acidez e baixa fertilidade. Para RODRIGUEZ (1980), "as plantas cítricas se adaptam muito bem a esse tipo de solo, mediante ao suprimento de suas necessidades nutricionais com adubos químicos, auxiliados, algumas vezes com adubação orgânica."

O limoeiro cravo (*citrus limonia* - OSBECK) passou a ser grandemente utilizado como porta-enxerto em São Paulo, dadas as suas boas qualidades

em relação a formação da planta e resistência a certas doenças. O porta-enxerto limão cravo tem, grande importância para a citricultura brasileira, como observa POMPEU JR. (1980). Constitui atualmente quase que o único porta-enxerto sobre o qual se apoia a citricultura brasileira ". AMARO (1991), calculou que o porta-enxerto do limão cravo represente cerca de 90% do total de pés plantados no estado de São Paulo, seguido pela tangerina cleópatra e pelo trifoliata.

2.2 Irrigação localizada

A irrigação localizada, de acordo com VERMEIREN e JOBLING (1980), foi utilizada primeiramente em estufas na Inglaterra, por volta de 1940, e em culturas abertas em Israel a partir de 1950, porém sua importância comercial se acentuou de 1960 em diante com o desenvolvimento de tubos e acessórios plásticos.

A diferença fundamental entre o método de irrigação localizada e outros métodos, está no uso do solo como um reservatório minimizado. A umidade do solo na zona radicular é mantida próxima à capacidade de campo, procedendo a aplicação de lâminas com pequena intensidade e com elevada frequência. Esse conceito, junto com o desenvolvimento da tecnologia do uso do plásticos na agricultura, levou à criação de um sistema onde as taxas de irrigação são mínimas, e aplicadas a uma frequência bastante grande, fazendo com que se minimizassem os custos com tubulações (diâmetros pequenos), energia (pequenas pressões de trabalho) e mão de obra.

A irrigação localizada consiste na aplicação de água molhando

apenas parte ocupada pelo sistema radicular das plantas. Nesse método a água é aplicada de uma forma constante, lenta e a baixas pressões, através de pequenos componentes mecânicos, tais como: os gotejadores, os difusores ou microaspersores localizados ao longo da linha da cultura (sistema de distribuição de água), de tal forma a manter a umidade do solo elevada próximo das raízes.

Segundo AZEVEDO (1986), os métodos de irrigação localizada que tem o solo como principal meio de propagação, não são indicados para solos arenosos, porque a área molhada pelo emissor é pequena, e a infiltração vertical é grande, promovendo perdas de água por percolação. O mesmo autor salienta que o sistema de irrigação localizada por microaspersão o meio de propagação é o ar, a área molhada é definida pelo emissor e a distribuição da umidade lateral pouco depende (ou independe) das características do solo, mas sim da uniformidade de aplicação de água do microaspersor, o que possibilita um melhor ajuste da área úmida à área do sistema radicular. Sendo este o principal ponto de contraste entre os tipos de sistemas de irrigação localizados por microaspersão e por gotejamento.

De acordo com TESSLER (1986), o sistema de microaspersão, vem cobrir alguns pontos onde o gotejamento não vinha correspondendo adequadamente.

FISCHER (1977) observou que no sistema de irrigação por microaspersão, a velocidade de escoamento é maior, o que reduz a sedimentação das partículas coloidais nas paredes dos tubos, diminuindo o entupimento do sistema. A seção de saída de água, geralmente maior que a do sistema por gotejamento, permite o

emprego de filtros mais simples, apenas de telas metálicas, dispensando, portanto, os de areia.

PUEYA e FORCADA (1982) observam que entre os sistemas de irrigação localizada ficam bem diferenciados o gotejamento e a microaspersão, sendo que as diferenças fundamentais são:

- o gotejamento aplica água em pontos, ao passo que a microaspersão molha regiões circulares;
- o gotejamento utiliza vazões mais baixas que a microaspersão, logo no gotejamento as tubulações são de diâmetros menores que em microaspersão.

2.3. Hidráulica dos microaspersores

A relação entre vazão e pressão na entrada do microaspersor, a perda de carga localizada na sua inserção na linha lateral, o tamanho e forma de seção de passagem da água nele existente, o alcance e intensidade de precipitação constituem as características hidráulicas do microaspersor. Tais características, segundo GILAAD *et alii* (1974), são influenciadas pela geometria, pelo processo de fabricação, pelo material e pelo método de instalação do microaspersor na linha lateral.

BRUWER *et alii* (1979) citam que vários tipos de microaspersores foram desenvolvidos nos últimos anos, objetivando dar vazão e distribuição precisa associadas a um mecanismo durável, podendo-se encontrar uma série de opções adaptáveis a vários delineamentos de culturas.

SADAN e SHANI (1983), em seus estudos sobre testes de avaliação da uniformidade de distribuição de água de microaspersores e microjets, concluíram que o uso destes testes é necessário para as seguintes propostas:

- a) definir a eficiência da irrigação
- b) determinar a dosagem máxima de água a fim de prevenir a perda de água e fertilizantes por percolação
- c) facilitar a escolha dos emissores oferecidos pelos fabricantes, usando como critério de seleção o coeficiente de variação
- d) facilitar a escolha dos emissores oferecido pelo mesmo fabricante, usando o mesmo critério.

Os mesmos autores consideraram que um coeficiente de uniformidade de 84% de Christiansen é equivalente a um coeficiente de variação de 20%, que corresponde a uma elevada uniformidade de distribuição de água na irrigação por aspersão, desde que não haja sobreposição. Um coeficiente de variação de 30% é considerado um limite razoável para um sistema de microaspersão.

POST *et alli* (1984) fizeram a avaliação de 7 microaspersores usando o método das características de distribuição (DC) de MERRIAM e KELLER (1978). O procedimento proposto por MERRIAM e KELLER para avaliação é definido como sendo o recobrimento do microaspersor e não o insignificante recobrimento que é utilizado na avaliação de aspersores para a cálculo da estimativa da uniformidade de distribuição (DU) e das características de distribuição (DC), respectivamente. Nesta

avaliação todos os microaspersores apresentaram resultados insatisfatórios. Portanto POST *et alli* (1984) concluíram que a metodologia de MERRIAM e KELLER (DC) era inadequada na determinação da uniformidade de aplicação (AU) ou que os 7 microaspersores certamente tinham uma uniformidade de aplicação insatisfatória.

NAKAYAMA e BUCKS (1986) apontam que muitos fatores contribuem para a precisão com que a água é aplicada às plantas no sistema de irrigação por microaspersão, sendo que o componente mais crítico do sistema é provavelmente o emissor.

Segundo ARMONI (1986), na irrigação por aspersão uma determinada disposição dos aspersores pode não atingir o nível desejado de uniformidade. Tal situação pode ser alterada pela mudança do espaçamento ou pelo acréscimo de um segundo bocal ao aspersor. Já na microaspersão a situação é totalmente diferente, pois a água é aplicada diretamente ao solo com praticamente nenhum recobrimento.

NOGUEIRA (1989), através do estudo da distribuição de água de microaspersores encontrou uma baixa uniformidade de distribuição nos microaspersores DUTOFLEX e ASBRASIL com asa giratória. Os valores baixos foram devidos à forma não circular de distribuição da precipitação dos microaspersores, que apresentaram concentração de água ocorrida em alguns pontos. Este fato inviabiliza o uso dos microaspersores em sobreposição.

Nos estudos realizados por NASCIMENTO *et alli* (1991), os

microaspersores Dantas MA 070, Jatíssimo e Asbrasil com bailarina, quando associado à variação de pressão ao longo da linha lateral, pode comprometer bastante o manejo de água desses sistemas de irrigação.

2.4. Uniformidade de emissão de água

CHRISTIANSEN (1942), trabalhando com irrigação por aspersão sugeriu um critério, que se tornou bastante utilizado, conhecido como coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). Este coeficiente é uma medida de dispersão, sendo definido como:

$$CUC = 100 * \left(1 - \frac{\sum_{k=1}^N (X_i - \bar{X})}{N * \bar{X}} \right) \quad (1)$$

onde, X_i é o valor de precipitação observado em cada ponto, \bar{X} é a média dos valores observados e N o número de observações.

CHRISTIANSEN indica como aceitáveis valores de (CUC) iguais ou maiores que 80%.

O desempenho de um sistema de irrigação localizada está rigorosamente associado com a capacidade do sistema em aplicar água de uma maneira uniforme e controlada na cultura (HAMAN *et alli*, 1990).

SAMNIS *et alli* (1985) em estudos, concluíram que, a média de produção de uma cultura que está sendo irrigada por um sistema de irrigação localizada

é afetado pela uniformidade de emissão de água no campo. A uniformidade de emissão (E_u) de água é um parâmetro estatístico muito importante porque fornece uma indicação das diferenças entre as descargas de água direta dos emissores do sistema de irrigação localizada.

HANDLEY *et alli* (1983) avaliaram 112 sistemas de irrigação localizada, incluindo 15 diferentes tipos de emissores e concluíram que 62% dos sistemas instalados foram de níveis bons a excelentes. O critério de classificação utilizado pelos autores foi o seguinte:

- E_u maior que 90%, excelente
- E_u entre 80 a 90%, bom
- E_u entre 70 e 80%, satisfatório
- E_u menor que 70%, pobre

Dos sistemas que apresentaram E_u menor que 80% (satisfatório a pobre), metade apresentou problemas com pressão. Destes 20% dos problemas de pressão se devem ao inadequado comprimento das linhas laterais.

WU e GITLIN (1974) desenvolveram um método gráfico para cálculos de linhas laterais, baseado no critério de permitir uma variação na vazão dos emissores aceitável de 20% e desejável de 10%.

MICHAEL (1978) admite um critério menos rígido que outros autores, permitindo variação na vazão entre emissores de até 20%.

BRUWER *et alli* (1979), VERMEIREN e JOBLING (1980) e

PUEYO e FORCADA (1982) adotam o critério de dimensionamento semelhante a KELLER e KARMELI (1974), ou seja, a máxima variação entre emissores funcionando simultaneamente deve ser de 10%.

O PNB 12:02.08-022, da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (1986), apresenta a seguinte classificação para os emissores, de acordo com o valor do coeficiente de variação.

| C.V. | Classificação |
|-------------|---------------|
| < 0.10 | bom |
| 0.10 - 0.20 | médio |
| 0.20 - 0.30 | marginal |
| > 0.30 | inaceitável |

Quando a uniformidade de emissão de água é seriamente reduzida, o sistema requer mais água para se obter uma irrigação satisfatória (MARSH, 1978). Isto causa uma redução na eficiência do sistema de irrigação, sendo um dos pontos fortes que tem preocupado os agricultores e adeptos do sistema de irrigação localizada.

Os projetos de sistemas de irrigação localizada baseados no critério de uniformidade de emissão tem sido mostrado por muitos pesquisadores como MYRES e BUCKS (1972), e HOWELL e HILER (1974^{a,b}). Segundo KELLER E KARMELLI (1974) a uniformidade de emissão é usado na determinação da lâmina bruta de irrigação, intervalo de irrigação e capacidade do sistema de irrigação localizada.

A aplicação uniforme de um sistema de irrigação localizada pode

ser quantificado pelo coeficiente de uniformidade estatístico (Us). A definição do coeficiente de uniformidade estatística é:

$$U_S = 1 - V(t) \quad (2)$$

onde, $V(t)$ é o coeficiente de variação da taxa de vazão do emissor, dado pelo desvio padrão da taxa de vazão, dividido pela taxa média de vazão do emissor (BRALTS *et alli*, 1981).

O coeficiente de variação da taxa de vazão do emissor, $V(t)$ pode ser determinado pelo conhecimento do coeficiente de variação hidráulico $V(h)$ e o coeficiente de variação do fabricante $V(m)$ (BRALTS *et alli*, 1981), ou pela medição de campo usando o método descrito por BRALTS e KESNER (1983).

A variação da vazão do emissor ($q_{var(h)}$), em l/h, calculado à partir do projeto hidráulico é determinado por:

$$q_{var(h)} = \frac{q_{max(h)} - q_{min(h)}}{q_{max(h)}} \quad (3)$$

onde,

$$\begin{aligned} q_{var(h)} &: \text{variação da vazão do emissor} \quad (l/s) \\ q_{max(h)} &: \text{máxima vazão do emissor} \quad (l/s) \\ q_{min(h)} &: \text{mínima vazão do emissor} \quad (l/s) \end{aligned}$$

WU *et alli*, (1974) em seus estudos concluíram que a relação entre $q_{var(h)}$ e $V(h)$ baseia-se no perfil da pressão que é:

$$V(h) = 0.353 \sigma_{var(h)} + 0.198 (\sigma_{var(h)})^2 \dots \dots \dots (*) \quad (4)$$

O coeficiente de determinação da equação é 0.99 para $q_{var(h)}$ entre 0 a 70 %. A variação de vazão do emissor devido ao projeto hidráulico é geralmente estabelecido em torno de 10% ou 20%, o qual é equivalente para um coeficiente de variação hidráulico ($V(h)$) de 3.7 a 7.8%.

BRALTS *et alli* (1981) mostraram que o resultado da variação total da uniformidade de fabricação do fabricante ($V(m)$) e do projeto através do coeficiente hidráulico ($V(h)$) podem ser combinado através da equação:

$$V(t) = \sqrt{V(h)^2 + V(m)^2} \quad (5)$$

onde os valores de $V(h)$ e $V(m)$ são independentes e $V(t)$ é o valor da variação total do emissor.

A uniformidade de emissão depende das características hidráulicas e de sua variação no sistema de irrigação. Dois são os principais componentes: variação da pressão hidráulica e uniformidade de fabricação dos emissores. O componente hidráulico inclui o efeito da vazão total e obstruções parciais dos emissores (BRALTS *et alli*, 1981).

A variação de fabricação do emissor é um importante fator que influencia a uniformidade de distribuição de água e, portanto na eficiência do sistema de irrigação utilizado (SOLOMON, 1979).

Segundo MYERS e BUCKS (1972), a vazão dos emissores em um

sistema de irrigação por microaspersão varia das vazões nominais por três motivos: imperfeições no processo de fabricação, entupimento e variações de pressão que ocorrem ao longo da tubulação.

Através desta teoria BRALTS e KESNER (1983), desenvolveram um programa de computador, que através de medições de campo pode-se fazer uma estimativa do valor do coeficiente de uniformidade de emissão do equipamento com um limite de confiança de 95%, sendo que para valores acima de 85% os coeficientes foram considerados altamente satisfatórios.

Segundo levantamento feito pelo CNEA (Guia Rural, 1987), constatou-se que apenas 3% dos fabricantes nacionais de equipamentos de irrigação localizada mantêm um nível confiável de qualidade.

Nascimento *et alli* (1991), fizeram a avaliação do coeficiente de uniformidade de fabricação (CVF) de sete modelos de microaspersores nacionais. Eles concluíram que, segundo as normas da ABNT, os modelos Dantas MA 120, Soif e Asbrasil, modelos com difusor circular e difusor setorial, foram classificados como bons, por terem $CVF < 10\%$, enquanto que os microaspersores Dantas MA 070, Jatíssimo e Asbrasil com bailarina foram classificados como médios por terem apresentado o CVF no intervalo de 10 a 20%.

NOGUEIRA (1989), em seu trabalho conclui que os microaspersores Dantas MA-070, Dantas MA-120 e Asbrasil com difusor apresentaram bons coeficientes de variação de vazão segundo a norma da Associação Brasileira de

Normas Técnicas - ABNT, enquanto que os microaspersores Dutoflex e Asbrasil com asa giratória apresentaram valores médios de coeficientes.

2.5. Estudo do sistema radicular

Segundo, MONSELISE (1947) e MARLOTH (1950), em irrigação, o conhecimento da distribuição das raízes da planta é muito importante pois dessa distribuição dependerá a camada de solo que deverá ser irrigada.

KIMBALL *et alli* (1951), afirmam que a maioria das raízes de citros ocorrem na camada superficial de, aproximadamente 60 cm.

FORD (1953) em estudos quantitativos da distribuição do sistema radicular dos citros em diferentes profundidades em solos arenosos da Flórida mostraram que as raízes, sob certas condições, chegaram a atingir 5 metros de profundidade e não apenas 1.20 metros, como se supunha. Nesta mesma pesquisa descobriu-se que rizomas de árvores de limão rústico cresceram em solo de areia fina bem drenado e apresentaram-se 50% de radículas do sistema radicular abaixo de 76.2 cm e 15% abaixo de 22.54 cm.

FORD (1954^b) mostrou a influência da profundidade da camada freática e de sua variação anual na quantidade de distribuição das radículas de laranjeiras.

BALDINI (1957), usando o método de escavação, estudou em dois pomares de Catania (Sicília, Itália), raízes de citros Ovale e "Sanguinelo" e de Mandarineira "Avana" todas sobre porta-enxerto de laranja "Azeda" (*Citrus aurantium L.*), estando as mandarineiras com 15 anos e as laranjeiras com 35 anos de idade. Em

ambos casos, encontrou a maior concentração de raízes nas profundidades de 10 - 20 cm, seguida da profundidade de 20 - 70 cm. Na profundidade de 0 - 10 cm encontrou numerosas radículas, porém, com distribuição desuniforme ao redor da planta. As raízes aprofundavam até 1.20 metros e horizontalmente, se estendiam num raio de 4 metros ao redor do tronco. Nas plantas mais velhas o sistema radicular era mais profundo, chegando a 1.70 metros.

FORD (1959) mostra em seu trabalho que a distribuição das raízes pode ser influenciada por uma camada de adensamento (argila) no subsolo. Nas condições do experimento, essa influência aparece quando a camada de adensamento apresenta mais de 28% de argila.

CAHOON e STOLZY (1960), na California, estudando a distribuição das raízes em pomar de citros irrigado, encontraram-se estreita correlação direta, com a umidade do solo. Em 3 tipos de solos que estudaram, encontraram sempre a maior quantidade de raízes e a maior umidade do solo nas camadas superficiais, acima de 60 cm. Dessa profundidade em diante há sempre, queda acentuada das duas variáveis.

MONTENEGRO (1960), constatou que a distribuição horizontal das raízes ocorreu num raio de 2 metros, a partir do tronco, se encontrava 75% a 94% das radículas. Quanto à profundidade constatou que, em árvores de 10 anos, 90% das raízes estão na camada do solo que vai da superfície à profundidade de 60 cm e que, para árvores de 23 anos, 90% das raízes estão na camada que vai da superfície até 90 cm de profundidade. O autor constatou, ainda que : "o solo mostrou influenciar não

somente o vigor do raizame (peso de radículas) como também a distribuição do mesmo.

WELLER (1971) estudou a distribuição de raízes em árvores adultas de maçã "Goldin Winter Pearmain" e "Boskoop" e constatou que a distribuição variou em função do tipo e perfil do solo.

MELADO e CABALLERO (1974), na Espanha, estudaram a distribuição das raízes absorventes de plantas cítricas com o uso de radioisótopos e encontraram a maior absorção do P-32 na profundidade de 0 - 30 cm, sendo que, para as árvores de 7 a 14 anos, a maior absorção ocorreu quando P-32 estava à distância de um metro do tronco e, nas plantas mais velhas, com trinta anos de idade, a três metros do tronco.

RODRIGUEZ *et alli* (1978), no estado de São Paulo, estudaram o sistema radicular de três porta-enxertos de citros, desde a idade de 3 meses até a idade de 36 meses. Constataram que a maior quantidade de raízes na camada superficial do solo de 0 - 10 cm foi de 41%, 33% e 28% de raízes, respectivamente para o Trifoliata, Cravo e Caipira; até 50 cm de profundidade, estavam 91% das raízes do Trifoliata, 81% da Caipira e 79% do Cravo.

Segundo CAIXETA (1979), as plantas cítricas possuem sistema radicular menos profundo do que as demais frutíferas, geralmente 70% delas encontram-se nos primeiros 60 cm do perfil do solo e conseqüentemente a depleção de água na zona radicular é mais rápida, tornando essa cultura bastante vulnerável a períodos de seca.

WORDS (1979) estudou a distribuição do sistema radicular da

macieira em plantas irrigadas por gotejo colocado a 1.25 e 2 metros do tronco, na linha de plantas. Verificou que para o gotejador colocado a 1.25 metros do tronco as raízes foram encontradas até 1.70 metros do gotejador. No gotejo colocado a 2 metros do tronco, a concentração de raízes foi menor que o tratamento anterior, porém, estas se estenderam até 2.25 metros do gotejador. Esses resultados evidenciam que a distribuição do sistema radicular dentro de certos limites pode ser alterado pelo uso da irrigação.

PACE (1979) através do estudo da distribuição do sistema radicular de porta-enxerto cítricos em solos podzolizados concluiu que para cálculos de irrigação, recomenda-se que o volume de água a ser adicionado por planta seja baseado nos primeiros 30 cm de profundidade do solo. O local de administração desta água pode ser variável segundo o porta-enxerto em uso e as facilidades locais. Para o porta-enxerto do limão Cravo segundo o autor, a água deve ser colocada preferencialmente sob a projeção da copa, nas condições do Rio de Janeiro.

VIEIRA (1984), ao final de seu trabalho, enumera sob o título "Problemas a pesquisar" em quatro itens, sendo um deles o seguinte: Profundidade efetiva das raízes para cada variedade (combinação copa-porta-enxerto).

MOREIRA (1983), conclui em seu estudo que as radículas do limoeiro Cravo estavam localizadas superficialmente, existindo, aproximadamente, 50% delas nos primeiros 15 cm do solo e mais 10% até a profundidade de 30 cm.

Segundo ORLOV (1985), em seu trabalho "Manejo e controle de irrigação em plantações de árvores frutíferas", diz que a estrutura do solo influencia

muito sobre a capacidade das árvores de aprofundarem as raízes. Em uma camada de solo compactada ocorre uma dificuldade na penetração das raízes. O mesmo se dá, para uma camada de solo não drenado, na qual existem condições de aeração deficiente, que provoca um desenvolvimento limitado da planta que é afetado por causa do sistema radicular.

VIEIRA (1991), cita que a profundidade de irrigação para pomares de cítricos varia de 50 a 60 cm, sendo maior em terrenos mais arenosos. Profundidades maiores, erroneamente adotadas por alguns, propiciam maior intervalo de irrigação, todavia comprometem o seu benefício, pois a profundidade efetiva das raízes de plantas cítricas não ultrapassa esse valor.

2.5.1. Peso das raízes

BÖHM (1979) diz que o peso da raiz é o parâmetro mais comum para o estudo do crescimento da raiz, em resposta ao meio ambiente. Geralmente as raízes lavadas são secadas e determinado o seu peso. Informa o autor que o peso seco deve ser preferido, pois muitas informações concernentes ao crescimento e função de raízes é baseado nele por ser o mais preciso e amplamente aceito; por isso, pode ser validamente comparado.

SCHURMAN e GOEDWARGEN (1971), citados por BÖHM (1979), afirmam que para a determinação do peso seco as raízes podem ser secadas à temperatura de 60 a 75 graus Celsius. Trabalhando nessa faixa de temperatura há

necessidade de tempo mais longo do que quando se utiliza 105 graus celsius. Porém, à temperatura mais baixa evita-se que as raízes sejam muito fragmentadas.

2.6. Balanço hídrico

Para a manutenção da umidade do solo em níveis ótimos de armazenamento, através da irrigação ou da drenagem, é necessário caracterizar o sistema solo-planta-atmosfera que interfere no balanço hídrico da cultura (SAKAI, 1989).

Vários métodos existem que permitem estimar as necessidades hídricas de uma cultura, tais como: balanço hídrico de Thornthwaite-Mather 1955, balanço de energia, balanço no campo, método de Penman-Monteith, tanque classe A, entre outros (BRUNINI, 1987).

2.6.1. Balanço hídrico de campo

O balanço hídrico de campo é um método para avaliar, em determinado período, os processos de fluxos de água em um solo, cultivado ou não (HILLEL, 1971). Seus componentes são os seguintes: precipitação, irrigação, escoamento superficial, drenagem profunda, evapotranspiração e variação do armazenamento de água no solo. Cada um deles é apresentado em forma integral ou diferencial, numa equação baseada no princípio da conservação da matéria (HILLEL, 1980, e OMETTO, 1981).

Segundo VILLA NOVA e SCARDUA (1984), os métodos do balanço hídrico segundo THORNTHWAITE-MATHER (1955) e de campo, baseiam-se

no balanço de massa (água) em um determinado volume de solo. O método do tanque classe A, baseia-se na evaporação de uma superfície livre de água e transformação em evapotranspiração de cultura através de coeficientes apropriados.

Visando facilitar a elaboração do balanço hídrico, BARBIERI e MANIERO (1984) estabeleceram um programa para calculadora HP 85, utilizando dados de precipitação pluviométrica, evaporação do tanque classe A, e quando necessário a água aplicada através da irrigação complementar. Também foram utilizados coeficientes do tanque (K_p) e de cultura (K_c) como auxiliares para corrigir a evaporação do tanque em relação à evapotranspiração máxima, armazenamento de água no solo, precipitação efetiva hídrica e o somatório da precipitação e irrigação efetiva.

2.6.2. Drenagem profunda

Na elaboração dos balanços hídricos, a maior dificuldade encontra-se na estimativa da drenagem profunda, obtida à partir da interação de fluxos calculados segundo a equação de Darcy, por existir várias dificuldades na sua aplicação (REICHARDT, 1985), citado por "REICHARDT *et alli*, 1979."

Neste mesmo trabalho de 1979, os autores desenvolveram um estudo da dinâmica da água no solo, em Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa, cultivado com milho. Os resultados alcançados evidenciaram altos valores de percolação profunda, os quais podem ter importância na lixiviação de fertilizantes, nutrientes do solo e, principalmente herbicidas que pode se agravar com as ocorrências de pluviosidades

excessivas.

Segundo SILVEIRA e STONE (1979), o valor da drenagem profunda não pode ser desprezado em estudos de balanço hídrico quando se deseja aumentar a eficiência de uso da água.

KOO e SITES (1955) em uma quantidade de estudos da perda de água em árvores de "grapefruit" sobre um período de 15 meses através da medição sistemática da umidade do solo descobriu que 58% da umidade do solo foi removida através da transpiração das árvores. Drenagem profunda contou com 29% da perda de água e o resultante dos 13% foi perdido através da evaporação.

HASHEMI e GERBER (1967), concluíram que as variações da umidade do solo na profundidade entre 1.80 a 2.15 metros eram devido as épocas do ano onde ocorriam fortes chuvas que causavam percolação profunda. Outra possível fonte de erro no balanço hídrico foi devido a formação de orvalho, que não foi contabilizado no cálculo da evapotranspiração do citros.

PAULA SOUZA *et alli* (1979) calcularam a drenagem profunda em terra roxa estruturada numa cultura de feijão, na profundidade de 120 cm, observando que no período úmido ela foi responsável por 58.7% da contabilidade da água e, no seco, por 6.6% apenas.

BRUNINI *et alli* (1981), através da moderação de neutrons determinaram o balanço hídrico no campo, para dois cultivares de arroz sob duas densidades de plantio, encontrando valores menores de evapotranspiração para a

densidade menor. Seus resultados também indicam que a drenagem profunda é um parâmetro importante a ser determinado nesse tipo de estudo.

SILVA & MILLAR (1981) obtiveram o balanço hídrico da cultura do feijão de corda em condições de 80 a 120 kg de N/ha. O componente drenagem profunda se apresentou insignificante na camada de 60 a 90 cm, devido ao fato das irrigações terem sido aplicadas somente nos primeiros 30 cm, e na ausência de chuva.

2.6.3. Evapotranspiração

Na prática a medida direta ou indireta da evapotranspiração máxima é feita, na maioria dos casos, pelos métodos gravimétricos, tensiométrico, sonda de neutrons, blocos de Boyoucos, etc., cada um deles reunindo uma série de vantagens e desvantagens (REICHARDT, 1987).

Segundo DOOREMBOS e PRUITT (1975), o método do tanque classe A é recomendado como o método de maior viabilidade prática na estimativa da frequência e da quantidade de aplicação de água através da irrigação, tendo sido proposto pela FAO junto aos métodos de Penman, Blaney-Criddle e Makking para estimativas da evapotranspiração com vista à práticas agrícolas.

VILLA NOVA e OMETTO (1975) consideram o tanque classe A de larga utilização para a determinação da evapotranspiração potencial e real. Através dele estima-se a ETP ou seja, a perda de água sofrida por uma superfície coberta de vegetação rasteira, em fase de desenvolvimento ativo, cobrindo totalmente o solo,

estando este nos limites ideais de umidade, para o desenvolvimento da planta. A ETP, através da utilização do tanque classe A é obtida mediante um coeficiente de conversão (K_p) definido como:

$$K_p = \frac{\text{Evapotranspiração (ETP)}}{\text{Evaporação do Tanque Classe A (ECA)}} \quad (6)$$

ou seja, $ETP = K_p * ECA$. Em várias partes do mundo, diversos pesquisadores revelam que o K_p varia em função da umidade relativa do ar, velocidade do vento e da forma pela qual o tanque é exposto sendo que ET (Evapotranspiração real) é dada pela equação: $ET = K_c * ETP$, onde K_c (coeficiente da cultura) depende da umidade do solo, estágio de desenvolvimento da cultura, tipo de cultura, condições climáticas e manejo.

Dados sobre a evapotranspiração de citros em regiões úmidas são muito limitados. A maioria foi obtida nos estados do oeste dos Estados Unidos (ERIE *et alli*, 1965; MACGILLIVRAY, 1975; HOFFMAN *et alli*, 1982) em regiões de climas áridos e subhúmidos.

HOFFMAN *et alli* (1982), citam que a falta de dados é decorrente do tamanho da cultura e do longo período de tempo necessário para se ter medidas mais precisas. No mesmo trabalho, os autores encontraram um valor anual da evapotranspiração de 1470 mm para citros maduros no Arizona e comparou com 990 mm encontrados por ERIE *et alli* (1965). A explicação de HOFFMAN para essa diferença pode ser explicada pelo método de irrigação. Irrigação mais freqüente resultou em mais água disponível para a planta e assim um maior valor de evapotranspiração.

WIEGAND e SWANSON (1982^{a,b,c}) e WIEGAND *et alli* (1982) mostraram que, dependendo do tratamento de irrigação, o consumo de água anual médio variou de 818 a 1191 mm (média de 1050 mm) para o grapefruit "Ruby Red", 686 a 1044 mm (média de 862 mm) para a laranja "Mars" e 846 a 1232 mm (média de 1066 mm) para a laranja Valência no período de 1969 a 1975.

Os métodos para a estimativa da evapotranspiração da cultura do citros que foram desenvolvidas em outras áreas do mundo não podem ser adaptado para as condições da Flórida. ROGERS e BARTHOLIC (1976) usaram a formula de Blaney-Criddle para estimar a evapotranspiração em citros. Os valores da evapotranspiração anual encontradas em Lake Alfred, Flórida foi de 1120 mm comparados a 1170 mm de KOO (1963). O método de Blaney-Criddle, entretanto superestimou no verão e subestimou no inverno.

HASHEMI e GERBER (1967) usou uma formulação da equação de Penman para calcular a evapotranspiração para árvores de citros no verão e descobriu que a evapotranspiração computada era geralmente maior que a evapotranspiração medida.

2.6.4. Coeficiente de cultura

A relação entre a evapotranspiração real e a potencial ou de referência (ET_r/ET_0), denomina-se coeficiente de cultura (K_c) (DOORENBOS e PRUITT, 1975) trata-se de um coeficiente complexo que envolve variáveis relacionadas

ao desenvolvimento da planta e ao manejo da água.

DOORENBOS e KASSAM (1979) relatam que o máximo valor de K_c ocorre sempre na fase de maior desenvolvimento vegetativo (no início da floração), coincidindo portanto com o maior valor de índice de área foliar. Da mesma maneira observa-se que este valor é mínimo na fase de emergência, (menor valor do índice de área foliar).

ROGERS *et alli* (1983) em estudos sobre a estimativa da evapotranspiração, para a cultura do citros, encontraram valores mensais do coeficiente da cultura (K_c) que variaram durante o ano entre 0.72 a 1.11 com um valor médio de 0.97. O valor do coeficiente de cultura (K_c) foi estimado pela média de 4 métodos para estimativa da evapotranspiração (método do tanque classe A, Blaney-Cridlle, Jensen-Haise e Penman).

Neste mesmo trabalho foram encontrados outros valores de coeficiente da cultura denominado de K_c^* que era uma extrapolação dos resultados de DOORENBOS e PRUITT (1975). Os valores variaram de 0.90 a 0.95 e tenderam a ser maior durante a primavera e ligeiramente menor durante o verão e outono a relação ao K_c estimado pela média dos 4 métodos já citados.

HOFFMAN *et alli* (1982) relata que os valores de K_c baseados nos encontrados por DOORENBOS e PRUITT (1975) deveria ser reduzido em janeiro, fevereiro, novembro e dezembro de cerca de um terço. Os valores de K_c de 0.50 em vez de 0.75 a 0.80 daria uma melhor aproximação entre os valores de evapotranspiração

estimados e medidos durante o inverno. No verão o valor de K_c deveria ser aumentado de 0.85 para 1 durante os meses de julho, agosto e setembro.

VIEIRA (1991) apresenta uma tabela mensal para diferentes tipos de pomares, onde o coeficiente de cultura (K_c) varia de 0.75 a 0.95. Esta tabela é mais apropriada, pois a utilização de um valor único para o K_c deixa de levar em consideração as diferentes necessidades hídricas nos diferentes estágios fenológicos. Para plantas adultas em terreno com mato, os valores de K_c são: 0.95 para dezembro, janeiro, março e abril; 0.90 para maio, junho, setembro outubro e novembro; e 0.85 para julho e agosto.

2.7. Controle de umidade do solo

As medidas de umidade do solo para regularização da irrigação não é uma prática muito usada pelos produtores de citros aqui no Brasil. Isto se deve também por causa da falta do método no qual pode-se medir a umidade do solo economicamente e corretamente. Conseqüentemente várias pequenas informações são válidas na distribuição da umidade do solo em plantações de citros.

WEAVER (1926) mostrou que o sistema radicular de uma dada planta pode variar em sua estrutura, extensão, peso, número e direção das raízes, de acordo com as condições sobre a qual ela esta se desenvolvendo. Ele concluiu que a influência da umidade do solo no sistema radicular em geral são três:

1. Direção do crescimento da raiz

2. Extensão lateral e profundidade de penetração

3. Peso relativo das raízes

Segundo COSSMANN (1939) a existência de pêlos absorventes em todas as espécies cítricas por ele estudadas, eram diretamente afetadas pelas condições de umidade do solo tanto em quantidade como no seu grau de desenvolvimento.

MONSELISE (1947) e MARLOTH (1950) concluíram em seus estudos que é muito importante o conhecimento da disponibilidade de água no solo na camada explorada pela cultura. Tensões de umidade entre sete e oito atmosfera parecem paralisar o desenvolvimento do sistema radicular do citros.

TAYLOR (1952), mostrou que o crescimento das plantas esta correlacionado com a interação entre a profundidade e o teor de umidade no solo, mas isto requer muitas medições.

Em estudos comparativos entre os métodos tensiométricos e gravimétricos RICHARDS (1954), concluiu que podem ser usados com sucesso para se obter estimativas de umidade do solo em extensas áreas.

HAMMOND e POPENOE (1955) descobriram que as variâncias em medidas de umidade do solo, aumentaram com o decréscimo do conteúdo de umidade do solo, sendo que este fato é mais acentuado em regiões úmidas onde a irrigação é suplementar. HAGAN & VADIA (1959) concluíram que a taxa e extensão com que se desenvolve as raízes é controlada pelo "stress" hídrico.

CAHOON e STOLZY (1960) verificaram que a distribuição das

radicelas no solo está diretamente relacionada com o teor de umidade do solo. Tendo encontrado, em um pomar irrigado maior quantidade de raízes e mais água disponível nas camadas mais superficiais.

Várias proposições tem sido feitas entre a evapotranspiração real (ETR) e sua relação com a evapotranspiração potencial (EP) e a umidade do solo (DENMEAD e SHAW, 1962; RITCHIE, 1973; BROWN, 1974). Porém os limites críticos da umidade do solo que restringem a evapotranspiração real, fazendo-a inferior à potencial variam em função da cultura e da própria evapotranspiração potencial.

GERBER & HASHENI(1968) em estudo sobre o uso de água em pomares de citros, constataram que quando o local de aplicação da água era feito próximo ao tronco, a concentração de raízes e o desenvolvimento da planta eram maiores, em comparação com outro método em que a aplicação da água era feita entre duas plantas da mesma linha. Portanto concluíram que deveria ser dada uma cuidadosa atenção no controle de umidade do solo ao redor do tronco quando estivesse sendo feito o manejo da irrigação.

Segundo KOO & TUCKER (1974), cada tipo de sistema de irrigação tem a inerente capacidade de distribuição de água no solo em pomares de citros. Entretanto cada sistema apresenta uma diferença em sua capacidade de microdistribuição, em alguns sistemas o lugar de uma maior concentração da água no solo não é abaixo das plantas, enquanto outros o local de maior concentração da água é na linha do gotejo, e ainda há outros onde a distribuição ocorre sob a copa da planta.

Assim a atividade do sistema radicular aumenta quando o "stress" de umidade no solo é menor, este fato faz com que assumam-se qual o melhor sistema de irrigação aliado conjuntamente com a lista de manejo de irrigação que será utilizado acarretando uma influência significativa na localização e dimensão do sistema de enraizamento dos citros.

A quantidade de água absorvida pelas plantas não é somente uma função do potencial de água no solo. Esta quantidade depende da habilidade das raízes de absorver a água do solo com que estão em contato, bem como das propriedades do solo no fornecimento e na transmissão desta água até as raízes, em uma proporção que satisfaça as exigências da transpiração. Vê-se, então, que o fenômeno depende de fatores do solo (condutividade hidráulica, difusividade, relações entre umidade e potencial), da planta (densidade das raízes, profundidade, taxa de crescimento das raízes, fisiologia da raiz, área foliar) e da atmosfera (deficit de saturação, vento, radiação disponível) REICHARDT (1985).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

Foi feito um estudo da área experimental, para ter-se uma boa noção do local, solo e clima da região em estudo.

