

25047  
MFN=9981

JOSÉ NESTOR DE SOUZA

**IRRIGAÇÃO POR SULCOS DA CULTURA DO TOMATE  
(*Lycopersicon esculentum*, Mill) CULTIVADO EM ENCOSTA  
COM ALTA DECLIVIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem para obtenção do título de “Mestre”.

**Orientador**

prof. Manoel Alves de Faria

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1996**

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da  
Biblioteca Central da UFLA

Souza, José Nestor de

Irrigação por sulcos da cultura do tomate (Lycopersicon esculentum, Mill) cultivado em encosta com alta declividade / José Nestor de Souza. -- Lavras : UFLA, 1996.

78 p. : il.

Orientador: Manoel Alves de Faria.

Dissertação (mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Tomate - Irrigação por sulco. 2. Água - Armazenamento - Solo. 3. Encosta. 4. Infiltração. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.64287

JOSÉ NESTOR DE SOUZA

**IRRIGAÇÃO POR SULCOS DA CULTURA DO TOMATE  
( *Lycopersicon esculentum*, Mill ) CULTIVADO EM ENCOSTA  
COM ALTA DECLIVIDADE.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem para obtenção do título de "Mestre".

**APROVADA em: 07 / 10 / 96**

*Elio Lemos da Silva*

Prof. Elio Lemos da Silva

*Fátima Conceição Rezende*

Eng.<sup>a</sup> Agric.<sup>a</sup> Fátima Conceição Rezende

*Manoel Alves de Faria*

Prof. Manoel Alves de Faria

( presidente/ orientador )

À minha esposa, Maria Augusta, minhas filhas,  
Shirley e Taisa, meus pais, J. Cândido e  
Terezinha e meus irmãos Felix e Adriano.

## AGRADECIMENTO

À Deus, pela inspiração de conduta e perseverança vivida a cada momento.

À Universidade Federal de Lavras, através do Departamento de Engenharia, pela estrutura oferecida, colaboração dos seus funcionários e orientação segura e fundamental de seus professores.

À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro, EMATER- Rio pela oportunidade e confiança a nós depositados para realização desta missão.

Ao professor, Dr. Manoel Alves de Faria, pelas orientações, sugestões, paciência e amizade conferidas durante todas as fases do projeto.

Aos professores, Drs. Antônio Marciano da Silva, Luiz Antônio Lima, Eli Ferreira, bem como a todos os demais que com dedicação e competência nos orientaram com inequívoco profissionalismo.

Ao CNPq pelo fomento indispensável à implementação desta pesquisa .

À minha esposa, Maria Augusta, pelo apoio e estímulo nos momentos mais difíceis.

Às minhas filhas Shirley e Taisa pelos irrecuperáveis momentos de atenção, furtados de uma convivência mais plena naquela fase de nossas vidas.

Enfim, a todas as pessoas que de alguma forma, por acreditar, colaboraram trabalhando, incentivando , sugerindo ou mesmo torcendo para que os resultados desse trabalho possam, de alguma forma, servir à coletividade.

## BIOGRAFIA

JOSÉ NESTOR DE SOUZA é filho de José Cândido de Souza e de Terezinha Serafim de Souza, nascido no município de Lavras- MG em 18 / 10 / 53.

Cursou o primário na Escola Francisco Sales e o segundo grau no Colégio Nossa Senhora Aparecida, tendo concluído o curso científico, em 1971 no Colégio Estadual Dr. João Batista Hermeto, todos em Lavras Minas Gerais.

Em 1973, após a aprovação em primeiro lugar do concurso vestibular , ingressou para o curso de Engenharia Agrônômica na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, concluindo-o em 1976 .

Através de concurso público, Ingressou para o serviço de extensão rural, na EMATER-RIO em 01/07/1977, após um período de 2 meses de pré-serviço na própria instituição. Suas principais atividades desenvolvidas foram: Assistência técnica a uma grande comunidade produtora de hortaliças ( aprox. 1000 produtores) nas encostas da região serrana sul fluminense. Exerceu os cargos de supervisor local da EMATER de Vassouras -RJ durante 9 anos. Atualmente é gerente de irrigação e drenagem no escritório regional de Barra do Pirai. Concluiu o curso de especialização em irrigação e drenagem, oferecido pela então EMBRATER em 1986, com duração de 9 meses.

Em fevereiro de 1994, iniciou o curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola, a nível de mestrado na área de concentração em irrigação e drenagem na UFPA, reunindo assim os elementos indispensáveis à realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	página
LISTA DE QUADROS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
RESUMO .....	x
SUMMARY .....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	4
2.1 A irrigação como fator de produtividade do tomateiro .....	4
2.2 A irrigação por superfície .....	8
2.3 Armazenamento da água no solo .....	13
2.4 Fluxo contínuo e intermitente com e sem redução de vazão.....	15
3. MATERIAL E MÉTODO .....	18
3.1 Localização da área experimental .....	18
3.2 Caracterização do solo e condução do experimento .....	18
3.3 Dispositivo de distribuição e manejo da água .....	23
3.4 Características avaliadas .....	25
3.5 Avaliação dos frutos produzidos. ....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
4.1 Caracterização do perfil de umedecimento .....	33
4.2 Distribuição da lâmina aplicada. ....	40
4.3 Avaliação da eficiência de distribuição da água. ....	55

4.4 Avaliação dos frutos produzidos .....	61
5. CONCLUSÕES .....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	69
ANEXOS .....	74



## LISTA DE QUADROS

QUADROS	PÁGINA
1 Resultados das análises Físico-químicas do solo feita no laboratório do Departamento de Ciência do solo da UFLA. ....	19
2 Dados de densidade global, umidade e lâmina de água armazenada no solo da área experimental em função da camada de solo considerada .....	27
3 Freqüência de distribuição dos modelos representativos das formas de redistribuição da água no perfil do solo .....	35
4 Índices de disponibilidade de água obtidos por camada de solo .....	41
5 Alterações de parâmetros hidráulicos verificadas a cada pulso .....	47
6 Largura das faixas molhadas nas três posições dos sulcos . ....	48
7 Porcentagem da lâmina aplicada que atingiu a camada de 40 - 50 cm. ....	56
8 Eficiência de aplicação e armazenamento nas três posições dos sulcos. ....	59