3.1.1. Local

O experimento está localizado no Campo de Pesquisa Hidroagrícola do Pinhal (CAPIN) - Convênio CESP - UNICAMP, no município de Limeira, estado de São Paulo. Situado a 625 metros de altitude e apresentando as seguintes coordenadas geográficas: 22^o40' de latitude sul e 47^o20' de longitude a oeste de Greenwich, conforme mostra a figura 1.

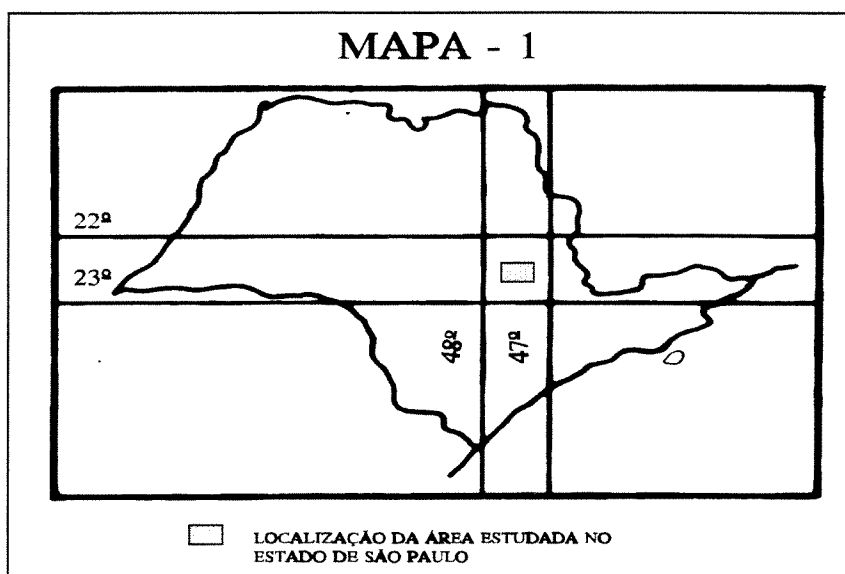


FIGURA 1 - MAPA 1

3.1.2. Pomar

O pomar experimental (Figura 2) apresenta a cultura do limão tahiti variedade quebra-galho, com o porta-enxerto cravo (*Citrus limonia*, OSBECK).

A cultura está implantada em curvas de nível. O espaçamento entre plantas de uma mesma linha é de 5 metros e entre linhas 7 metros.

A área do pomar foi dividida em quatro parcelas correspondendo a uma área de aproximadamente 2 hectares. A topografia apresenta uma declividade de 11% .

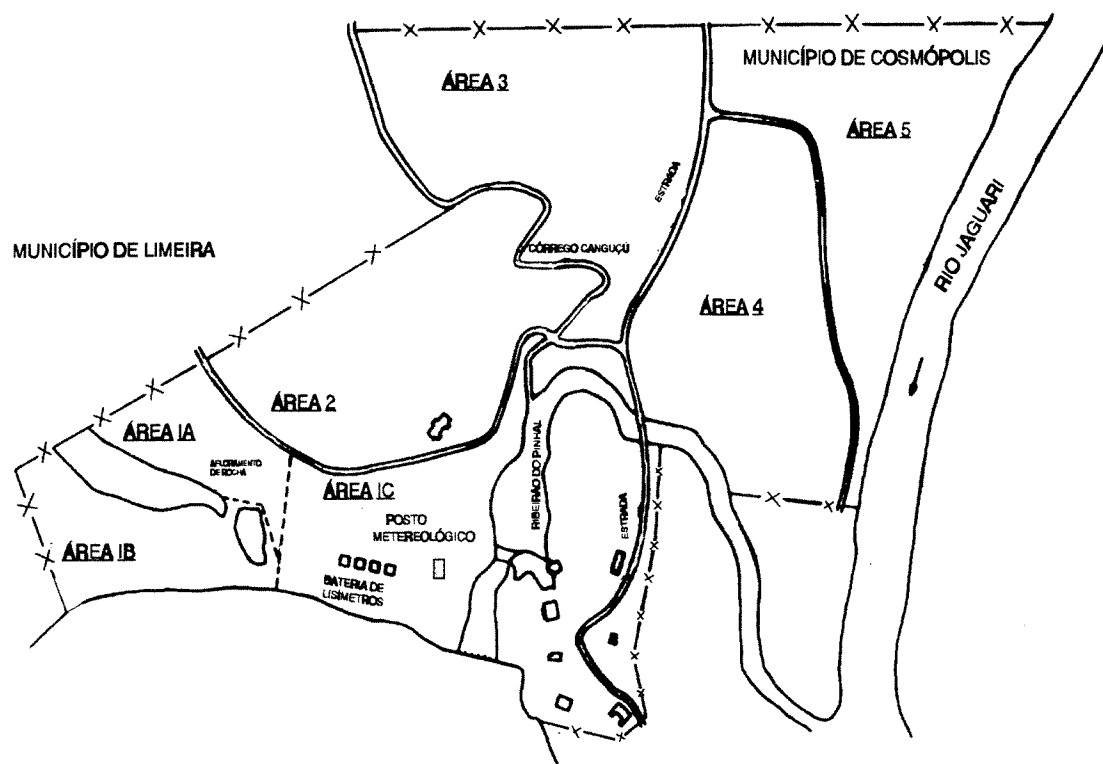


FIGURA 2 - MAPA 2 - Campo de pesquisa hidroagrícola do pinhal. Área 2 - pomar de limão tahiti.

3.1.3. Clima

Segundo OLIVEIRA *et alli* (1975) os regimes hídricos e térmicos do solo dessa região são, respectivamente, o údico e o hipertérmico. Segundo a classificação de KÖEPPEN, o clima da região é do tipo CWa, isto é, subtropical úmido, seco no inverno, com temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e precipitação média anual de 1376 mm.

Na figura 3 é apresentado o diagrama do balanço hídrico, segundo THORNTHWAITE & MATHER (1955), considerando-se um armazenamento de 125

mm de água no solo. O balanço hídrico, por sua vez, assinala discreto período de deficiência hídrica, que se estende de maio a setembro com um mínimo de 28 mm, e um outro período de excedente hídrico, que se estende de outubro a abril com um máximo de 476 mm.

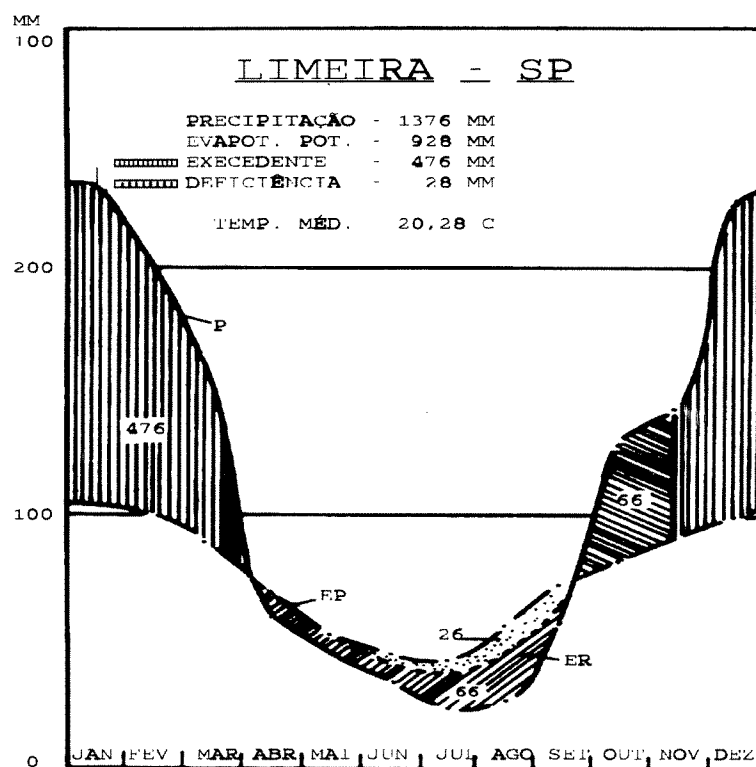


FIGURA 3 - Balanço hídrico de Limeira - Dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola do IAC.

3.1.4. Solo

Foi feito um estudo no solo do pomar, para ter-se uma boa idéia de suas propriedades físicas, químicas, densidade global e da curva de retenção de água.

3.1.4.1. Características do solo do pomar

Determinou-se as propriedades físicas através de uma análise granulométrica detalhada da área, com a realização de uma seqüência de 11 trincheiras, a partir da parte superior até a parte inferior. Este procedimento foi adotado para ter-se uma noção das condições extremas da cultura em relação a variabilidade do solo do pomar. As trincheiras tinham uma profundidade entre 1 e 1.5 metros. Toda a operação de retirada das amostras foi feita com o auxílio de pá, picareta, enxada e uma trena para medição da espessura das várias camadas do solo. As amostras foram coletadas em sacos plásticos e devidamente etiquetados e enviados para laboratório.

A análise foi realizada no Departamento de Água e Solo da Faculdade de Engenharia Agrícola de Campinas (FEAGRI). Os resultados obtidos estão expostos na tabela 01 no apêndice.

Na parte superior da área o solo apresentou-se de origem diabásica e de textura argilosa e o aspecto da cultura razoável. A parte inferior apresentou um solo litossolo raso, pois abaixo de 20 cm encontrou-se rocha. A textura é uma mistura de areia e silte ocorrendo uma maior presença de silte.

Segundo estudo feito por OLIVEIRA *et alli* (1979) sobre o levantamento Pedológico Semi-Detalhado dos Solos de São Paulo - Quadricula de Campinas, a área do experimento apresenta um solo do tipo litólico com textura bastante variada.

3.1.4.2. Propriedades químicas

As análises químicas da área foram feitas no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) pela seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas e revelaram os seguintes teores de nutrientes:

- Fosforo - 6 ug/cm^3 - Baixo
- Potássio - $0.21 \text{ meq/100 cm}^3$ - Médio
- Magnésio - 0.7 meq/100 cm^3 - Médio
- Calcio - 2.1 meq/100 cm^3 - Baixo
- CTC - 2.1 meq/100 cm^3
- pH - 5.0 (pH em CaCl_2) - Alto
- Saturação em Bases (V%) - 51 - Médio
- Matéria Orgânica (%) - 2.2

3.1.4.3. Propriedades Físicas

A densidade global foi determinada com amostras de solo retiradas no local, por meio dos cilindros de Uhland, que são de alumínio, têm capacidade de 500 cm^3 , nas profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm.

As amostras foram levadas para o Laboratório de Hidrologia do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil de Campinas (UNICAMP), onde foram secas em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ e posteriormente pesadas. Na tabela 2 estão os resultados da densidade global para 3 posições distintas a

profundidade de 0-30, 30-60 e 0-60 cm. Estes valores são necessários para o cálculo da altura de água disponível no solo.

TABELA 2 - Resultados da densidade global do solo da área do pomar.

| PROF. (cm) | DENSIDADE GLOBAL (g/cm ³) | | | |
|------------|---------------------------------------|---------|---------|-------|
| | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | MÉDIA |
| 0 - 30 | 1.61 | 1.43 | 1.52 | 1.52 |
| 30 - 60 | 1.43 | 1.41 | 1.43 | 1.42 |
| 0 - 60 | 1.52 | 1.42 | 1.47 | 1.47 |

3.1.4.4. Curva de retenção

Determinou-se a curva característica de umidade do solo, em laboratório empregando-se os seguintes aparelhos: extrator de membrana de Richards e panela de pressão. As amostragens foram feitas nas camadas de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade em vários locais na área do experimento, sendo depois levadas para o laboratório.

As amostras eram indeformadas e as determinações feitas na placa porosa da panela de pressão foi até uma atmosfera e no extrator de membrana de pressão até 15 atmosfera de tensão. Assim obteve-se as relações do teor de umidade em

porcentagem em relação ao peso seco com o potencial de água em atmosferas. Com esses dados traçou-se a curva característica de umidade do solo, que aparece na figura 4.

Com o intuito de encontrar uma equação que melhor representa-se a curva de retenção de água do solo e para uma melhor operacionalização dos dados empregou-se um programa que foi desenvolvido por ZULLO e Outros (1987). Encontrou-se uma equação do tipo recíproca que apresentou um coeficiente de determinação (r^2) de 0.9970. A equação 7 apresenta-se na forma:

$$y = \frac{17.85 * \exp(-(-7.07E-02))}{x} \quad (7)$$

onde o valor de y representa o teor de umidade em peso (%) e o x a tensão de água no solo.

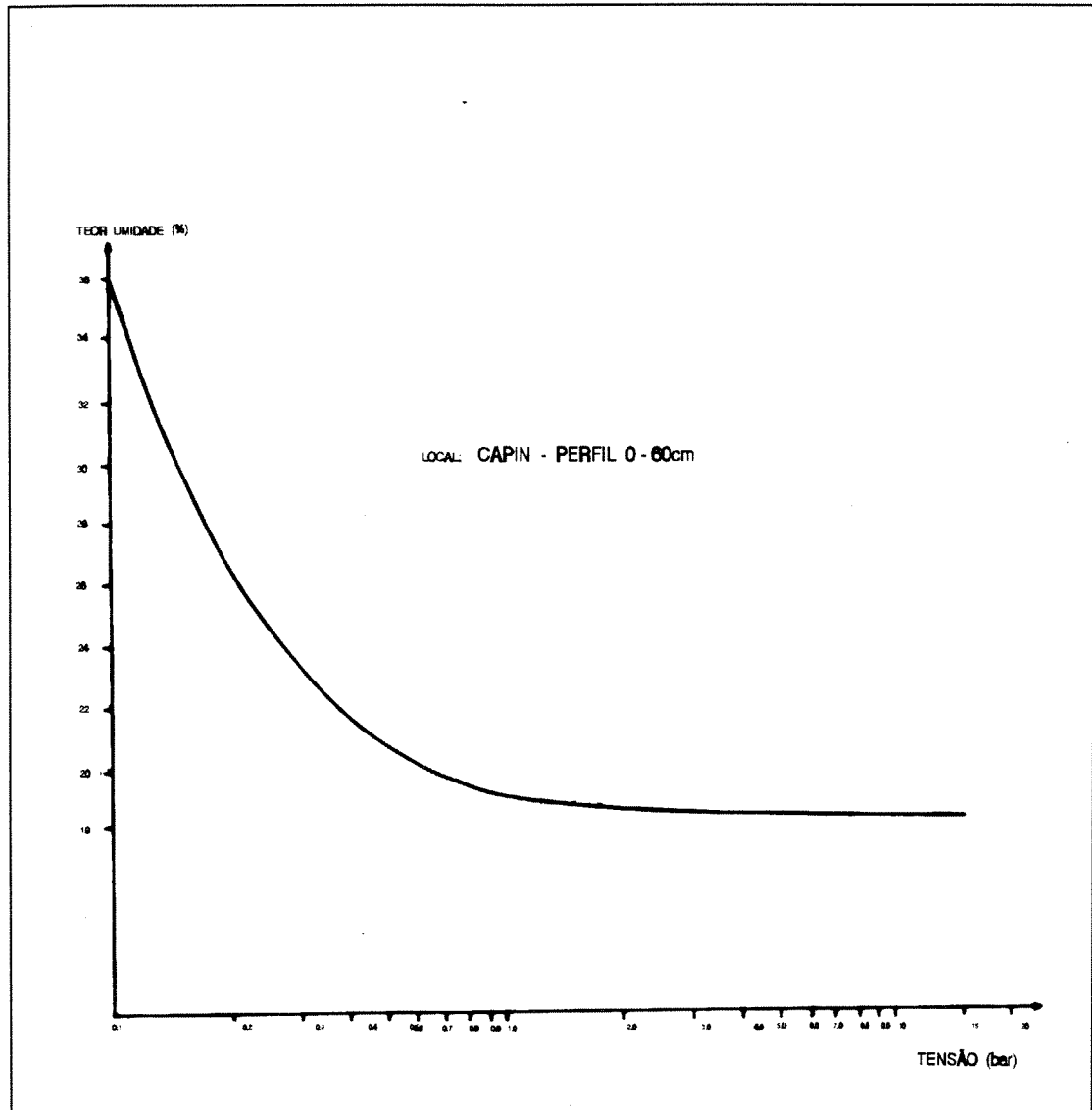


FIGURA 4 - Curva de retenção de água no solo na profundidade de 0 a 60 cm.

3.2. Descrição do equipamento

O sistema de irrigação localizada por microaspersão, de fabricação da ASBRASIL S.A., é composto basicamente de estação de bombeamento, adutora, cabeçal de controle, linhas de distribuição e microaspersores. A figura 5 mostra um

esquema dos componentes do sistema de irrigação localizada por microaspersão.

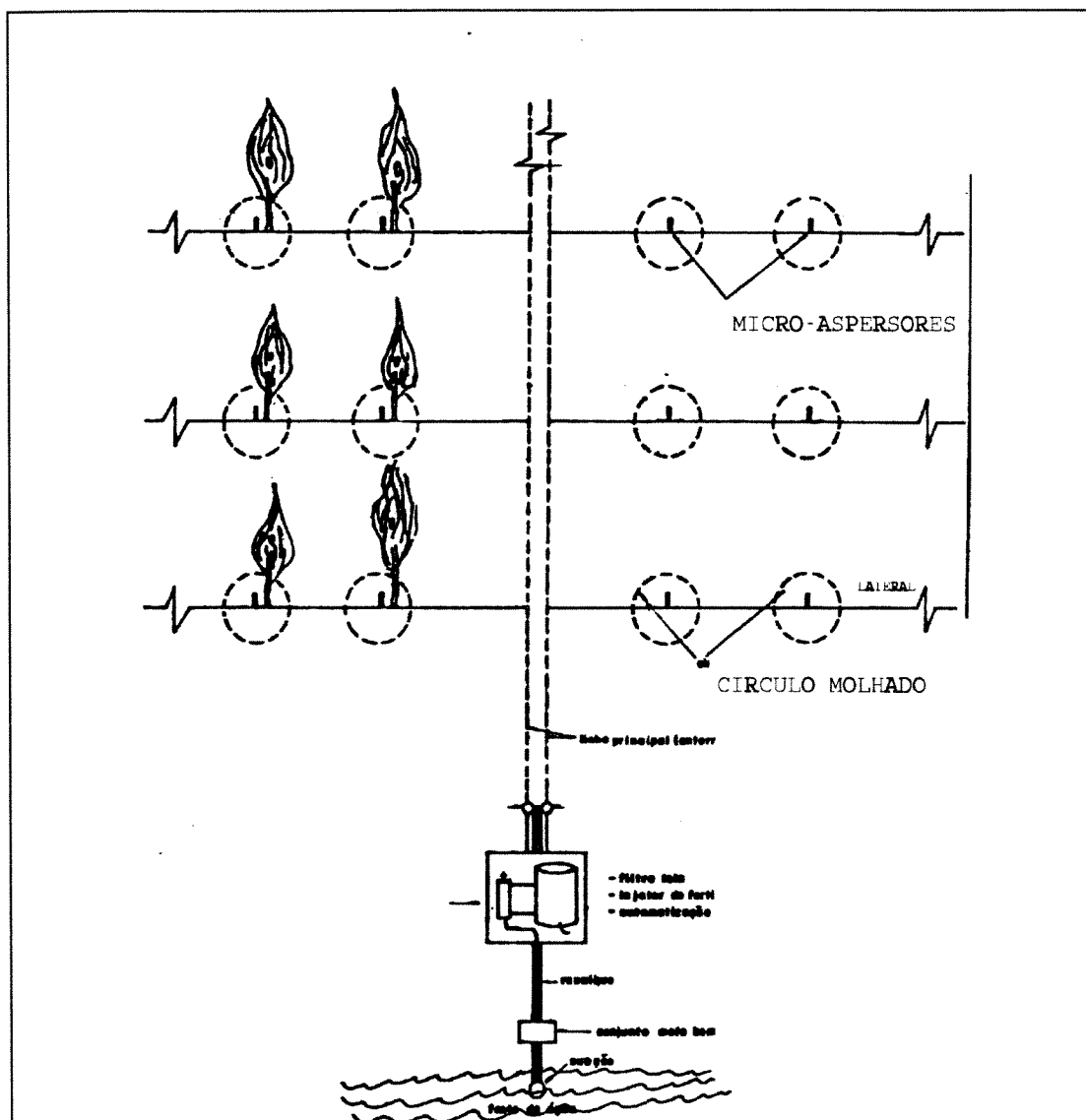


FIGURA 5 - Componentes do sistema de irrigação localizada por microaspersão.

3.2.1. Dados técnicos do projeto

Os dados técnicos do conjunto de irrigação localizada no sistema de microaspersão instalado para o referido local da pesquisa são:

- Área a ser irrigada - 2 hectares
- Número de parcelas - 4
- Modelo do emissor - microaspersor com asa giratória (bailarina)
- Vazão do emissor - 73 litros/hora
- Pressão de serviço - 25 a 40 mca
- Quantidade de emissores em operação por parcela - 146
- Distribuição
 - Tubos de polietileno de 1/2 e 1 polegada
 - Tubos de PVC PN 40 - 2 polegadas
 - Tubos de PVC PN 80 - 2 polegadas
 - Conectores para lateral, curvas e conexões de PVC
- Cabeçal
 - Pressão na saída dos filtros - 46 mca
 - Perda de carga nos filtros (areia e tela) - 10 mca
- Bomba
 - Vazão necessária do projeto - 11.6 m³/h
 - Altura manométrica necessária - 80 mca
 - Bomba marca KSB - Modelo ETABLOC 32-200
 - Potencia absorvida no eixo - 9 cv com 3500 RPM
 - Potencia necessária no motor - 10 cv com 3500 RPM

3.2.2. Microaspersor

As características do microaspersor ASBRASIL com asa giratória são de distribuir a água através de entalhes com movimentos rotacionais, sendo fornecido com suporte de 40 cm e tubo de conexão em PVC flexível, com 4 mm de diâmetro e 60 cm de comprimento, apresentado também em seu interior um dispositivo compensador de pressão (figura 6).

3.2.3. Uniformidade de emissão do equipamento

A avaliação do sistema foi feita através da execução de teste de campo para verificar a adequação e a uniformidade da irrigação projetada.

Verificou-se se o sistema de irrigação estava operando dentro das pressões de projeto (pressão na entrada do cabeçal 48 mca e saída 46 mca).

Utilizando-se de uma proveta graduada em ml e um cronometro, selecionaram-se 16 emissores de uma mesma subunidade de operação. Tomou-se ao longo da linha de derivação dados da primeira lateral, segunda lateral situada a 1/3, terceira lateral a 2/3 e última lateral. A obtenção dos valores de vazão da lateral foram em 4 pontos determinados no primeiro emissor, emissor situado a 1/3 do comprimento, emissor a 2/3 do comprimento e último emissor totalizando um total de 16 emissores. Desde modo pode-se formar um quadro abrangendo toda a área selecionada.

Coletaram-se volumes de água em uma proveta graduada em mililitros para um tempo pré determinado de 15 segundos. Fixou-se um recipiente de 1.5

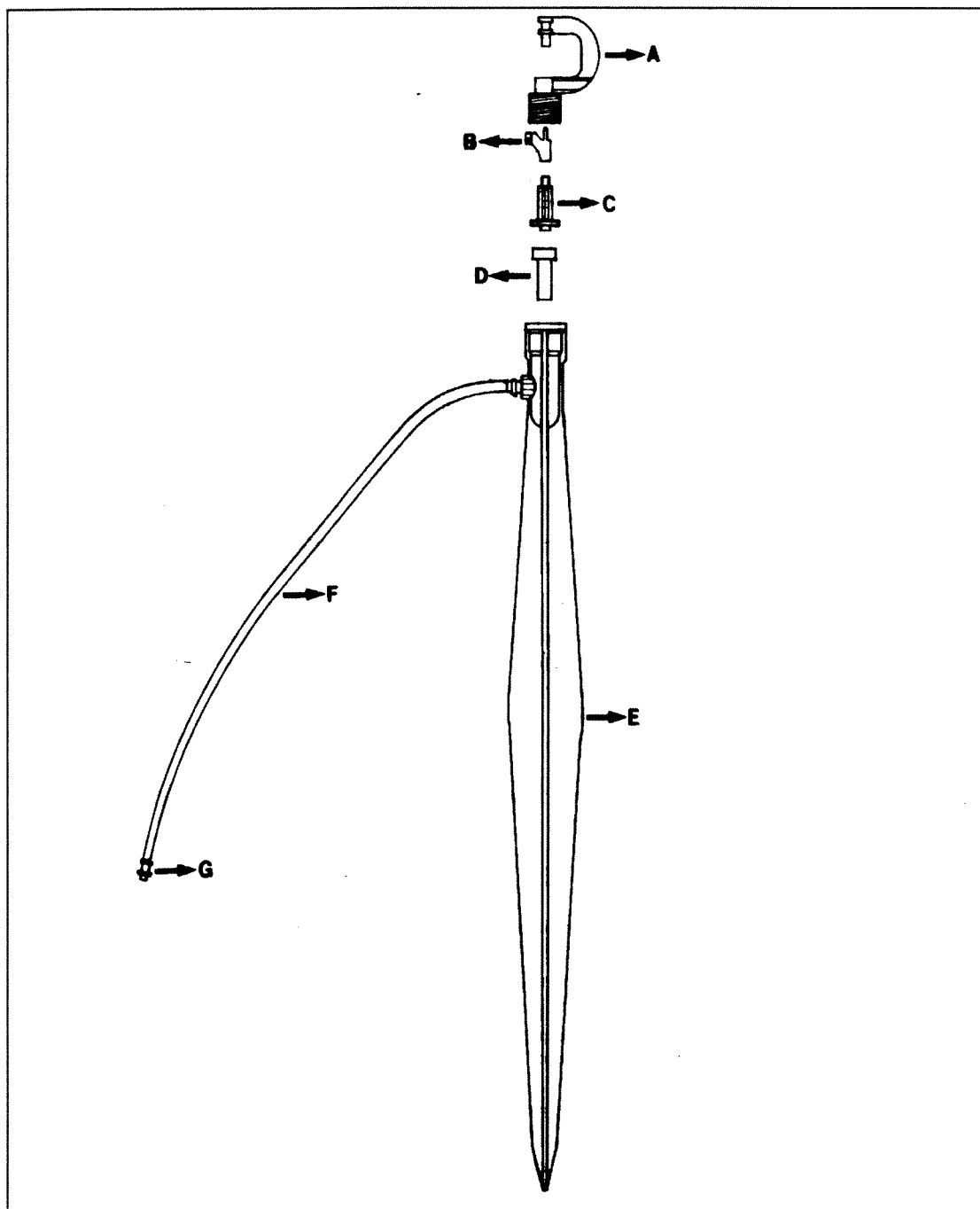


FIGURA 6 - Componentes do microaspersor - A) Corpo B) Asa giratória C) Bocal D) Regulador de vazão E) Espeto suporte F) Tubo de conexão ou espaguete G) Conector

litros e cronometrou-se o tempo necessário para encher o recipiente.

Usando os dados coletados, calculou-se os tempos máximos (T_{max}) e mínimos (T_{min}) através da soma dos três maiores e três menores valores respectivamente. Através desta metodologia e com o uso da figura 8 pode-se determinar o coeficiente de uniformidade estatístico, com um limite de confiança de 95% (BRALTS e KESNER, 1983). Os valores dos respectivos coeficientes de uniformidade foram calculados, através do uso de um "software", cujo o método usado para os cálculos é esboçado por SMAJSTRLA *et alli* (1985). A teoria de procedimento é explicada por SOKAL e ROHLF(1969) e a aplicação para sistemas de irrigação localizada foi desenvolvida por BRALTS e KESNER (1983).

O limite de confiança foi determinado pelo uso das seguintes equações 8 e 9:

$$P(Vq - t(\alpha/2) Svq \leq V^*q \leq Vq + t(\alpha/2) Svq) = 1 - \alpha \quad (8)$$

$$Svq = \frac{Vq * \sqrt{1 + 2(Vq)^2}}{\sqrt{2N}} \quad (9)$$

Uma tabela de limite de confiança para vários valores de coeficiente de uniformidade estatístico (\hat{U}_{ss}) para $N = 16$ é mostrado na figura 7. A tabela da figura 7 é usada para amostra de todos os tamanhos.

onde;

Vq : Coeficiente de variação da amostra

$t(\alpha/2)$: Valor t de Student para um dado α

α : Nível de confiança desejado

V^*q : Coeficiente de variação atual para toda a subunidade

Svq : Desvio padrão do coeficiente de variação

N : Número de observações

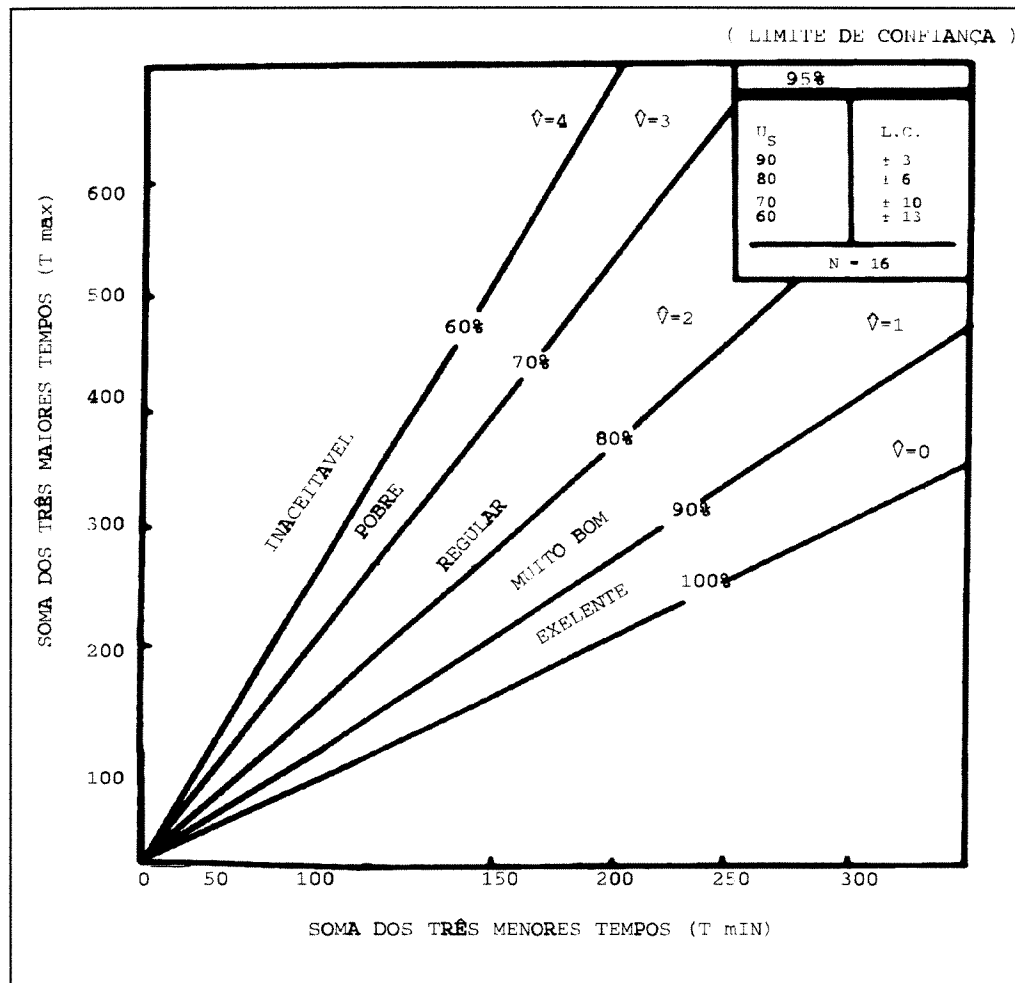


FIGURA 7 - Tabela e gráfico para a estimativa da uniformidade de emissão de água segundo Bralts e Kesner (1983).

3.2.4. Uniformidade de aplicação de água do microaspersor

Primeiramente o terreno foi limpo e aplainado com uma enxada, onde foram instalados os coletores. Cada um deles foi nivelado num mesmo plano de coleta de água, para minimizar os problemas do teste devido ao mal posicionamento dos coletores.

Distribuí-se os coletores em 4 direções distintas, formando um ângulo de 90° entre eles. Em cada direção colocou-se 6 coletores, sendo que o primeiro à 25 cm de distância do microaspersor e os outros 5 restantes separados a cada 50 cm, totalizando uma distância de 275 cm. O comprimento em cada direção foi baseado na pressão de serviço e no seu raio de alcance.

SADAN e SHANI (1983) definiu alguns termos para se interpretar melhor o teste de avaliação da uniformidade de aplicação de água do microaspersor. A sua definição foi a seguinte:

- a) Diâmetro molhado - a irrigação completa do círculo sem considerar-se a uniformidade;
- b) Diâmetro irrigado - a parte do círculo que foi irrigada igualmente e suficientemente;
- c) Círculo molhado - a parte do círculo que recebeu uma irrigação ineficiente.

Na figura 8 esta a representação esquemática do teste e suas respectivas zonas de distribuição de umidade consideradas no teste de campo para a avaliação da distribuição de água do microaspersor

Existe uma relação entre cada círculo e o total de área irrigada que aumenta com um raio constante, que foi obtida pelo quadrado do círculo e o fator de

relação. Neste teste tomou-se 6 círculos.

A tabela 3 mostra o número do círculo e o seu correspondente fator de multiplicação.

TABELA 3 - Número do círculo (figura 8) e o seu correspondente fator de multiplicação.

| NÚMERO DO CÍRCULO | 6^2 FATOR MULTIPLICAÇÃO |
|-------------------|---------------------------|
| 1 = 1/PARTE | $1/36 = 0.0278$ |
| 2 = 3/PARTES | $3/36 = 0.0833$ |
| 3 = 5/PARTES | $5/36 = 0.1389$ |
| 4 = 7/PARTES | $7/36 = 0.1944$ |
| 5 = 9/PARTES | $9/36 = 0.2500$ |
| 6 = 11/PARTES | $11/36 = 0.3056$ |
| TOTAL | $36/36 = 1.000$ |

Calculou-se a taxa de precipitação para todos os círculos, pegando-se a quantidade de água aplicada em litros e dividindo-se pela área do círculo correspondente em m^2 .

O valor do coeficiente de variação foi computado à partir da média ponderada, que relaciona em termos numéricos a variação da uniformidade de distribuição dentro da esfera do círculo de aplicação de água do microaspersor. Esta foi a metodologia citada por ARMONI (1986).¹

Durante a realização do teste mediu-se a velocidade do vento, pressão e no final era realizado um teste de vazão no microaspersor. O volume de água coletado de cada coletor era medido com o uso de uma proveta graduada de 50 ml. Esses valores foram convertidos em intensidade de aplicação.

Repetiu-se esta mesma metodologia 3 vezes, sendo que cada repetição em um local diferente. Os locais variaram do ponto menos crítico ao ponto mais crítico dentro de uma mesma parcela, sendo que o ponto de maior desnível e mais distante em relação ao cabeçal de controle, considerou-se a situação mais crítica, enquanto que a menos crítica o local mais próximo e no mesmo nível do cabeçal.

¹ A metodologia foi primeiramente proposta e desenvolvida por SADAN (1983)

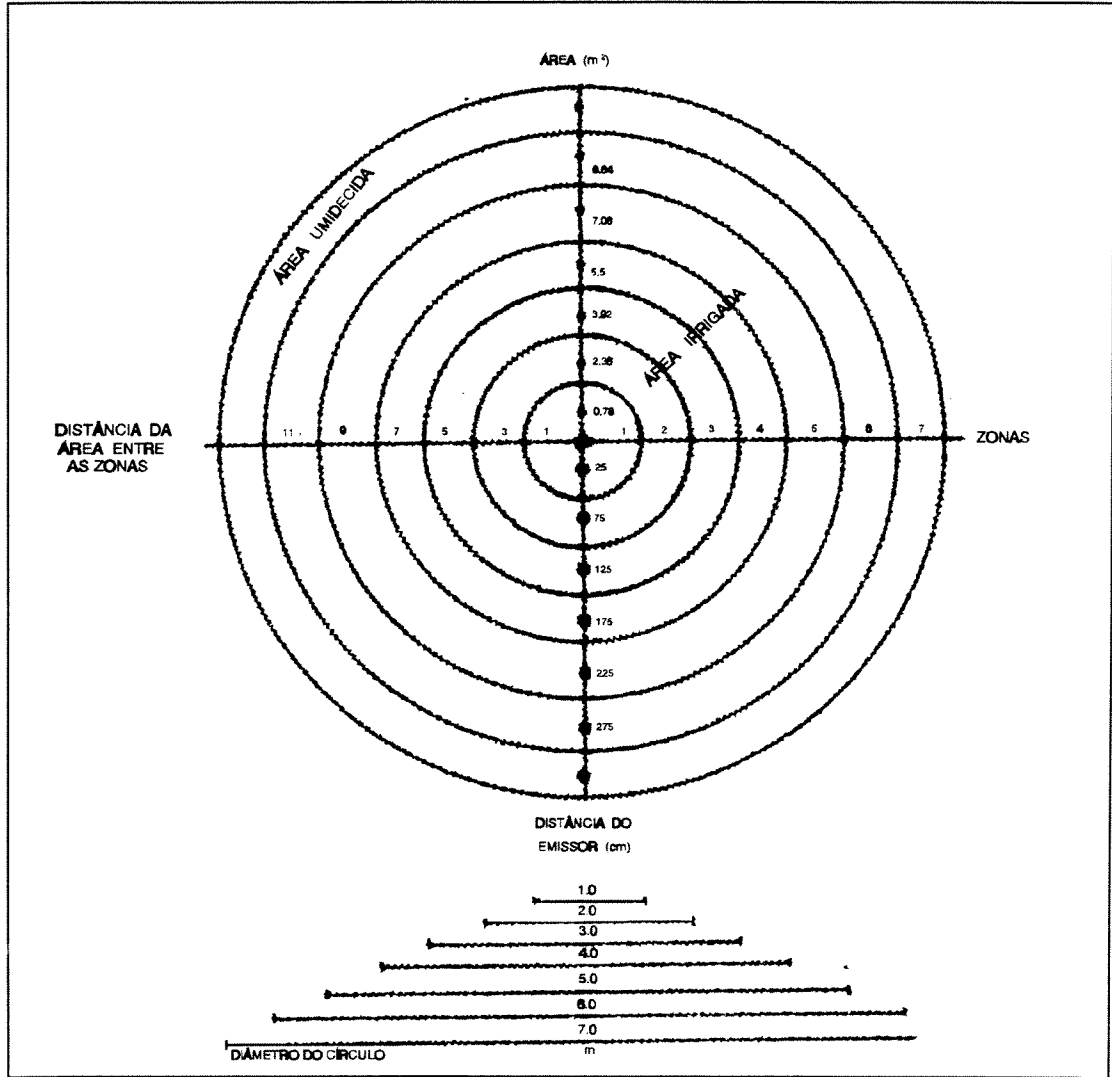


FIGURA 8 - Esquema do teste para avaliação da distribuição de água do microaspersor e suas respectivas zonas de distribuição de umidade.

3.3. Avaliação do sistema radicular

Esta avaliação foi feita em quatro etapas, escolha das plantas, coletas das amostras, preparo e pesagem das radículas.

3.3.1. Escolha das plantas

Selecionou-se as plantas levando-se em consideração o seu aspecto fitossanitário, solo e representatividade.

Para a avaliação do desenvolvimento vegetativo das plantas tomou-se como parâmetro os volumes e diâmetros das copas, altura, perímetro e peso de radículas.

3.3.2. Coleta das amostras

A tomada das amostras contendo as raízes foi feita com o trado, conforme descreve FORD (1952^a), com a modificação proposta por MONTENEGRO (1960) pela qual o diâmetro do trado é igual a 16 cm.

O trado apresentava-se com secção de cano para aumento do cabo, ajuste rápido.

As amostras de terra, contendo as raízes, foram coletadas e acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e enviados para separação e lavagem para laboratório.

Para cada planta foram feitas coletas de amostras em 8 posições. Três deles na direção das plantas de uma mesma linha e outras cinco perpendicular na direção da linha vizinha, formando 90^o com a direção anterior. A distancia, a partir do tronco e entre os furos foi de 70 cm. Dessa forma os furos quase alcançaram nas duas direções a metade do espaçamento 5 por 7 metros, que está plantado o pomar (figura 9).



FIGURA 9 - Estudo do sistema radicular.

As amostras de solo contendo as raízes formaram um volume de um cilindro de 16 cm de diâmetro e 30 cm de altura. Porém em cada perfuração, as amostras mais superficiais foram divididas em duas de 15 cm de altura (figura 10).

Dessa forma foi possível detalhar o estudo do sistema radicular dos citros na região mais superficial do solo. Assim se procedeu para poder ampliar as informações na região onde se localiza a maior parte do sistema radicular segundo KIMBALL *et alli* (1951), FORD (1954^b), MELADO e CABALLERO (1974), BALDINI (1957), CAHOON e STOLZY (1960), MONTENEGRO (1960), RODRIGUEZ *et alli* (1978), PACE (1979) e MOREIRA (1983).

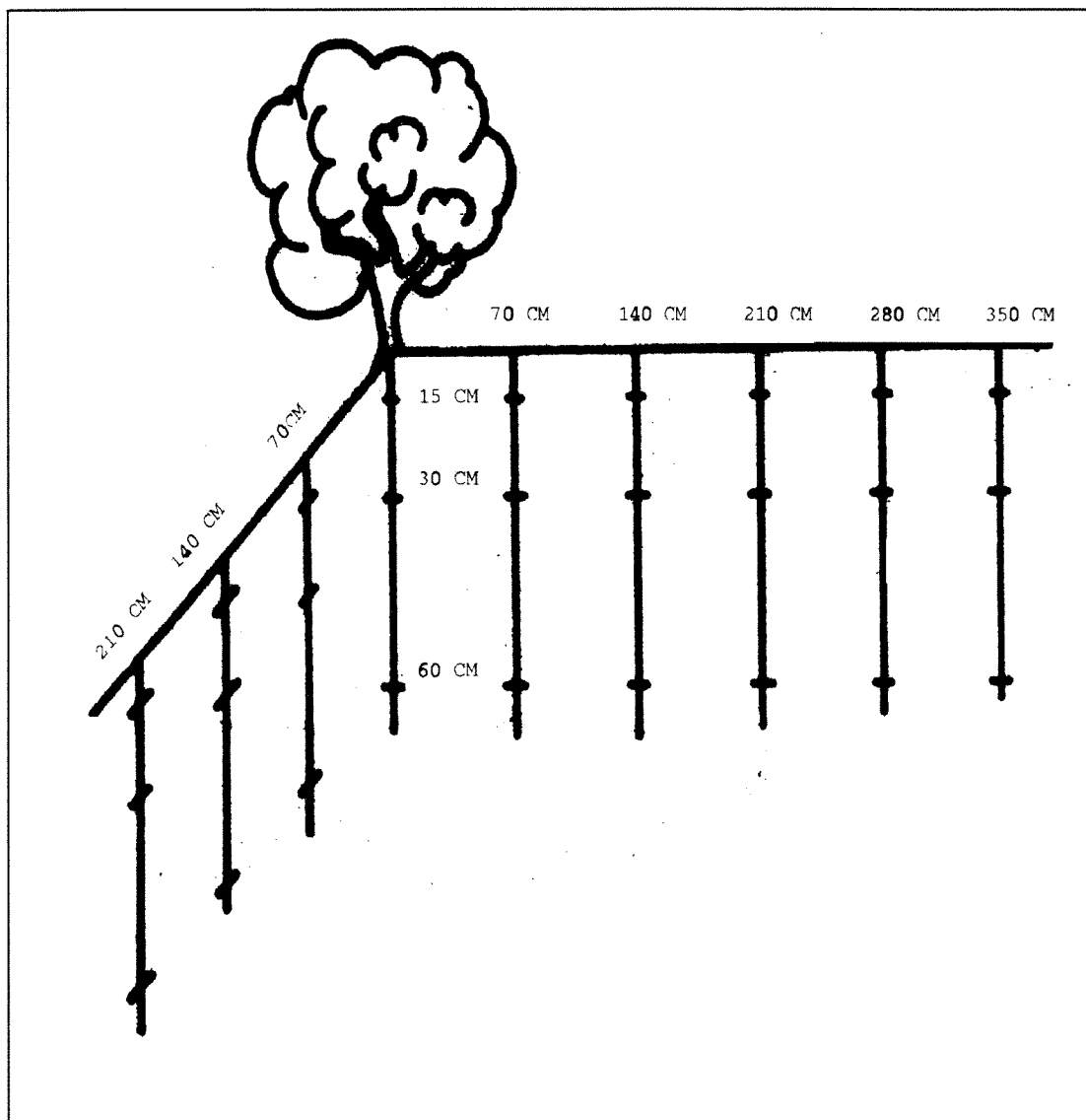


FIGURA 10 - Esquema da localização e profundidade das perfurações onde foram coletadas as amostras.

3.3.3. Preparo das raízes

O método adotado estuda o sistema radicular utilizando o peso de raízes com diâmetro igual ou menor do que 1.5 mm, que vem sendo adotado por

diversos pesquisadores, conforme BÖHM (1979).

Para isso, as amostras coletadas foram inicialmente transportadas para o laboratório do Setor de Horticultura do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, S.P., onde foram processadas por lavagem. Utilizou-se peneira de malha de 1.5 mm.

A operação de lavagem constituiu-se em se colocar a peneira com a amostra na superfície da água de uma caixa. Em seguida, pela ação de movimentos lentos, a terra se dissolve e afunda na água, permanecendo na peneira, apenas as raízes, restos de vegetais e detritos de solo. As impurezas foram, então, eliminadas por captação manual, conforme descreve BÖHM (1979).

As raízes em seguida, foram colocadas sobre uma folha de papel e deixadas à sombra, à temperatura ambiente, para enxugar. Secas as raízes, fez-se à separação manual das radículas levando-se em consideração o diâmetro original, e elasticidade, conforme descreve SCHURMAN e GOEDWAAGEN (1971). O serviço foi executado sobre folha de papel com o auxílio de pinça, tesoura, sob abundante iluminação, especialmente preparada para o trabalho. Quando necessário, foi utilizado uma lente que aumentava cinco vezes como também uma régua milimetrada.

3.3.4. Pesagem das raízes

As radículas foram colocadas em saquinhos etiquetados e colocadas em estufa à temperatura de 60 a 70 °C, até peso constante. O método é comumente

empregado, como relatam SCHURMAN e GOEDWAAGEN (1971) e BÖHM (1979).

As pesagens foram efetuadas em balança de precisão, com uma aproximação de pelo menos 0.01 gramas, seguindo recomendação de MOREIRA (1983).

A partir dos dados de peso de raízes secas obtidas, foram calculadas as porcentagens de raízes existentes em cada local de amostragem, nas diferentes profundidades (distribuição vertical). Igualmente foram também calculadas as porcentagens de radículas existentes em cada profundidade, nas diferentes distancias do tronco (distribuição horizontal).

3.4. Controle da irrigação

O controle da irrigação foi baseado nos seguintes métodos: gravimétrico, tensiométrico e do tanque classe "A".

3.4.1. Método gravimétrico

Este método embora seja trabalhoso, é o mais preciso e seguro, conforme VIEIRA (1973). A umidade do solo foi determinada pela equação 10:

$$UA = \frac{(P_u - P_s) * 100}{P_s} \quad (10)$$

onde:

UA : Umidade atual do solo expresso com base no peso seco (%)

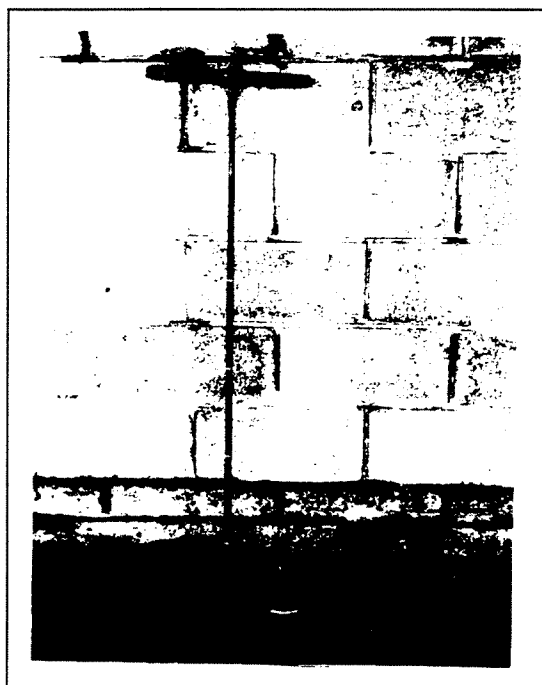


FIGURA 11 - Trado e recipiente de alumínio.

devido a grande variabilidade do solo, que causa uma grande dificuldade no monitoramento e manejo da irrigação.

A área escolhida foi a parte superior do pomar que apresentou segundo análises uma melhor homogeneidade de solo e onde as plantas se mostravam com um melhor desenvolvimento e aspecto fitossanitário.

3.4.2. Método tensiométrico

A avaliação da umidade do solo foi feita com o emprego de tensiômetros, que dessa forma, pode auxiliar na decisão do momento propício de se

P_u : Peso úmido da amostra de solo em gramas

P_s : Peso seco da amostra de solo em gramas

As amostragens de solo foram feitas semanalmente (segundas e quintas - feiras) no período da manhã, em quatro repetições na projeção da copa da planta sobre o terreno, durante o período de 1 ano. As profundidades de amostragem foram de 15, 30 e 60 cm e a uma distancia de 70 cm do tronco da planta, segundo estudo do sistema radicular (projeção da copa) e conforme resultado encontrado por PACE (1979). Obteve-se assim um acompanhamento do teor de água médio na profundidade de 0 a 60 cm, onde se encontra a maior concentração de radículas conforme KIMBALL *et alli* (1951), MONTENEGRO (1960), CAHOON e STOLZY (1960) e MOREIRA (1983).

Para as retiradas de amostras de solo foi utilizado um trado de 25 mm de diâmetro e 1.50 m de altura. As amostras retiradas foram colocadas em recipientes de alumínio previamente taradas e numeradas (figura 11).

A secagem das amostras foram feitas a 105 - 110⁰C por 24 horas utilizando ventilação forçada no Laboratório de Hidrologia do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil (UNICAMP).

Após esse período de tempo, elas foram novamente pesadas, com uma balança de precisão com capacidade de 1200 gramas e aproximação de 0.01. Obteve-se assim os dados necessários para o cálculo da umidade atual do solo.

Este controle foi feito somente em uma parte da área do pomar,

iniciar ou interromper a irrigação. Com os valores obtidos através das leituras e com a utilização da equação 7, curva característica do solo, obtida através de um programa de computador (item 3.1.4.4), para a profundidade de 0 a 60 cm, obteve-se os valores correspondentes do conteúdo de água em volume.

O tensiômetro utilizado consiste de uma cápsula porosa conectada a um vacuômetro, através de um tubo transparente de policarbonato, preenchido com água desgaseificada. Ele é totalmente vedado através de uma tampa hermética na sua extremidade superior. A cápsula porosa é instalada na profundidade desejada, conforme as características do sistema radicular da cultura.

A medida que o solo vai perdendo a umidade, vai succionando a água do tensiômetro por meio da cápsula porosa. Forma-se, então um vácuo no interior do aparelho, registrado no vacuômetro; quanto mais água o solo perde, maior o vácuo formado, causando com isto um aumento da pressão de sucção lida na escala. Ao contrário, quando a umidade do solo se eleva devido à ocorrência de chuvas ou irrigação, estabelece-se um fluxo de água no sentido solo-tensiômetro, havendo redução no vácuo, e conseqüentemente na leitura fornecida pelo instrumento.

Nessas condições, o tensiômetro espelha a sucção que as raízes das plantas exercem ao extrair a umidade do solo, e desta forma, determina a condição de umidade atual do solo.

3.4.2.1. Instalação dos tensiômetros

Os tensiômetros foram instalados em 3 grupos de 9, sendo que

cada grupo foi dividido em 3 grupos de 3 as profundidades de 15, 30 e 60 cm em relação a superfície do solo, a 70 cm do tronco da planta conforme estudo do sistema radicular.

3.4.2.2. Calibração dos vacuômetros

Foi feito teste em todos os vacuômetros para se determinar a variabilidade de suas medidas, e de tal forma a ter-se garantia da confiabilidade nos dados. Os resultados desse teste esta na tabela 4 no apêndice. Para a realização desse teste, foi construída uma bancada de acordo com o esquema mostrado na figura 12.

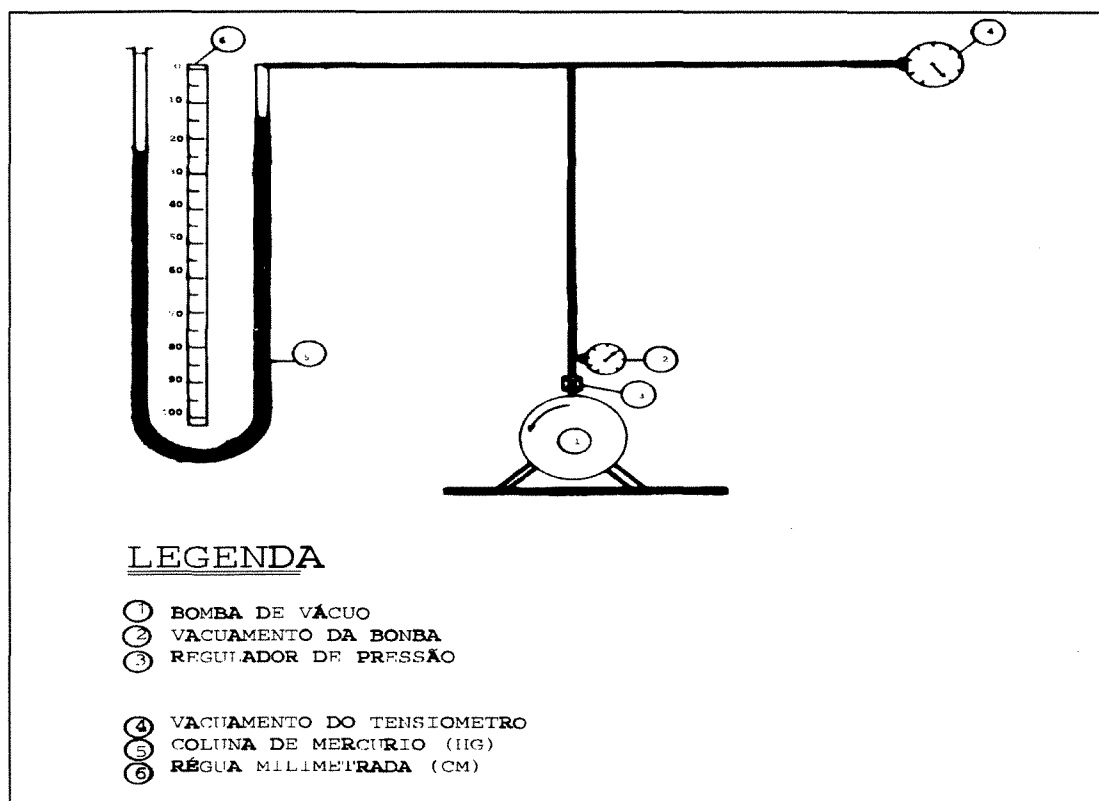


FIGURA 12 - Esquema usado para os testes dos vacuômetros.

Na tabela 4 mostra os valores reais de vácuo medidos na coluna de mercúrio entre 0 a 75 cm de Hg, que corresponde a faixa de funcionamento do aparelho e os seus correspondentes valores mínimos, médios e máximos registrados por todos os vacuômetros testados.

3.4.3. Método do tanque classe A.

Esta metodologia é uma maneira prática e eficaz de se avaliar o consumo de água da cultura, sendo utilizada e citada por DOOREMBOS e PRUITT (1985), VILLA NOVA e SCARDUA (1984), HILLEL (1980), BARBIERI e MANIERO (1984) e BRUNINI (1987).

Estimou-se a evapotranspiração de referencia (ET_0), através dos dados de evaporação do tanque classe A, fazendo-se o ajuste através de coeficientes empíricos denominados de coeficientes do tanque (K_p). Conforme recomendação de DOOREMBOS e PRUTT (1975). A evapotranspiração de referencia (ET_0) foi estimada pela equação 11:

$$ET_0 = K_p * E_0 \quad (11)$$

onde;

E_0 : Evaporação medida no tanque (mm/dia)

ET_0 : Evaporação de referência (mm/dia)

K_p : Coeficiente de correlação do tanque.

A evapotranspiração real da cultura foi obtida através da quantidade

de água extraída do solo pela planta nos locais, onde foi feito o monitoramento dos teores de umidade duas vezes por semana durante o período um ano (1991-92).

O valor da evapotranspiração real (ETR) foi denominada de C (consumo de água pela cultura), em mm/dia.

O valor do coeficiente da cultura (K_c) foi obtido pela equação 12:

$$K_c = \frac{ETR}{K_p * E_0} = \frac{C}{ET_0} \quad (12)$$

segundo DOORENBOS e PRUITT (1975), VILLA NOVA e OMETTO (1975) onde denominou-se que $ETR = C$, por não se tratar exatamente de evapotranspiração real da cultura.

3.4.3.1. Tanque classe A

O controle da irrigação foi elaborado com o auxílio de um tanque evaporimétrico classe A - USWB, instalado em superfície gramada próxima à área experimental, e as leituras foram efetuadas todos os dias às 8:00 horas.

3.4.3.2. Anemômetro

O perfil de velocidade do vento acima da cultura foi determinado com o anemômetro totalizador tipo caneca, montado no mastro a 2 metros do nível do solo.

3.4.3.3. Pluviômetro

A aquisição dos dados da precipitação pluvial foi obtida através do pluviômetro instalado no posto meteorológico próximo a cultura, situado a 1.5 metros do solo, em nível, e livre de obstáculos.

3.4.3.4. Psicrômetro

A temperatura e a umidade relativa do ar foi determinada através de um psicrômetro instalado em suporte apropriado, dentro do abrigo termométrico.

3.5. Irrigação e consumo de água

Para proceder o controle de irrigação transformou-se a umidade atual do solo expressa em porcentagem com base no peso seco, em termos de altura de umidade atual em milímetros.

Com os dados de umidade do solo e dos tensiômetros foram feitos os acompanhamentos do controle de umidade, para um nível crítico de tensão de água no solo de 70 centibares. As irrigações foram feitas com base nas amostras de umidade do solo.

Os parâmetros considerados para o acompanhamento da umidade do solo foram baseados na equação 13:

$$H = \frac{(CC - PMP) * Dg * z}{10} \quad (13)$$

onde,

H : Altura de água disponível no solo (mm);
CC : Capacidade de campo (%);
PMP : Ponto de murchamento (%);
Dg : Densidade global ($\frac{g}{cm^3}$);
z : Profundidade de irrigação (cm) e
 10 : Fator de conversão de unidades.

O cálculo da lâmina hídrica (*Hi*) realmente disponível foi baseado na equação 14:

$$Hi = \frac{(CC - UC) * Dg * z}{10} \quad (14)$$

onde,

UC : Umidade crítica (%).

O valor da umidade crítica (*UC*) representa o valor mínimo de umidade no solo na qual não ocorre prejuízo para o desenvolvimento da planta.

O cálculo para a reserva de água no solo (*R*) foi estimado através da equação 15:

$$R = H - Hi \quad (15)$$

onde,
H : Lâmina de água disponível (mm);
Hi : Lâmina hídrica realmente disponível (mm) e
R : Reserva de água no solo (mm).

A medida que o valor de umidade no solo vai diminuindo, começa a ocorrer deficit de umidade em função do consumo de água pela cultura e assim consegue-se determinar o momento de irrigar-se ou não da seguinte maneira:

$R > H_i$ - não há necessidade de irrigar;

$R < H_i$ - ocorre prejuízo no desenvolvimento da planta e

$R = H$ - é o momento de iniciar-se a irrigação.

A água extraída do solo no local amostrado num período é estimado pela variação de H_i entre duas amostragens sucessivas, que denominou-se de consumo de água da cultura (C) dado em mm/dia ou evapotranspiração real (ETR) como já foi definido anteriormente no item 3.4.3.

A lâmina de irrigação aplicada em mm foi calculada da através da equação 16:

$$Hb = Hi * \frac{100}{Ei} \quad (16)$$

onde,
Hb : Lâmina bruta de irrigação (mm) e
Ei : Eficiência de irrigação.

O cálculo da chuva efetiva (P_e) que é a parcela da precipitação bruta, que realmente atinge o solo, e estimada porque a chuva que precipita sobre o pomar de citros, parte é retirada pela folhagem e evapora retornando para a atmosfera

(perda por interceptação - I), parte atinge diretamente o solo atravessando os espaços entre as folhas (precipitação interna - P_i) ou escoando pelo caule (E_c). Assim pelas equações 17 e 18 determina-se a precipitação total:

$$P_e = E_c + P_i \quad (17)$$

$$P_t = P_e + I - (E_c + P_i) - I \quad (18)$$

onde,
 P_t : *Precipitação total (mm).*

Os critérios para avaliação da chuva são muito variados e nem todos realmente precisos, dado a grande variação de fatores intervenientes. Neste caso considerou-se como precipitação efetiva (P_e) o valor de 70% da média precipitada durante a estação desprezando-se alturas inferiores a 5 mm e o excesso diário superior a 75 mm, bem como superior a 125 mm em 10 dias. Portanto a precipitação efetiva foi estimada de acordo com a equação 19:

$$P_e = 0.7 P_t \quad (19)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Sistema radicular

Os resultados referentes ao peso de radículas, obtidos das amostras no campo, encontram-se na tabela 5. As plantas do presente experimento tinham todas a mesma idade, 3 anos, o que é importante, pois conforme mostram os autores BALDINI (1957), MELADO e CABALLERO (1974) tanto a distribuição vertical como a horizontal das raízes das plantas cítricas são influenciadas pela idade.

A relação existente entre a parte aérea das plantas, o peso de radículas coletadas e o perímetro do tronco (Tabela 6) mostra uma coerência de resultados, uma vez que as maiores copas possuíram um maior peso de raízes para um mesmo volume de solo coletado.

Conforme refere WELLER (1971) e MONTENEGRO (1960), nesta pesquisa foi verificado a influência entre o peso de radículas sobre o volume das copas, que pode ser evidenciado pela influência do tipo de solo já que no pomar experimental ocorre uma grande variabilidade de tipo de solo.

As tabelas de número 7 a 14, apresentam os dados em porcentagem, referentes ao peso das radículas, como também a sua correspondente

distribuição vertical, horizontal e a respectiva características do solo.

TABELA 5 - Resultado da avaliação do sistema radicular do limoeiro, em Limeira, SP.

| | | POSIÇÃO E DISTANCIA | | | | | | | |
|------------|--------|---------------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|
| | | ENTRE LINHA | | | | | NA LINHA | | |
| PROF | PLANTA | 70 | 140 | 210 | 280 | 350 | 70 | 140 | 210 |
| 0 (CM) | A | 5,057 | 0,670 | 0,845 | 0,461 | 0,304 | 2,436 | 2,171 | 0,350 |
| | B | 0,321 | 1,653 | 0,059 | 0,019 | 0,013 | 3,482 | 1,372 | 0,837 |
| | C | 0,729 | 0,906 | 0,307 | 0,417 | 0,000 | 30,64 | 2,988 | 0,083 |
| | D | 9,657 | 0,195 | 0,126 | 0,000 | 0,004 | 0,977 | 0,857 | 2,609 |
| 15 (CM) | A | 32,8 | 10,8 | 1,844 | 0,006 | 0,049 | 6,264 | 2,556 | 0,237 |
| | B | 4,344 | 0,006 | 0,182 | 0,015 | 0,000 | 2,815 | 7,808 | 4,554 |
| | C | 0,222 | 0,536 | 0,449 | 0,615 | 0,019 | 3,356 | 1,156 | 0,064 |
| | D | 0,420 | 0,407 | 0,271 | 0,005 | 0,032 | 0,397 | 2,035 | 2,528 |
| 30 (CM) | A | 1,489 | 0,275 | 0,076 | 0,246 | 0,017 | 0,814 | 1,171 | 1,116 |
| | B | 0,557 | 0,191 | 0,196 | 0,006 | 0,025 | 5,509 | 1,269 | 0,227 |
| | C | 20,3 | 1,570 | 0,082 | 0,386 | 0,004 | 5,303 | 4,087 | 4,962 |
| | D | 3,784 | 0,191 | 0,148 | 0,015 | 0,063 | 0,612 | 0,081 | 0,278 |

TABELA 6 - Desenvolvimento vegetativo do limão tahiti sobre o porta-enxerto limão cravo (*Citrus limonia*, OSBECK).

| PARCELA | PLANTA | Ø DA COPA (m) | ALTURA (m) | PERÍMETRO DO TRONCO (20 cm ACIMA DO SOLO) (cm) | VOLUME (m ³) | PESO DE RAÍZES (g) |
|---------|--------|------------------|------------|---|-----------------------------|-----------------------|
| 2 | A | 2,20 | 2,20 | 30,0 | 8,36 | 12,905 |
| 4 | B | 3,30 | 3,05 | 37,5 | 12,67 | 17,769 |
| 1 | C | 3,60 | 2,70 | 40,0 | 27,48 | 36,569 |
| 3 | D | 4,00 | 3,00 | 40,7 | 37,69 | 40,298 |

A estrutura do solo influenciou muito sobre a capacidade das árvores de aprofundarem suas raízes. No perfil de solo compactado ocorre uma dificuldade na penetração das raízes. Além disso o pomar apresentou perfis de solo com evidências de dificuldade de drenagem e possivelmente com condições temporais de aeração desfavoráveis, que provoca um desenvolvimento limitado das raízes. Estas verificações são concordantes com ORLOV (1985).

FORD (1959) comprovou que um significativo aumento da planta ocorreu quando raízes de cleopatra penetraram na camada argilosa. Mostrou também que o crescimento das raízes diminuíram significativamente quando o conteúdo de argila era superior a 28%.

TABELA 7 - Distribuição vertical e horizontal em porcentagem e peso de radículas na planta A (local CAPIN).

| DISTANCIA ENTRE A PERFURAÇÃO E O TRONCO | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|--|
| | | 70 | | 140 | | 210 | | 280 | | 350 | | |
| Dist. | VER. | HOR. | VER. | HOR. | VER. | HOR. | VER. | HOR. | VER. | HOR. | PESO | |
| Prof. | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (g) | |
| 0-15 | 67.11 | 73.70 | 27.94 | 7.3 | 45.89 | 18.95 | 0.00 | 0.00 | 4.04 | 0.05 | 7.21 | |
| 15-30 | 5.15 | 13.32 | 64.84 | 39.82 | 46.96 | 45.64 | 25.00 | 0.17 | 32.32 | 1.05 | 3.06 | |
| 30-60 | 27.74 | 83.73 | 7.22 | 5.19 | 7.15 | 8.11 | 75.0 | 0.57 | 63.63 | 2.40 | 2.62 | |
| PESO | 7.92 | | 1.88 | | 2.98 | | 0.02 | | 0.09 | | 12.90 | |

OBS: VER. - Distribuição das raízes na distancia vertical em porcentagem

HOR. - Distribuição das raízes na distancia horizontal em porcentagem

TABELA 8 - Características físicas e granulométricas do solo da planta A.

| CAMADA | PROFUNDIDADE (cm) | ARGILA (%) | SILTE (%) | AREIA (%) | DENSIDADE REAL (g/cm ³) |
|--------|-------------------|------------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| Ap | 0 - 25 | 11 | 56 | 33 | 2.63 |
| A/B | 25 - 37 | 11 | 57 | 32 | 2.67 |
| B/C | 37 - 50 | 25 | 50 | 25 | 2.70 |

TABELA 9 - Distribuição vertical e horizontal em porcentagem e peso de radículas na planta B (local CAPIN).

| DISTANCIA ENTRE A PERFURAÇÃO E O TRONCO | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|--|
| | | 70 | | 140 | | 210 | | 280 | | 350 | | |
| Dist. | VER. | HOR. | VER. | HOR. | VER. | HOR. | VER. | HOR. | VER. | HOR. | PESO | |
| Prof. | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (g) | |
| 0-15 | 22.34 | 48.83 | 24.60 | 38.84 | 14.79 | 11.50 | 47.50 | 0.49 | 34.21 | 0.34 | 3.89 | |
| 15-30 | 42.04 | 36.27 | 63.53 | 39.58 | 78.21 | 24.0 | 37.50 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 9.86 | |
| 30-60 | 35.62 | 75.72 | 11.87 | 18.85 | 7.00 | 5.28 | 15.0 | 0.15 | 65.79 | 0.00 | 4.00 | |
| PESO | 8.51 | | 6.14 | | 3.02 | | 0.04 | | 0.03 | | 17.76 | |

OBS: VER. - Distribuição das raízes na distancia vertical em porcentagem

HOR. - Distribuição das raízes na distancia horizontal em porcentagem

TABELA 10 - Características físicas e granulométricas do solo da planta B.

| CAMADA | PROFUNDIDADE (cm) | ARGILA (%) | SILTE (%) | AREIA (%) | DENSIDADE REAL (g/cm ³) |
|--------|-------------------|------------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| Ap | 0 - 8 | 31 | 46 | 23 | 2.70 |
| B21 | 8 - 40 | 47 | 39 | 14 | 2.72 |
| B22 | 40 - 68 | 50 | 37 | 13 | 2.74 |
| B/C | 68 -125 | 44 | 44 | 12 | 2.70 |

TABELA 11 - Distribuição vertical e horizontal em porcentagem e peso de radículas na planta C (local CAPIN).

| DISTANCIA ENTRE A PERFURAÇÃO E O TRONCO | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| | | 70 | | 140 | | 210 | | 280 | | 350 | |
| Dist. | VER. | HOR. | VER. | HOR. | VER. | HOR. | VER. | HOR. | VER. | HOR. | PESO |
| Prof. | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (g) |
| 0-15 | 15.33 | 57.38 | 16.12 | 21.75 | 25.60 | 9.15 | 64.65 | 7.06 | 82.16 | 4.66 | 6.52 |
| 15-30 | 79.96 | 71.57 | 75.67 | 24.41 | 44.59 | 3.81 | 0.84 | 0.03 | 13.24 | 0.19 | 27.30 |
| 30-60 | 4.71 | 42.12 | 8.21 | 26.45 | 29.81 | 21.80 | 34.51 | 9.0 | 4.60 | 0.63 | 2.73 |
| PESO | 24.44 | | 8.80 | | 2.23 | | 0.71 | | 0.37 | | 36.56 |

OBS: VER. - Distribuição das raízes na distancia vertical em porcentagem

HOR. - Distribuição das raízes na distancia horizontal em porcentagem

TABELA 12 - Características físicas e granulométricas do solo da planta C.

| CAMADA | PROFUNDIDADE (cm) | ARGILA (%) | SILTE (%) | AREIA (%) | DENSIDADE REAL (g/cm ³) |
|--------|-------------------|------------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| Ap | 0 - 5 | 29 | 48 | 23 | 2.70 |
| B21 | 5 - 35 | 31 | 48 | 21 | 2.70 |
| B22 | 35 -100 | 52 | 36 | 12 | 2.67 |

TABELA 13 - Distribuição vertical e horizontal em porcentagem e peso de radículas na planta D (local CAPIN).

| DISTANCIA ENTRE A PERFURAÇÃO E O TRONCO | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 70 | | 140 | | 210 | | 280 | | 350 | |
| Dist. Prof. | VER. (%) | HOR. (%) | VER. (%) | HOR. (%) | VER. (%) | HOR. (%) | VER. (%) | HOR. (%) | VER. (%) | HOR. (%) | PESO (g) |
| 0-15 | 51.83 | 85.97 | 34.64 | 10.68 | 6.57 | 1.07 | 29.41 | 2.28 | 0.00 | 0.00 | 18.24 |
| 15-30 | 5.92 | 50.75 | 15.05 | 23.41 | 8.62 | 7.84 | 43.37 | 17.45 | 82.60 | 0.55 | 3.52 |
| 30-60 | 42.25 | 69.02 | 50.31 | 15.26 | 84.81 | 13.61 | 27.22 | 2.08 | 17.4 | 0.03 | 18.52 |
| PESO | 30.26 | | 5.62 | | 2.97 | | 1.41 | | 0.02 | | 40.29 |

OBS: VER. - Distribuição das raízes na distancia vertical em porcentagem

HOR. - Distribuição das raízes na distancia horizontal em porcentagem

TABELA 14 - Características físicas e granulométricas do solo da planta D.

| CAMADA | PROFUNDIDADE (cm) | ARGILA (%) | SILTE (%) | AREIA (%) | DENSIDADE REAL (g/cm ³) |
|--------|-------------------|------------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| Ap | 0 - 17 | 22 | 57 | 21 | 2.74 |
| B1 | 17 - 42 | 28 | 50 | 22 | 2.72 |
| B21 | 42 - 67 | 31 | 53 | 16 | 2.72 |
| B22 | 67 -105 | 50 | 40 | 10 | 2.66 |
| B/C | 105 - 130 | 45 | 47 | 8 | 2.68 |

DONAHUE (1958) demonstrou que o desenvolvimento de raízes é seriamente afetado em horizontes com densidades globais superior a 1.4 g/cm^3 uma vez que não haverá espaço e oxigênio suficiente para tal desenvolvimento e devido aos níveis elevados de dióxido de carbono.

Na presente pesquisa, as plantas que mostraram um maior volume de copa e conseqüentemente o maior peso de radículas localizavam-se na parcela do pomar onde o solo tinha características mais argilosas. Através das análises físicas e granulométricas dos locais e do estudo do sistema radicular, constatou-se uma diminuição na quantidade de radículas em função de uma concentração de argila superior a 28%.

MONTENEGRO (1960), trabalhou com o porta-enxerto do limão cravo e com copa de laranja pera, plantados em dois tipos de solos, ambos mais argilosos que o solo do experimento, e constatou-se que houve influência na distribuição de raízes finas em função do tipo de solo. Observou-se também no estudo da densidade global feita na área do pomar, que nas profundidades de 0 a 30, 30 a 60 cm o solo apresentou valores de 1.52 e 1.42 g/cm^3 respectivamente. Estes valores são considerados altos para os solos argilosos, semelhante ao solo do pomar experimental. Isto indica problemas de compactação que impedem o aprofundamento das raízes, que por sua vez afeta no seu desenvolvimento devido a problemas de aeração do solo. Assim deduz-se que este fator influenciou significativamente na distribuição de raízes no perfil de solo de 0 a 60 cm.

A tabela de número 15 apresenta os dados médios da distribuição espacial em peso do sistema radicular das plantas amostradas. As três profundidades

estudadas, 0 a 15, 15 a 30 e 30 a 60 cm, tanto no sentido vertical como no horizontal, em relação ao tronco das plantas podem ser observados.

A tabela de número 16 apresenta a distribuição percentual do sistema radicular das plantas estudadas nas diversas profundidades, levando-se também em consideração, tanto o sentido vertical como o horizontal, em relação ao tronco das plantas.

A grande parte das radículas situam-se próximo à superfície do solo, conforme mostram as tabelas 15 e 16, principalmente entre as profundidades de 0 a 15 e 15 a 30 cm.

Na figura 13 verifica-se que, as plantas estudadas apresentaram percentuais em peso de radículas de 66.1%, 20.1%, 10.4%, 2.3% e 0.45% as distâncias de 70, 140, 210, 280 e 350 cm respectivamente.