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1 Croquis representativo da área experimental mostrando as posições dos sulcos .....	21
2 Dispositivo de distribuição da água e esquema de montagem no campo. ....	24
3 Frente de umedecimento - Modelo " A " . .....	34
4 Frente de umedecimento - Modelo " B " . .....	34
5 Frente de umedecimento - Modelo " C " . .....	36
6 Frente de umedecimento - Modelo " D " . .....	36
7 Frente de umedecimento - Modelo " E " . .....	37
8 Frente de umedecimento - Modelo " F " . .....	37
9 Frente de umedecimento - Modelo " G " . .....	38
10 Curvas de avanço obtidas no sulco 4, na 8ª irrigação, em três pulsos consecutivos. ....	46
11 L.m.a. em relação a L.r. , obtida no sulco 4 em três épocas diferentes . .....	50
12 L.m.a em relação a L.r. , - ( 3ª avaliação - 10ª irrigação, sulco 5 ). .....	51
13 L.m.a em relação a L.r. , - ( 4ª avaliação - 16ª irrigação, sulco 3 ).. .....	51
14. L.m.a em relação a L.r. , - ( 5ª avaliação - 19ª irrigação, sulco 6 ) .....	51

15	L.m.a em relação a L.r. , - ( 6ª avaliação - 23ª irrigação, sulco 11 ) .....	52
16	L.m.a em relação a L.r. , - ( 7ª avaliação - 33ª irrigação, sulco 12 ) . .....	52
17	L.m.a em relação a L.r. , - ( 8ª avaliação - 41ª irrigação, sulco 8 ) .....	53
18	L.m.a em relação a L.r. , - ( 8ª avaliação - 41ª irrigação, sulco 10 ) .....	53
19	Diâmetro médio dos frutos obtidos dentro de cada segmento de 8 metros de sulco. ....	64
20	Altura média dos frutos obtidos dentro de cada segmento de 8 metros de sulco. ....	65
21	Número médio de frutos por pé obtidos em cada segmento de 8 metros de sulco. ....	66
22	Peso médio dos frutos obtidos dentro de cada segmento de 8 metros. ....	67

## RESUMO

SOUZA, José Nestor, **Irrigação por sulcos da cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) cultivado em encosta com alta declividade**. Lavras, UFLA, 1996. 79p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Agrícola) \*

Um experimento de irrigação com a cultura do tomate foi executado no município de Ribeirão Vermelho - MG, no período de 05/01 a 05/09 de 1996, em solo podizol-vermelho-amarelo de textura franco-argilo-arenosa. A pesquisa teve como objetivo encontrar um modelo de irrigação para as condições de cultivo em encosta, alternativo ao tradicional método de aplicação por mangueira de pé em pé. Foi adaptado um dispositivo de distribuição da água em sulcos curtos e fechados (40m), instalados em uma encosta com 24,5% de declividade. As vazões aplicadas em regime de intermitência foram: 0,35, 0,48 e 0,52 l.s<sup>-1</sup>. Foi avaliado o desempenho do sistema em relação a distribuição da água, e o comportamento da irrigação por sulcos, construídos nas seguintes declividades:

1,05; 1,25; 1,27; 1,34; 2,10 e 3,15%. A infiltração e redistribuição da água no solo foram analisadas nas camadas de 0 - 20, 20 - 40 e 40 -50 cm de solo através do processo de gravimetria. Como resultado obteve-se vantagens no plano

---

\* Orientador: Manoel Alves de Faria. Membros da Banca: Elio Lemos da Silva e Fátima Conceição Rezende.

econômico, principalmente pela redução do consumo de mão-de-obra. O sistema demonstrou ainda eminente potencialidade para a distribuição adequada da água no solo com simplicidade de manejo. Para elevar a uniformidade de distribuição da água, os resultados obtidos sugerem estudar os efeitos de sua aplicação em sulcos de maior comprimento. Finalmente concluiu-se que a cultura respondeu de forma bastante satisfatória, conferindo alta produtividade ( 106,7 ton/ha ) e frutos de excelente padrão de qualidade.

## ABSTRACT

**Irrigation furrow of the tomato crop ( *Lycopersicon esculentum*, Mill) on Slope Cultivations with high degree.**

An irrigation experiment with the tomato crop was carried out in Ribeirão Vermelho city, at state of Minas Gerais, over the period from January 5<sup>th</sup> to September 5<sup>th</sup> of 1996, on yellow-red-podzolic soil of sandy-clay-loam texture. The objective of this research was to encounter a model of irrigation for cultivation in banks, alternatively for the irrigation traditional method by hose wetting . A water distributing mechanism in short and closed furrows ( 40m ) , installed on slope ( 24,5% ) by reducing the run-off , applied water at flow rates of 0,35, 0,48 and 0,52 l. s<sup>-1</sup> , beneath intermittent regime. The performance of the system in water distribution by furrow irrigation, built with the following slopes: 1,05; 1,25; 1,27; 1,34; 2,10 and 3,15% was evaluated. The infiltration and water distribution in the soil were analysed in the layers of 0 - 20, 20 - 40 and 40 - 50 cm through the gravimetric process. As results obtained demonstrate advantage economy, especially by decrease use of labor . The system showed eminent ability for water distribution in soil and management ease. To

increase water to distribution uniformity, studies on longer furrows must be conducted in conclusion, the crop responded with high yield (106,7 ton/ha ) and fruits of excellent standard quality.

## 1 INTRODUÇÃO

O mundo hoje convive com uma população estimada em 5,3 bilhões de habitantes, com a expectativa de passar a 9 bilhões nos próximos 40 anos. Evidentemente isto levaria a necessidade de duplicar a atual oferta de alimentos nas próximas quatro décadas. Do total das terras cultivadas hoje no mundo, 18% são irrigadas, responsabilizando-se por 33% da oferta global de alimentos. Esse crescente requerimento contrasta com a disponibilidade de água e reservas de terras cultiváveis, constituindo-se num tremendo desafio às gerações futuras que necessitarão até 2025, produzir através da agricultura irrigada, 50 % do total de alimentos a ser consumido. Por outro lado, mais da metade do incremento no abastecimento mundial dos últimos 25 anos, foram produzidos nas terras irrigadas (Pereira, Gilley e Jensen, 1996).