Conforme mostra a mesma figura 13, os resultados mostram que os maiores percentuais de radículas estão sob a projeção da copa nos primeiros 70 cm de distância do tronco e vão diminuindo gradativamente até o meio da rua.

Na figura 14 mostra como esta ocorrendo a variação da concentração de radículas tanto em profundidade, como também em relação ao tronco das plantas.

Pode-se verificar que na mesma figura 14, ocorre uma maior variação da concentração de radículas nas camadas de 0 a 15, 15 a 30 e 30 a 60 cm de profundidade respectivamente.

TABELA 15 - Distribuição espacial do sistema radicular nas diversas profundidades do limão tahiti com o porta-enxerto do limão cravo na região de Limeira - S.P..

| DISTANCIA ENTRE A PERFURAÇÃO E O TRONCO (cm) | | | | | | |
|--|-----------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| PROF. (cm) | 70 (g) | 140 (g) | 210 (g) | 280 (g) | 350 (g) | |
| 0 - 15 | 6.66 | 1.35 | 0.65 | 0.29 | 0.08 | |
| 15 - 30 | 6.33 | 3.16 | 1.26 | 0.16 | 0.02 | |
| 30 - 60 | 4.79 | 1.10 | 0.88 | 0.16 | 0.02 | TOTAL |
| PESO(g) | 17.78 | 5.61 | 2.79 | 0.61 | 0.12 | 26.91 |

OBS: Média de 8 observações por profundidade em um total de 4 plantas.

TABELA 16 - Distribuição percentual do sistema radicular nas diversas profundidades do limão tahiti com o porta-enxerto do limão cravo.

| DISTANCIA ENTRE A PERFURAÇÃO E O TRONCO (cm) | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|------|------|-------------|------------------|
| PROF. (cm) | 70 | 140 | 210 | 280 | 350 | PESO (%) | (%) ACUMULADA |
| 0 - 15 | 24.75 | 5.02 | 2.42 | 1.08 | 0.30 | 33.56 | 33.56 |
| 15 - 30 | 23.52 | 11.74 | 4.68 | 0.59 | 0.07 | 40.62 | 74.18 |
| 30-60 | 17.80 | 4.09 | 3.27 | 0.59 | 0.07 | 25.83 | 100.0 |
| PESO(%) | 66.07 | 20.85 | 10.37 | 2.27 | 0.45 | | |

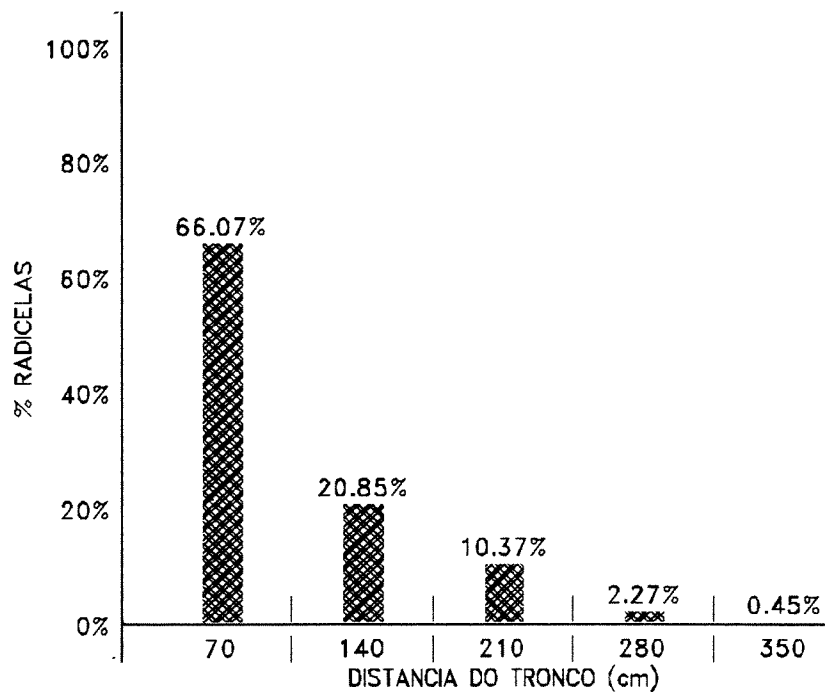


FIGURA 13 - Distribuição percentual das radicelas a várias distancias em relação ao tronco da planta, limão tahiti - Porta - enxerto limão Cravo.

4.1.1. Distribuição horizontal

A análise dos resultados do experimento mostra que na distribuição horizontal das radicelas ocorre uma grande variação em função da distancia em que estão do tronco (figura 13). Isso ocorre naturalmente nas plantas de sistema pivotante. Bem junto ao tronco, as raízes mais velhas apresentam maior número de raízes finas e radicelas. Muito longe escasseiam-se as raízes e conseqüentemente, diminui as radicelas.

Pela tabela 15 e 16 verifica-se que na camada superficial, de 0 a

15 cm, a partir do tronco até a metade da distancia entre as plantas da mesma linha, existe mais radicelas na distancia entre 70 a 140 cm. Neste local estão localizados 70 a 80% das radicelas pertencentes a esta camada, sendo que na distancia de 70 cm ocorre a presença de 73% de radicelas pertencentes a esta camada. Na camada imediatamente abaixo entre 15 a 30 cm cerca de 58% a 86% das raízes nela existentes estão entre 70 a 140 cm de distancia do tronco. Nesta camada somente 58% das raízes estão a 70 cm de distancia do tronco.

Na última camada estudada de 30 a 60 cm de profundidade cerca de 69% a 84% das raízes nela existente estão entre 70 a 140 cm de distancia do tronco.

Na figura 13 observa-se que as maiores variações da concentração de radicelas estão na faixa entre 70 a 140 cm de distancia do tronco em todas as profundidades estudadas.

MONTENEGRO (1960) constatou que 75% a 94% das radicelas se distribuíram num raio de 2 metros do tronco. PACE (1979) encontrou o maior percentual de radicelas na projeção da copa. MELADO e CABALLERO (1974) encontraram a maior concentração de radicelas a um metro do tronco.

BALDINI (1957) estudou o comportamento do citros em solo bastante argiloso e encontrou raízes a 400 cm do tronco. Nesses trabalhos parece que não só a textura do solo, mas também a irrigação e a adubação influenciaram o desenvolvimento do sistema radicular.

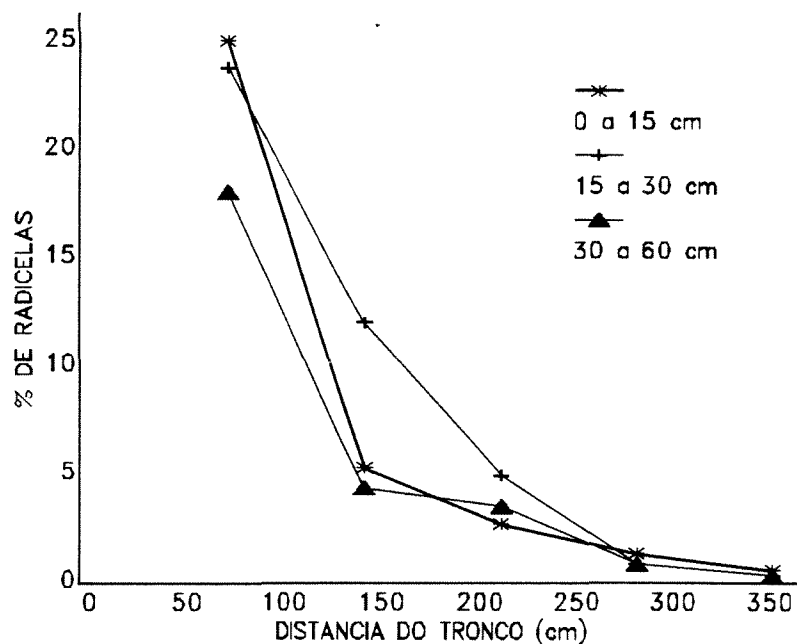


FIGURA 14 - Distribuição percentual das radicelas em profundidades a várias distâncias em relação ao tronco da planta. Limão tahiti - Porta-enxerto Limão Cravo.

4.1.2. Distribuição vertical

A análise dos resultados mostra uma variação na distribuição vertical de radicelas em função da profundidade em que foram tomadas as amostras. Este fato era esperado e decorre da biologia das plantas pivotantes, nas quais as raízes diminuem em quantidades à medida que vão se aprofundando.

Nesta pesquisa 33.6% das raízes estão na superfície entre 0 a 15 cm, e 15 a 30 cm existem 40.6% e de 30 a 60 cm de profundidade 25.8%. Portanto nos níveis de 0 a 30 cm de profundidade representa 74.2% de radicelas para um total de

perfil de solo de 0 a 60 cm, conforme tabela 16.

Diversos autores que trabalharam com o estudo do sistema radicular do porta-enxerto limão cravo, mostram que essa distribuição é comum, como MONTENEGRO (1960).

RODRIGUEZ *et alii* (1978), encontraram no caso do limão cravo 33% das raízes na faixa superficial do solo de 0 a 10 cm de profundidade. Porém este estudo foi feito com plantas novas, com aproximadamente 2 anos de idade.

PACE (1979) trabalhou no estado do Rio de Janeiro com vários porta-enxertos, em solos podzólicos vermelho-amarelo. Encontrou que o limão cravo apresentava mais radículas nas camadas superficiais, do que os outros, e o maior percentual de radículas estava nos primeiros 20 cm de profundidade do solo.

Os resultados desta pesquisa fazem com que os próximos estudos sobre a distribuição de raízes em plantas cítricas a nível de manejo de irrigação sejam efetuadas nas camadas superficiais de 0 a 60 cm de profundidade. Nota-se que dentro deste perfil de solo aproximadamente 75% das raízes absorventes se encontraram nos 30 cm do solo.

Esta observação esta coerente com estudo de plantas cítricas realizadas em outras regiões, com porta-enxerto e copas diversas, plantadas em solos diferentes. Confirmada por BALDINI (1957) em Catarina (Itália) que encontrou maior concentração das radículas nas profundidades de 0 a 10 cm. MELADO e CABALLERO (1974) em Valencia (Espanha) encontrou maior quantidade de raízes absorventes à

profundidade de 0 a 30 cm. VIEIRA (1991), cita que a profundidade de irrigação para pomares cítricos varia de 50 a 60 cm, e profundidades maiores adotadas propiciam maiores intervalos de irrigação, pois a profundidade efetiva das raízes de plantas cítricas não ultrapassa este valor.

Através dos dados do experimento, na tabela 16 nota-se que ocorre uma variação entre as profundidades e distancia do tronco de onde foram colhidas as amostras. Isto quer dizer que a distancia de onde as amostras são tomadas ocorre variações nas quantidades de radículas para a mesma profundidade, e que também, variando-se a profundidade, obtem-se valores diferentes para uma mesma distancia do tronco

4.2. Uniformidade de emissão de água do equipamento

Os dados dos tempos necessários para se encher o recipiente de 1,5 litros e suas respectivas vazões estão na tabela 17. O valor de $T_{\max} = 87 + 91 + 93 = 271$ (seg) e $T_{\min} = 64 + 61 + 65 = 190$ (seg) conforme metodologia de BRALTS e KESNER (1983).

Através destes dados e com o uso do programa de computador, encontraram-se valores para o coeficiente de uniformidade de emissão do sistema de irrigação com limites de confiança de 95%. Os valores do limite de confiança foram determinados com o uso das equações (6) e (7).

Na tabela 18 está o resultado dos coeficientes de uniformidade de

emissão para os valores mínimos, médios e máximos e suas respectivas vazões médias em litros por hora.

A análise estatística dos dados coletados no campo mostram que para uma variação do coeficiente de uniformidade de emissão, ocorreu uma variação da vazão média entre os emissores que estavam funcionando simultaneamente de mais de 10%.

Segundo BRALTS e KESNER (1983) em testes de sistemas de irrigação localizada, verificaram que, quando usando este método utilizado no programa de computador, os valores de 80% ou mais eram considerados altamente satisfatórios.

TABELA 17 - Dados de campo dos tempos requeridos para se encher um recipiente de 1,5 litros e suas respectivas vazões.

| MICROASPELADOR | TEMPO (Seg) | VAZÃO (l/h) |
|-----------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 64 | 84.37 |
| 2 | 79 | 68.35 |
| 3 | 67 | 80.59 |
| 4 | 71 | 76.05 |
| 5 | 75 | 72.0 |
| 6 | 81 | 66.66 |
| 7 | 68 | 79.41 |

| MICROASPERSONOR | TEMPO (Seg) | VAZÃO (l/h) |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| 8 | 87 | 62.0 |
| 9 | 69 | 78.26 |
| 10 | 85 | 63.52 |
| 11 | 77 | 70.12 |
| 12 | 91 | 59.34 |
| 13 | 68 | 79.41 |
| 14 | 93 | 58.06 |
| 15 | 65 | 83.07 |
| 16 | 61 | 88.52 |

TABELA 18 - Valores do coeficiente de uniformidade emissão e suas respectivas vazões médias.

| COEF. DE UNIFORMIDADE DE EMISSÃO (%) | VAZÃO MÉDIA (l/h) |
|---|--------------------------|
| 88.10 | 67.44 |
| 88.66 | 72.93 |
| 89.21 | 78.48 |

O coeficiente de uniformidade de emissão é definido como um

parâmetro estatístico, que fornece uma indicação das diferenças entre as descargas de água direta dos emissores do sistema de irrigação localizada. Estas diferenças nas vazões entre os emissores é devido a variação hidráulica do sistema, variação do coeficiente de fabricação e problemas da qualidade da água da irrigação. Em decorrência deste fato isto irá implicar em uma diminuição na eficiência de irrigação e conseqüentemente no manejo.

Para KALLER e KARMELI (1974) que estabeleceram como regra geral que um sistema de irrigação localizada não deve ser projetado para valor de uniformidade de emissão absoluta (Eua) menor de 90%.

Segundo o critério de classificação utilizado por HANDLEY *et alii* (1983) os valores mínimos, médios e máximos do coeficiente de uniformidade de emissão encontrados nesta pesquisa é considerado bom.

Com relação a variação de vazão média entre os emissores pode-se considerar aceitável segundo WU e GITLIN (1974) e MICHAEL (1978). Para a classificação da ABNT (1980) esta variação de vazão que apresenta um coeficiente de variação maior de 10% e considerada média. NOGUERIA (1989), fez testes no microaspersor utilizado nesta pesquisa e constatou que ele apresentou um coeficiente de variação de vazão, que segundo a classificação da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, é médio.

Para BRUWER *et alii* (1979), VERMEIREN e JOBLING (1980), PUEYO e FORCADA (1982) e KELLER e KARMELI (1974), a variação de vazão entre

os emissores é considerada alta, pois eles consideram uma variação máxima de vazão entre os emissores funcionando simultaneamente de 10% a nível de dimensionamento. O critério de projeto adotado para diferenças admissíveis entre a vazão dos emissores difere entre alguns autores, cabendo ao bom senso do projetista adotar o que melhor convenha a cada caso.

NASCIMENTO *et alli* (1991), mostra que o microaspersor utilizado nesta pesquisa apresentou um coeficiente de variação de fabricação de 17.99%, o que significa que segundo as normas da ABNT, ele é classificado como médio. Para KELLER e KARMELLI (1974) e BRALTS *et alli* (1981), o valor do coeficiente de variação de fabricação influencia na determinação do coeficiente de uniformidade de emissão.

NAKAYAMA e BUCKS (1986) indicam, como principais causas da variação na fabricação, a falta de habilidade para admitir tolerâncias dimensionais devido à pressão e temperatura de fabricação, variações no material utilizado, projeto do emissor e o molde utilizado.

Uma razão importante a ser considerada com relação a uniformidade de emissão é que ela desempenha um importante papel no processo de manejo da irrigação. Manejo cuidadoso, tempo e total de irrigação, podem ter considerável valor em termos de economia de água e melhoria de produção por unidade de área e/ou produção por unidade de água. Portanto a eficiência dos sistemas de irrigação localizada depende diretamente da uniformidade com a qual a água é

descarregada dos dispositivos de emissão por todo o sistema.

4.3. Uniformidade de aplicação de água do microaspersor

Os resultados dos testes para a avaliação da distribuição de água do microaspersor estão apresentados de acordo com o que foi descrito no item 3.2.3 e 3.2.4 .

Com base nos testes realizados, foram elaborados as tabelas 19, 20 e 21, contendo os principais parâmetros hidráulicos, valores dos volumes de água coletados e o cálculo da uniformidade de distribuição das médias dos valores de campo, cujo finalidade é de orientar tanto os técnicos projetistas quanto os que manejam os sistemas de irrigação localizada por microaspersão.

TABELA 19 - Características hidráulicas do microaspersor da Asbrasil com bailarina no campo para 3 locais diferentes numa área de 2 hectares.

| LOCAL | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|---------------------|-----|------|-----|------|------|------|
| PONTO MAIS CRÍTICO | 32 | 72.3 | 275 | 3.32 | 3.04 | 1.8 |
| PONTO MÉDIO | 34 | 71 | 275 | 2.18 | 2.98 | 2.0 |
| PONTO MENOS CRÍTICO | 38 | 73 | 275 | 1.66 | 3.07 | 1.90 |

(1) Pressão (m.c.a.)

(2) Vazão (l/h)

- (3) Raio (cm)
- (4) Intensidade média de aplicação (mm/h) - Valor medido
- (5) Intensidade de aplicação (mm/h) - Valor teórico
- (6) Velocidade do vento (m/s)

Pode-se verificar, através da tabela 19, que quase não houve variação da vazão do microaspersor em função dos locais do teste, que foi de 73, 71 e 72.3 l/h para os locais menos crítico, médio e mais crítico respectivamente. Isto deve-se ao processo da auto-regulagem que condiciona uma pequena variação de vazão dentro do sistema, que neste teste deve uma amplitude de variação de 2 l/h que significa uma variação de 3% na vazão nominal do microaspersor. Mas em contra partida a variação de pressão causou uma grande variação na intensidade média de aplicação que foi de 1.66, 2.18 e 3.32 mm/h para os locais menos crítico, médio e mais crítico respectivamente, além das variações dos valores medidos com relação aos valores teóricos (coluna 4 e 5). Esta variação de pressão associada a variação da intensidade média de aplicação compromete bastante o manejo de água desse sistema de irrigação, afinal ocorreu uma variação de praticamente o dobro de um local a outro.

NASCIMENTO *et alli*, em estudos com este mesmo tipo de microaspersor, concluiu que quando este associado a variação de pressão ao longo da linha lateral, pode comprometer bastante o manejo de água do sistema. Neste mesmo trabalho é feita uma discussão sobre o sistema de auto-regulagem, que tem por objetivo contribuir para a obtenção de excelentes coeficientes de uniformidade e eficiência de

aplicação. Mas, por outro lado, a vida útil das peças que compõem o sistema de auto-regulagem, pode comprometer de modo significativo, o desempenho do coeficiente de uniformidade de distribuição de água como também na eficiência do sistema ao longo do tempo. Pois a composição do sistema de auto-regulagem, assim como o tipo de matéria prima que constitui a membrana, varia entre fabricantes. No caso do microaspersor testado, o sistema de auto-regulagem é composto por duas peças, sendo uma rígida e outra flexível (membrana de borracha).

NOGUEIRA (1989), em testes no mesmo microaspersor usado nesta pesquisa, encontrou a seguinte equação característica (20), com coeficiente de determinação (r^2) igual a 0.7726.

$$q = 28.86 h^{0.2431} \quad (20)$$

q: Vazão do microaspersor (l/h)

h: Pressão na entrada do microaspersor (mca)

Observa-se na tabela 19 que o local que trabalhou com maior pressão (38 mca - ponto menos crítico) ocorreu uma menor intensidade média de aplicação (1.66 mm/h), que causou assim um maior acúmulo de água próximo ao emissor e provocou uma escassez de água no perímetro. As gotas mostraram-se muito pequenas (neblina) e estavam sujeitas a ação do vento.

O local de menor pressão (32 mca - ponto mais crítico) apresentou uma maior intensidade média de aplicação (3.22 mm/h), as gotas de água apresentaram-

se maiores e atingiram uma maior distancia, causando desta maneira um maior acúmulo de água no perímetro com relação ao ponto de menor pressão.

Através da análise dos resultados da tabela 20, pode-se constatar que houve uma grande variação da distribuição de água do microaspersor entre as distancias de 25 a 275 cm. A deficiência na simetria da aplicação de água ao redor do microaspersor foi devido a existência de peças móveis, principalmente a peça rotativa (bailarina), que prejudicou sensivelmente a dispersão do jato de água do emissor e conseqüentemente a sua uniformidade de aplicação, aliado também ao fator vento.

Estas observações estão de acordo com as encontradas por NOGUEIRA (1989), que durante a realização de teste com o mesmo tipo de microaspersor da ASBRASIL com asa giratória constatou distorções no ângulo de inclinação do jato de água que afetam o perfil de distribuição da água. O mesmo constatou BRUWER *et alli* (1979), que estudando microaspersores norte americanos observou que uma das diferenças na uniformidade de aplicação de água foi devido à diferença no ângulo de inclinação do jato contra a superfície de ensaio.

Pode-se verificar através da tabela 20 que houve uma maior intensidade de aplicação no ponto de maior desnível em relação ao cabeçal de controle (coluna 1) mas em compensação um maior coeficiente de variação entre as distancia de 25 a 275 cm de distancia do microaspersor (coluna 9). O ponto menos crítico e de menor desnível em relação ao cabeçal apresentou uma menor intensidade de aplicação (coluna 1) e também um menor coeficiente de variação no seu perfil de distribuição de água

(coluna 9).

TABELA 20 - Distribuição de água do microaspersor no campo (N, S, L e O) para 3 locais diferentes em um sistema para 2 hectares.

| | Distancia a partir do microaspersor (cm) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|----|----|-----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|---|-----|-----|---|
| | 25 | | | 75 | | | 125 | | | 175 | | | 225 | | | 275 | | |
| L o c a l | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| N | 20 | 29 | 21 | 8 | 17 | 18 | 5 | 7 | 10 | 6 | 6 | 12 | 5 | 4 | 9 | 7 | 4 | 0 |
| S | 19 | 35 | 48 | 6 | 16 | 18 | 5 | 8 | 14 | 5 | 7 | 12 | 5 | 4 | 7 | 6 | 9 | 8 |
| L | 29 | 19 | 66 | 11 | 13 | 28 | 5 | 9 | 14 | 6 | 7 | 12 | 7 | 4 | 9 | 7 | 2 | 0 |
| O | 14 | 26 | 40 | 5 | 14 | 17 | 5 | 6 | 14 | 5 | 6 | 11 | 5 | 5 | 7 | 5 | 7 | 5 |
| M | 21 | 27 | 43 | 7.5 | 15 | 21 | 5 | 7.5 | 13 | 5.5 | 6.5 | 12 | 5.5 | 4.2 | 8 | 6.2 | 5.5 | 3 |

(1) - Ponto menos crítico (2) - Ponto médio (3) - Ponto mais crítico

(N) - Norte (S) - Sul (L) - Leste (O) - Oeste (M) - Média

Segundo a metodologia adotada constatou-se que para um valor muito baixo do coeficiente de variação indica uma alta uniformidade de aplicação de água e vice-versa. O mesmo constatou POST *et alli* (1984) que em seus trabalhos de testes de distribuição de água de microaspersores, concluiu que existe uma relação entre o coeficiente de variação e a uniformidade de aplicação de água. Para valores baixos de coeficientes de variação estará associado valores altos de uniformidade de aplicação de água e vice-versa.

Com os resultados apresentados até agora fez com que fossem levantados algumas questões para estudos futuros tais como:

- a) Como as plantas responde a valores altos de coeficientes de variação da uniformidade de distribuição de água do microaspersor.
- b) Pode o sistema radicular ajustar-se ou compensar-se para um modelo de microaspersor com um grande coeficiente de variação;
- c) Qual os melhores valores de coeficientes de variação dos microaspersores em função da textura do solo;
- d) Estudo sobre pequenos reguladores de pressão e amortizadores de velocidade que teriam o papel de manter pressões e vazões constantes e assim controlariam o tamanho das gotas na saída do emissor e o diâmetro irrigado. O amortizador de velocidade teria uma função de manter uma velocidade adequada no local do emissor que evitaria o problema de gotas muito pequenas que causam o efeito de nebulização (neblina) como foi constatado no teste para o ponto que se trabalhou no menor desnível a uma pressão

de serviço de 34 mca. Com esta sugestão pode-se ter uma melhoria na uniformidade de distribuição de água do microaspersor.

Através da análise da tabela 21 conjuntamente com a figura 15, pode-se verificar que independente da localização do local do teste, as maiores intensidades de aplicação sempre ocorreram nos pontos mais próximos do microaspersor. Um dos fatores que influenciaram este resultado foi a interceptação do jato de água pelo suporte do microaspersor, por se tratar de um emissor rotativo (emissor com bailarina).

Este mesmo resultado foi encontrado por NOGUEIRA (1989), que com o mesmo microaspersor usado nesta pesquisa encontrou uma maior concentração da precipitação próximo à haste, a qual decresce até aproximadamente 80 cm.

Ainda na figura 15 pode-se notar que a área contida dentro dos primeiros 75 cm de raio receberam a maior intensidade de aplicação. A partir deste ponto houve um declínio acentuado até cerca de 125 cm de raio em todos os pontos testados. O gráfico apresentou uma menor variação com relação a taxa de precipitação entre os pontos de 125 a 275 cm de distancia do microaspersor.

Esta variação nas taxas de precipitação dos círculos levanta uma questão; Acima de qual ponto pode uma área ser considerada irrigada ou simplesmente umidecida ?

Segundo SADAN e SHANI (1983), uma taxa de precipitação acima de 1 mm/hora pode ser considerada como área umidecida (irrigação ineficiente). Isto pode ser uma definição razoável para emissores com taxa de precipitação média de 2 a

7 mm/hora e especialmente adaptado a microaspersores com taxas flutuantes entre 2 a 4 mm/hora.

Portanto essas dificuldades são freqüentemente agravadas pelo motivo da necessidade de termos que fazer várias modificações no microaspersor conforme as suas taxas de precipitações flutuantes, mas sem ter que modificar o diâmetro do bico a fim de não prejudicar a vazão e a pressão de serviço do projeto.

VERMEIREN e JOBLING (1980), comentaram que uma pequena variação no diâmetro do emissor pode condicionar uma grande variação de vazão para uma mesma pressão.

TABELA 21 - Cálculo da uniformidade de distribuição dos valores médios de campo para os 3 locais distintos.

| LOCAL | CÍRCULO | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|---------------------------|---------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| PONTO MENOS CRÍTICO | 1 | 4.07 | 0.78 | 3.18 | 1/36 | 0.11 | 0.46 | 0.24 | 0.49 | 40.01 |
| | 2 | 1.49 | 2.36 | 3.52 | 3/36 | 0.12 | 0.18 | | | |
| | 3 | 0.99 | 3.92 | 3.89 | 5/36 | 0.13 | 0.13 | | | |
| | 4 | 1.09 | 5.50 | 6.01 | 7/36 | 0.21 | 0.23 | | | |
| | 5 | 1.09 | 7.06 | 7.72 | 9/36 | 0.27 | 0.29 | | | |
| | 6 | 1.24 | 8.64 | 10.74 | 11/36 | 0.37 | 0.47 | | | |
| | TOTAL | 9.97 | 28.26 | 35.08 | 1 | 1.24 | 1.78 | | | |

TABELA 21 cont.

| LOCAL | CÍRCULO | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|--------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| PONTO MÉDIO | 1 | 5.42 | 0.78 | 4.22 | 1/36 | 0.15 | 0.81 | 0.76 | 0.87 | 62.40 |
| | 2 | 2.98 | 2.36 | 7.04 | 3/36 | 0.24 | 0.74 | | | |
| | 3 | 1.49 | 3.92 | 5.84 | 5/36 | 0.20 | 0.31 | | | |
| | 4 | 1.29 | 5.50 | 7.11 | 7/36 | 0.25 | 0.32 | | | |
| | 5 | 0.84 | 7.06 | 5.96 | 9/36 | 0.21 | 0.17 | | | |
| | 6 | 1.09 | 8.64 | 9.45 | 11/36 | 0.33 | 0.36 | | | |
| | TOTAL | 13.11 | 28.26 | 39.65 | 1 | 1.40 | 2.73 | | | |
| LOCAL | CÍRCULO | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| PONTO MAIS CRÍTICO | 1 | 8.70 | 0.78 | 6.78 | 1/36 | 0.24 | 2.10 | 2.28 | 1.51 | 75.85 |
| | 2 | 4.07 | 2.36 | 9.62 | 3/36 | 0.33 | 1.38 | | | |
| | 3 | 2.58 | 3.92 | 10.13 | 5/36 | 0.36 | 0.92 | | | |
| | 4 | 2.33 | 5.50 | 12.85 | 7/36 | 0.45 | 1.06 | | | |
| | 5 | 1.59 | 7.06 | 11.23 | 9/36 | 0.40 | 0.63 | | | |
| | 6 | 0.64 | 8.64 | 5.58 | 11/36 | 0.19 | 0.12 | | | |
| | TOTAL | 19.91 | 28.26 | 56.23 | 1 | 1.99 | 6.24 | | | |

(1) - Intensidade de aplicação (mm/h)

(2) - Área do círculo (m²)

- (3) - Aplicação por círculo (l/h)
- (4) - Parte proporcional da área do círculo em relação a área total umidecida
- (5) - Média ponderada da taxa irrigada dentro do círculo
- (6) - Soma dos quadrados da taxa irrigada
- (7) - Variância
- (8) - Desvio padrão
- (9) - Coeficiente de variação (c.v.)

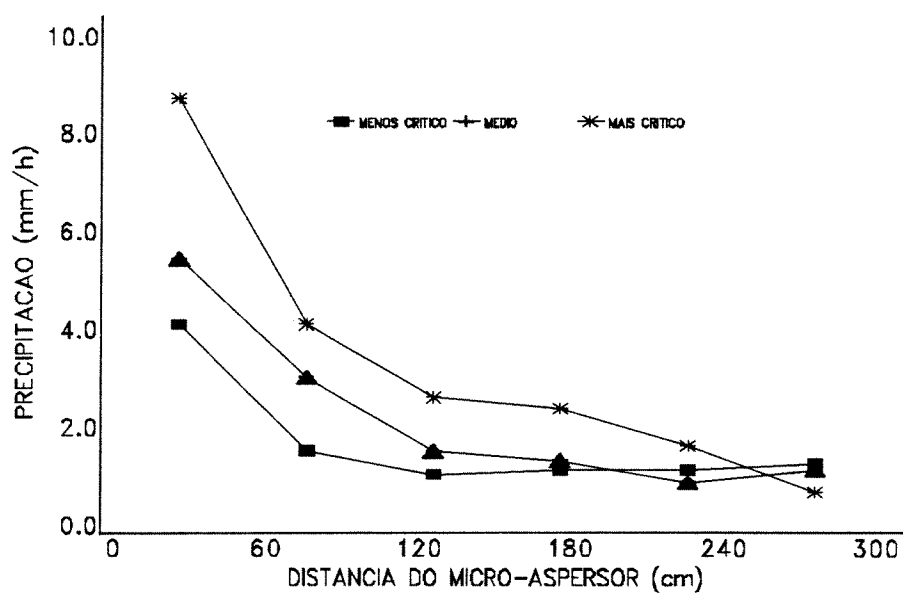


FIGURA 15 - Distribuição de água do microaspersor no campo para 3 locais distintos

Outra questão importante a ser considerada é no sentido de que uma taxa de precipitação pode ser considerada boa ou até mesmo excelente para um microaspersor, mas o valor do coeficiente de variação do mesmo pode ser muito alto, conseqüentemente ocorrerá uma grande variação na distribuição de água e de umidade no solo, que poderá não ser bom com relação ao tipo de solo que esteja sendo irrigado como também em relação a distribuição do sistema radicular da cultura irrigada.

No local menos crítico, entre os pontos de 125 a 275 cm de distancia ocorreu uma irrigação ineficiente. Esta faixa representa uma área de 88% do total da área molhada ou seja 25,2 m² e uma taxa de aplicação de 28,4 litros/hora por círculo.

A área do local entre os pontos 225 a 275 cm de distancia apresentou uma irrigação ineficiente que representava 55% do total da área irrigada e 15,7 m². A taxa de aplicação nesta faixa foi de 15,42 litros/hora por círculo.

No local mais crítico a irrigação ineficiente se deu a partir de 275 cm de distancia do microaspersor que correspondia a 30% da área total e 8.64 m². A taxa de aplicação nesta faixa foi de 5,6 litros/hora por círculo.

HAUSENBERG e SELAH (1983), do serviço de Extensão Agrícola de Israel, estudaram as implicações de redução de área irrigada com relação a tensão de umidade no solo e os respectivos intervalos de irrigação. Eles testaram dois microjets, que cobriam uma área de 12,5 e 19,5 m². Depois fizeram uma comparação da área irrigada com relação a microaspersores correspondentes. O resultado encontrado para o

microjets que cobria uma área de 19,5 m² e vazão de 70 litros/hora, (que praticamente corresponde com as características hidráulicas do microaspersor em estudo), foram que a tensão de umidade no solo atingiu 40 a 50 centibar depois de 2 a 7 dias para uma camada de solo de 40 cm. Portanto chegaram a seguinte conclusão que para os microjets como também os microaspersores testados os intervalos de irrigação deveriam ser de 7 dias ou menos, deixando-se cerca de 70% de água disponível no solo.

Uma importante consideração feita por POST *et alli* (1984) foi quando o irrigante enfrenta os seguintes problemas:

- a) Variação da declividade do terreno for maior que 5%;
- b) Solos de textura muito fina ou grosseira;
- c) Culturas de enraizamento superficial e pouco profundo;
- d) Ramos e folhas que estão próximos ao solo prejudicam a uniformidade de aplicação de água do microaspersor.

Com solos de textura fina (argiloso) e uma declividade superior a 5%, pode ocorrer problemas de erosão, perda de fertilizantes e fungicidas. Isto ocorre quando a aplicação de água do microaspersor excede a taxa de infiltração do solo.

Portanto as características básicas na escolha de um microaspersor, devem ser consideradas as seguintes peculiaridades:

- a) Vazão constante, oscilando-se pouco com as mudanças de pressões e variações do nível do terreno;
- b) Pouca sensibilidade a obstruções que irá afetar a eficiência do sistema;

c) Elevada uniformidade de fabricação e que apresente um coeficiente máximo de variação de 5%.

Diante desses fatos, e para que os projetos sejam executados corretamente, e os custos do equipamento e operação sejam econômicos, é imprescindível o conhecimento das características hidráulicas e desempenho dos componentes do sistema e a identificação do local de aplicação de água pela investigação da distribuição das raízes no solo. Com isto ocorrerá um aumento da eficiência do uso da água, pois desta maneira irriga-se somente a faixa do solo onde localiza-se a maior concentração das raízes.

4.4. Dados climatológicos

Os resultados referentes aos dados climatológicos do experimento obtidos no posto meteorológico do CAPIN, que referem a precipitação do tanque classe A e o seu respectivo coeficiente (K_p), velocidade do vento e umidade relativa encontram-se no apêndice 1 (Dados climatológicos).

Na tabela 22, estão apresentados os dados de temperatura média mensal do ar e da precipitação pluvial mensal para a região de Limeira. Observa-se que a distribuição pluvial segue o regime típico das zonas tropicais de baixa altitude, ou seja, verão chuvoso e inverno seco. A sucessão de períodos chuvosos faz-se claramente, marcando com nitidez em duas estações: uma seca de inverno, que se estende de abril a setembro, e outra chuvosa de verão, que se estende de outubro a março. O regime

térmico do ar, por sua vez, acompanha de perto as estações do ano, variando, contudo, gradativamente: médias mensais elevadas no verão, ligeiro decréscimo no outono, valores mais baixos no inverno e acréscimo na primavera. As médias do inverno chegam em junho e julho a valores inferiores a 18 graus centígrados, superando 22 graus centígrados em janeiro e fevereiro.

As precipitações mensais ocorridas durante a pesquisa e a comparação com as normais da região estão apresentadas na figura 18. Verifica-se que ocorreu um período de seca bem definido, de meados de maio a fins de novembro de 1991. Neste período, apesar de precipitações esparsas, tornou-se necessária a irrigação suplementar. Comparando a distribuição das precipitações deste ano com a distribuição normal da região, nota-se que com excessão dos meses de março e abril, o ano de 1991/92 foi bastante representativo das condições normais de distribuição de chuvas na região.

Os valores médios do coeficiente do tanque classe A (K_p) foi constante durante quase todo o período da pesquisa e se assumiu um valor de 0,65. Este valor médio apresentou um maior coeficiente de variação no mês de janeiro de 1992 que foi de 8,9 e o menor de dezembro de 1991 que foi de 5,7, estação mais chuvosa.

Somente no mês de março de 1992 que o K_p do tanque foi de 0,75 e apresentou um coeficiente de variação de 7,2. Os valores encontrados nesta pesquisa diferem um pouco dos coeficientes assumidos em outras pesquisas.

TABELA 22 - Temperatura média mensal (Temp.) e precipitação pluvial mensal (Precip.) registrada, para a região de Limeira - S.P.

| MÊS | TEMP.(°C) | PRECIP.(mm) |
|-----------|-----------|-------------|
| JANEIRO | 22.6 | 238 |
| FEVEREIRO | 22.5 | 206 |
| MARÇO | 22.0 | 169 |
| ABRIL | 20.1 | 61 |
| MAIO | 18.1 | 46 |
| JUNHO | 17.0 | 36 |
| JULHO | 16.7 | 24 |
| AGOSTO | 18.6 | 28 |
| SETEMBRO | 20.1 | 59 |
| OUTUBRO | 20.8 | 133 |
| NOVEMBRO | 21.4 | 147 |
| DEZEMBRO | 21.9 | 229 |
| ANUAL | 20.2 | 1376 |

Ref. Dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola - IAC

Segundo ROGERS *et alli* (1983) um coeficiente do tanque (Kp) de 0,8, tendeu a subestimar o valor da evapotranspiração durante a estação úmida (junho

- setembro), sugerem que um coeficiente de 0,85 deveria ser usado na estação úmida e um coeficiente de 0,75 deve ser usado em abril (primavera) para a região do sul da Flórida.

HOFFMAN *et alli* (1982) assumiu um valor de coeficiente do tanque (K_p) de 0,7 para todo o ano segundo dados de DOORENBOS e PRUITT (1975), para um sistema de irrigação por gotejamento em Yuma, região árida do Arizona.

Para VIEIRA (1991), a avaliação do consumo de água para efeito de controle de irrigação, feito com o auxílio do tanque classe A, utiliza-se um coeficiente do tanque (K_p) estimado para o estado de São Paulo de aproximadamente 0,7.

Pode-se notar que os valores de K_p relatados na literatura variam muito, desse modo, a variação ano a ano no clima faz a seleção de um coeficiente de tanque mensal geral muito difícil.

4.5. Controle de umidade do solo.

Os resultados referentes ao controle de umidade do solo, obtidos pelos métodos gravimétrico e tensiométrico, acham-se nas tabelas 23 e 24 no apêndice. Os locais 1, 2, e 4 foram controlados por ambos os métodos. As tabelas apresentam os dados referentes ao teor de umidade do solo a três profundidades, 0 a 15, 15 a 30 e 30 a 60 cm, a uma distância de 70 cm do tronco da planta, durante o período de abril de 1991 a março de 1992.

A distância horizontal de 70 cm, foi baseado no estudo da

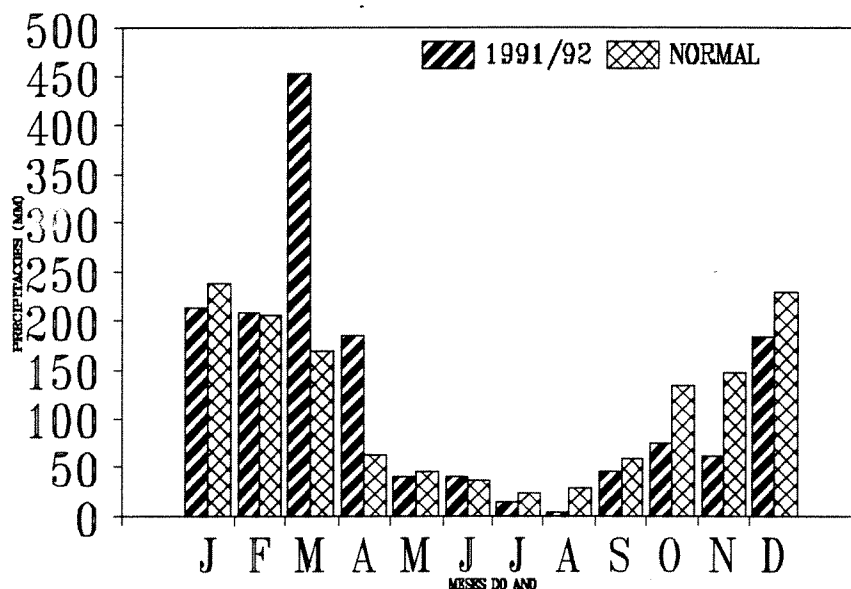


FIGURA 16 - Comparação das precipitações do ano de 1991 com a precipitação normal na região de Limeira.

distribuição do sistema radicular. Os resultados médios de umidade do solo para todos os tensiômetros variou de 10 a 70 centibares nas datas amostradas.

Segundo os resultados das análises granulométricas dos solos onde estavam localizadas as plantas monitoradas (tabela 25) nos permitiu as seguintes constatações:

- a) As plantas dos locais 1 e 4 estavam localizadas em solos um pouco mais arenosos, em comparação com as plantas dos locais 2 e 4;
- b) Nos locais 1 e 4 existe uma média de quase 50% de areia (areia fina e muito fina)

nos primeiros 30 cm de profundidade, enquanto que os locais 2 e 3 esta média diminui para valores menores de 40% de areia. Mas em contra partida neste mesmo perfil de solo os locais 2 e 3 ocorre uma maior concentração de argila que é sempre maior de 38% e nos outros 2 locais é sempre inferior a 34%.

As diferenças em textura podem ser confirmadas quando observa-se o controle de umidade pelo método gravimétrico (tabela 23 - apêndice).

Em todos os dados analisados onde se apresentou os menores teores de umidade era sempre nos locais 1 e 4. Estes mesmos locais foram também controlados pelo método tensiométrico, e mostraram sempre teores de umidade iguais ou menores que o local 3 (tabela 24). Além disto os maiores problemas de leitura dos tensiômetros sempre ocorreu nos pontos 1 e 4, principalmente nos primeiros 30 cm de solo, que ocorria um maior ressecamento do mesmo.

Os problemas da grande variabilidade de textura do solo dos locais analisados e aliado aos problemas de variação da precipitação e distribuição de água do microaspersor em função da declividade do terreno, dificultou muito no monitoramento do controle de umidade. Isto fez com que houvesse uma grande variação dos valores de umidade entre os locais analisados, e na disponibilidade de água para as plantas. (tabela 26 e 27 - apêndice)

A grande variação de umidade observada é de se esperar porque a retenção de água é dependente tanto da proporção dos componentes granulométricos como dos seus arranjos, (REICHARDT 1985).

A densidade global (ou aparente) do solo indica que o solo apresenta problemas sérios de compactação. A densidade média do perfil de 0 a 60 cm de profundidade foi de $1,47 \text{ g/cm}^3$, valor este característico de solos arenosos e não para o solo que se apresenta na área experimental do pomar. As camadas do solo que mostraram-se mais adensadas (compactadas), tinham uma menor capacidade de água disponível (tabelas 26 e 27 - locais 1 e 4), conseqüentemente menor condutividade hidráulica. Além disso pode-se notar que havia uma região de impedimento para o desenvolvimento radicular que pode ser constatado com os estudos da distribuição do sistema radicular e as análises físicas e granulométricas conjuntamente (tabelas 6 a 14). No caso de adensamento do solo do pomar, isto acarretou possivelmente sistemas radiculares restritos a pequenos volumes, o que afeta em muito a disponibilidade de água, como também de nutrientes. Além disso houve problemas no desenvolvimento vegetativo das plantas que foi constatado nos resultados da tabela 6. A planta com menor volume de copa mostrou também o menor peso de radículas. Estas observações estão de acordo com estudos realizados por REICHARDT (1987).

KOO e TUCKER(1974), em seu trabalho sobre o levantamento da distribuição da umidade do solo em árvores de citros, concluiu que os solos apresentam vários perfis e para cada perfil iremos ter diferentes comportamentos da distribuição da água no solo. As variações de retenção de água em cada perfil conseqüentemente irá causar variações no teor de umidade do solo e isto acarreta variações no consumo de água da planta.

TABELA 25 - Análise granulométrica do solo dos 4 locais analisados para o controle de umidade a 3 profundidades.

| PONTO | PROF.(cm) | ARGILA(%) | SILTE(%) | AREIAFINA(%) | AREIA+FINA(%) | AREIAGROSSA(%) |
|-------|-----------|-----------|----------|--------------|---------------|----------------|
| 1 | 0-15 | 33 | 20 | 18 | 25 | 4 |
| | 15-30 | 34 | 20 | 17 | 24 | 5 |
| | 30-60 | 43 | 20 | 14 | 20 | 3 |
| 2 | 0-15 | 38 | 19 | 17 | 21 | 5 |
| | 15-30 | 42 | 18 | 16 | 20 | 4 |
| | 30-60 | 52 | 14 | 14 | 16 | 4 |
| 3 | 0-15 | 37 | 21 | 17 | 21 | 4 |
| | 15-30 | 40 | 20 | 15 | 21 | 4 |
| | 30-60 | 47 | 19 | 10 | 21 | 3 |
| 4 | 0-15 | 28 | 23 | 19 | 24 | 6 |
| | 15-30 | 27 | 17 | 19 | 31 | 6 |
| | 30-60 | 38 | 20 | 16 | 21 | 5 |

Durante a realização desta pesquisa ocorreram problemas no sistema de irrigação que dificultaram no controle de umidade do solo.

No início de agosto ocorreu uma ruptura na adutora principal na entrada do cabeçal que fez com que não fosse possível irrigar durante um período de 6 dias, quando o teor de umidade no solo já se encontrava insatisfatório, acima de 70

centibares, e o pomar se encontrava produzindo. Seguido a este incidente foi observado uma queda acentuada de frutos pequenos.

O período de 28 de outubro a 3 de novembro a bomba do sistema de irrigação apresentou problemas de superaquecimento. Nesse mesmo período a evaporação do tanque classe A foi muito intensa, acarretando problemas no funcionamento dos tensiômetros.

Depois do reparo da bomba foi feita uma irrigação intensa entre os dias 5 a 9 de novembro para elevar a umidade do solo no perfil de 0 a 60 cm de profundidade à capacidade de campo. A duração do turno de irrigação foi de 5 horas por dia para os respectivos dias.

Primeiramente nos dias 5 e 6 irrigou-se 5 horas e observou-se no dia 7 o teor de umidade e constatou-se que a umidade havia chegado a somente a 30 cm de profundidade. Continuou-se com o mesmo intervalo de irrigação até o dia 9 de novembro. Neste período entre 28 de outubro até 9 de novembro ocorreu uma queda razoável de flores e frutos pequenos.

Ocorreram problemas no sistema de filtração do equipamento devido a obstrução e entupimento no filtro de tela (presença grande de argila) que acarretou um diferencial de pressão entre a entrada e saída do cabeçal de quase 20 mca, isto causou problemas na distribuição de água do microaspersor e conseqüentemente no tempo de irrigação.

4.6. Balanço hídrico

O balanço hídrico em condições de campo foi efetuado desde o início de abril de 1991 até o final de março de 1992.

O controle dos fluxos de entrada, saída e variação de água no solo foi a camada de 0 a 60 cm de profundidade, onde se encontram mais de 70% das raízes das plantas cítricas, conforme citado na literatura (CAIXETA, 1979; MOREIRA, 1983 e MONTENEGRO, 1960) e obtido no presente trabalho.

Nas tabelas 28 e 29 (apêndice) acham-se os valores dos termos do balanço hídrico, encontrados através dos métodos gravimétrico e tensiométrico, respectivamente.

A contribuição de água no experimento, deu-se pela precipitação natural e irrigação.

A irrigação foi controlada baseada na distribuição de chuva, rápidas trocas das temperaturas sazonais que acarretavam mudanças rápidas no teor de umidade do solo. Esta componente pode ser considerada como a responsável pelos menores erros ocorridos para os intervalos do balanço, pois durante toda a pesquisa, foram feitas aplicações moderadas de água permitindo, assim, uma redução nas perdas de água por drenagem profunda.

A variação do armazenamento (ARM) foi estimada a partir de perfis consecutivos de umidade em volume entre duas irrigações, por meio de amostragens de solo (item 3.4.1). Analisando-se as variações de armazenamento, trata-se

da componente do balanço hídrico de maior variação, portanto a que mais afetou os resultados do consumo de água. Certamente, este fato afeta o comportamento fisiológico da cultura, por estar diretamente ligada ao teor de umidade e tensão de água no solo.

Através das análises dos resultados dos balanços hídricos em ambos os métodos gravimétrico e tensiométrico, constatou-se que houve uma discrepância entre os valores de evapotranspiração real (ETR), armazenamento de água (ARM) e os coeficientes da cultura (K_c) entre as plantas observadas.

Isto se deveu por alguns fatores não considerados na metodologia adotada do balanço. A drenagem profunda e o escoamento superficial, influenciaram direta ou indiretamente na capacidade de armazenamento de água no solo.

KOO e SITES (1955) constatou que a drenagem profunda contou com 29% da perda de água ocorrida através da medição sistemática da umidade do solo em árvores de "grapefruit" em um período de 15 meses. HASHEMI e GERBER (1967) concluem que as variações da umidade a partir de 1,80 a 2,15 metros de profundidade são devido a drenagem profunda ocorrida nas épocas de fortes chuvas na Flórida.

Este problema da drenagem profunda foi mais acentuado nesta pesquisa nas épocas mais chuvosas que foi do final de novembro a final de abril. Isto acarretou flutuações na umidade do solo nas camadas abaixo de 60 cm.

Alguns erros podem ser admitidos na técnica do balanço hídrico de campo, sobretudo na determinação da drenagem profunda através da equação de Darcy. Conseqüentemente, os valores da evapotranspiração podem ser superestimados

pela subestimativa da drenagem profunda na faixa de alta umidade do solo (REICHARDT *et alli*, 1979).

Portanto a componente drenagem profunda apresenta dificuldade na sua estimativa. Mas sua determinação com pequena margem de erro, torna-se imprescindível, porque a ele estão ligados a eficiência de aplicação de água da irrigação e a lixiviação de nutrientes, conforme citações de REICHARDT *et alli* (1979), SILVEIRA e STONE (1979).

SAKAI (1989), concluiu em seu estudo que a drenagem profunda representa uma fração importante do balanço hídrico e deve-se ser levada em consideração na cálculo do momento de irrigação, mesmo para os níveis de secamento mais acentuados.

A topografia também foi outro fator que afetou o balanço hídrico. Isto porque a declividade da área do pomar é de aproximadamente 11%. Nas épocas de chuvas mais pesadas que compreenderam os meses de dezembro a final de abril (figura 16) ocorreram fortes enxurradas. Como consequência, parte da água não penetrava no solo, diminuindo desta maneira o armazenamento da água no solo, além do problema de erosão que arrastava considerável quantidade de material sólido.

Os valores da evapotranspiração real (ETR) e armazenamento de água (ARM) encontrado nos dois balanços hídricos, faz com que perceba-se uma influência muito grande do solo e dos métodos utilizados.

Na literatura encontra-se muita informação sobre os parâmetros de

solo que influenciaram direta ou indiretamente a capacidade de armazenamento de água no solo e conseqüentemente no valor da evapotranspiração real (ETR). ARRUDA *et alli* (1987), em seu trabalho cita que vários autores observaram que a retenção de água no solo é afetada pela estrutura do solo, principalmente na faixa mais úmida, como no caso da capacidade de campo, mas não para o ponto de murcha permanente.

No período entre o final de maio até o final de novembro ocorreu a necessidade de uma irrigação mais intensa e os intervalos foram de 2 a 4 dias dependendo das condições climáticas.

Entre o final de maio até o final de setembro constatou-se uma grande formação de orvalho que causava um umedecimento na superfície do solo como também nas próprias folhas das plantas. Estas mesmas observações também foram constatada por HASHEMI e GERBER (1967) que em seus estudos sobre a estimativa da evapotranspiração em pomares de citros da Flórida. A partir de dados climatológicos eles concluíram que umas das fontes de erro no balanço hídrico foi a não contabilização da formação de orvalho.

Com relação a tudo o que foi relatado e discutido nesta pesquisa no tocante ao balanço hídrico, pode-se notar que existem muitos fatores que influenciaram direta ou indiretamente o consumo de água e nas normas de irrigação. As principais são:

- a) Solo;
- b) Época do ano, principalmente nas estações intermediárias do ano (verão e outono) que

se caracteriza principalmente por:

- mudanças bruscas e freqüentes no clima
- nas épocas chuvosas ocorre dificuldades grandes para se avaliar o consumo de água pela planta, o volume de solo umedecido e a quantidade de água disponível pelas plantas, com a metodologia adotada.

c) Estágio de desenvolvimento da cultura, que durante o ano acarreta mudanças no comportamento das plantas.

Observou-se que em certas épocas do ano houve queda das folhas, renovação da cobertura foliar, floração, fecundação e maturação dos frutos. Isto causa uma variação no consumo de água pela planta. A evaporação do tanque classe A não leva em consideração estas mudanças.

Portanto apesar de algumas desvantagens do método, o balanço hídrico da forma apresentada, ainda se constitui num instrumento capaz de fornecer informações básicas para um manejo correto de água na cultura do limão tahiti e para diferentes solos.

4.7. Coeficiente de cultura

Os coeficientes de cultura (kc) obtidos ao longo do ciclo da cultura encontram-se nas tabelas 28 e 29 (apêndice). Observou-se que pelos motivos já citados nos itens 4.4, 4.5 e 4.6 os valores dos coeficientes foram muito variáveis entre as plantas analisadas, como também assumiram valores não contigentes com os encontrados por

DOORENBOS e PRUITT (1975).

Em vista do exposto, foi feita uma seleção dos valores de k_c baseados em ambos os métodos, que estavam dentro de intervalos aceitáveis e encontrados em outras pesquisas. Na tabela 30 encontram-se os valores de K_c que denominou-se de K_c operacional médio, e como este variou em função da época do ano.

Considerou-se para o cálculo do K_c operacional aqueles períodos com menor incidência de erros. Tais períodos referem-se a baixa ocorrência de chuvas, sem perdas severas por drenagem profunda ou por enxurradas. Porém no coeficiente operacional não está incluído perdas por drenagem profunda e escoamento superficial, apesar de ter ocorrido. Essas normalmente ocorrem no ciclo da irrigação, por este motivo admitiu-se um valor operacional de K_c .

Na tabela 31 encontra-se as variações do desenvolvimento da cultura em função da época do ano.

Através dos resultados da tabela 30, constatou-se que o valor do K_c operacional médio variou de 0,61 a 0,90 durante o ano. No verão enquanto o pomar estava em produção (tabela 31) o coeficiente variou de 0,76 a 0,77 entre os meses de dezembro a fevereiro. Do final de março, início do outono, quando o pomar iniciou nova florada até o início de uma nova produção que ocorreu em junho, início de inverno, houve uma variação de 0,90 a 0,73.

Nos meses de inverno onde ocorre uma queda de temperatura e déficit hídrico no solo, onde os valores do K_c operacional foram diminuindo

gradativamente, coincidente com uma maior necessidade de irrigação.

A variação foi de 0,70 a 0,73 até final de setembro. Com o aumento da temperatura na primavera e das precipitações, o coeficiente operacional médio neste período aumentou e de 0,79 a 0,84.

Os resultados relatados na literatura variam. Nem sempre são bem caracterizados as condições ambientais onde foram determinados, resultando, muitas vezes, em valores discrepantes entre locais, épocas, tipos de manejo e autores.

ROGERS *et alii* (1983), encontrou valores de coeficientes de cultura para citros que variaram de 0,72 a 1,11, para uma região de clima úmido na Flórida, enquanto que HOFFMAN *et alii* (1982) cita que os valores baseados nos estudos de DOORENBOS e PRUITT (1977) deveriam ser aumentado de 0,85 para 1 no verão, e no inverno diminuir de 0,75 a 0,80 para 0,50 em uma região de clima árido no Arizona.

VIEIRA (1991) mostra uma tabela do coeficiente K_c para pomares de citros no estado de São Paulo, e o valor varia de 0,85 a 0,75 para plantas adultas cobrindo mais de 70% do terreno. No verão o valor varia de 0,80 a 0,85, no outono de 0,85 a 0,80, no inverno 0,80 a 0,75 e na primavera se mantém em 0,80.

Comparando-se os dados do coeficiente de cultura apresentados por VIEIRA (1991) e os encontrados nesta pesquisa (K_c operacional médio), nota-se que apesar de não terem valores iguais, o comportamento dos coeficientes são similares, pois nas épocas de maiores precipitações e temperaturas os coeficientes tenderam a aumentar,

TABELA 31 - Variações no desenvolvimento do pomar em função dos meses do ano.

| MESES DO ANO | CONDICÕES DO POMAR |
|--------------|----------------------------|
| JANEIRO | POMAR EM PLENA PRODUÇÃO |
| FEVEREIRO | POMAR NO FINAL DE PRODUÇÃO |
| MARÇO | POMAR NO INÍCIO DA FLORADA |
| ABRIL | FRUTIFICAÇÃO - FRUTOS 3 CM |
| MAIO | FRUTIFICAÇÃO E PRODUÇÃO |
| JUNHO | PRODUÇÃO DE FRUTOS |
| JULHO | PRODUÇÃO DE FRUTOS |
| AGOSTO | PRODUÇÃO DIMINUIU |
| SETEMBRO | CRESCIMENTO VEGETATIVO |
| OUTUBRO | FLORADA |
| NOVEMBRO | FLORADA E FRUTOS DE 3 CM |
| DEZEMBRO | INÍCIO DE PRODUÇÃO |

Através do manejo empregado nesta pesquisa obteve-se produção de frutos de junho a agosto, considerado fora de época. Isto pode ser constatado através da comparação dos resultados da tabela 31.

Na caso do limão tahiti, deve-se lembrar que sob irrigação ele produz praticamente o ano todo, como pode-se constatar nesta pesquisa. Todavia, o ideal é força-lo a produzir fora da época normal. Assim, a derrubada da florada de verão e a

indução da florada de inverno, propiciam excelentes resultados, principalmente nos meses de outubro e novembro quando o preço do limão alcança excelentes cotações (figura 17).

Os índices da figura 17, são indicadores de evolução de uma ou mais variáveis no tempo. Assim, quando se faz referência a índices econômicos, está se retratando o comportamento de variáveis econômicas no tempo.

O índice de preços, por sua vez, representa as alterações na média dos preços no decorrer do tempo, enquanto índices de quantidades retratam as correspondentes variações em quantidades produzidas, comercializadas ou consumidas.

Os resultados observados no presente trabalho indicam que a irrigação pode ser de grande valia para o produtor e para a regularização da oferta de frutos no mercado.

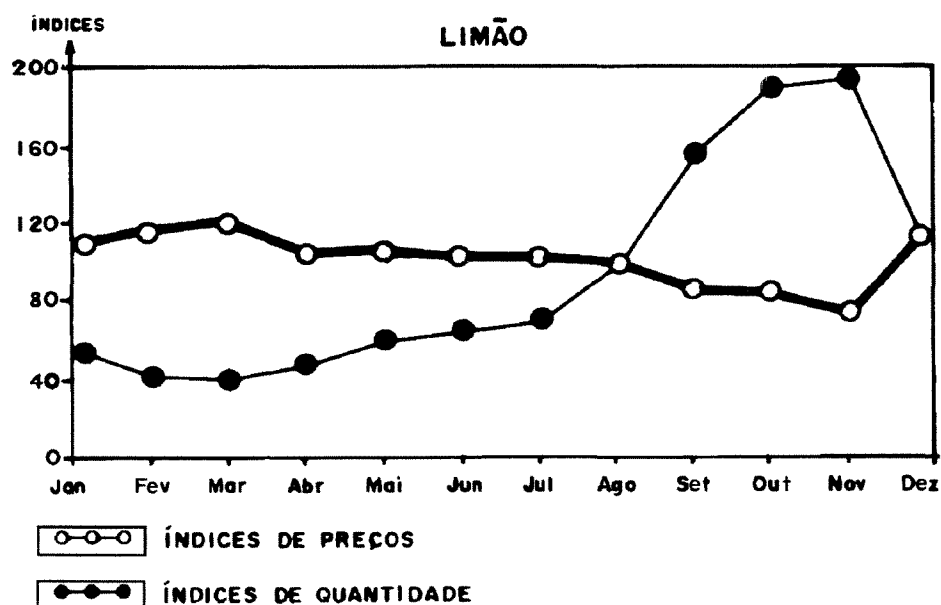


FIGURA 17 - Variações das entradas e dos preços na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo. Fonte CEAGESP

5. CONCLUSÕES

Para as condições de solo, clima e cultura com a idade de 3 anos, pode-se concluir que:

a) O sistema radicular do limão tahiti sobre o porta enxerto limão cravo, as radicelas localizaram-se superficialmente, concentrando aproximadamente 75% delas nos primeiros 30 cm do solo e mais 25% até a profundidade de 60 cm, em um perfil de solo de 0 a 60 cm. A distribuição lateral das raízes finas apresentou maior concentração na distancia entre 70 a 140 cm, onde se localizava mais de 80% das radicelas.

Para cálculos de irrigação, recomenda-se que o volume de água a ser adicionado por planta seja baseado no perfil de 0 a 60 cm de profundidade, devendo-se fazer um monitoramento da umidade na profundidade de 0 a 30 cm do solo, por apresentar a maior concentração de raízes e no perfil de 30 a 60 cm o monitoramento se faz para evitar problemas de drenagem profunda e conseqüentemente lixiviação de nutrientes. Com relação ao local ideal para aplicação de água em relação ao tronco da planta, é sob a copa da planta, a distancia de 70 a 140 cm.

b) A uniformidade de emissão é um aspecto muito importante em uma instalação de irrigação por microaspersão, pois interfere na uniformidade de distribuição de água do

microaspersor, que por sua vez irá afetar na área umidecida do sistema radicular como também na eficiência de irrigação.

c) A declividade do terreno interfere tanto na uniformidade de aplicação de água como também na taxa de precipitação do microaspersor. Os testes mostraram que os primeiros 75 cm de raio receberam a maior quantidade de água, declinando bruscamente até cerca de 125 cm de raio. Isto foi constatado nos 3 locais testados, sendo que houve mudanças nos diâmetros umidecidos sem mudanças nas vazões, que permitiu uma larga flexibilidade nas taxas de precipitações.

d) O controle de umidade através do método tensiométrico deve ser feito com a instalação dos tensiômetros a uma distancia na faixa de 70 a 140 cm de distancia do tronco e as profundidades de 30 a 60 cm.

O tensiômetro localizado a profundidade de 15 cm não é recomendado, pelo fato de que neste perfil de solo ocorre uma extração de água muito intensa, que causa problemas nas leituras do aparelho. Isto se deve ao fato da grande atividade das raízes neste perfil do solo.

e) O coeficiente de cultura k_c , aqui denominado de k_c operacional médio, variou em média de 0,61 a 0,90 durante o ano. No verão (dezembro a fevereiro), variou de 0,76 a 0,77 e o pomar plena produção, outono até início de inverno (março a junho) de 0,90 a 0,73 e o pomar iniciou uma nova florada. No inverno até final de setembro a variação foi de 0,70 a 0,73, que acarretou uma produção fora de época. Do início da primavera até o começo do verão (outono a dezembro) a variação foi de 0,79 a 0,84.

Os valores do kc operacional médio foram em algumas épocas superiores e em outras inferiores aos valores médios de Kc propostos em outras pesquisas. Os resultados encontrados atenderam bem as necessidades do manejo empregado, principalmente para a região de Limeira, para a obtenção de frutos fora de época.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARO, A. A.. Panorama da citricultura brasileira In: Citricultura Brasileira, 2^o edição, Campinas, Fundação Cargill, v. 1, p. 48-53, 1991.
- ARAGÃO JUNIOR, T.C.. Determinação do coeficiente da cultura (Kc) para cenoura (Daucus carota, L) pelo método do balanço hídrico. Fortaleza, CE, 1982. 45p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceara, 1982.
- Aspersores ? Cuidado ! Guia Rural Abril. Rio de Janeiro, n. 2, p. 72-80, 1987.
- ARMONI, S.. Micro Sprinkler Irrigation. Israel: Dan Sprinkler, 91p, 1986.
- ARRUDA, F. B.; BARRETO, G.B.; OJIMA, M.. Efeito da irrigação por gotejamento e taças e da cobertura morta na produtividade da ameixa "CARMESIM". Campinas. BRAGANTIA, n. 43, p.605-614, 1984.
- ARRUDA, F. B.; ZULLO JR. J. & OLIVEIRA, J.B.. Parâmetros de solo para cálculo da água disponível baseado na textura do solo. Rev. Bras. Ciência do solo, Campinas, S.P. n. 11-5, 1987.
- ASBRASIL. Manual Básico sobre Irrigação. São Bernardo do Campo, SP, 40p, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Requisitos mínimos para elaboração de projeto de sistema de irrigação localizada; PNBR 12: 02-08-022, São Paulo, 8p, 1986.
- ATANASOV, G.. The distribution of root systems of the Kazanlik rose

(*Rosa damascena Mill*) in deluvial meadow and leached cinnamon forest soil (in Bulgarian). Rasten Nauki, v. 2, p. 101-8, 1965.

AZEVEDO, H. M. Irrigação localizada. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, M.G., v. 12, n. 139, p. 40-53, jul. 1986.

BALDINI, E.. Indagini ed osservazioni sul sistema radiocole degli agrumi. Revista de Agrumicoltura, Itália, v. 2, n. (1-2), p. 11-30, 1957.

BARBIERI, V.; MANIERO, M.A.. Programa para computador HP-85 para cálculo de balanço hídrico em cultura de cana de açúcar. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Fortaleza, 1984.

BARRETO, G.B.; RODRIGUEZ, O; REIS, A. J.;ARRUDA, F. B.. Irrigação em citrus. In: INSTITUTO AGRONOMICO DE CAMPINAS. Boletim Técnico. Campinas: IAC, 17p, n. 35, 1976.

BÖHM, W.. Methods of studying root systems. Berlin: Spring-Verlag, 330p, 1979.

BOTREL, T. A.. Hidráulica de microaspersores e linhas laterais para irrigação localizada. Piracicaba, 1984. 78p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

BRALTS, V.F.; PAI, W.; GITLIN, H.M.. Manufacturing variation and drip irrigation uniformity. Trans. ASAE, U.S.A., v. 24, n. 1, p. 113-9, 1981.

BRALTS, V.F. & KESNER, C.D.. Drip irrigation field uniformity estimation. Trans. ASAE, U.S.A., v. 26, n. 5, p. 1369-74, 1983.

BROWN, D.M.. Fall workdays in Ontario - Department of hand resource science Ontario Agricultural College, University of Guelph, 30p. 1974.

- BRUNINI, O.. Consumo hídrico e parâmetros ecológicos da cultura do milho. Simpósio sobre o manejo de água na agricultura. Campinas, S.P. Fundação Cargill. p.93-122, 1987.
- BRUNINI, O.; GROHMANN F.; SANTOS, J. M.. Balanço hídrico em condições de campo para dois cultivares de arroz sob duas densidades de plantio. Rev. Bras. de Ciência do Solo, n. 5, p. 1-6, jan/abr. 1981.
- BRUWER, J.; SCHEEPERS, L.; VENTER, L.. Microjets for irrigation. The citrus and subtropical fruit journal. Johansburg, v. 552, p. 4-7, 1979.
- CAHOON G.A.; STOLZY, L.H.. Estimating root density and distribution in citrus orchards by the neutrons moderation method. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., n. 74, p. 322-27, 1960.
- CAIXETA, T.J.. Irrigação em citros. Informe Agropecuário, n. 52, p. 32-5, 1979.
- CAMARGO, A. P.. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, S.P. Boletim técnico n. 116, 38p. 1978.
- CAMARGO, A. P.; PINTO, H.S.; BRUNINI O.; JUNIOR, M.J.P.; ORTOLANI, A.A. e ALFONSI, R.R.. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. S.P., n. 1, 163p, 1974.
- CHRISTIANSEN, J.. Irrigation by sprinkling. Logan, Utah State University. 124p., 1942.
- COKER, E. G.. Root systems of apple on Malling root-stocks on five soil series. Journal Hort. Sci., v. 33, p. 71-9, 1958.
- COSSMANN, K.F.. Citrus roots theirs anatomy, osmotic pressure and periodicity of growth. Journal of Bot., v. 3, p. 3-41, 1939.

- CRIDER, F.J.. Roots studies of citrus trees with practical applications. Citrus leaves, v. 7, n. 4, p. 1-30, 1927.
- CRIDDLE, W. D.; KALISVAART, C.. Subirrigation systems. IN: HAGAN, R. M. *et alli*, ed. Irrigation of agricultural lands. American Society of Agronomy, v. 13, p. 905-21, 1967.
- CRUCIANI, D. E.. Balanço hídrico em solo cultivado com cana de açúcar, com utilização do método da moderação de neutrons. IN: CENTRO DE ESTUDOS NUCLEARES NA AGRICULTURA. Boletim científico. Piracicaba: CENA, n. 6, 35p., 1972.
- DENMEAD, O. T.; SHAW, R. H.. Availability of soil water to plants as affected by soil mixture content and meteorological conditions. Agronomy Journal, v. 54, p. 385-90, 1962.
- DONAHUE, R. L.. An introduction to soils and plant growth. Soils 2 ed. U.S.A.: New York, p. 101-3, 1958.
- DOORENBOS, J. & KASSAM, A. M.. Yield response to water. Roma, FAO, 193p., 1979.
- DOORENBOS, J. e PRUITT, W. O.. FAO Irrigation Drain.Guidelines for predictions crop water. Paper n. 24, Roma 1975.
- ERIE, L. J.; FRENCH, O. F.; HARRIS, K.. Consumptive use of water by crops in Arizona. University of Arizona Agri. Exp. Sta. Tech. Bull. n. 169, 44p., 1965.
- FISCHER, J.. The citurs industry. Panpa, n. 58, v. 9, p. 32-42, 1977.
- FORD, HARRY W.. The effect of spreading decline on the root distribution of citrus. Proc. Fla. State Hort. Soc., n. 65, p. 47-50, 1952 ^a

The distribution of feeds roots of orange and grapefruit trees on rough lemon rootstock. Citrus magazine, v.14, n. 11, p. 22-3, 1952^b Root distribution of citrus trees. Florida Agricultural Station. Annual Report, p. 203-5, 1953

The influence of rootstock and tree age on root distribution of citrus. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., v. 62, p. 137-42, 1954

Root distribution in relation to the water table. Proc. Fla. State Hort. Soc., v. 67, p. 30-3, 1954^b

Growth and root distribution of orange trees on two different rootstocks as influenced by depth of subsoil cla. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., v. 74, p. 313-21, 1959.

FOUCHÉ, P.; BESTER, D.; VELDMAN, G.. A comparison of different methods to increase productivity of navel trees. The citrus and subtropical fruit journal. Johansburg, n. 542, p. 4-6, 1979.

FRITSCHEN, I. J.; SHAW, R. H.. Evapotranspiration for corn as related to pan evaporation. Agron. J., v. 53, p. 149-50, 1961.

GERBER, J. F. e HASHEMI F.. Water use patterns of citrus in a sandy soil underlaid by clay. Proc Fla. State Hort. Soc., n. 81, p. 69-74, 1968.

GILAAD, Y.; KRYSTAL L.; ZANKER, K.. Hidraulic and mechanical properties of drippers. IN: Second Internacional Drip Irrigation Congress, San Diego, U.S.A., p. 311-6, 1974.

GUIA RURAL. Dinheiro em penca. n. 3, p. 58-74, 1987.

HAGAN, R. M.; HAISE, H. R.; EDMINSTER, T. W.. Irrigation of agricultural lands. American Society of Agronomy. Madison. 1180p., 1967.

HAGNA, R. M. Y.; VAADIA, R. M. B.. Interpretation of plant responses to soil moisture regimes. Advance Agronomy, n. 11, p. 77-98, 1959.

HAMAN, D. Z.; ZAZUETA, F. S.; SMAJSTRLA, A. G.. Field evaluation of micro irrigation uniformity of water application. Water Management Utilities

Gainesville-Florida, 330p., 1990.

HAMMOND, L. C.; POPENOE, H.. Soil moisture measurement for timing irrigation. Proc. Sci. of Fla., n. 15, p. 154-63, 1955.

HANDLEY, D.; VAUX, H.; PICKERING, N.. Evaluation low-volume irrigation systems for emission uniformity. California Agriculture. Berkeley U.S.A., v. 27, p. 10-2, 1983.

HASHEMI, F.; GERBER, J. F.. Estimating evapotranspiration from a citrus orchard with weather data. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., Gainesville, Florida, v. 91, p. 173-9, 1967.

HILLEL, D.. Solo e água - Fenômeno e princípios. Porto Alegre, 321p., 1971.

HILLEL, D.. Fundamentals of soil physics. New York, Academic Press, 413p., 1980.

HOEKSTRA, C.. Fruit growing on holding with a marked variation in soil suitability. Fruittelt, n. 58, p. 482-4, 1968.

HOFFMAN, G. J.; OSTER, J. D.; ALVES, J. W.. Evapotranspiration of mature orange trees under drip irrigation in an Arid climate. Trans. of the ASAE., v. 25, n. 4, p. 992-96, 1982.

HOWELL, T. A.; HILER, E. A.. Trickle irrigation lateral line design. Trans. of the ASAE., v. 17, n. 5, p. 902-8, 1974^a
Designing trickle irrigation laterals for uniformity. Journal of the irrigation and drainage division, ASCE., v. 100. n. 4, p. 442-53, 1974^b

HAUSENBERG, Y.; SELAH, R.. Characteristics of water distribution and irrigation intervals - Using microjets in fruit bearing citrus groves. Ministry of

Agriculture, Israel, 1983.

- KELLER, J. e KARMELI, D.. Trickle irrigation design parameters. Transactions of the ASAE, v. 17, n. 4, p. 678-84, 1974.
- INFORZATO, R.; CARVALHO, A.M.. Estudo do sistema radicular do mamoeiro em solo podzolizado variação Marília. Campinas, Bragantia, n. 26, p. 155-9, 1967.
- KIMBALL, M.H.; WALACE A.; MÜLLER R. T. e ZIMMERMANN D.. Noutillage without covercropping in a California citrus orchard. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., New York, n. 58, p. 141-5, 1951.
- KOEKEMOER, W.. Successful microirrigation in Zululand. The citrus and subtropical fruit journal, Johannesburg, n. 549, p. 14-5, Ago., 1979.
- KOLESNIKOV, V.. The root systems of fruit plants. Moscou: URSS, 269p. 1971.
- KOO, R. C. J.. Effect of frequency of irrigation on yield of orange and grapefruit. Proc. Fla. Hort. Soc. Flórida. n. 74, p. 1-5, 1963.
- KOO, R. C. J.; SITES, J. W.. Results of reserach and response of citrus to supplemental irrigation. Proc. Soil Sci. of Fla. Flórida, n. 15, p. 180-90, 1955.
- KOO, R. C. J.; TUCKER, D. P. H.. Soil moisture distribution in citrus groves under drip irrigation. Proc. Fla. State Hort. Soc., n. 87, p. 61-5, 1974.
- JENSEN, E. M.. Consumptive use of water and irrigation water requeriments. New York, 215p., 1973.
- JUNIOR, F. G. D.; MAYNARD, D. N.; ROGERS, M.N.. Distribution and effectiveness of tree roots. Horticultural reviews, n. 2, p. 424-90, 1980.