Segundo Lopes ( 1994 ) o tomateiro é cultivado em todas as regiões brasileiras, produzindo quase 2 milhões de toneladas por ano, numa área de 41 mil hectares. O estado do Rio de Janeiro é uma das principais zonas produtoras de hortaliças do sudeste brasileiro, destacando-se o sul do estado com aproximadamente mil hectares de tomate cultivado por safra. Essa atividade nos municípios de Vassouras, Pati do Alferes e Miguel Pereira, constitui sua principal atividade agrícola. A prática que melhor caracteriza o sistema de exploração adotado por eles, é o plantio sobre encostas, irrigado exclusivamente pelo método de mangueira de pé em pé.



A princípio, o desenvolvimento de qualquer sistema de irrigação, pressupõe a aplicação de uma lâmina máxima de água, limitada pela capacidade de retenção do solo e pela zona de exploração do sistema radicular, tendo em mente ainda a racionalização de gastos com equipamento e mão-de-obra. Apesar do atual aproveitamento dos recursos hídricos estarem limitados a 10% do total que poderia ser mobilizado, irrigar reduzindo perdas durante o manuseio da água torna-se essencial, visto que, seu transporte e adequado condicionamento, na maioria das vezes, costuma ser muito caro, especialmente em áreas montanhosas. Além do mais, sua utilização deveria prever sempre a sustentabilidade ambiental, evitando carreamento de solo, nutrientes e agroquímicos através de escoamento superficial ou percolação profunda. É óbvio, que inúmeros fatores tendem a tornar-se intervenientes nesse processo, entre os quais a degradação do solo; os custos fixos e variáveis do sistema; a facilidade de manejo e a adequação do método, às condições de exploração para cada espécie cultivada. Não obstante, esse sistema, há décadas praticado pela grande maioria dos horticultores do estado do Rio e de tantas outras regiões produtoras, tem constantemente levado preocupações aos meios técnicos, despertando neles o interesse pelo desenvolvimento de ações em busca de modelos mais eficazes e adequados a essa realidade. Apesar das limitações impostas pelos atuais sistemas de classificação de terras para irrigação no Brasil, não há mais porque desconsiderar essa situação. No Anexo "A", encontra-se descrito o sistema de irrigação por mangueira de pé em pé, adotado praticamente para todas as culturas, preferencialmente implantadas nas vertentes de encostas com alta declividade. Em decorrência da natural aptidão do estado, pode-se prever que dificilmente a exploração de espécies hortícolas nessa região, venham a ser significativamente

alteradas ou mesmo substituídas por outras a médio ou curto prazo.

A longa convivência com esta realidade, exerceu ação decisiva na definição dos objetivos desse trabalho, induzindo a procura por caminhos, que pudessem levar a experimentar novas alternativas de aplicação da água de irrigação, em condições de exploração como esta, com perspectivas de proporcionar mais segurança, economia e simplicidade de manejo. A idéia central partiu da introdução de adaptações técnicas ao método de irrigação por sulcos em contorno, estudando a concepção de um dispositivo que pudesse promover adequadamente a distribuição da água de irrigação em toda a área cultivada, acompanhando ainda os efeitos desse método sobre os plantios realizados na borda inferior dos sulcos, posicionados em terrenos inclinados, sem trazer prejuízos ao meio ambiente.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A irrigação como fator de produtividade do tomateiro

A obtenção de fruto de tomate, com qualidade e alto rendimento depende muito do manejo e de um adequado suprimento de água no solo. Encontrar formas economicamente viáveis e eficientes de aplicação dessa água, constitui preocupação permanente de técnicos e agricultores em todo o mundo.

A nível mundial, é estimado em 41 milhões de toneladas a produção atual de tomate procedente do cultivo de 2 milhões de ha. A nível de Brasil, considera-se sob o ponto de vista econômico, que é ele a segunda hortaliça cultivada, atrás apenas da batata. Esta informação prestada por Doorenbos e Kassan ( 1994 ), concorda com Filgueiras ( 1982 ), quando apontava ainda os seguintes aspectos relacionados a essa cultura extremamente dependente do manejo da irrigação:

- A redução no teor de água no solo pode elevar a concentração de sais mais solúveis que o cálcio, tais como o Mg, NH<sub>4</sub>, Na e K, cuja dificuldade impostas às suas absorções, podem trazer conseqüências desastrosas, como podridão apical e redução da percentagem de pegamento de frutinhas;

- o plantio por meio de covas não traz nenhuma vantagem em relação ao plantio em sulcos, pelo contrário, apenas eleva os gastos com mão de obra;

- o método de irrigação por infiltração deve ser o preferido, pois em geral reduz a incidência de doenças na cultura.

Hall (1974 ), obteve em cultura de tomate estaqueado e irrigado por gotejamento, produção de 83 ton / ha de fruto comercial, com apenas 792 mm de água, contra 1189 mm no regime de sulcos. Outras solanáceas também são cultivadas nas mesmas condições do tomateiro. Caixeta ( 1978 ), trabalhando com a cultura do pimentão, em um solo podizolico-vermelho-amarelo câmbico, procurou comparar os efeitos dos dois sistemas de irrigação, gotejamento e sulco, aplicando idêntica quantidade de água e turno de rega. Os resultados analisados não mostraram diferenças significativas entre eles para os seguintes parâmetros: produção de frutos; percentagem de matéria seca na polpa; incidência de frutos com lesão; produção de sementes e sua energia germinativa, obtido pela percentagem média de germinação até os 14 dias. O tamanho dos frutos foi significativamente influenciado pelos sistemas, sendo que a irrigação por sulco, produziu frutos maiores principalmente nas primeiras colheitas.