- LEPSCH, I. F.. Levantamento de solos. IN: MONIZ, A. C., Coord. Elementos de Pedologia. São Paulo, 459p. 1972.
- MACGILLVRAY, N. A.. Vegetativo water use. California Dept. Water Resources Bull. n. 113-3, 104p., 1975.
- MARLOTH, R. H.. Citrus growth studies. 1 - Periodicity of root-growth and top growth in Nursey Seedlings and Budlings. Journal Hort. Sci., n. 25, p. 50-9, 1950.
- MARSH, A. W.. Drip irrigation - some internal problems still to be resolve. The citrus industry, June: p. 39-44, 1978.
- MELADO, L. e CABALLERRO F.. Estudio de la distribution de raices activas em el naranjo, utilizando P-32. Anais I.N.I.A., Valencia, Espanha, v. 4, p. 97-121, 1974.
- MERRIAM, J. L. e KELLER, J.. Farm irrigation systems evaluation: A guide for management. Utah State University, Logan, UTAH. 108p., 1978.
- MICHAEL, A.. Irrigation theory and practices. New Delhi, Vikas Publishing House Put LTDA. 801p., 1978.
- MILLAR, A. A.. Condutividade capilar de um suelo derivado de cenizas volcánicas. Turrialba, v. 25, p. 448-9, 1975.
- MONSELISE, S. P.. The growth of citrus roots and shoots under different cultural conditions. Palest. J. Bot. Rehovot., n. 6, p. 43-54, Israel, 1974.
- MONTENEGRO, H. W. S.. Contribuição ao estudo do sistema radicular das plantas cítricas. Piracicaba, SP, 1960. 143p. Tese de Catedra - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, 1960.

- MOREIRA, C. S.. Manejo do solo em pomar cítrico. LARANJA, Cordeirópolis, SP., v. 2, n. 9, p. 423-53, 1988.
- MOREIRA, C. S.. Estudo da distribuição do sistema radicular da laranja "PERA" (citrus sinensis, OSBECK) com diferentes manejos de solos. Piracicaba, SP, 1983. 97p. Tese de mestrado - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, 1983.
- MOREIRA, C. S.. Panorama geral da citricultura no Brasil. IN: MONIZ, A. C., Coord. Elementos de Pedologia, São Paulo, 459p., 1979.
- MOREIRA S..—~~História da citricultura no Brasil~~. IN: RODRIGUEZ O. e F. VIÉGAS, Coord. Citricultura Brasileira, Campinas, v. 1, p. 281-98, 1980.
- MYRES, L. E.; BUCKS, D. A.. Uniform irrigation with low pressure trickle systems. Journal of the irrigation and drainage division. Trans ASAE, v. 98, (IR3), p. 341-6, Proc. paper 9175, 1972.
- MYRES, J. M.; HARRISON, D. S.. Drip and overhead sprinkler irrigation effect on soil moisture in a citrus grove. Proc. Fla. State Hort. Soc., v. 88, p. 10-6, 1975.
- NAKAYAMA, F. S. & BUCKS, D.A.. Trickle irrigation for crop production. Phoenix, Elsevier, 383p., 1986.
- NASCIMENTO, T.; SOARES, J. M.; PINTO, J. M.. Caracterização hidráulica de microaspersores. IN: IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Natal, R.G.NORTE, 1991.
- NOGUEIRA, A. M.. Características hidráulicas e de distribuição de água por microaspersores. Piracicaba, S.P., 1989. 57p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz"/ USP).

- OLIVEIRA, J. B.; ALFONSI, R. R.; PEDRO JUNIOR, M. J.. Regimes hídricos e térmicos dos dados do Estado de São Paulo. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Campinas, SP, 1975. Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Campinas, SP., p.359-62.
- OLIVEIRA, J. B.; MENK, J. R. E. & ROTTA, C. L.. Levantamento Pedológico Semi-Detalhado dos Solos do Estado de São Paulo Quadrícula de Campinas. Supreni - Superintendencia de Recursos Naturais e Meio Ambiente, Rio de Janeiro. 169p. 1979
- OMETTO, J. C.. Bioclimatologia Vegetal. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 441p. 1981.
- ORLOV, DOV.. Manejo y control del riego em plantaciones de arboles frutales. Ministerio de Agricultura de Israel. 46p., 1985.
- OSKAMP, J. & BATJER, L. P.. Size production, and rooting of apple trees on different soil types in the Hilton and Morton aereas, Monroe County Cornell University Agricultural Experiment-Station, Boletim n. 550, 1932.
- PACE, C. A. M.. Estudo da distribuição do sistema radicular de porta-enxertos cítricos em solos podzolizados. Rio de Janeiro, RJ, 1979. 81p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Universidade Rural do Rio de Janeiro, 1979.
- POMPEU JR. J.. Porta-enxerto para citros. IN: RODRIQUEZ, O. e F. VIÉGAS, Coord. Citricultura Brasileira, Campians, n. 1, p. 281-98, 1980.
- POST, S. E. C.; PECK, D.; JULIANO, D.. Uniformity evaluation of low volume sprinklers. Chapter of the American Society of Agronomy. California, USA: Sacramento, 48p., 1984.
- PRATES, H. S.. USO DE HERBICIDAS NAS PRINCIPAIS REGIÕES CITRÍCOLAS.

I Seminário Monsanto, Rio de Janeiro, 1980.

PUEYA, L. A. N.; FORCADA, J. M. G.. Irrigação por microaspersão em bananeiras. ITEM, Brasília, n. 11, p.30-4, 1982.

RODRIGUEZ, O.; INFORZATO R.e TEÓFILO SOBRINHO, J.. Estudo do sistema radicular de três porta-enxertos para citros em viveiro. Revista Brasileira de Fruticultura. Cruz das Almas, BA, v. 1, n. 1, p. 23-30, 1978.

Adubação dos citros e situação dos pomares paulistas. IN: YAMADA, T. Ed. Nutrição e Adubação - Citros. Piracicaba, SP. p. 74-9, 1979.

Nutrição e Adubação dos Citros. IN: RODRIQUEZ, O. e F. VIÉGAS. Citricultura Brasileira, Campians, SP. v. 2, p. 385- 428, 1980.

ROGERS, W. S.. Root studies VII. A survey of the literature on root growth, with special reference to hardy fruit plants. Journal Pomology, n. 17, p. 67-84, 1939.

ROGERS, J. S.; BARTHOLIC, J. F.. Estimated evapotranspiration and irrigation requirement for citrus. Proc. Soil and Crop Science Society, Flórida. n. 35, p. 111-17, 1976.

ROGERS, J. S.; ALLEN, L. H.; CALVERT, D. V.. Evapotranspiration from a humid region developing citrus grove with grass cover. Transation of the ASAE, v. 26, n. 4, p. 1778-83, 1983.

ROGERS, W. S.; VYVYAN, N. C.. Root stock and soil effect on apple root systems. Root studies V. Journal Pomol. Hort. Sci., n. 12, p. 110-50, 1934.

REICHARDT, K.. Processos de transferência no Sistema Solo-Planta-Atmosfera. Fundação Cargill. p. 445, 1985.

REICHARDT, K.. Parâmetros do solo que influenciam o manejo de água. Simpósio sobre o manejo de água na agricultura. Campinas, S.P. Fundação Cargill. p. 3-13, 1987.

- REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L. & SAUNDERS, L. C. U.. Dinâmica da água no solo cultivado com milho. Rev. Bras. de Ciência do Solo, n. 3, p. 1-5, 1979.
- REICHARDT, K.; VIEIRA, S. R.; LIBARDI, P. L.. Variabilidade espacial de solos e experimentação agrícola. Rev. Bras. Ciência do Solo. Campinas, v. 10, p. 1-6, 1986.
- RICHARDS, J. E.. Performance of tensiometers under citrus trees on Lakeland fine sand. Flórida, USA, 1954. 153p. Master's thesis - University of Florida, 1954.
- RITCHIE, J.T.. Influence of soil water and meteorological conditions on evaporation from a corn canopy. Agronomy Journal, v.65, p. 893-97, 1973.
- ROSE, C. W. & STERN, W. R.. Determination of Wethdrawal from soil by crop roots as function of depth and time. Rust. Soil Research, p. 5-11, 1976.
- SADAN, D.; SHANI, M.. Index for evaluating the uniformity of distribution of a single micro sprinkler. Water & Irrigation, 207p. 1983.
- SAMIS, T. W.; WU I. P.. Effect of drip irrigation design and management on crop yield. Trans. of the ASAE, v. 28, n. 3, p. 832-38, 1985.
- SAKAI, E.. Balanco hídrico e energético na cultura irrigada do feijoeiro em latossolo roxo. Piracicaba, 1989. 121p. Tese de Mestrado - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, 1989.
- SAVAGE, E. M.; COOPER, W. C. & PIPER, R. B.. Root systems of various citrus rootstocks. Proc. Fla. State Hort. Soc., n. 58, p. 44-8, 1945.
- SCHNEIDER, H.. The anatomy of citrus. IN: REUTHER, W. ed. The citrus industry. Riverside, University of California, v. 2, cap. 1, p. 8-11, 1968.

- SCHURMAN, J. J. e GOEDWAAGEN, M. A. J.. Methods for the examination of roots systems and roots. Wageningen Pudoc. 2 end. Ed., 1971.
- SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Levantamento e recolhimento de solos do estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. Bol. 12, 634p., 1960.
- SILVA, M. A. & MILLAR, A. A.. Influência do teor de umidade no solo e da adubação nitrogenada no rendimento de grãos de feijão. Pesquisa em irrigação no trópico semi-árido: Solo-Água-Planta. EMBRAPA. Boletim de pesquisa n. 4, 85p., 1981.
- SHULTZ, H. F.. Porta-ejertos para citrus rememdables em general. Extacion Experimental Agrícola de Tucuman, Argentina, n. 80, 16p., 1939.
- SLATYER, R. O.. Plant-water Relationship. New York, Academia, 366p., 1967.
- SMAJSTRLA, A. G.; HARRISON, D. S. e ZAZUETA, F. S.. Field evaluation of trickle irrigation systems. Uniformity of water application. IFAS BULLETIN 195. University of Florida Gainesville, Florida, 1985.
- SOLOMON, K.. Manufaction variation of trickle emitters. Transactions of the ASAE, v. 22, n. 5, p. 1034-38, 1979.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J.. Biometry. San Francisco, 776p., 1969.
- TAYLOR, S. A.. Estimating the integrated soil moisture tension in the root zone of growing crops. Soil Sci., v. 73, p. 331-40, 1952.
- TESSLER, M. H.. Água no ponto certo. A granja, Porto Alegre, RS, n. 3, p. 40-4, dez, 1986.

- THORNTHWAITE, C. W.. An approach toward a rational classification of climate. Geogra. Rev., n. 38, p. 55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C. W. & MATTER, J. R.. The water balance. Centerton, N. J., Drexel Institute of Technology, v. 8, n. 1, 104p., 1955.
- VERMEIREN, L.; JOBLING, G.. Localized irrigation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ROME, 203p. 1980
- VIEIRA, D. B.. Estudo da irrigação por gotejamento na cultura de berinjela (Solanum melongena L.). Limeira, SP, 1073. 80p. Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia Civil - Universidade Estadual de Campinas, 1973.
Contrôle da irrigação em citricultura. LARANJA. Cordeirópolis, SP. v. 4, n. 5, p. 229-312, 1984.
Irrigação de pomares de cítricos. IN: TEÓFILO SOBRINHO, J., Ed. Planta Cítrica. Cordeirópolis, SP, p. 11-26, 1988.
Irrigação de citros. IN: Citricultura Brasileira, 2º ed. Campinas, Fundação Cargill, v. 2, p. 519-41, 1991.
- VILLA NOVA, N. A.; SCARDUA, R.. O uso do método climatológico na determinação das necessidades de irrigação. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. Campinas. Boletim Técnico 2, 20p. 1984
- WEAVER, J. E.. Root development of field crops. New York: Mac Graw Hill Book Co., XII, 291p. 1926
- WEAVER, H. A. & STEPHENS, J. C.. Relations of evaporation to potencial evapotranspiration. Trans. of the ASAE, v. 6, n. 1, p. 55-6, 1963.
- WELLER, F.. A method for studying the distribution of absorbing roots of fruit trees. Expt. Agr., n. 7, p. 351-61, 1971.
- WIEGAND, C. L.; SWANSON, W. A.; CRUSE, R. R.. Mars, Valencia and Ruby

Red juice quality as affected by irrigation plus rainfall. Journal Rio Grande Valley Hort. Soc., n. 35, p. 109-20, 1982.

WIEGAND, C. L.; SWANSON, W. A.. Citrus responses to irrigation: I. Irrigation requirements; daily, monthly and annual evapotranspiration amounts; and water management recommendation. Journal Rio Grande Valley Hort. Soc. n. 35, p. 73-85, 1982^a

Citrus responses to irrigation: II. Fruit yield, size and number. Journal Rio Grande Valley Hort. Soc., n. 35, p. 87-95, 1982^b

Citrus responses to irrigation: III. Tree trunk and canopy growth. Journal Rio Grande Valley Hort. Soc. n. 35, p. 97-107, 1982^c.

WORDS, K.. Soil moisture and root distribution in an apple orchard irrigated by tricklers. Plant and Soil, n. 52, p. 31-40, 1979.

WU, I. P.; GITLIN, H.. Design charts for drip irrigation systems. IN: Second Internacional Drip Irrigation Congress. San Diego, USA, p. 287-92, 1974.

WU, I. P.; HOWELL, T. A.; HILER E. A.. Hidraulic design of drip irrigation systems. Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii. Technical Bulletin n. 105, 84p., 1979.

APÊNDICE

TABELA 01 - Análise física e granulométrica do pomar

| TRINCHEIRA | ARGILA (%) | SILTE (%) | AREIA (%) | DENSIDADE REAL (G/CM ³) |
|---------------|---------------|--------------|--------------|--|
| T1- Ap (0-20) | 15 | 53 | 32 | 2.67 |
| T2- Ap (0-25) | 11 | 44 | 45 | 2.56 |
| A/B (25-40) | 13 | 46 | 41 | 2.63 |
| B (40-60) | 37 | 36 | 27 | 2.63 |
| B/C (60-110) | 33 | 42 | 25 | 2.63 |
| T3- Ap (0-25) | 11 | 56 | 33 | 2.63 |
| A/B (25-37) | 11 | 57 | 32 | 2.67 |
| B/C (37-50) | 25 | 50 | 25 | 2.70 |
| T4- Ap (0-18) | 17 | 60 | 23 | 2.56 |
| A/B (18-35) | 14 | 62 | 24 | 2.53 |
| B (35-62) | 42 | 43 | 15 | 2.63 |
| B/C (62-85) | 40 | 46 | 14 | 2.70 |
| T5- Ap (0-17) | 22 | 57 | 21 | 2.74 |
| B1 (17-42) | 28 | 50 | 22 | 2.72 |
| B21 (42-67) | 31 | 53 | 16 | 2.72 |
| B22 (67-105) | 50 | 40 | 10 | 2.66 |
| B/C (105-130) | 45 | 47 | 8 | 2.68 |

| TRINCHEIRA | ARGILA (%) | SILTE (%) | AREIA (%) | DENSIDADE REAL (G/CM ³) |
|----------------|---------------|--------------|--------------|--|
| T6- Ap (0-12) | 41 | 37 | 22 | 2.63 |
| B21 (12-35) | 54 | 30 | 16 | 2.74 |
| B22 (35-80) | 66 | 23 | 11 | 2.63 |
| B/C (80-120) | 65 | 24 | 11 | 2.67 |
| T7- Ap (0-12) | 47 | 36 | 17 | 2.63 |
| B21 (10-28) | 47 | 35 | 18 | 2.70 |
| B22 (28-88) | 64 | 26 | 10 | 2.67 |
| B/C (88-110) | 58 | 33 | 9 | 2.63 |
| T8- Ap (0-5) | 29 | 48 | 23 | 2.70 |
| B21 (5-35) | 31 | 48 | 21 | 2.70 |
| B22 (35-100) | 52 | 36 | 12 | 2.67 |
| T9- Ap (0-8) | 31 | 46 | 23 | 2.70 |
| B21 (8-40) | 47 | 39 | 14 | 2.72 |
| B22 (40-68) | 50 | 37 | 13 | 2.74 |
| B/C (68-125) | 44 | 44 | 12 | 2.70 |
| T10- Ap (0-25) | 17 | 53 | 30 | 2.27 |
| B/C (25-45) | 23 | 56 | 21 | 2.67 |
| C/R (45-75) | 37 | 45 | 18 | 2.60 |
| T11- Ap (0-25) | 12 | 45 | 43 | 2.56 |

| TABELA 04 - Medidas da Bomba de Vácuo (Cm de Hg). Coluna de Mercúrio (Cm de Hg) e os Vacuômetros | | | | | | | | | | | |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TESTES DOS VACUÔMETROS | | | | | | | | | | | |
| ALTURA REAL EM CM HG | 3,54 | 7,80 | 12,83 | 17,60 | 23,53 | 27,44 | 33,43 | 38,25 | 48,80 | 59,21 | 62,74 |
| BOMBA DE VÁCUO (CM DE HG) | 6,00 | 10,00 | 15,00 | 20,00 | 25,00 | 30,00 | 35,00 | 40,00 | 50,00 | 60,00 | 64,00 |
| VACUÔMETROS (CENTIBAR) | | | | | | | | | | | |
| NÚMERO 1 | 6,50 | 11,50 | 17,00 | 22,75 | 30,00 | 36,00 | 43,50 | 50,00 | 64,00 | 78,50 | 84,00 |
| NÚMERO 2 | 7,50 | 11,50 | 20,50 | 26,50 | 32,75 | 38,25 | 46,00 | 52,50 | 66,00 | 80,50 | 84,50 |
| NÚMERO 3 | 6,50 | 12,00 | 18,00 | 25,00 | 31,00 | 36,25 | 44,50 | 50,75 | 65,00 | 79,50 | 85,00 |
| NÚMERO 4 | 8,00 | 12,50 | 18,50 | 25,25 | 31,25 | 37,25 | 45,00 | 51,25 | 66,50 | 80,00 | 85,50 |
| NÚMERO 5 | 7,50 | 11,75 | 18,00 | 24,00 | 30,00 | 36,00 | 43,50 | 50,00 | 63,00 | 77,50 | 82,25 |
| NÚMERO 6 | 6,50 | 12,25 | 18,00 | 24,50 | 31,00 | 36,50 | 44,00 | 50,50 | 64,00 | 79,25 | 84,00 |
| NÚMERO 7 | 5,50 | 9,00 | 15,50 | 22,00 | 28,50 | 34,00 | 42,00 | 48,00 | 62,00 | 77,00 | 82,00 |
| NÚMERO 8 | 6,00 | 12,00 | 17,50 | 23,00 | 29,00 | 35,50 | 42,50 | 48,75 | 63,00 | 77,00 | 82,25 |
| NÚMERO 9 | 7,00 | 11,00 | 17,77 | 23,75 | 30,00 | 36,00 | 43,50 | 50,00 | 64,00 | 80,25 | 86,00 |
| NÚMERO 10 | 5,25 | 10,50 | 16,50 | 23,75 | 30,00 | 35,25 | 42,50 | 49,50 | 63,00 | 77,50 | 84,00 |
| NÚMERO 11 | 5,50 | 7,25 | 13,50 | 19,50 | 26,50 | 32,50 | 40,00 | 46,25 | 60,50 | 74,50 | 79,00 |
| NÚMERO 12 | 6,00 | 12,00 | 18,00 | 25,00 | 32,00 | 37,75 | 46,00 | 52,75 | 67,00 | 82,50 | 88,00 |
| NÚMERO 13 | 8,00 | 13,00 | 19,50 | 25,50 | 32,00 | 38,00 | 46,00 | 52,00 | 65,00 | 79,00 | 84,00 |
| NÚMERO 14 | 7,75 | 13,00 | 19,00 | 25,75 | 32,00 | 38,00 | 45,50 | 52,25 | 66,00 | 80,75 | 86,00 |
| NÚMERO 15 | 5,50 | 9,25 | 15,00 | 22,50 | 28,50 | 34,25 | 42,00 | 48,50 | 63,50 | 78,50 | 83,50 |
| NÚMERO 16 | 7,75 | 13,00 | 19,00 | 26,00 | 32,00 | 38,75 | 46,50 | 53,00 | 67,75 | 81,50 | 87,50 |
| NÚMERO 17 | 6,50 | 12,00 | 18,00 | 25,50 | 30,50 | 36,50 | 43,25 | 50,00 | 62,00 | 77,25 | 86,75 |
| NÚMERO 18 | 6,00 | 10,00 | 17,00 | 24,00 | 31,00 | 37,00 | 45,50 | 52,00 | 67,50 | 82,50 | 85,00 |
| NÚMERO 19 | 6,50 | 11,00 | 16,50 | 23,00 | 32,00 | 35,00 | 45,00 | 50,00 | 64,00 | 81,00 | 82,00 |
| NÚMERO 20 | 7,00 | 12,50 | 17,00 | 24,00 | 31,00 | 35,00 | 43,00 | 51,00 | 63,50 | 80,50 | 83,00 |
| NÚMERO 21 | 7,25 | 13,00 | 18,50 | 23,50 | 30,75 | 36,00 | 45,00 | 52,50 | 65,00 | 77,00 | 79,50 |
| NÚMERO 22 | 6,25 | 11,75 | 18,00 | 24,00 | 29,00 | 34,00 | 44,00 | 49,00 | 62,50 | 78,00 | 80,75 |

| TABELA 04 - Medidas da Bomba de Vácuo (Cm de Hg), Coluna de Mercúrio (Cm de Hg) e os Vacuômetros | | | | | | | | | | | |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TESTES DOS VACUÔMETROS | | | | | | | | | | | |
| ALTURA REAL EM CM HG | 3,54 | 7,80 | 12,83 | 17,60 | 23,53 | 27,44 | 33,43 | 38,25 | 48,80 | 59,21 | 62,74 |
| BOMBA DE VÁCUO (CM DE HG) | 6,00 | 10,00 | 15,00 | 20,00 | 25,00 | 30,00 | 35,00 | 40,00 | 50,00 | 60,00 | 64,00 |
| VACUÔMETROS (CENTIBAR) | | | | | | | | | | | |
| NÚMERO 23 | 7,75 | 12,00 | 19,00 | 24,50 | 29,50 | 34,50 | 44,50 | 50,50 | 65,00 | 78,50 | 81,00 |
| NÚMERO 24 | 6,00 | 11,50 | 17,75 | 25,00 | 30,00 | 35,00 | 43,00 | 48,75 | 63,00 | 77,00 | 82,00 |
| MÉDIA | 6,67 | 11,47 | 17,63 | 24,09 | 30,43 | 35,97 | 44,01 | 50,41 | 64,28 | 78,98 | 83,40 |
| VALOR MÍNIMO | 5,25 | 7,25 | 13,50 | 19,50 | 26,50 | 32,50 | 40,00 | 46,25 | 60,50 | 74,50 | 79,00 |
| VALOR MÁXIMO | 8,00 | 13,00 | 20,50 | 26,50 | 32,75 | 38,75 | 46,50 | 53,00 | 67,75 | 82,50 | 88,00 |

TABELA 23 - Controle de umidade (% peso) através do método gravimétrico as profundidades de 0-15, 15-30 e 30-60 cm.

| PROFUNDIDADE (CM) | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| MES | SEMANA | DIA | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 |
| A | 1 | 8 | 23,50 | 27,20 | 26,00 | 28,10 | 19,40 | 27,80 | 27,20 | 29,10 | 27,00 | 32,80 | 29,70 | 33,10 |
| B | 1 | 11 | 20,00 | 24,00 | 23,70 | 23,70 | 20,00 | 26,60 | 26,30 | 23,10 | 25,20 | 29,10 | 27,30 | 24,10 |
| R | 2 | 15 | 25,80 | 29,10 | 29,30 | 21,70 | 27,10 | 31,80 | 29,50 | 21,60 | 29,80 | 36,00 | 32,00 | 22,80 |
| | 2 | 18 | 21,60 | 27,90 | 27,90 | 19,90 | 20,10 | 29,60 | 26,40 | 21,40 | 26,30 | 33,00 | 29,10 | 22,80 |
| | 3 | 22 | 18,90 | 25,20 | 25,00 | 18,80 | 20,60 | 27,50 | 26,50 | 19,10 | 25,00 | 31,40 | 30,50 | 22,70 |
| | 4 | 29 | 20,70 | 25,50 | 25,80 | 20,40 | 21,60 | 27,20 | 28,90 | 21,10 | 25,50 | 32,40 | 30,90 | 23,50 |
| M | 4 | 2 | 18,90 | 22,90 | 23,00 | 17,20 | 18,30 | 25,90 | 27,40 | 18,00 | 20,50 | 35,20 | 30,70 | 21,10 |
| A | 5 | 6 | 18,40 | 18,00 | 23,50 | 17,40 | 20,50 | 20,90 | 25,00 | 19,10 | 24,80 | 25,50 | 28,60 | 27,20 |
| I | 5 | 9 | 19,70 | 20,60 | 21,30 | 17,80 | 22,70 | 23,20 | 20,90 | 19,60 | 25,40 | 25,50 | 23,40 | 21,80 |
| | 6 | 13 | 14,90 | 19,60 | 18,80 | 14,70 | 16,80 | 23,90 | 21,30 | 15,10 | 20,90 | 30,90 | 29,20 | 20,70 |
| | 7 | 19 | 16,20 | 22,20 | 21,40 | 16,60 | 16,10 | 26,40 | 24,20 | 16,50 | 19,30 | 30,20 | 27,30 | 18,00 |
| | 7 | 23 | 18,70 | 19,10 | 19,20 | 17,90 | 21,00 | 18,60 | 18,60 | 18,90 | 25,40 | 22,70 | 20,20 | 24,70 |
| | 8 | 27 | 19,60 | 19,20 | 24,40 | 16,70 | 16,50 | 26,10 | 26,70 | 16,30 | 20,30 | 31,40 | 26,90 | 17,30 |
| | 8 | 30 | 21,40 | 20,00 | 22,00 | 19,50 | 21,40 | 23,20 | 25,20 | 20,20 | 25,90 | 26,60 | 27,70 | 25,80 |
| J | 9 | 3 | 17,90 | 35,40 | 23,70 | 16,00 | 18,20 | 25,30 | 24,70 | 15,40 | 21,70 | 32,00 | 26,50 | 16,00 |
| U | 9 | 6 | 20,30 | 21,50 | 19,10 | 19,40 | 18,30 | 21,80 | 22,70 | 18,12 | 19,30 | 25,50 | 27,50 | 19,00 |
| N | 10 | 10 | 19,70 | 21,10 | 23,10 | 19,00 | 20,50 | 25,80 | 20,00 | 16,50 | 22,30 | 31,30 | 29,80 | 22,10 |
| | 10 | 13 | 18,90 | 20,90 | 20,60 | 16,80 | 18,60 | 29,80 | 22,10 | 15,50 | 19,80 | 29,20 | 28,40 | 15,00 |
| | 11 | 17 | 20,20 | 22,60 | 20,80 | 15,50 | 20,80 | 27,00 | 23,20 | 16,10 | 22,30 | 28,80 | 26,20 | 15,60 |
| | 11 | 20 | 19,30 | 23,20 | 20,90 | 14,20 | 21,00 | 25,20 | 20,10 | 13,50 | 23,20 | 29,10 | 22,80 | 13,60 |
| | 12 | 27 | 19,90 | 24,00 | 24,30 | 17,20 | 18,90 | 28,00 | 25,90 | 14,40 | 19,70 | 24,30 | 28,80 | 15,50 |

TABELA 23 - Controle de umidade (% peso) através do método gravimétrico as profundidades de 0-15, 15-30 e 30-60 cm.

| | | | | | | | | | | | | | | PROFUNDIDADE (CM) | | | | | |
|-----|--------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|----|----|----|----|----|
| | | | | | | | | | | | | | | 0 | 15 | 15 | 30 | 30 | 60 |
| MES | SEMANA | DIA | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | | | | | |
| J | 13 | 1 | 21,40 | 26,50 | 23,60 | 20,10 | 21,10 | 29,30 | 25,20 | 19,30 | 23,80 | 32,00 | 30,20 | 18,50 | | | | | |
| U | 13 | 5 | 20,90 | 20,30 | 23,20 | 19,20 | 19,80 | 21,15 | 21,00 | 19,50 | 22,70 | 20,30 | 20,80 | 21,90 | | | | | |
| L | 14 | 8 | 19,20 | 19,80 | 21,40 | 19,90 | 26,80 | 29,80 | 29,90 | 22,80 | 25,70 | 30,80 | 30,70 | 24,00 | | | | | |
| | 15 | 15 | 20,10 | 24,70 | 22,50 | 18,60 | 20,20 | 26,20 | 22,70 | 16,80 | 20,60 | 30,00 | 25,70 | 19,40 | | | | | |
| | 15 | 18 | 21,20 | 25,10 | 23,00 | 19,60 | 21,80 | 27,30 | 23,70 | 17,40 | 21,00 | 29,90 | 26,00 | 19,40 | | | | | |
| | 16 | 22 | 19,80 | 22,00 | 20,30 | 19,20 | 20,40 | 21,10 | 20,70 | 20,10 | 22,70 | 23,10 | 23,60 | 22,50 | | | | | |
| | 16 | 25 | 22,90 | 23,70 | 23,60 | 21,70 | 24,10 | 25,60 | 24,40 | 21,60 | 26,00 | 29,60 | 26,60 | 23,40 | | | | | |
| | 17 | 29 | 27,90 | 29,80 | 25,90 | 26,80 | 27,80 | 25,40 | 24,10 | 26,70 | 27,50 | 28,00 | 27,50 | 26,50 | | | | | |
| A | 17 | 1 | 19,70 | 19,80 | 20,10 | 18,10 | 19,40 | 19,80 | 20,90 | 18,00 | 20,70 | 23,60 | 21,80 | 20,70 | | | | | |
| G | 18 | 5 | 16,90 | 19,50 | 17,20 | 16,60 | 18,70 | 18,70 | 19,00 | 17,60 | 19,90 | 21,50 | 20,30 | 19,60 | | | | | |
| O | 18 | 8 | 16,80 | 18,20 | 17,20 | 16,60 | 20,40 | 23,10 | 20,80 | 20,30 | 20,20 | 22,10 | 21,70 | 19,30 | | | | | |
| | 19 | 12 | 18,80 | 19,30 | 19,60 | 18,60 | 16,00 | 18,90 | 19,20 | 15,20 | 20,00 | 20,20 | 20,40 | 19,00 | | | | | |
| | 19 | 15 | 20,10 | 20,80 | 21,50 | 19,50 | 20,10 | 21,70 | 26,20 | 20,50 | 21,50 | 26,20 | 30,80 | 20,80 | | | | | |
| | 20 | 19 | 21,20 | 26,30 | 25,90 | 20,50 | 21,90 | 31,60 | 29,00 | 16,50 | 24,60 | 33,50 | 32,60 | 22,80 | | | | | |
| | 20 | 22 | 21,00 | 21,80 | 22,10 | 18,70 | 21,40 | 23,30 | 29,10 | 20,00 | 24,80 | 26,30 | 26,30 | 24,10 | | | | | |
| | 21 | 26 | 19,40 | 32,60 | 23,60 | 18,50 | 20,30 | 29,00 | 23,60 | 18,80 | 21,10 | 31,90 | 28,20 | 17,20 | | | | | |
| | 21 | 29 | 20,10 | 25,10 | 33,00 | 20,90 | 21,20 | 29,80 | 24,30 | 19,90 | 18,80 | 24,60 | 29,40 | 17,20 | | | | | |
| S | 22 | 2 | 21,50 | 26,00 | 31,00 | 21,00 | 20,00 | 29,30 | 27,80 | 20,80 | 19,40 | 28,50 | 24,00 | 15,20 | | | | | |
| E | 22 | 5 | 23,00 | 24,20 | 25,40 | 20,90 | 22,10 | 22,40 | 24,10 | 22,10 | 21,20 | 23,50 | 23,10 | 20,80 | | | | | |
| T | 23 | 9 | 19,10 | 20,40 | 20,20 | 18,20 | 20,00 | 21,10 | 21,50 | 18,90 | 20,90 | 23,80 | 23,10 | 20,50 | | | | | |
| | 23 | 12 | 18,30 | 21,40 | 19,60 | 18,00 | 18,90 | 19,80 | 19,60 | 17,90 | 20,70 | 22,00 | 23,70 | 19,60 | | | | | |
| | 24 | 16 | 18,50 | 21,90 | 20,30 | 17,50 | 16,40 | 22,40 | 20,60 | 20,60 | 19,10 | 26,80 | 24,80 | 24,40 | | | | | |

TABELA 23 - Controle de umidade (% peso) através do método gravimétrico as profundidades de 0-15, 15-30 e 30-60 cm.

| | | | | | | | | | | | | | | PROFUNDIDADE (CM) | | | | | |
|-----|--------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|----|----|----|----|----|
| | | | | | | | | | | | | | | 0 | 15 | 15 | 30 | 30 | 60 |
| MES | SEMANA | DIA | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | | | | | |
| | 25 | 23 | 17,60 | 25,20 | 22,10 | 16,80 | 16,80 | 26,60 | 23,90 | 16,20 | 18,10 | 27,60 | 27,20 | 16,70 | | | | | |
| | 25 | 26 | 21,80 | 22,90 | 22,60 | 20,50 | 21,50 | 21,50 | 22,50 | 20,70 | 23,80 | 25,40 | 24,90 | 23,20 | | | | | |
| O | 28 | 14 | 18,50 | 24,10 | 23,40 | 18,50 | 22,00 | 29,70 | 23,40 | 18,40 | 23,00 | 34,20 | 24,92 | 18,20 | | | | | |
| U | 28 | 17 | 20,50 | 24,90 | 21,80 | 20,90 | 25,90 | 27,60 | 22,70 | 21,00 | 25,20 | 28,00 | 27,20 | 23,20 | | | | | |
| T | 29 | 21 | 18,80 | 24,70 | 21,20 | 18,60 | 20,20 | 25,00 | 21,70 | 19,20 | 24,80 | 26,80 | 26,00 | 22,10 | | | | | |
| | 29 | 24 | 16,08 | 24,60 | 24,70 | 15,00 | 17,50 | 26,20 | 23,90 | 15,90 | 20,10 | 28,50 | 26,30 | 20,60 | | | | | |
| | 30 | 28 | 16,90 | 17,80 | 17,10 | 16,30 | 17,20 | 17,30 | 17,40 | 16,20 | 17,00 | 18,60 | 18,60 | 15,80 | | | | | |
| | 30 | 31 | 14,50 | 14,30 | 14,90 | 14,30 | 14,90 | 14,10 | 15,80 | 13,90 | 14,70 | 14,90 | 14,50 | 13,70 | | | | | |
| N | 31 | 04 | 13,80 | 18,00 | 16,70 | 11,70 | 15,30 | 18,90 | 20,20 | 12,00 | 17,20 | 29,40 | 27,00 | 18,60 | | | | | |
| O | 31 | 07 | 18,50 | 19,90 | 18,80 | 17,80 | 18,70 | 18,50 | 19,40 | 18,50 | 17,40 | 18,10 | 17,50 | 16,70 | | | | | |
| V | 32 | 11 | 21,40 | 23,90 | 22,70 | 21,70 | 18,80 | 23,10 | 23,50 | 18,90 | 24,10 | 28,10 | 21,20 | 23,80 | | | | | |
| | 33 | 18 | 18,60 | 24,50 | 21,70 | 16,50 | 22,20 | 28,10 | 21,60 | 19,50 | 24,50 | 30,90 | 25,30 | 19,50 | | | | | |
| | 33 | 21 | 19,20 | 19,20 | 18,60 | 14,70 | 20,80 | 21,10 | 22,30 | 14,10 | 19,80 | 26,00 | 24,00 | 14,30 | | | | | |
| | 34 | 25 | 16,40 | 18,10 | 17,50 | 12,60 | 19,40 | 22,60 | 21,70 | 11,30 | 25,20 | 27,90 | 29,00 | 16,40 | | | | | |
| | 34 | 28 | 19,60 | 20,90 | 23,40 | 19,30 | 20,10 | 24,10 | 29,40 | 16,20 | 21,90 | 28,40 | 27,90 | 15,10 | | | | | |
| D | 35 | 02 | 21,30 | 25,70 | 23,90 | 19,00 | 21,60 | 30,40 | 27,10 | 19,40 | 24,70 | 33,40 | 29,00 | 23,20 | | | | | |
| E | 35 | 05 | 18,20 | 19,30 | 19,70 | 15,60 | 18,70 | 24,07 | 19,10 | 15,40 | 21,90 | 26,20 | 27,50 | 16,10 | | | | | |
| Z | 36 | 09 | 23,10 | 24,60 | 23,60 | 19,50 | 24,40 | 23,30 | 24,20 | 24,50 | 25,40 | 24,80 | 24,50 | 22,40 | | | | | |
| | 37 | 16 | 21,40 | 24,80 | 21,70 | 20,90 | 19,80 | 27,10 | 21,90 | 19,10 | 22,20 | 31,70 | 25,50 | 20,30 | | | | | |
| J | 39 | 02 | 19,10 | 19,40 | 18,80 | 15,30 | 19,00 | 22,10 | 20,80 | 15,30 | 20,90 | 32,70 | 24,60 | 19,10 | | | | | |
| A | 40 | 06 | 18,30 | 19,50 | 19,70 | 15,70 | 19,70 | 20,80 | 20,90 | 15,80 | 20,10 | 26,00 | 24,10 | 19,70 | | | | | |
| N | 40 | 09 | 20,20 | 21,80 | 25,20 | 16,60 | 20,00 | 22,20 | 27,80 | 19,90 | 21,60 | 26,60 | 30,40 | 22,80 | | | | | |

TABELA 23 - Controle de umidade (% peso) através do método gravimétrico as profundidades de 0-15, 15-30 e 30-60 cm.

| | | PROFUNDIDADE (CM) | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|--|--|
| | | 0 | | | | 15 | | | | 30 | | | | 60 | | | |
| MES | SEMANA | DIA | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | | | |
| | 41 | 13 | 20,60 | 19,60 | 25,10 | 20,10 | 20,20 | 19,10 | 26,50 | 19,90 | 19,60 | 23,30 | 26,90 | 20,70 | | | |
| | 41 | 16 | 21,00 | 21,50 | 25,20 | 21,10 | 21,70 | 26,60 | 29,30 | 20,90 | 21,50 | 25,20 | 29,70 | 21,90 | | | |
| | 42 | 20 | 19,60 | 19,90 | 20,50 | 17,60 | 20,10 | 20,60 | 22,40 | 18,10 | 21,30 | 20,80 | 27,30 | 20,10 | | | |
| | 43 | 27 | 19,20 | 21,80 | 21,90 | 19,10 | 19,90 | 22,60 | 22,50 | 19,90 | 23,60 | 27,10 | 29,10 | 20,10 | | | |
| | 43 | 30 | 22,80 | 20,00 | 23,80 | 19,60 | 19,40 | 23,20 | 25,00 | 18,90 | 18,10 | 28,60 | 28,80 | 16,70 | | | |
| F | 44 | 03 | 17,70 | 21,80 | 20,70 | 15,60 | 18,60 | 22,00 | 20,10 | 15,00 | 21,90 | 25,20 | 23,90 | 13,90 | | | |
| E | 44 | 06 | 18,10 | 19,73 | 19,50 | 17,40 | 20,90 | 22,40 | 24,50 | 16,40 | 20,00 | 26,90 | 25,90 | 14,90 | | | |
| V | 45 | 10 | 18,50 | 24,70 | 23,80 | 18,10 | 16,00 | 16,20 | 16,50 | 15,90 | 25,00 | 28,50 | 27,70 | 20,80 | | | |
| | 45 | 13 | 17,00 | 17,60 | 17,60 | 16,70 | 20,50 | 21,60 | 23,50 | 18,00 | 23,50 | 26,40 | 29,10 | 23,20 | | | |
| | 46 | 17 | 16,30 | 25,50 | 20,50 | 16,80 | 19,70 | 29,10 | 25,90 | 18,50 | 21,40 | 28,80 | 29,20 | 20,60 | | | |
| | 46 | 20 | 18,60 | 21,40 | 27,30 | 15,20 | 20,60 | 21,90 | 29,40 | 20,30 | 21,00 | 22,80 | 24,40 | 20,60 | | | |
| | 47 | 24 | 18,10 | 22,90 | 21,80 | 15,60 | 21,40 | 24,90 | 27,20 | 15,60 | 22,00 | 26,10 | 26,60 | 15,70 | | | |
| | 47 | 27 | 17,10 | 23,80 | 22,20 | 16,30 | 16,00 | 23,40 | 25,90 | 14,20 | 18,70 | 34,80 | 27,60 | 17,40 | | | |
| M | 48 | 05 | 18,40 | 23,70 | 21,80 | 19,20 | 19,70 | 23,50 | 23,80 | 18,70 | 22,50 | 27,00 | 24,50 | 19,40 | | | |
| A | 49 | 09 | 18,10 | 21,00 | 22,10 | 16,50 | 17,90 | 28,20 | 25,30 | 15,50 | 28,40 | 30,10 | 28,20 | 21,60 | | | |
| R | 49 | 12 | 20,10 | 21,70 | 27,20 | 22,10 | 20,80 | 23,70 | 28,40 | 23,60 | 24,30 | 29,20 | 33,40 | 26,60 | | | |
| | 50 | 16 | 21,30 | 26,00 | 21,60 | 20,00 | 24,90 | 24,60 | 24,70 | 21,70 | 24,30 | 25,90 | 26,30 | 23,00 | | | |
| | 50 | 19 | 19,40 | 24,40 | 23,50 | 18,90 | 18,20 | 23,10 | 29,40 | 17,10 | 19,90 | 29,20 | 28,80 | 19,00 | | | |
| | 51 | 23 | 19,20 | 23,10 | 21,60 | 14,60 | 20,10 | 26,70 | 22,90 | 16,90 | 21,10 | 28,60 | 29,30 | 21,10 | | | |
| | 52 | 30 | 13,20 | 18,70 | 20,30 | 13,90 | 14,10 | 20,00 | 22,20 | 12,60 | 17,90 | 24,00 | 27,30 | 17,60 | | | |

| TABELA 24 - Controle de umidade através do método tensiométrico as profundidades de 0-15, 15-30 e 30-60 cm | | | | | | | | | | | |
|--|--------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PROFUNDIDADE (CM) | | | | | | | | | | | |
| | | | 0 | 15 | 15 | 30 | 30 | 60 | | | |
| MÊS | SEMANA | DIA | LOCAL 1 | LOCAL 3 | LOCAL 4 | LOCAL 1 | LOCAL 3 | LOCAL 4 | LOCAL 1 | LOCAL 3 | LOCAL 4 |
| A | 1 | 8 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 |
| B | 1 | 11 | 33,70 | 34,60 | 30,40 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 |
| R | 2 | 15 | 30,00 | 32,00 | 27,00 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 |
| | 2 | 18 | 29,00 | 29,00 | 25,00 | 33,00 | 32,20 | 31,80 | 33,80 | 34,00 | 33,40 |
| | 3 | 22 | 34,80 | 35,60 | 31,20 | 32,00 | 35,60 | 26,40 | 35,60 | 35,60 | 34,00 |
| | 4 | 29 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 |
| M | 4 | 2 | 34,00 | 35,60 | 33,80 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 |
| A | 5 | 6 | 25,10 | 26,40 | 23,80 | 31,80 | 33,00 | 30,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 |
| I | 5 | 9 | 22,20 | 23,80 | 21,20 | 29,20 | 30,60 | 28,40 | 35,60 | 35,60 | 35,60 |
| | 6 | 13 | 19,70 | 19,80 | 19,40 | 27,40 | 27,60 | 24,60 | 34,20 | 35,60 | 32,20 |
| | 7 | 19 | 32,80 | 35,60 | 32,40 | 26,80 | 28,80 | 26,60 | 29,20 | 32,40 | 28,00 |
| | 7 | 23 | 20,80 | 22,20 | 20,20 | 22,60 | 22,80 | 21,20 | 30,20 | 34,00 | 27,20 |
| | 8 | 27 | 24,00 | 34,00 | 21,00 | 21,00 | 34,00 | 20,40 | 32,00 | 34,80 | 31,80 |
| | 8 | 30 | 26,40 | 26,60 | 21,60 | 24,40 | 28,80 | 22,80 | 33,00 | 34,60 | 32,80 |
| J | 9 | 3 | 32,80 | 34,00 | 22,00 | 25,00 | 25,60 | 19,80 | 33,00 | 34,80 | 32,80 |
| U | 9 | 6 | 30,20 | 32,20 | 26,50 | 22,80 | 29,40 | 21,40 | 31,40 | 32,20 | 30,20 |
| N | 10 | 10 | 20,20 | 23,00 | 20,00 | 24,00 | 28,60 | 22,80 | 26,90 | 34,60 | 26,40 |
| | 10 | 13 | 21,20 | 23,00 | 20,80 | 21,30 | 25,60 | 22,00 | 30,40 | 33,80 | 26,40 |
| | 11 | 17 | 20,40 | 22,80 | 20,00 | 21,20 | 27,80 | 19,20 | 25,80 | 29,80 | 25,00 |
| | 11 | 20 | 19,10 | 20,20 | 19,20 | 21,00 | 22,80 | 20,20 | 25,20 | 27,20 | 24,20 |
| | 12 | 27 | 23,80 | 33,00 | 22,00 | 28,00 | 32,80 | 25,50 | 35,60 | 35,60 | 26,00 |

| TABELA 24 - Controle de umidade através do método tensiométrico as profundidades de 0-15, 15-30 e 30-60 cm | | | | | | | | | | | |
|--|--------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PROFUNDIDADE (CM) | | | | | | | | | | | |
| | | | 0 | 15 | 15 | 30 | 30 | 60 | | | |
| MÊS | SEMANA | DIA | LOCAL 1 | LOCAL 3 | LOCAL 4 | LOCAL 1 | LOCAL 3 | LOCAL 4 | LOCAL 1 | LOCAL 3 | LOCAL 4 |
| J | 13 | 1 | 30,20 | 32,20 | 29,00 | 34,00 | 35,60 | 33,00 | 35,60 | 35,60 | 35,60 |
| U | 13 | 5 | 28,00 | 29,00 | 26,20 | 27,20 | 30,00 | 25,20 | 33,00 | 34,00 | 32,00 |
| L | 14 | 8 | 24,40 | 24,20 | 24,00 | 31,80 | 32,00 | 30,00 | 34,80 | 35,60 | 32,00 |
| | 15 | 15 | 25,00 | 26,00 | 22,20 | 26,50 | 30,00 | 24,20 | 32,00 | 35,60 | 32,00 |
| | 15 | 18 | 24,60 | 25,20 | 22,00 | 26,00 | 29,00 | 24,00 | 24,00 | 30,00 | 22,00 |
| | 16 | 22 | 22,80 | 26,00 | 20,00 | 23,60 | 25,40 | 22,80 | 25,60 | 32,80 | 23,60 |
| | 16 | 25 | 20,40 | 25,40 | 19,80 | 25,40 | 30,20 | 22,00 | 32,00 | 34,00 | 26,50 |
| | 17 | 29 | 25,00 | 26,00 | 24,80 | 24,00 | 32,20 | 26,00 | 28,00 | 33,20 | 27,00 |
| A | 17 | 1 | 21,80 | 20,20 | 19,00 | 19,00 | 20,20 | 19,60 | 23,00 | 26,00 | 20,20 |
| G | 18 | 5 | 19,30 | 19,30 | 19,20 | 19,60 | 19,80 | 19,00 | 20,20 | 23,00 | 19,60 |
| O | 18 | 8 | 19,60 | 19,80 | 19,60 | 20,30 | 21,00 | 19,80 | 21,20 | 21,40 | 20,30 |
| | 19 | 12 | 19,40 | 19,60 | 19,20 | 19,40 | 19,80 | 19,80 | 19,60 | 20,00 | 19,80 |
| | 19 | 15 | 20,60 | 21,80 | 20,40 | 20,80 | 22,00 | 20,00 | 24,00 | 26,00 | 22,00 |
| | 20 | 19 | 23,00 | 26,00 | 21,00 | 24,20 | 25,00 | 20,00 | 24,00 | 26,20 | 22,00 |
| | 20 | 22 | 21,40 | 22,00 | 19,80 | 21,40 | 22,00 | 21,40 | 22,80 | 26,40 | 21,40 |
| | 21 | 26 | 31,20 | 35,00 | 25,00 | 35,60 | 35,60 | 26,00 | 22,40 | 35,60 | 22,00 |
| | 21 | 29 | 21,60 | 21,70 | 21,30 | 24,00 | 35,60 | 22,60 | 32,00 | 34,00 | 30,60 |
| S | 22 | 2 | 22,20 | 22,00 | 22,00 | 22,00 | 22,80 | 19,80 | 21,80 | 32,60 | 20,20 |
| E | 22 | 5 | 21,40 | 22,60 | 21,00 | 20,40 | 21,48 | 19,98 | 21,80 | 22,20 | 20,20 |
| T | 23 | 9 | 19,50 | 19,70 | 19,10 | 19,90 | 21,00 | 19,80 | 21,50 | 21,90 | 21,00 |
| | 23 | 12 | 19,40 | 19,50 | 19,30 | 19,60 | 19,70 | 19,50 | 20,10 | 20,40 | 20,30 |
| | 24 | 16 | 19,30 | 19,30 | 19,30 | 19,50 | 19,50 | 19,50 | 19,90 | 20,00 | 19,70 |

| TABELA 24 - Controle de umidade através do método tensiométrico as profundidades de 0-15, 15-30 e 30-60 cm | | | | | | | | | | | |
|--|--------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PROFUNDIDADE (CM) | | | | | | | | | | | |
| | | | 0 | 15 | 15 | 30 | 30 | 60 | | | |
| MÊS | SEMANA | DIA | LOCAL 1 | LOCAL 3 | LOCAL 4 | LOCAL 1 | LOCAL 3 | LOCAL 4 | LOCAL 1 | LOCAL 3 | LOCAL 4 |
| | 25 | 23 | 20,20 | 26,00 | 19,50 | 19,70 | 21,10 | 19,50 | 20,30 | 23,90 | 19,90 |
| | 25 | 26 | 24,40 | 35,60 | 20,20 | 20,10 | 23,80 | 19,80 | 20,40 | 23,00 | 20,30 |
| O | 28 | 14 | 20,20 | 28,70 | 20,00 | 31,20 | 30,10 | 29,30 | 31,20 | 32,20 | 30,80 |
| U | 28 | 17 | 22,50 | 33,00 | 22,00 | 35,60 | 35,60 | 33,20 | 35,60 | 35,60 | 35,60 |
| T | 29 | 21 | 20,20 | 26,20 | 20,00 | 22,20 | 26,70 | 21,20 | 28,20 | 28,70 | 23,70 |
| | 29 | 24 | 19,80 | 19,90 | 18,20 | 21,20 | 24,60 | 19,40 | 24,20 | 27,20 | 22,00 |
| | 32 | 11 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 32,50 | 35,60 | 35,60 | 35,60 |
| | 33 | 18 | 34,00 | 35,60 | 32,80 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 28,80 | 35,60 | 22,80 |
| N | 33 | 21 | 20,10 | 22,00 | 19,70 | 20,40 | 23,00 | 20,20 | 21,00 | 24,60 | 19,80 |
| O | 34 | 25 | 19,40 | 19,50 | 19,40 | 20,20 | 20,60 | 19,00 | 26,00 | 29,40 | 22,00 |
| V | 34 | 28 | 21,40 | 23,00 | 20,20 | 21,00 | 22,80 | 19,80 | 22,80 | 35,60 | 21,40 |
| | 35 | 02 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 |
| D | 35 | 05 | 19,70 | 26,30 | 20,00 | 20,00 | 21,00 | 20,70 | 20,10 | 22,70 | 21,00 |
| E | 36 | 09 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 |
| Z | 37 | 16 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,60 | 35,67 |
| | 39 | 02 | 19,10 | 20,40 | 19,50 | 20,10 | 20,60 | 19,9 | 20,20 | 20,60 | 20,10 |
| J | 40 | 06 | 19,50 | 19,90 | 19,40 | 19,50 | 20,00 | 19,50 | 20,40 | 21,00 | 19,70 |
| A | 40 | 09 | 21,20 | 22,80 | 21,00 | 21,20 | 22,80 | 20,00 | 20,80 | 21,70 | 20,00 |
| N | 41 | 13 | 19,50 | 19,90 | 19,50 | 19,50 | 20,10 | 19,50 | 19,90 | 20,40 | 19,90 |
| | 41 | 16 | 22,80 | 24,80 | 22,80 | 23,00 | 25,00 | 23,00 | 25,00 | 30,20 | 26,00 |
| | 42 | 20 | 19,90 | 20,10 | 19,50 | 20,40 | 20,80 | 20,30 | 21,00 | 23,00 | 21,20 |
| | 43 | 27 | 19,90 | 20,10 | 20,00 | 20,00 | 22,00 | 20,40 | 20,80 | 22,00 | 20,60 |

| TABELA 26 - Lâmina de água disponível no perfil de 0 a 60 cm de profundidade | | | | | |
|--|---------|-----------|---------|-----------|--------|
| para 3 locais analisados calculado através do método tensiométrico | | | | | |
| LOCAL | 1 | LOCAL | 3 | LOCAL | 4 |
| UMIDADE | UMIDADE | | UMIDADE | | |
| PERFIL(%) | LÂMINA | PERFIL(%) | LÂMINA | PERFIL(%) | LÂMINA |
| O A 60 CM | MM | O A 60 CM | MM | O A 60 CM | MM |
| 35,60 | 313,99 | 35,60 | 313,99 | 35,60 | 313,99 |
| 34,88 | 307,62 | 35,22 | 310,64 | 33,62 | 296,56 |
| 33,47 | 295,22 | 34,23 | 301,93 | 32,33 | 285,17 |
| 31,70 | 279,56 | 31,47 | 277,57 | 29,65 | 261,50 |
| 34,04 | 300,20 | 35,60 | 313,99 | 30,28 | 267,03 |
| 35,60 | 313,99 | 35,60 | 313,99 | 35,60 | 313,99 |
| 34,99 | 308,63 | 35,60 | 313,99 | 34,92 | 307,96 |
| 30,28 | 267,07 | 31,19 | 275,13 | 29,37 | 259,01 |
| 28,27 | 249,32 | 29,37 | 259,01 | 27,61 | 243,50 |
| 26,31 | 232,05 | 26,80 | 236,34 | 24,68 | 217,64 |
| 29,73 | 262,20 | 32,36 | 285,38 | 29,18 | 257,39 |
| 23,97 | 211,40 | 25,60 | 225,76 | 22,44 | 197,92 |
| 25,11 | 221,47 | 34,22 | 301,79 | 23,71 | 209,09 |
| 27,48 | 242,39 | 29,53 | 260,45 | 25,04 | 220,89 |
| 30,12 | 265,69 | 31,28 | 275,85 | 24,15 | 212,97 |
| 27,93 | 246,38 | 31,22 | 275,36 | 25,71 | 226,80 |
| 23,34 | 205,85 | 28,09 | 247,77 | 22,71 | 200,28 |
| 23,72 | 209,20 | 26,83 | 236,61 | 22,73 | 200,50 |
| 22,14 | 195,26 | 26,44 | 233,20 | 21,07 | 185,84 |
| 21,41 | 188,85 | 23,00 | 202,86 | 20,90 | 184,34 |
| 28,46 | 250,98 | 33,63 | 296,63 | 24,31 | 214,37 |

| TABELA 26 - Lâmina de água disponível no perfil de 0 a 60 cm de profundidade | | | | | |
|--|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| para 3 locais analisados calculado através do método tensiométrico | | | | | |
| LOCAL 1 | | LOCAL 3 | | LOCAL 4 | |
| UMIDADE | | UMIDADE | | UMIDADE | |
| PERFIL(%) | LÂMINA | PERFIL(%) | LÂMINA | PERFIL(%) | LÂMINA |
| O A 60 CM | MM | O A 60 CM | MM | O A 60 CM | MM |
| 32,99 | 290,95 | 34,31 | 302,60 | 32,18 | 283,85 |
| 29,07 | 256,40 | 30,70 | 270,77 | 27,42 | 241,81 |
| 29,80 | 262,82 | 30,01 | 264,67 | 28,26 | 249,25 |
| 27,42 | 241,80 | 29,99 | 264,53 | 25,55 | 225,32 |
| 24,93 | 219,86 | 27,83 | 245,43 | 22,70 | 200,21 |
| 23,84 | 210,23 | 27,63 | 243,66 | 21,95 | 193,62 |
| 25,28 | 222,99 | 29,40 | 259,33 | 22,38 | 197,38 |
| 25,46 | 224,56 | 30,11 | 265,61 | 25,81 | 227,68 |
| 21,14 | 186,49 | 21,77 | 191,98 | 19,53 | 172,29 |
| 19,65 | 173,30 | 20,47 | 180,58 | 19,24 | 169,68 |
| 20,28 | 178,84 | 20,65 | 182,15 | 19,86 | 175,16 |
| 19,45 | 171,58 | 19,78 | 174,44 | 19,57 | 172,63 |
| 21,59 | 190,41 | 23,00 | 202,90 | 20,69 | 182,50 |
| 23,69 | 208,95 | 25,70 | 226,71 | 20,92 | 184,51 |
| 21,78 | 192,08 | 23,19 | 204,52 | 20,79 | 183,39 |
| 30,36 | 267,81 | 35,37 | 311,98 | 24,54 | 216,44 |
| 25,25 | 222,69 | 29,89 | 263,59 | 24,27 | 214,03 |
| 22,02 | 194,23 | 25,14 | 221,75 | 20,74 | 182,96 |
| 21,16 | 186,61 | 22,10 | 194,92 | 20,43 | 180,17 |
| 20,18 | 177,99 | 20,75 | 183,01 | 19,86 | 175,15 |
| 19,66 | 173,39 | 19,81 | 174,75 | 19,64 | 173,22 |
| 19,53 | 172,27 | 19,56 | 172,51 | 19,48 | 171,80 |

| TABELA 26 - Lâmina de água disponível no perfil de 0 a 60 cm de profundidade | | | | | |
|--|---------|-----------|---------|-----------|--------|
| para 3 locais analisados calculado através do método tensiométrico | | | | | |
| LOCAL | 1 | LOCAL | 3 | LOCAL | 4 |
| UMIDADE | UMIDADE | | UMIDADE | | |
| PERFIL(%) | LÂMINA | PERFIL(%) | LÂMINA | PERFIL(%) | LÂMINA |
| O A 60 CM | MM | O A 60 CM | MM | O A 60 CM | MM |
| 20,05 | 176,86 | 23,72 | 209,19 | 19,61 | 172,94 |
| 21,82 | 192,41 | 28,07 | 247,56 | 20,09 | 177,17 |
| 27,02 | 238,32 | 30,14 | 265,79 | 26,17 | 230,83 |
| 30,62 | 270,09 | 34,61 | 305,28 | 29,59 | 261,00 |
| 23,06 | 203,39 | 27,05 | 238,58 | 21,42 | 188,92 |
| 21,48 | 189,44 | 23,52 | 207,41 | 19,65 | 173,28 |
| 35,60 | 313,99 | 35,60 | 313,99 | 34,52 | 304,42 |
| 33,16 | 292,44 | 35,60 | 313,99 | 31,08 | 274,13 |
| 20,45 | 180,35 | 23,05 | 203,32 | 19,90 | 175,54 |
| 21,46 | 189,29 | 22,56 | 198,96 | 19,96 | 176,06 |
| 21,64 | 190,85 | 26,33 | 232,25 | 20,38 | 179,79 |
| 35,60 | 313,99 | 35,60 | 313,99 | 35,60 | 313,99 |
| 19,91 | 175,63 | 23,47 | 207,03 | 20,52 | 180,94 |
| 35,60 | 313,99 | 35,60 | 313,99 | 35,60 | 313,99 |
| 35,60 | 313,99 | 35,60 | 313,99 | 35,62 | 314,16 |
| 19,75 | 174,17 | 20,52 | 181,02 | 19,80 | 174,65 |
| 19,74 | 174,13 | 20,23 | 178,45 | 19,52 | 172,13 |
| 21,09 | 186,03 | 22,50 | 198,48 | 20,38 | 179,75 |
| 19,61 | 172,94 | 20,11 | 177,33 | 19,61 | 172,94 |
| 23,46 | 206,95 | 26,33 | 232,21 | 23,73 | 209,33 |
| 20,37 | 179,68 | 21,13 | 186,35 | 20,24 | 178,51 |
| 20,18 | 177,97 | 21,28 | 187,67 | 20,30 | 179,06 |

| TABELA 26 - Lâmina de água disponível no perfil de 0 a 60 cm de profundidade | | | | | |
|--|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| para 3 locais analisados calculado através do método tensiométrico | | | | | |
| LOCAL 1 | | LOCAL 3 | | LOCAL 4 | |
| UMIDADE | | UMIDADE | | UMIDADE | |
| PERFIL(%) | LÂMINA | PERFIL(%) | LÂMINA | PERFIL(%) | LÂMINA |
| O A 60 CM | MM | O A 60 CM | MM | O A 60 CM | MM |
| 20,59 | 181,59 | 22,39 | 197,46 | 20,66 | 182,26 |
| 19,94 | 175,87 | 22,05 | 194,45 | 19,56 | 172,54 |
| 21,88 | 192,95 | 24,37 | 214,90 | 19,62 | 173,01 |
| 25,15 | 221,86 | 30,43 | 268,41 | 20,09 | 177,16 |
| 25,23 | 222,56 | 26,73 | 235,79 | 23,56 | 207,78 |
| 21,79 | 192,21 | 29,34 | 258,80 | 19,80 | 174,59 |
| 20,65 | 182,16 | 25,52 | 225,07 | 19,75 | 174,23 |
| 25,36 | 223,64 | 32,48 | 286,51 | 21,87 | 192,86 |
| 22,78 | 200,89 | 29,69 | 261,82 | 20,80 | 183,43 |
| 23,77 | 209,62 | 24,15 | 212,99 | 22,03 | 194,32 |
| 21,71 | 191,50 | 25,16 | 221,90 | 21,43 | 188,99 |
| 25,17 | 221,97 | 30,93 | 272,80 | 21,59 | 190,41 |
| 25,57 | 225,55 | 30,20 | 266,40 | 22,96 | 202,48 |
| 28,22 | 248,88 | 34,46 | 303,94 | 23,57 | 207,90 |
| 29,55 | 260,65 | 29,93 | 263,98 | 23,19 | 204,51 |
| 22,43 | 197,81 | 32,33 | 285,17 | 21,17 | 186,70 |

TABELA 27 - Lâmina de água disponível no perfil de 0 a 60 cm de profundidade para 4 pontos

analisados, calculado através do método gravimétrico

| PONTO | 1 | PONTO | 2 | PONTO | 3 | PONTO | 4 |
|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|--------|
| UMIDADE | UMIDADE | | UMIDADE | | UMIDADE | | |
| PERFIL(%) | LÂMINA | PERFIL(%) | LÂMINA | PERFIL(%) | LÂMINA | PERFIL(%) | LÂMINA |
| O A 60 CM | MM | O A 60 CM | MM | O A 60 CM | MM | O A 60 CM | MM |
| 23,01 | 202,95 | 28,92 | 255,09 | 27,42 | 241,84 | 29,80 | 262,84 |
| 21,40 | 188,78 | 26,29 | 231,85 | 25,58 | 225,63 | 23,60 | 208,13 |
| 27,34 | 241,09 | 31,91 | 281,43 | 30,10 | 265,47 | 21,96 | 193,70 |
| 22,34 | 197,07 | 29,87 | 263,47 | 27,70 | 244,31 | 21,21 | 187,05 |
| 21,14 | 186,47 | 27,68 | 244,13 | 27,01 | 238,23 | 19,96 | 176,03 |
| 22,31 | 196,78 | 27,96 | 246,59 | 28,26 | 249,27 | 21,48 | 189,47 |
| 19,12 | 168,66 | 27,27 | 240,53 | 26,62 | 234,78 | 18,53 | 163,46 |
| 20,86 | 184,01 | 21,04 | 185,57 | 25,40 | 224,05 | 20,64 | 182,05 |
| 22,29 | 196,59 | 22,83 | 201,39 | 21,73 | 191,63 | 19,51 | 172,08 |
| 17,19 | 151,57 | 24,16 | 213,06 | 22,48 | 198,30 | 16,46 | 145,18 |
| 17,00 | 149,96 | 25,83 | 227,82 | 23,97 | 211,44 | 16,94 | 149,44 |
| 21,31 | 187,99 | 19,90 | 175,49 | 19,26 | 169,87 | 20,09 | 177,16 |
| 18,70 | 164,57 | 24,91 | 219,70 | 25,88 | 228,26 | 16,72 | 147,49 |
| 22,62 | 199,46 | 22,90 | 202,00 | 24,66 | 217,49 | 21,45 | 189,15 |
| 19,03 | 167,85 | 30,95 | 272,95 | 24,81 | 218,79 | 15,79 | 139,27 |
| 19,33 | 170,49 | 22,69 | 200,08 | 22,63 | 199,58 | 18,84 | 166,20 |
| 20,68 | 182,42 | 25,50 | 224,90 | 23,82 | 210,13 | 18,96 | 167,24 |
| 19,04 | 167,92 | 26,26 | 231,58 | 23,23 | 204,90 | 15,86 | 139,88 |
| 20,98 | 185,02 | 25,81 | 227,68 | 23,10 | 203,70 | 15,74 | 138,80 |
| 20,95 | 184,76 | 25,49 | 224,85 | 21,13 | 186,39 | 13,79 | 121,65 |
| 19,50 | 171,95 | 25,48 | 224,74 | 26,08 | 229,90 | 15,76 | 139,01 |
| 21,94 | 193,54 | 28,97 | 255,47 | 25,94 | 228,81 | 19,39 | 171,00 |
| 21,00 | 185,23 | 20,60 | 181,67 | 21,78 | 192,12 | 20,03 | 176,70 |

TABELA 27 - Lâmina de água disponível no perfil de 0 a 60 cm de profundidade para 4 pontos

analizados, calculado através do método gravimétrico

| | | | | | | | |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 23,62 | 208,28 | 26,27 | 231,70 | 26,89 | 237,13 | 22,02 | 194,23 |
| 20,27 | 178,78 | 26,66 | 235,11 | 23,43 | 206,69 | 18,19 | 160,40 |
| 21,36 | 188,36 | 27,17 | 239,60 | 24,06 | 212,17 | 18,78 | 165,60 |
| 20,79 | 183,39 | 21,98 | 193,88 | 21,33 | 188,14 | 20,41 | 179,98 |
| 24,16 | 213,06 | 25,96 | 228,95 | 24,69 | 217,77 | 22,12 | 195,13 |
| 27,76 | 244,82 | 27,77 | 244,97 | 25,70 | 226,69 | 26,68 | 235,35 |
| 19,87 | 175,21 | 20,83 | 183,69 | 20,84 | 183,80 | 18,77 | 165,52 |
| 18,34 | 161,76 | 19,76 | 174,28 | 18,67 | 164,64 | 17,76 | 156,64 |
| 18,98 | 167,39 | 20,97 | 184,94 | 19,68 | 173,53 | 18,62 | 164,26 |
| 18,14 | 160,03 | 19,40 | 171,13 | 19,68 | 173,54 | 17,52 | 154,51 |
| 20,48 | 180,62 | 22,57 | 199,09 | 25,66 | 226,29 | 20,20 | 178,17 |
| 22,36 | 197,24 | 30,10 | 265,47 | 28,79 | 253,96 | 19,72 | 173,94 |
| 22,17 | 195,50 | 23,54 | 207,62 | 25,68 | 226,53 | 20,61 | 181,81 |
| 20,17 | 177,93 | 31,15 | 274,75 | 24,84 | 219,11 | 18,25 | 161,00 |
| 20,13 | 177,58 | 26,61 | 234,70 | 28,98 | 255,63 | 19,55 | 172,44 |
| 20,41 | 180,00 | 27,83 | 245,46 | 27,99 | 246,87 | 19,36 | 170,79 |
| 22,20 | 195,80 | 23,38 | 206,22 | 24,32 | 214,54 | 21,29 | 187,80 |
| 19,90 | 175,53 | 21,56 | 190,19 | 21,44 | 189,08 | 19,07 | 168,16 |
| 19,16 | 168,97 | 21,00 | 185,24 | 20,71 | 182,64 | 18,40 | 162,26 |
| 17,93 | 158,12 | 23,40 | 206,37 | 21,62 | 190,69 | 20,45 | 180,35 |
| 17,46 | 153,95 | 26,34 | 232,30 | 24,11 | 212,62 | 16,56 | 146,09 |
| 22,24 | 196,11 | 23,09 | 203,61 | 23,19 | 204,50 | 21,30 | 187,86 |
| 20,94 | 184,69 | 28,79 | 253,90 | 23,81 | 210,01 | 18,38 | 162,15 |
| 23,66 | 208,67 | 26,68 | 235,34 | 23,57 | 207,91 | 21,56 | 190,12 |
| 20,91 | 184,43 | 25,37 | 223,78 | 22,67 | 199,96 | 19,76 | 174,24 |
| 17,66 | 155,78 | 26,21 | 231,20 | 24,85 | 219,19 | 16,83 | 148,41 |
| 17,03 | 150,22 | 17,84 | 157,36 | 17,61 | 155,32 | 16,13 | 142,27 |

TABELA 27 - Lâmina de água disponível no perfil de 0 a 60 cm de profundidade para 4 pontos

analisados, calculado através do método gravimétrico

| | | | | | | | |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 14,69 | 129,60 | 14,39 | 126,94 | 15,11 | 133,24 | 14,00 | 123,46 |
| 15,24 | 134,44 | 21,39 | 188,69 | 20,71 | 182,63 | 13,67 | 120,55 |
| 18,27 | 161,17 | 18,92 | 166,91 | 18,66 | 164,57 | 17,75 | 156,54 |
| 21,22 | 187,15 | 24,75 | 218,33 | 22,58 | 199,11 | 21,29 | 187,75 |
| 21,45 | 189,22 | 27,49 | 242,44 | 22,64 | 199,66 | 18,36 | 161,94 |
| 19,92 | 175,71 | 21,70 | 191,40 | 21,35 | 188,33 | 14,38 | 126,85 |
| 19,83 | 174,87 | 22,32 | 196,87 | 22,08 | 194,70 | 13,17 | 116,17 |
| 20,40 | 179,89 | 24,05 | 212,08 | 26,72 | 235,63 | 17,08 | 150,65 |
| 22,32 | 196,89 | 29,42 | 259,52 | 26,40 | 232,82 | 20,27 | 178,82 |
| 19,37 | 170,88 | 22,83 | 201,38 | 21,60 | 190,48 | 15,67 | 138,17 |
| 24,18 | 213,23 | 24,20 | 213,44 | 24,05 | 212,15 | 22,03 | 194,33 |
| 21,06 | 185,71 | 27,47 | 242,27 | 22,80 | 201,06 | 20,11 | 177,35 |
| 19,55 | 172,44 | 23,94 | 211,12 | 21,07 | 185,80 | 16,33 | 144,00 |
| 19,28 | 170,01 | 21,71 | 191,48 | 21,31 | 187,94 | 16,82 | 148,31 |
| 20,51 | 180,88 | 23,24 | 204,94 | 27,51 | 242,67 | 19,43 | 171,36 |
| 20,19 | 178,08 | 20,42 | 180,14 | 26,08 | 229,99 | 20,19 | 178,09 |
| 21,38 | 188,57 | 24,28 | 214,18 | 27,85 | 245,64 | 21,25 | 187,39 |
| 20,23 | 178,46 | 20,39 | 179,82 | 23,00 | 202,87 | 18,45 | 162,73 |
| 20,63 | 181,98 | 23,51 | 207,37 | 24,05 | 212,16 | 19,65 | 173,31 |
| 20,34 | 179,41 | 23,44 | 206,76 | 25,57 | 225,53 | 18,57 | 163,81 |
| 19,15 | 168,89 | 22,79 | 200,99 | 21,35 | 188,34 | 14,93 | 131,69 |
| 19,59 | 172,81 | 22,60 | 199,34 | 22,98 | 202,67 | 16,38 | 144,43 |
| 19,38 | 170,93 | 22,75 | 200,66 | 22,30 | 196,67 | 18,06 | 159,28 |
| 19,98 | 176,22 | 21,38 | 188,54 | 22,77 | 200,83 | 18,91 | 166,79 |
| 18,87 | 166,41 | 27,65 | 243,88 | 24,74 | 218,20 | 18,42 | 162,47 |
| 19,95 | 175,94 | 21,95 | 193,63 | 27,25 | 240,36 | 18,44 | 162,67 |
| 20,31 | 179,12 | 24,46 | 215,77 | 24,99 | 220,38 | 15,63 | 137,83 |

TABELA 27 - Lâmina de água disponível no perfil de 0 a 60 cm de profundidade para 4 pontos

| analisados, calculado através do método gravimétrico | | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 17,15 | 151,24 | 26,63 | 234,88 | 24,95 | 220,09 | 15,86 | 139,90 |
| 19,96 | 176,06 | 24,52 | 216,28 | 23,23 | 204,88 | 19,08 | 168,28 |
| 20,81 | 183,55 | 25,98 | 229,12 | 24,87 | 219,33 | 17,53 | 154,59 |
| 21,48 | 189,44 | 24,43 | 215,43 | 29,29 | 258,37 | 23,84 | 210,27 |
| 23,37 | 206,12 | 25,48 | 224,76 | 23,95 | 211,27 | 21,41 | 188,79 |
| 19,12 | 168,59 | 25,24 | 222,63 | 27,00 | 238,10 | 18,30 | 161,38 |
| 20,03 | 176,65 | 25,85 | 227,95 | 24,13 | 212,86 | 17,16 | 151,35 |
| 14,78 | 130,39 | 20,59 | 181,57 | 22,86 | 201,58 | 14,44 | 127,40 |