Em função das limitações técnicas inerentes ao método de irrigação por sulcos, em áreas de topografia desfavorável, assim como pela exigência dessas espécies, pela não aplicação de água nas partes aéreas, criou-se a necessidade do desenvolvimento de métodos alternativos de irrigação, destinados a terrenos inclinados. Um dos mais utilizados no Brasil, citado por Soares (1987), constitui-se na aplicação da água por meio de mangueiras flexíveis. O sistema caracteriza-se pelo baixo nível de investimento inicial, simples instalação e preferencialmente indicados para solos com limitações de textura, topografia e profundidade. Por ele é possível conseguir bons níveis de eficiência, desde que seja feito um adequado dimensionamento a partir do

levantamento detalhado de todos os parâmetros envolvidos. Normalmente é adotado o sistema de manejo com turno de rega de dois dias. Este método apresenta a possibilidade de aplicação sob diversas alternativas, como por exemplo: utilização de microbacias, em caso de culturas perenes; distribuição em sulcos curtos, fechados e nivelados; aplicação individual de pé em pé e aplicação por meio de aspersores nas extremidade das mangueiras que se deslocam pela área cultivada, em meio a culturas temporárias. A EMBRAPA ( 1978 ) publicou o boletim 143, preconizando para essa cultura o sistema de irrigação por mangueira, pelo qual é estimado uma produtividade média de 3060 cx ou 65,7 ton /ha. Esse tornou-se o método e a produtividade média alcançada entre os agricultores da região Sul Fluminense. Nele consta ainda uma classificação dos frutos do tomate tipo Santa Cruz, pela qual é considerado como de tamanho grande aquele que apresentar diâmetro mínimo de 52 mm . Entretanto Lopes e Jorge ( 1994 ), consideram que a produtividade média de tomate no Brasil é de 50 ton/ha, enquanto Filgueiras ( 1982 ) estimava em 80 ton/ha a produtividade para as melhores lavouras produzidas a nível de campo no estado de São Paulo.

Já em relação ao manejo da água, Santos ( 1986 ), estudou em um solo Série Luiz de Queiróz, pelo método de gotejamento, os efeitos da aplicação de quatro níveis de água ( 10, 30, 50 e 70% da água disponível ) no crescimento e produção do tomateiro ( *Lycopersicon esculentum*, Mill ) cultivar Santa Cruz Kada, para as condições de campo e casa de vegetação. Concluiu que a disponibilidade de 50 %, foi superior aos demais níveis em ambas as condições de cultivo, tanto para aumento de produção, quanto para qualidade de frutos e desenvolvimento vegetativo do tomateiro.

Soares e Farias (1983 ), conduziram experimento nas condições de trópico

semi árido de Petrolina - PE , buscando comparações entre os métodos de irrigação por sulcos e aspersão na cultura do tomateiro. Verificaram que a produção de frutos comerciais, foram praticamente iguais para ambos os métodos. A frequência de irrigação estava condicionada ao nível de água disponível no solo, que oscilou entre 40 e 50 % na camada de 0 - 30 cm. O volume total de água aplicada pelo método de aspersão foi de 4 675 m<sup>3</sup> / ha contra 7980 m<sup>3</sup> / ha pelo método de sulcos.

Já Manzan ( 1980 ) em Belo Horizonte-MG, constatou em trabalho com a cultura do tomateiro, que durante a fase de frutificação, o solo deve ser mantido com alta quantidade de água disponível ( 80 % ) não devendo ocorrer grandes oscilações desta, que certamente causaria rachadura de frutos, queda de flores e podridão apical. Segundo o autor, as irrigações com excesso de água, diminuem a produção e atrasam a maturação, além de reduzir os sólidos solúveis e aumentar o crescimento vegetativo. Ainda dentro desta linha de estudos Cordner (1942 ), Já constatava em Oklahoma - Inglaterra, não haver efeitos significativos sobre a produção do tomateiro, quando a umidade do solo era mantida entre 65 e 80 %, da água disponível.

Quanto a profundidade do sistema radicular da cultura de tomate, Doorenbos e Kassan ( 1994 ) consideram que mais de 80% da absorção de água pela planta, ocorre até 50 a 70 cm de profundidade. Entretanto Silva *et al* ( 1994 ), consideram que a maior parte do seu sistema radicular, encontra-se na camada de 0 - 40 cm de profundidade. Recomendam ainda que as irrigações nessa cultura devem ser paralisadas 20 a 30 dias antes da colheita , quando as plantas apresentarem 20 % dos frutos maduros. Esta medida é justificada quando deseja-se concentrar a maturação e aumentar o teor de sólidos solúveis, entretanto a manutenção das irrigações durante a colheita conduzem a maiores níveis de produtividade.

## 2.2 A irrigação por superfície

É notório a predominância do sistema de irrigação por superfície ou gravidade em todo o mundo, certamente por influência de sua capacidade de adaptação a uma grande variabilidade de solos e culturas, conferindo ainda custos fixos e variáveis bem mais baixos, quando comparados a outros sistemas. Nos Estados Unidos por exemplo, dos 25 milhões de hectares irrigados, dois terços o são por este sistema, enquanto no Brasil, apesar da inexistência de estatísticas precisas, constatou-se em 1988 que 47 % das áreas irrigadas na região Sudeste e 95 % da região Sul eram feitos pelo sistema de superfície, ( EMBRAPA 1988 ).

Bernardo ( 1986 ), considera que a irrigação por superfície exige áreas uniformes, sem elevações, depressões e com declividade pouco acentuada, em geral condicionando a irrigação por sulcos à sistematização do terreno, ou no caso de não ser possível, o uso de sulcos em contorno. Na maioria das vezes o melhor seria mudar o planejamento utilizando aspersão ou gotejamento, evidentemente que isso dependeria de análises mais profundas para chegar ao menor custo. É considerado como fator limitante ao método de irrigação por superfície, a própria condição superficial do solo. Um dos sistemas de classificação de terras para irrigação mais difundidos no mundo, citado por Ubert ( 1990 ) é o do "U.S. Bureau of Reclamation " que baseia-se na correlação de fatores físicos como solo, topografia e drenagem com os fatores econômicos, como capacidade produtiva, custo de produção e custo de desenvolvimento da terra para um dado tipo de solo. Sob o aspecto topográfico, esse sistema classifica como de moderada limitação à irrigação, os de declividade

ondulada ( até 5 a 10% ). Entretanto Curi ( 1988 ), visando disciplinar e difundir um sistema mais flexível para o Brasil e utilizando critérios avaliadores adotados pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos, aponta como sem restrição, a classe ondulado cuja declividade esteja entre 8 e 20% e com restrições regulares até a classe denominada como forte ondulado, com declividade entre 20 e 45%. Já pelas colocações de Silva, Azevedo e Resende ( 1990 ), a irrigação por meio de sulcos em terrenos inclinados, requer que eles sejam construídos em contorno, seguindo uma certa declividade tecnicamente preestabelecida. Via de regra, os canais de distribuição são construídos no sentido da maior declividade, exigindo estruturas especiais para a dissipação da energia da água. Neste caso o tubo janelado pode substituir tais canais, contornando esses inconvenientes e permitindo ainda a regulação de vazão na entrada dos sulcos. No entanto, segundo afirmavam, a disponibilidade desse material no Brasil seria ainda escassa e os poucos modelos existentes, a nível de agricultores são dotados de complicados mecanismos reguladores de vazão.

Segundo Walker e Skogerboe ( 1987 ) a irrigação por superfície é a mais comum e mais antiga no mundo, já praticada desde a Mesopotâmia a 6000 anos atrás. Tradicionalmente é o método mais utilizado nas áreas planas, neste sentido, ao escolher o tipo de irrigação, baseado no gradiente de declividade do solo, os referidos autores recomendam que esse sistema deva limitar-se às declividade entre 2 e 6%. Consideram também em suas colocações, que a água introduzida nos sulcos infiltra-se lateralmente e verticalmente através do perímetro molhado para repor a umidade do solo, podendo trazer alguns inconvenientes, a serem considerados:

- potencial perigo de salinização dos solos entre sulcos;



- probabilidade de perda de água por escoamento superficial no final dos sulcos;
- limitação ao movimento de máquina no campo no sentido transversal de plantio;
- Gasto extra de mão de obra com a construção dos sulcos;
- potencial eminente de ocorrência de erosão no solo.

Scaloppi (1986 ) por sua vez, compara o sistema de irrigação por sulcos, relacionando-o com as seguintes vantagens em relação aos demais processos de irrigação:

- não é influenciado pelos ventos;
- apresenta pouca interferência para com os tratamentos fitossanitários;
- facilidade operacional elevada;
- grande potencial para o aumento de eficiência de irrigação;
- baixo consumo de energia;
- maior flexibilidade para superar eventuais interrupções operacionais;
- possibilidade de automação operacional.

Por outro lado, o sistema está sujeito a uma série de limitações, por ele apontadas:

- inadequação para solos excessivamente permeáveis, pouco profundo e desprovido de estrutura no horizonte superficial;
- dependência de ensaios de campo para seu dimensionamento;
- variabilidade de importantes parâmetros de dimensionamento, dentre os quais a característica de infiltração da água no solo;
- reavaliações freqüentes com finalidade de introduzir medidas operacionais e

dimensionais corretivas, para assegurar um desempenho satisfatório do sistema;

- o sistema integra áreas para o qual foi projetado, não podendo ser deslocado para outras;

- a cultura deve adaptar-se ao sistema sendo impossível de ser desenvolvido em culturas já instaladas;

- limitada divulgação entre indústrias e técnicos - não há interesse comercial envolvido.

- elevada dependência às condições topográficas;.

Segundo Booher ( 1974 ) no sistema de irrigação por sulcos a vazão aplicada entre as fileiras, próximo às linhas de plantio, deve exceder a capacidade de infiltração do solo a ser irrigado, permitindo que esse excedente superficial resultante possa avançar até atingir o final dos sulcos. Neste caso, a estrutura da camada superficial atua como importante fator determinante da capacidade de infiltração, que por sua vez, irá influenciar a fixação do comprimento dos sulcos e do tempo de irrigação.

Hillel ( 1970 ); Fernandez , Luque e Paolone ( 1971 ); Parr e Bernard (1960 ) concordam que a redução da capacidade de infiltração no tempo é função da redução do gradiente de potencial matricial e da deterioração gradual da estrutura dos solos, especialmente quando estas forem instáveis, conseqüentemente promovendo redução da condutividade hidráulica do perfil, pelo intumescimento e compressão de ar remanescente, que permanece aprisionado no solo. O teor inicial de água e sua distribuição no perfil do solo, bem como, a textura e cobertura superficial, também poderão interferir no processo de infiltração. Normalmente o que se observa é uma infiltração alta no início, seguida

por um processo gradual decrescente no transcorrer do tempo, tendendo eventualmente a um regime assintótico estável, conhecido como infiltração básica.

O termo infiltração é aplicado ao processo de passagem da água pela superfície do solo, de cima para baixo, enquanto que capacidade de infiltração, é o fluxo máximo que o solo pode absorver, quando a água é aplicada em abundância sob a pressão atmosférica. No caso de irrigação por sulcos, o solo absorverá água segundo a sua capacidade de infiltração.

Conforme Azevedo (1975); Leme (1977); Linderman e Stegman (1971), a velocidade de infiltração da água no solo varia muito da primeira para a segunda irrigação, tornando praticamente constante a partir da terceira. Essa variação pode ser atribuída ao índice de umidade no solo e modificações de suas características hidráulicas.

Toledo Garrido (1992), aplicando vazões de 0,6; 0,8 e 1,0 l.s<sup>-1</sup>, em três regimes de escoamento, os quais foram: contínuo, contínuo com redução de vazão e intermitente; caracterizando-se este, pela ocorrência de um determinado período de tempo aplicando água sobre a superfície do solo, seguido por outro com o fornecimento de água interrompido. Encontrou como resposta um melhor desempenho durante a primeira irrigação no regime contínuo, com vazão de 0,6 l.s<sup>-1</sup>.