TABELA 28 - Balanço hídrico feito através do método gravimétrico

| MÊS | PERÍODO | P | Pe (0.7*P) | I | ETo | ARMAZENAM (MM) | | | | ETR (MM) | | | | Kc OPERAÇÃO | | | |
|---------|---------|---------|------------|-------|-------|----------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|-------------|-------|-------|------|
| | | (MM) | (MM) | (MM) | (MM) | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | K1 | K2 | K3 | K4 |
| ABR | 08 - 11 | 12,32 | 8,62 | 0,00 | 9,25 | -14,16 | -23,24 | -16,20 | -54,70 | 22,79 | 31,86 | 24,83 | 63,33 | 2,46 | 3,44 | 2,68 | 6,8 |
| | 11 - 14 | 25,08 | 17,56 | 0,00 | 6,38 | 52,31 | 49,58 | 39,84 | -14,43 | -34,76 | -32,02 | -22,28 | 31,99 | -5,45 | -5,02 | -3,49 | 5,0 |
| | 15 - 17 | 52,45 | 36,72 | 0,00 | 3,09 | -44,02 | -17,96 | -21,17 | -6,65 | 80,74 | 54,67 | 57,88 | 43,37 | 26,13 | 17,69 | 18,73 | 14,0 |
| | 18 - 21 | 6,83 | 4,78 | 0,00 | 8,58 | -10,60 | -19,34 | -6,08 | -11,02 | 15,38 | 24,12 | 10,86 | 15,81 | 1,79 | 2,81 | 1,27 | 1,8 |
| | 22 - 28 | 77,64 | 54,35 | 0,00 | 12,02 | 10,31 | 2,46 | 11,04 | 13,44 | 44,04 | 51,89 | 43,31 | 40,91 | 3,66 | 4,32 | 3,60 | 3,4 |
| MAI | 29 - 01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,48 | -28,13 | -6,06 | -14,49 | -26,01 | 28,13 | 6,06 | 14,49 | 26,01 | 4,34 | 0,94 | 2,24 | 4,0 |
| | 02 - 05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,98 | 15,36 | -54,96 | -10,73 | 18,59 | -15,36 | 54,96 | 10,73 | -18,59 | -1,92 | 6,89 | 1,35 | -2,3 |
| | 06 - 08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,01 | 12,58 | 15,81 | -32,41 | -9,98 | -12,58 | -15,81 | 32,41 | 9,98 | -3,14 | -3,94 | 8,08 | 2,4 |
| | 09 - 12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,35 | -45,02 | 11,67 | 6,67 | -26,90 | 45,02 | -11,67 | -6,67 | 26,90 | 6,12 | -1,59 | -0,91 | 3,6 |
| | 13 - 18 | 36,90 | 25,83 | 0,00 | 8,13 | -1,61 | 14,76 | 13,14 | 4,26 | 27,44 | 11,07 | 12,69 | 21,57 | 3,38 | 1,36 | 1,56 | 2,6 |
| | 19 - 22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,38 | 38,03 | -52,33 | -41,57 | 27,72 | -38,03 | 52,33 | 41,57 | -27,72 | -4,54 | 6,24 | 4,96 | -3,3 |
| | 23 - 26 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 7,77 | -23,02 | 44,21 | 58,39 | -29,67 | 27,62 | -39,61 | -53,79 | 34,27 | 3,55 | -5,10 | -6,92 | 4,4 |
| | 27 - 29 | 0,00 | 0,00 | 13,80 | 4,98 | 34,50 | -17,70 | -10,77 | 41,67 | -20,70 | 31,50 | 24,57 | -27,87 | -4,16 | 6,33 | 4,93 | -5,6 |
| | JUN | 30 - 02 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 7,38 | -31,61 | 70,96 | 1,30 | -49,89 | 38,51 | -64,06 | 5,60 | 56,79 | 5,22 | -8,68 | 0,76 |
| 03 - 05 | | 0,00 | 0,00 | 13,80 | 6,60 | 2,64 | -72,87 | -19,21 | 26,94 | 11,16 | 86,67 | 33,01 | -13,14 | 1,69 | 13,13 | 5,00 | -1,9 |
| 06 - 09 | | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 5,06 | 11,92 | 24,82 | 10,55 | 1,04 | -5,02 | -17,92 | -3,65 | 5,86 | -0,99 | -3,54 | -0,72 | 1,1 |
| 10 - 12 | | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 5,02 | -14,50 | 6,68 | -5,23 | -27,37 | 21,40 | 0,22 | 12,13 | 34,27 | 4,26 | 0,04 | 2,42 | 6,8 |
| 13 - 16 | | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 4,96 | 17,10 | -3,90 | -1,17 | -1,08 | -10,20 | 10,80 | 8,07 | 7,98 | -2,06 | 2,18 | 1,63 | 1,6 |
| 17 - 19 | | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 4,83 | -0,26 | -2,83 | -17,33 | -17,15 | 7,16 | 9,73 | 24,23 | 24,05 | 1,48 | 2,01 | 5,02 | 4,9 |
| 20 - 26 | | 27,56 | 19,29 | 0,00 | 6,50 | -12,81 | -0,11 | 43,59 | 17,36 | 32,10 | 19,40 | -24,30 | 1,93 | 4,94 | 2,98 | -3,74 | 0,3 |
| 27 - 30 | 11,83 | 8,28 | 0,00 | 6,35 | 21,58 | 30,73 | -1,17 | 31,99 | -13,30 | -22,45 | 9,45 | -23,71 | -2,09 | -3,54 | 1,49 | -3,7 | |
| JUL | 01 - 04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,11 | -8,31 | -73,80 | -36,69 | 5,70 | 8,31 | 73,80 | 36,69 | -5,70 | 1,36 | 12,08 | 6,01 | -0,9 |
| | 05 - 07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,94 | 23,06 | 50,03 | 45,02 | 17,53 | -23,06 | -50,03 | -45,02 | -17,53 | -3,88 | -8,42 | -7,58 | -2,9 |
| | 08 - 14 | 13,00 | 9,10 | 9,20 | 8,71 | -29,50 | 3,40 | -30,45 | -33,83 | 47,80 | 14,90 | 48,75 | 52,13 | 5,49 | 1,71 | 5,60 | 5,9 |
| | 15 - 17 | 0,00 | 0,00 | 2,30 | 2,82 | 9,58 | 4,50 | 5,48 | 5,20 | -7,28 | -2,20 | -3,18 | -2,90 | -2,58 | -0,78 | -1,13 | -1,0 |

TABELA 28 - Balanço hídrico feito através do método gravimétrico

| MÊS | PERÍODO | P | Pe (0.7*P) | I | ET _o | ARMAZENAM (MM) | | | | ETR (MM) | | | | Kc OPERAÇÃO | | | |
|-----|---------|-------|------------|------|-----------------|----------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|-------------|-------|-------|------|
| | | (MM) | (MM) | (MM) | (MM) | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | K1 | K2 | K3 | K4 |
| | 18 - 21 | 0,00 | 0,00 | 2,30 | 8,62 | -4,97 | -45,72 | -24,03 | 14,38 | 7,27 | 48,02 | 26,33 | -12,08 | 0,84 | 5,57 | 3,05 | -1,4 |
| | 22 - 24 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 5,03 | 29,67 | 35,07 | 29,63 | 15,15 | -25,07 | -30,47 | -25,03 | -10,55 | -4,98 | -6,06 | -4,98 | -2,1 |
| | 25 - 28 | 0,00 | 0,00 | 2,30 | 8,04 | 31,75 | 16,02 | 8,93 | 40,22 | -29,45 | -13,72 | -6,63 | -37,92 | -3,66 | -1,71 | -0,82 | -4,7 |
| | 29 - 31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,40 | -69,61 | -61,28 | -42,89 | -69,83 | 69,61 | 61,28 | 42,89 | 69,83 | 10,88 | 9,58 | 6,70 | 10,9 |
| AGO | 01 - 04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,20 | -13,45 | -9,40 | -19,16 | -8,88 | 13,45 | 9,40 | 19,16 | 8,88 | 1,87 | 1,31 | 2,66 | 1,2 |
| | 05 - 07 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 5,79 | 5,63 | 10,65 | 8,89 | 7,62 | 3,57 | -1,45 | 0,31 | 1,58 | 0,62 | -0,25 | 0,05 | 0,2 |
| | 08 - 11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,91 | -7,36 | -13,80 | 0,01 | -9,75 | 7,36 | 13,80 | -0,01 | 9,75 | 1,06 | 2,00 | -0,00 | 1,4 |
| | 12 - 14 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 5,42 | 20,59 | 27,96 | 52,74 | 23,66 | -13,69 | -21,06 | -45,84 | -16,76 | -2,53 | -3,89 | -8,46 | -3,0 |
| | 15 - 18 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 7,50 | 16,63 | 66,38 | 27,68 | -4,23 | -7,43 | -57,18 | -18,48 | 13,43 | -0,99 | -7,62 | -2,46 | 1,7 |
| | 19 - 21 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 6,26 | -1,74 | -57,85 | -27,43 | 7,87 | 6,34 | 62,45 | 32,03 | -3,27 | 1,01 | 9,98 | 5,12 | -0,5 |
| | 22 - 25 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 8,82 | -17,57 | 67,13 | -7,43 | -20,81 | 22,17 | -62,53 | 12,03 | 25,41 | 2,51 | -7,09 | 1,36 | 2,8 |
| | 26 - 28 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 6,27 | -0,35 | -40,05 | 36,52 | 11,44 | 4,95 | 44,65 | -31,92 | -6,84 | 0,79 | 7,12 | -5,09 | -1,0 |
| SET | 29 - 01 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 8,38 | 2,42 | 10,76 | -8,76 | -1,65 | 4,48 | -3,86 | 15,66 | 8,55 | 0,54 | -0,46 | 1,87 | 1,0 |
| | 02 - 04 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 6,60 | 15,80 | -39,24 | -32,33 | 17,01 | -11,20 | 43,84 | 36,93 | -12,41 | -1,70 | 6,64 | 5,60 | -1,8 |
| | 05 - 08 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 10,01 | -20,27 | -16,03 | -25,45 | -19,64 | 27,17 | 22,93 | 32,35 | 26,54 | 2,71 | 2,29 | 3,23 | 2,6 |
| | 09 - 11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,09 | -6,55 | -4,95 | -6,45 | -5,90 | 6,55 | 4,95 | 6,45 | 5,90 | 0,81 | 0,61 | 0,80 | 0,7 |
| | 12 - 15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,46 | -10,86 | 21,13 | 8,05 | 18,09 | 10,86 | -21,13 | -8,05 | -18,09 | 1,28 | -2,50 | -0,95 | -2,1 |
| | 16 - 22 | 24,15 | 16,91 | 6,90 | 13,91 | -4,16 | 25,93 | 21,94 | -34,27 | 27,97 | -2,13 | 1,87 | 58,07 | 2,01 | -0,15 | 0,13 | 4,1 |
| | 23 - 25 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 5,61 | 42,16 | -28,69 | -8,12 | 41,77 | -37,56 | 33,29 | 12,72 | -37,17 | -6,70 | 5,93 | 2,27 | -6,6 |
| OUT | 26 - 13 | 88,02 | 61,61 | 0,00 | 31,56 | -11,42 | 50,29 | 5,51 | -25,71 | 73,04 | 11,32 | 56,11 | 87,32 | 2,31 | 0,36 | 1,78 | 2,7 |
| | 14 - 16 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 8,71 | 23,98 | -18,57 | -2,09 | 27,98 | -17,08 | 25,47 | 8,99 | -21,08 | -1,96 | 2,92 | 1,03 | -2,4 |
| | 17 - 20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,47 | -24,25 | -11,55 | -7,96 | -15,88 | 24,25 | 11,55 | 7,96 | 15,88 | 2,11 | 1,01 | 0,69 | 1,3 |
| | 21 - 23 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 9,30 | -28,64 | 7,42 | 19,24 | -25,82 | 33,24 | -2,82 | -14,64 | 30,42 | 3,57 | -0,30 | -1,57 | 3,2 |
| | 24 - 27 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 0,82 | -5,56 | -73,84 | -63,87 | -6,15 | 12,46 | 80,74 | 70,77 | 13,05 | 15,13 | 98,04 | 85,94 | 15,8 |
| | 28 - 30 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 10,36 | -20,62 | -30,42 | -22,08 | -18,80 | 25,22 | 35,02 | 26,68 | 23,40 | 2,43 | 3,38 | 2,57 | 2,2 |

TABELA 28 - Balanço hídrico feito através do método gravimétrico

| MÊS | PERÍODO | P | Pe (0.7*P) | I | ETo | ARMAZENAM (MM) | | | | ETR (MM) | | | | Kc OPERAÇÃO | | |
|---------|---------|-------|------------|-------|--------|----------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|-------------|-------|-------|
| | | (MM) | (MM) | (MM) | (MM) | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | K1 | K2 | K3 |
| NOV | 31 - 03 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 13,84 | 4,84 | 61,75 | 49,38 | -2,91 | -0,24 | -57,15 | -44,78 | 7,51 | -0,02 | -4,13 | -3,24 |
| | 04 - 06 | 0,00 | 0,00 | 34,50 | 8,50 | 26,72 | -21,78 | -18,05 | 35,99 | 7,78 | 56,28 | 52,55 | -1,49 | 0,91 | 6,62 | 6,18 |
| | 07 - 10 | 7,00 | 4,90 | 23,00 | 10,40 | 25,98 | 51,42 | 34,54 | 31,21 | 1,92 | -23,52 | -6,64 | -3,31 | 0,18 | -2,26 | -0,64 |
| | 11 - 17 | 29,18 | 20,43 | 0,00 | 21,75 | 2,06 | 24,11 | 0,55 | -25,82 | 18,36 | -3,69 | 19,88 | 46,24 | 0,84 | -0,17 | 0,91 |
| | 18 - 20 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 10,26 | -13,50 | -51,04 | -11,32 | -35,09 | 22,70 | 60,24 | 20,52 | 44,29 | 2,21 | 5,87 | 2,00 |
| | 21 - 24 | 0,00 | 0,00 | 11,50 | 12,61 | -0,85 | 5,47 | 6,37 | -10,68 | 12,35 | 6,03 | 5,13 | 22,18 | 0,98 | 0,48 | 0,41 |
| | 25 - 27 | 0,00 | 0,00 | 9,10 | 13,80 | 5,03 | 15,21 | 40,92 | 34,49 | 4,07 | -6,11 | -31,82 | -25,39 | 0,30 | -0,44 | -2,31 |
| | 28 - 01 | 25,14 | 17,60 | 4,60 | 8,38 | 17,00 | 47,44 | -2,80 | 28,16 | 5,20 | -25,24 | 25,00 | -5,96 | 0,62 | -3,01 | 2,98 |
| DEZ | 02 - 04 | 0,00 | 0,00 | 11,50 | 7,54 | -26,01 | -58,14 | -42,34 | -40,65 | 37,51 | 69,64 | 53,84 | 52,15 | 4,97 | 9,24 | 7,14 |
| | 05 - 08 | 9,86 | 6,90 | 0,00 | 11,81 | 42,35 | 12,05 | 21,67 | 56,17 | -35,45 | -5,15 | -14,77 | -49,26 | -3,00 | -0,44 | -1,25 |
| | 09 - 15 | 87,26 | 61,08 | 0,00 | 13,26 | -27,52 | 28,83 | -11,09 | -16,98 | 88,60 | 32,25 | 72,17 | 78,06 | 6,68 | 2,43 | 5,44 |
| | 16 - 01 | 85,77 | 60,04 | 6,90 | 45,35 | -2,43 | -19,63 | 2,13 | 4,31 | 69,36 | 86,57 | 64,80 | 62,63 | 1,53 | 1,91 | 1,43 |
| JAN | 02 - 05 | 9,95 | 6,96 | 0,00 | 9,23 | 10,87 | 13,46 | 54,74 | 23,06 | -3,90 | -6,49 | -47,77 | -16,09 | -0,42 | -0,70 | -5,18 |
| | 06 - 08 | 6,11 | 4,28 | 9,20 | 11,76 | -2,80 | -24,80 | -12,68 | 6,73 | 16,28 | 38,28 | 26,16 | 6,75 | 1,38 | 3,26 | 2,22 |
| | 09 - 12 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 12,42 | 10,50 | 34,05 | 15,65 | 9,30 | -1,30 | -24,85 | -6,45 | -0,10 | -0,10 | -2,00 | -0,52 |
| | 13 - 15 | 75,35 | 52,74 | 0,00 | 8,35 | -10,11 | -34,36 | -42,77 | -24,66 | 62,85 | 87,11 | 95,51 | 77,41 | 7,53 | 10,43 | 11,44 |
| | 16 - 19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,39 | 3,52 | 27,54 | 9,29 | 10,58 | -3,52 | -27,54 | -9,29 | -10,58 | -0,26 | -2,06 | -0,69 |
| | 20 - 26 | 36,48 | 25,54 | 6,90 | 18,96 | -2,58 | -0,61 | 13,37 | -9,51 | 35,01 | 33,04 | 19,06 | 41,94 | 1,85 | 1,74 | 1,01 |
| 27 - 29 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 7,71 | -10,51 | -5,77 | -37,19 | -32,11 | 19,71 | 14,91 | 46,39 | 41,31 | 2,56 | 1,94 | 6,02 | |
| FEV | 30 - 02 | 14,66 | 10,26 | 0,00 | 8,97 | 3,92 | -1,65 | 14,32 | 12,74 | 6,35 | 11,92 | -4,06 | -2,47 | 0,71 | 1,33 | -0,45 |
| | 03 - 05 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 5,25 | -1,88 | 1,33 | -6,00 | 14,85 | 11,08 | 7,87 | 15,20 | -5,65 | 2,11 | 1,50 | 2,89 |
| | 06 - 09 | 63,60 | 44,52 | 0,00 | 5,87 | 5,29 | -12,13 | 4,16 | 7,51 | 39,23 | 56,65 | 40,36 | 37,01 | 6,68 | 9,65 | 6,88 |
| | 10 - 12 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 7,84 | -9,82 | 55,35 | 17,37 | -4,31 | 19,02 | -46,15 | -8,17 | 13,51 | 2,43 | -5,89 | -1,04 |
| | 13 - 16 | 0,00 | 0,00 | 11,50 | 15,80 | 9,53 | -50,26 | 22,16 | 0,19 | 1,97 | 61,76 | -10,66 | 11,31 | 0,12 | 3,91 | -0,67 |
| 17 - 19 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 10,04 | 3,18 | 22,15 | -19,99 | -24,84 | 6,02 | -12,95 | 29,19 | 34,04 | 0,60 | -1,29 | 2,91 | |

TABELA 28 - Balanço hídrico feito através do método gravimétrico

| MÊS | PERÍODO | P | Pe (0.7*P) | I | ETo | ARMAZENAM (MM) | | | | ETR (MM) | | | | Kc OPERAÇÃO | | |
|-----|---------|-------|------------|-------|-------|----------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|-------------|-------|-------|
| | | (MM) | (MM) | (MM) | (MM) | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 2 | PONTO 3 | PONTO 4 | K1 | K2 | K3 |
| | 20 - 23 | 5,90 | 4,13 | 13,80 | 13,13 | -27,88 | 19,10 | -0,29 | 2,07 | 45,81 | -1,17 | 18,22 | 15,86 | 3,49 | -0,09 | 1,39 |
| | 24 - 26 | 26,08 | 18,26 | 0,00 | 7,80 | 24,83 | -18,60 | -15,21 | 28,37 | -6,57 | 36,86 | 33,46 | -10,12 | -0,84 | 4,73 | 4,29 |
| MAR | 27 - 04 | 37,47 | 26,23 | 0,00 | 12,30 | 7,49 | 12,84 | 14,45 | -13,69 | 18,74 | 13,39 | 11,78 | 39,92 | 1,52 | 1,09 | 0,96 |
| | 05 - 08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,18 | 5,89 | -13,69 | 39,05 | 55,68 | -5,89 | 13,69 | -39,05 | -55,68 | -0,95 | 2,21 | -6,32 |
| | 09 - 11 | 32,44 | 22,71 | 0,00 | 4,81 | 16,68 | 9,33 | -47,10 | -21,48 | 6,03 | 13,38 | 69,81 | 44,18 | 1,25 | 2,78 | 14,51 |
| | 12 - 15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,22 | -37,53 | -2,13 | 26,83 | -27,41 | 37,53 | 2,13 | -26,83 | 27,41 | 5,20 | 0,30 | -3,72 |
| | 16 - 18 | 18,44 | 12,91 | 0,00 | 5,58 | 8,05 | 5,33 | -25,24 | -10,03 | 4,86 | 7,58 | 38,15 | 22,94 | 0,87 | 1,36 | 6,84 |
| | 19 - 22 | 15,28 | 10,70 | 0,00 | 9,25 | -46,25 | -46,38 | -11,28 | -23,96 | 56,95 | 57,08 | 21,98 | 34,65 | 6,16 | 6,17 | 2,38 |
| | 23 - 29 | 11,83 | 8,28 | 0,00 | 20,45 | -130,39 | -181,57 | -201,58 | -127,40 | 138,68 | 189,85 | 209,86 | 135,68 | 6,78 | 9,28 | 10,26 |

OBS: PRECIPITACAO (P), PRECIPITACAO EFETIVA (Pe), IRRIGACAO (I), EVAPOTRANSPIRACAO REFERENCIA (ETo)

EVAPOTRANSPIRACAO REAL (ETR), ARMAZEMAMENTO (ARM) E COEFICIENTE OPERACIONAL DA CULTURA (Kc)

TABELA 29- Balanço hídrico feito através do método tensiométrico

| MÊS | PERÍODO | P | Pe (0.7*P) | I | ETo | ARMAZENAMENTO (MM) | | | ETR (MM) | | | Kc OPERAÇÃO | | |
|---------|---------|-------|------------|-------|-------|--------------------|---------|---------|----------|---------|---------|-------------|--------|-------|
| | | (MM) | (MM) | (MM) | (MM) | PONTO 1 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 3 | PONTO 4 | K1 | K3 | K4 |
| ABR | 08 - 10 | 12,32 | 8,62 | 0,00 | 9,25 | -6,37 | -3,35 | -17,43 | 14,99 | 11,98 | 26,05 | 1,62 | 1,29 | 2,82 |
| | 11 - 14 | 25,08 | 17,56 | 0,00 | 6,38 | -12,40 | -8,71 | -11,40 | 29,96 | 26,27 | 28,95 | 4,70 | 4,12 | 4,54 |
| | 15 - 17 | 52,45 | 36,72 | 0,00 | 3,09 | -15,66 | -24,36 | -23,67 | 52,38 | 61,08 | 60,39 | 16,95 | 19,77 | 19,54 |
| | 18 - 21 | 6,83 | 4,78 | 0,00 | 8,58 | 20,64 | 36,43 | 5,54 | -15,86 | -31,65 | -0,76 | -1,85 | -3,69 | -0,09 |
| | 22 - 28 | 77,64 | 54,35 | 0,00 | 12,02 | 13,79 | 0,00 | 46,96 | 40,55 | 54,35 | 7,39 | 3,37 | 4,52 | 0,61 |
| MAI | 29 - 01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,48 | -5,36 | 0,00 | -6,03 | 5,36 | 0,00 | 6,03 | 0,83 | 0,00 | 0,93 |
| | 02 - 05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,98 | -41,56 | -38,86 | -48,95 | 41,56 | 38,86 | 48,95 | 5,21 | 4,87 | 6,13 |
| | 06 - 08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,01 | -17,75 | -16,12 | -15,51 | 17,75 | 16,12 | 15,51 | 4,43 | 4,02 | 3,87 |
| | 09 - 12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,35 | -17,27 | -22,67 | -25,86 | 17,27 | 22,67 | 25,86 | 2,35 | 3,08 | 3,52 |
| | 13 - 18 | 36,90 | 25,83 | 0,00 | 8,13 | 30,15 | 49,04 | 39,74 | -4,32 | -23,21 | -13,91 | -0,53 | -2,85 | -1,71 |
| JUN | 19 - 22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,38 | -50,80 | -59,62 | -59,46 | 50,80 | 59,62 | 59,46 | 6,06 | 7,11 | 7,10 |
| | 23 - 26 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 7,77 | 10,07 | 76,03 | 11,17 | -5,47 | -71,43 | -6,57 | -0,70 | -9,19 | -0,85 |
| | 27 - 29 | 0,00 | 0,00 | 13,80 | 4,98 | 20,92 | -41,33 | 11,80 | -7,12 | 55,13 | 2,00 | -1,43 | 11,07 | 0,40 |
| | 30 - 02 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 7,38 | 23,30 | 15,40 | -7,92 | -16,40 | -8,50 | 14,82 | -2,22 | -1,15 | 2,01 |
| | 03 - 05 | 0,00 | 0,00 | 13,80 | 6,60 | -19,32 | -0,49 | 13,83 | 33,12 | 14,29 | -0,03 | 5,02 | 2,17 | -0,00 |
| JUL | 06 - 09 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 5,06 | -40,53 | -27,59 | -26,51 | 47,43 | 34,49 | 33,41 | 9,37 | 6,82 | 6,60 |
| | 10 - 12 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 5,02 | 3,35 | -11,17 | 0,21 | 3,55 | 18,07 | 6,69 | 0,71 | 3,60 | 1,33 |
| | 13 - 16 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 4,96 | -13,94 | -3,40 | -14,66 | 20,84 | 10,30 | 21,56 | 4,20 | 2,08 | 4,35 |
| | 17 - 19 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 4,83 | -6,40 | -30,34 | -1,50 | 13,30 | 37,24 | 8,40 | 2,75 | 7,71 | 1,74 |
| | 20 - 26 | 27,56 | 19,29 | 0,00 | 6,50 | 62,13 | 93,77 | 30,03 | -42,84 | -74,48 | -10,74 | -6,59 | -11,46 | -1,65 |
| 27 - 30 | 11,83 | 8,28 | 0,00 | 6,35 | 39,97 | 5,96 | 69,48 | -31,69 | 2,32 | -61,19 | -4,99 | 0,37 | -9,64 | |
| JUL | 01 - 04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,11 | -34,56 | -31,82 | -42,04 | 34,56 | 31,82 | 42,04 | 5,66 | 5,21 | 6,88 |
| | 05 - 07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,94 | 6,42 | -6,10 | 7,44 | -6,42 | 6,10 | -7,44 | -1,08 | 1,03 | -1,25 |
| | 08 - 14 | 13,00 | 9,10 | 9,20 | 8,71 | -21,02 | -0,14 | -23,94 | 39,32 | 18,44 | 42,24 | 4,51 | 2,12 | 4,85 |
| | 15 - 17 | 0,00 | 0,00 | 2,30 | 2,82 | -21,94 | -19,10 | -25,10 | 24,24 | 21,40 | 27,40 | 8,59 | 7,59 | 9,72 |

TABELA 29- Balanço hídrico feito através do método tensiométrico

| MÊS | PERÍODO | P | Pe (0.7*P) | I | ET _o | ARMAZENAMENTO (MM) | | | ETR (MM) | | | Kc OPERAÇÃO | | |
|-----|---------|-------|------------|------|-----------------|--------------------|---------|---------|----------|---------|---------|-------------|--------|-------|
| | | (MM) | (MM) | (MM) | (MM) | PONTO 1 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 3 | PONTO 4 | K1 | K3 | K4 |
| | 18 - 21 | 0,00 | 0,00 | 2,30 | 8,62 | -9,63 | -1,76 | -6,60 | 11,93 | 4,06 | 8,90 | 1,38 | 0,47 | 1,03 |
| | 22 - 24 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 5,03 | 12,75 | 15,66 | 3,77 | -8,15 | -11,06 | 0,83 | -1,62 | -2,20 | 0,17 |
| | 25 - 28 | 0,00 | 0,00 | 2,30 | 8,04 | 1,57 | 6,28 | 30,30 | 0,73 | -3,98 | -28,00 | 0,09 | -0,50 | -3,48 |
| | 29 - 31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,40 | -38,07 | -73,63 | -55,39 | 38,07 | 73,63 | 55,39 | 5,95 | 11,50 | 8,65 |
| AGO | 01 - 04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,20 | -13,19 | -11,40 | -2,61 | 13,19 | 11,40 | 2,61 | 1,83 | 1,58 | 0,36 |
| | 05 - 07 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 5,79 | 5,55 | 1,57 | 5,48 | 3,65 | 7,63 | 3,72 | 0,63 | 1,32 | 0,64 |
| | 08 - 11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,91 | -7,26 | -7,71 | -2,53 | 7,26 | 7,71 | 2,53 | 1,05 | 1,12 | 0,37 |
| | 12 - 14 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 5,42 | 18,82 | 28,45 | 9,88 | -11,92 | -21,55 | -2,98 | -2,20 | -3,98 | -0,55 |
| | 15 - 18 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 7,50 | 18,54 | 23,81 | 2,01 | -9,34 | -14,61 | 7,19 | -1,25 | -1,95 | 0,96 |
| | 19 - 21 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 6,26 | -16,86 | -22,19 | -1,13 | 21,46 | 26,79 | 5,73 | 3,43 | 4,28 | 0,92 |
| | 22 - 25 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 8,82 | 75,73 | 107,46 | 33,06 | -71,13 | -102,86 | -28,46 | -8,06 | -11,66 | -3,23 |
| | 26 - 28 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 6,27 | -45,12 | -48,39 | -2,42 | 49,72 | 52,99 | 7,02 | 7,93 | 8,45 | 1,12 |
| SET | 29 - 01 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 8,38 | -28,45 | -41,84 | -31,06 | 35,35 | 48,74 | 37,96 | 4,22 | 5,82 | 4,53 |
| | 02 - 04 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 6,60 | -7,62 | -26,83 | -2,80 | 12,22 | 31,43 | 7,40 | 1,85 | 4,76 | 1,12 |
| | 05 - 08 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 10,01 | -8,63 | -11,92 | -5,02 | 15,53 | 18,82 | 11,92 | 1,55 | 1,88 | 1,19 |
| | 09 - 11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,09 | -4,60 | -8,26 | -1,92 | 4,60 | 8,26 | 1,92 | 0,57 | 1,02 | 0,24 |
| | 12 - 15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,46 | -1,12 | -2,24 | -1,43 | 1,12 | 2,24 | 1,43 | 0,13 | 0,26 | 0,17 |
| | 16 - 22 | 24,15 | 16,91 | 6,90 | 13,91 | 4,59 | 36,68 | 1,15 | 19,22 | -12,88 | 22,66 | 1,38 | -0,93 | 1,63 |
| | 23 - 25 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 5,61 | 15,55 | 38,37 | 4,22 | -10,95 | -33,77 | 0,38 | -1,95 | -6,02 | 0,07 |
| OUT | 26 - 13 | 88,02 | 61,61 | 0,00 | 31,56 | 45,91 | 18,23 | 53,66 | 15,71 | 43,38 | 7,95 | 0,50 | 1,37 | 0,25 |
| | 14 - 16 | 0,00 | 0,00 | 6,90 | 8,71 | 31,77 | 39,49 | 30,17 | -24,87 | -32,59 | -23,27 | -2,86 | -3,74 | -2,67 |
| | 17 - 20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,47 | -66,70 | -66,70 | -72,09 | 66,70 | 66,70 | 72,09 | 5,81 | 5,81 | 6,28 |
| | 21 - 23 | 0,00 | 0,00 | 4,60 | 9,30 | -13,95 | -31,17 | -15,64 | 18,55 | 35,77 | 20,24 | 1,99 | 3,85 | 2,18 |
| NOV | 11 - 17 | 29,18 | 20,43 | 0,00 | 21,75 | 124,56 | 106,58 | 131,14 | -104,13 | -86,15 | -110,72 | -4,79 | -3,96 | -5,09 |
| | 18 - 20 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 10,26 | -21,56 | 0,00 | -30,30 | 30,76 | 9,20 | 39,50 | 3,00 | 0,90 | 3,85 |

TABELA 29- Balanço hídrico feito através do método tensiométrico

| MÊS | PERÍODO | P | Pe (0.7*P) | I | ET _o | ARMAZENAMENTO (MM) | | | ETR (MM) | | | Kc OPERAÇÃO | | |
|-----|---------|-------|------------|-------|-----------------|--------------------|---------|---------|----------|---------|---------|-------------|--------|--------|
| | | (MM) | (MM) | (MM) | (MM) | PONTO 1 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 3 | PONTO 4 | K1 | K3 | K4 |
| | 21 - 24 | 0,00 | 0,00 | 11,50 | 12,61 | -112,08 | -110,67 | -98,59 | 123,58 | 122,17 | 110,09 | 9,80 | 9,69 | 8,73 |
| | 25 - 27 | 0,00 | 0,00 | 9,10 | 13,80 | 8,94 | -4,36 | 0,53 | 0,16 | 13,46 | 8,57 | 0,01 | 0,98 | 0,62 |
| | 28 - 01 | 25,14 | 17,60 | 4,60 | 8,38 | 1,55 | 33,29 | 3,72 | 20,65 | -11,09 | 18,48 | 2,46 | -1,32 | 2,20 |
| DEZ | 02 - 04 | 0,00 | 0,00 | 11,50 | 7,54 | 123,14 | 81,74 | 134,21 | -111,64 | -70,24 | -122,71 | -14,81 | -9,32 | -16,27 |
| | 05 - 08 | 9,86 | 6,90 | 0,00 | 11,81 | -138,36 | -106,96 | -133,05 | 145,26 | 113,86 | 139,95 | 12,30 | 9,64 | 11,85 |
| | 09 - 11 | 54,24 | 37,97 | 0,00 | 4,42 | 138,36 | 106,96 | 133,05 | -100,39 | -68,99 | -95,08 | -22,71 | -15,61 | -21,51 |
| | 12 - 15 | 33,02 | 23,11 | 0,00 | 8,84 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 23,11 | 23,11 | 22,95 | 2,61 | 2,61 | 2,60 |
| | 16 - 01 | 85,77 | 60,04 | 6,90 | 45,35 | -139,82 | -132,97 | -139,51 | 206,76 | 199,91 | 206,44 | 4,56 | 4,41 | 4,55 |
| JAN | 02 - 05 | 9,95 | 6,96 | 0,00 | 9,23 | -0,04 | -2,58 | -2,52 | 7,00 | 9,54 | 9,49 | 0,76 | 1,03 | 1,03 |
| | 06 - 08 | 6,11 | 4,28 | 9,20 | 11,76 | 11,90 | 20,03 | 7,62 | 1,58 | -6,55 | 5,86 | 0,13 | -0,56 | 0,50 |
| | 09 - 12 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 12,42 | -13,09 | -21,15 | -6,81 | 22,29 | 30,35 | 16,01 | 1,79 | 2,44 | 1,29 |
| | 13 - 15 | 75,35 | 52,74 | 0,00 | 8,35 | 34,01 | 54,89 | 36,39 | 18,74 | -2,14 | 16,35 | 2,24 | -0,26 | 1,96 |
| | 16 - 19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,39 | -27,27 | -45,86 | -30,83 | 27,27 | 45,86 | 30,83 | 2,04 | 3,43 | 2,30 |
| | 20 - 26 | 36,48 | 25,54 | 6,90 | 18,96 | -1,71 | 1,32 | 0,56 | 34,15 | 31,11 | 31,88 | 1,80 | 1,64 | 1,68 |
| | 27 - 29 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 7,71 | 3,63 | 9,79 | 3,19 | 5,57 | -0,59 | 6,01 | 0,72 | -0,08 | 0,78 |
| FEV | 30 - 02 | 14,66 | 10,26 | 0,00 | 8,97 | -5,72 | -3,01 | -9,72 | 15,99 | 13,27 | 19,98 | 1,78 | 1,48 | 2,23 |
| | 03 - 05 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 5,25 | 17,08 | 20,44 | 0,48 | -7,88 | -11,24 | 8,72 | -1,50 | -2,14 | 1,66 |
| | 06 - 09 | 63,60 | 44,52 | 0,00 | 5,87 | 28,91 | 53,51 | 4,15 | 15,61 | -8,99 | 40,37 | 2,66 | -1,53 | 6,88 |
| | 10 - 12 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 7,84 | 0,71 | -32,62 | 30,62 | 8,49 | 41,82 | -21,42 | 1,08 | 5,33 | -2,73 |
| | 13 - 16 | 0,00 | 0,00 | 11,50 | 15,80 | -30,35 | 23,00 | -33,19 | 41,85 | -11,50 | 44,69 | 2,65 | -0,73 | 2,83 |
| | 17 - 19 | 0,00 | 0,00 | 9,20 | 10,04 | -10,05 | -33,73 | -0,36 | 19,25 | 42,93 | 9,56 | 1,92 | 4,28 | 0,95 |
| | 20 - 23 | 5,90 | 4,13 | 13,80 | 13,13 | 41,48 | 61,44 | 18,63 | -23,55 | -43,51 | -0,70 | -1,79 | -3,31 | -0,05 |
| | 24 - 26 | 26,08 | 18,26 | 0,00 | 7,80 | -22,75 | -24,69 | -9,43 | 41,00 | 42,94 | 27,68 | 5,26 | 5,51 | 3,55 |
| MAR | 27 - 04 | 37,47 | 26,23 | 0,00 | 12,30 | 8,72 | -48,84 | 10,89 | 17,51 | 75,07 | 15,34 | 1,42 | 6,10 | 1,25 |
| | 05 - 08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,18 | -18,12 | 8,92 | -5,33 | 18,12 | -8,92 | 5,33 | 2,93 | -1,44 | 0,86 |

TABELA 29- Balanço hídrico feito através do método tensiométrico

| MÊS | PERÍODO | P | Pe (0.7*P) | I | ETo | ARMAZENAMENTO (MM) | | | ETR (MM) | | | Kc OPERAÇÃO | | |
|-----|---------|-------|------------|------|-------|--------------------|---------|---------|----------|---------|---------|-------------|-------|-------|
| | | (MM) | (MM) | (MM) | (MM) | PONTO 1 | PONTO 3 | PONTO 4 | PONTO 1 | PONTO 3 | PONTO 4 | K1 | K3 | K4 |
| | 09 - 11 | 32,44 | 22,71 | 0,00 | 4,81 | 30,47 | 50,90 | 1,42 | -7,77 | -28,19 | 21,29 | -1,61 | -5,86 | 4,43 |
| | 12 - 15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,22 | 3,57 | -6,40 | 12,07 | -3,57 | 6,40 | -12,07 | -0,49 | 0,89 | -1,67 |
| | 16 - 18 | 18,44 | 12,91 | 0,00 | 5,58 | 23,34 | 37,54 | 5,42 | -10,43 | -24,63 | 7,49 | -1,87 | -4,41 | 1,34 |
| | 19 - 22 | 15,28 | 10,70 | 0,00 | 9,25 | 11,77 | -39,95 | -3,39 | -1,07 | 50,65 | 14,08 | -0,12 | 5,48 | 1,52 |
| | 23 - 29 | 11,83 | 8,28 | 0,00 | 20,45 | -62,84 | 21,19 | -17,81 | 71,12 | -12,90 | 26,09 | 3,48 | -0,63 | 1,28 |

US: PRECIPITACAO (P), PRECIPITACAO EFETIVA (Pe), IRRIGACAO (I), EVAPOTRANSPIRACAO REFERENCIA (ETo)

EVAPOTRANSPIRACAO REAL (ETR), ARMAZENAMENTO (ARM) E COEFICIENTE OPERACIONAL DA CULTURA (Kc)

DADOS CLIMATOLÓGICOS