Também foi observado que o aumento da vazão durante a realização das irrigações causava redução nos valores de eficiência de aplicação e aumento da uniformidade de distribuição da água no sulco. Em outro trabalho realizado por Azevedo (1989), quando aplicava vazões de 0,65; 1,30 e 1,95 l.s<sup>-1</sup>, utilizando regime de escoamento contínuo e intermitente, adotou os tempos cíclicos de 30

e 60 minutos, ou seja, a soma dos tempo ligado e desligado, conhecido também como períodos de intermitência e taxa cíclica de 0,5 que consiste na razão entre tempo ligado e período de intermitência, encontrou que a vazão de  $1,95 \text{ l.s}^{-1}$ , apresentou melhor perfil de infiltração na primeira irrigação, no entanto, esse efeito benéfico foi diminuído a partir da segunda irrigação. Também ficou caracterizado que o aumento de vazão durante as irrigações causava redução de eficiência e aumento de uniformidade de distribuição. O trabalho desenvolvido por Pereira ( 1991 ) confirma esses resultados.

Não foi encontrado na literatura brasileira citações com irrigação por sulcos, em áreas de elevada declividade especificamente para a cultura do tomate, pois é normal considerar que a variabilidade das características de infiltração, a inadequação dos sistemas operacionais e principalmente as complicações inerentes às condições topográficas têm contribuído para reduzir os níveis de eficiência. Entretanto, quando adequadamente dimensionados e operados, podem apresentar um desempenho comparável a qualquer outro sistema de irrigação.

### **2.3 Armazenamento da água no solo**

Reichardt ( 1985 ), define bem o quanto é fundamental, sob o ponto de vista agrônômico, conhecer a quantidade de água armazenada no perfil do solo. Para isso, o que normalmente é feito, é procurar conhecer a umidade (  $u$  ), a base de peso (  $\text{g.g}^{-1}$  ) e a densidade global, para se obter a umidade à base de volume (  $\theta$  ).

Para se determinar o armazenamento (  $A_L$  ) de uma camada unitária de profundidade com umidade  $\theta_i$  na profundidade  $L$  será:

$$A_L = \sum_{i=1}^n \theta_i \quad (1)$$

Chamando de  $Z$  a profundidade do solo variando de 0 até a profundidade desejada e  $d_z$  o incremento infinitesimal de  $z$ , tem-se então, por meio de cálculo superior que:

$$A_L = \int_0^L \theta dz \quad (2)$$

Esta é a definição correta de armazenamento  $A_L$ . Comparando as equações ( 1 ) e ( 2 ), é oportuno notar que na equação ( 1 ) não aparece  $d_z$  porque este incremento de profundidade foi tomado como unitário, possibilitando portanto obter até uma profundidade  $L$ , a água armazenada como sendo a soma do armazenamento das camadas.

De grande importância para análises do comportamento de uma cultura são as variações de umidade do solo, que ocorrem durante as varias fases do seu ciclo, modificando conseqüentemente as condições do armazenamento de água. Estas variações, são reflexos das taxas de evaporação, precipitação pluvial, irrigações e movimento de água no perfil do solo.

## 2.4 Fluxo contínuo e intermitente com e sem redução de vazão

Testeslaf (1986), cita que a irrigação intermitente foi introduzida na "Utah State University" em 1979, pelos professores Gren Stringham e Jack Keller, visando viabilizar um sistema automático de irrigação por sulcos, com possibilidade de operar vazões reduzidas, pois verificaram que tais vazões poderiam ser obtidas pela redução volumétrica da vazão inicial, ou pela redução do tempo de aplicação da mesma.

Stringham (1988), considera que a aplicação intermitente, permite a criação de uma série de períodos de intermitência, de duração constante ou variável.

Muitas das considerações feitas em relação à irrigação por sulcos, são válidas em relação a fluxos contínuos durante o avanço da água no sulco. Os estudos inicialmente conduzidos na "Utah State University" em Logan-EUA, mostram que há um comportamento diferente da curva de avanço, quando o regime de fluxo é descontínuo. Com o mesmo volume de água e iguais tempos de aplicação, pode-se obter maiores distâncias de avanço e melhor uniformidade na distribuição da lâmina infiltrada ao longo do sulco, quando o regime de aplicação for intermitente.

Segundo Samani (1985), no sistema de intermitência, dois fenômenos básicos afetam a infiltração durante o período de não aplicação da água, quais sejam: a redistribuição da água infiltrada no perfil resulta no desenvolvimento de pressões negativas próximo à superfície do solo aumentando a infiltração da água e o selamento parcial de sua superfície molhada. Devido ao seu umedecimento e subsequente secamento, maiores velocidades de avanço são conseguidas pelo regime de intermitência, graças a este selamento parcial que ocorre durante o período de não aplicação da água.

Comparando o desempenho do fluxo intermitente em duas áreas de solo argiloso, Walker e Schlegel ( 1984 ), verificaram que na primeira área, o fluxo intermitente apresentou uma eficiência de 82% contra 71% no regime de fluxo contínuo, enquanto que na segunda as eficiências foram de 83% contra 34%, respectivamente. Os resultados até então apresentados por essas pesquisas mostram que as aplicações intermitentes, além de minimizar as perdas por percolação profunda, também reduzem as perdas por escoamento superficial no final dos sulcos através do controle do período de intermitência e da vazão. Conseqüentemente, o fluxo intermitente pode resultar em aplicação mais uniforme de pequenas lâminas de água.

A despeito desses resultados, alguns trabalhos realizados no Brasil, apresentaram comportamento contraditórios em função de determinadas combinações de variáveis, conforme conclusões apresentadas por Toledo Garrido ( 1992 ), quando utilizando comprimento de sulcos de 90 m em três regimes de fluxos, tempo cíclico de 60 min e taxa cíclica de 0,5 encontrou que, o regime intermitente de aplicação não apresentou redução no tempo de avanço, mas sim um maior consumo de água para conclusão desta fase. Observou ainda um melhor desempenho na primeira irrigação no regime contínuo, quando utilizou vazão de 0,6 l/s. No entanto, houve redução desse volume à medida que o tempo de avanço diminuía nas duas irrigações subsequentes. Por outro lado notou-se também redução nos valores de lâmina infiltrada, tanto entre pulsos, quanto entre irrigações subsequentes, sendo que as maiores perdas, foram atribuídas ao processo de escoamento superficial. Pereira ( 1991), aplicou vazões de 0,40; 0,80; e 1,2 l. s<sup>-1</sup>, em um Latossolo- Vermelho-Escuro - Álico durante três irrigações consecutivas, usando taxas cíclicas de 0,50 e tempos cíclicos de 20, 40 e 60 minutos. A vazão de 0,4 l.s<sup>-1</sup> aumentou a velocidade de avanço

no regime intermitente para os três tempos cíclicos aplicados, assim como para a vazão de  $0,8 \text{ l.s}^{-1}$ , nos tempos cíclicos de 40 e 60 minutos. Para a vazão de  $1,20 \text{ l.s}^{-1}$ , praticamente não houve diferenças nos tempos de avanço entre os dois regimes de aplicação. De certa forma esses resultados concordam com as conclusões apresentadas pelos primeiros autores, já que os efeitos da intermitência em solo brasileiro foram mais acentuados durante a primeira irrigação e os volumes de água para conclusão da fase de avanço, foram menores no escoamento intermitente, pelo menos quando foi usada a vazão de  $0,80 \text{ l.s}^{-1}$  nos tempos cíclicos de 40 e 60 minutos. Para o tempo cíclico de 20 minutos, não houve vantagens. Resultado oposto foi encontrado por Azevedo ( 1989 ), em solo Aluvial Eutrófico (  $A_2$  ), de textura mediana, quando encontrou um menor volume de água para concluir a fase de avanço no regime contínuo, nos dois tempos cíclicos e três vazões utilizadas. Esses resultados, porém, aproximam-se bem mais das respostas encontrados por Toledo Garrido ( 1992 ), quando trabalhou com solo Podizol-Vermelho-Escuro de textura média-argilosa.



### **3 MATERIAL E MÉTODO**

#### **3.1 Localização da área experimental**

O experimento foi conduzido em solo podizol-vermelho-amarelo, localizado no sítio Estiva, município de Ribeirão Vermelho, cujas coordenadas são: 21° 10' de latitude Sul, 45° 03' de longitude W Gr e altitude de 865m. A escolha desse tipo de solo, condições topográficas e sistema de exploração, deveu-se à semelhança de alguns parâmetros de produção envolvidos, identificados com as grandes regiões produtoras de tomate do Sudeste brasileiro. A temperatura média anual é de 19,4° C, a precipitação anual de 1530 mm e o índice normal de umidade relativa do ar variando de 74,1% em outubro; 80,1% em abril e 81,5 % em dezembro, ( Normais Climatológicas 1992 ).

#### **3.2 Caracterização do solo e condução do experimento**

Os resultados de análise do solo, feito no Instituto de Química John H. Wheelock, do Departamento de Ciências do Solo da UFLA, são apresentados no Quadro 1:

QUADRO 1 - Resultados das análises Físico-químicas do solo feita no Laboratório do Departamento de Ciências do Solo da UFLA.

ANÁLISE QUÍMICA									
pH	DADOS EM ppm		DADOS EM MILIGRAMAS POR 100 GRAMAS DE SOLO						
EM ÁGUA	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	s	t	T
4,8 AcE	4 B	100 A	3,1 M	0,6 M	0,2 B	4,0 M	4 M	4,2 M	8m
DADOS EM %									
m	V	C	M.O.	AREIA	LIMO	ARGILA			
5 B	50 B	1,2 M	2,1 M	53	19	28			
ANÁLISE FÍSICA									
Classe textural: ..... Franco- Argilo-Arenoso									
Densidade global nas profundidades de: 0 - 20 cm ..... 1,38 g / cm <sup>3</sup>									
20 - 40 cm ..... 1,26g / cm <sup>3</sup>									
DADOS DE RETENÇÃO DA ÁGUA NO SOLO (%)									
TENSÕES ( atm. )									
CAMADA ( cm )	15	5	1	0,33	0,10	0,06	0,04	0,02	
0 - 20	18,14	18,78	21,19	27,62	28,22	36,45	44,05	46,86	
20 - 40	17,18	18,14	19,33	21,35	26,68	34,30	42,09	45,66	

S - soma de bases trocáveis, m - saturação de AL da CTC efetiva, AcE - acidez elevada, V - saturação de base da CTC a pH 7, t - CTC efetiva, T - CTC a pH 7, B - baixo, M - médio, A-alto, M.O. - matéria orgânica, C - carbono

Na Figura 1, encontra-se o croquis representativo do experimento mostrando os respectivos gradientes e sentidos de declividades dos sulcos, detalhando também

as suas posições em relação ao dispositivo de distribuição da água, suas dimensões e as subdivisões em segmentos de 8 em 8 metros para efeito de análises.

Apesar de não fazer parte dos objetivos específicos desse trabalho, a escolha da época de plantio ( início de janeiro ) foi proposital, tendo em vista a oportunidade de acompanhar até que ponto o sistema proposto, poderia influenciar o solo quanto a qualquer risco de erosão, principalmente devido as condições topográficas a que foi submetido, ou seja, solo de textura mediana posicionado na encosta de uma colina, de forma semelhante ao tradicional sistema com que é cultivado o tomate nas principais regiões produtoras. As mudas de tomate ( *Lycopersicon esculentum, mill* ) da cultivar Santa Clara, foram formadas em ambiente de estufa utilizando bandejas de isopor contendo substrato apropriado. Após a aração do solo aplicou-se o corretivo, seguido pela gradagem com grade de disco. Utilizou-se de enxadas para a construção dos sulcos, que tinham 40 metros de comprimento, em cada um dos lados da estrutura de distribuição da água. No dia 05 de fevereiro de 1996, logo após a construção dos sulcos, iniciou-se o transplante das mudas 30 dias após a semeadura. Estas foram plantadas em covas construídas na borda inferior dos sulcos, que foram elevadas em função da forte inclinação do terreno visando aumentar a leira formada do seu lado de baixo, aproveitando assim o próprio solo retirado de seu interior. O objetivo dessa medida seria o de contribuir com a proteção do solo contra maiores riscos de erosão. Em seguida, de acordo com as recomendações da análise do solo, incorporou-se os fertilizantes P, K + 6 micronutrientes de origem química, ( Bó, Zn, Fe, Co, Mn e Mo ) acrescidos de 3 litros de esterco de curral por cova. O plantio foi realizado com duas mudas por cova, para condução por guia única através de poda.

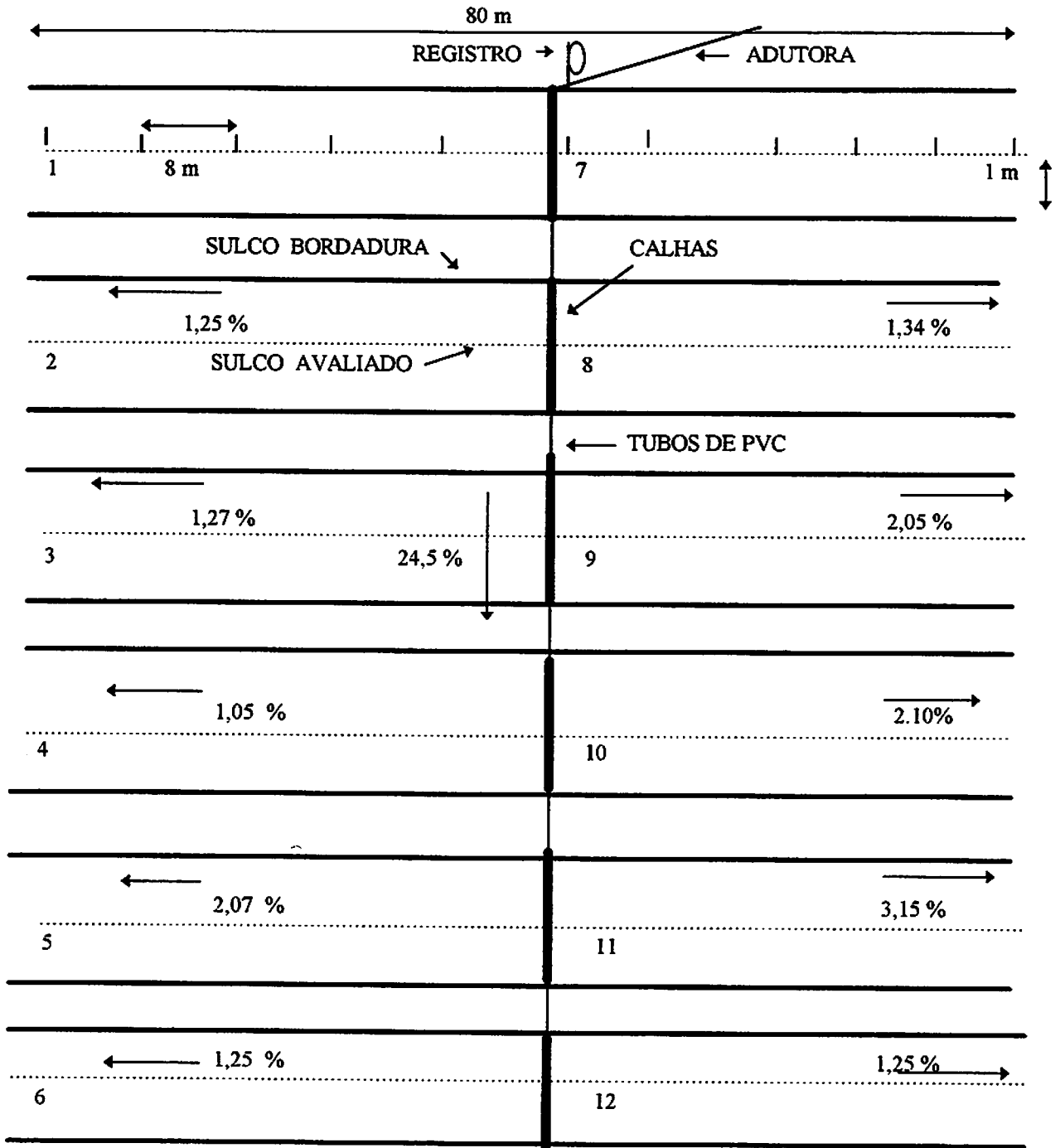


FIGURA 1 - Croquis representativo da área experimental mostrando as posições dos sulcos.

O espaçamento padrão foi de 0,60 m entre covas por 1,0 m entre sulcos (as vezes variando um pouco em função da declividade do terreno). As plantas foram tutoradas com arame e bambu e os tratos fitossanitários conduzidos, utilizando-se de pulverizador costal (mediante permanente monitoramento).

Para o fornecimento da água de irrigação, foi feito o represamento de um córrego empilhando-se sacos com terra, até elevar o seu nível o suficiente para acumular energia e acionar uma bomba volumétrica do tipo aspirante-premente, com capacidade para recalcar  $20 \text{ m}^3$  de água por dia a uma cota situada 70 metros acima e 200 m distante do manancial, onde foi construído um reservatório de ferrocimento com capacidade para armazenar um volume de  $50 \text{ m}^3$ . Deste reservatório, situado 12 metros acima do nível da área experimental, a água foi conduzida em tubulação até a entrada da primeira calha situada no ponto mais alto do experimento.

No caso da bomba funcionar todos os dias durante 24 hs, em dois dias seriam então acumulados no reservatório  $40 \text{ m}^3$  de água. Isso permitiria aplicar uma lâmina diária máxima de 14,29 mm em toda área experimental que possuía  $1400 \text{ m}^2$ . Considerando que o turno de rega foi fixado em dois dias, teria-se então uma lâmina a disposição para uso, bem superior a evapotranspiração máxima prevista para a região. Mesmo porque, é normal neste tipo de irrigação considerar que nem sempre a largura da faixa de umedecimento é igual ao espaçamento entre sulcos. Com isto, o volume estocado em dois dias seria sempre superior a dotação de rega do período, permitindo assim, reservar uma boa margem de tempo para paralisação e manutenção periódica da bomba, sem prejuízo para irrigação.

### 3.3 Dispositivo de distribuição e manejo da água.

Para a distribuição da água de irrigação nos sulcos, montou-se um dispositivo próprio constituído de calhas feitas em chapas de aço-zincado, com saídas em tubos de PVC de 1" de diâmetro, eqüidistantes de metro em metro e alinhadas nas duas laterais das calhas a 10 cm do fundo, onde foi feito um orifício com 4" de diâmetro interligando cada calha à seguinte, através de tubo de PVC também nesse diâmetro, acoplado-se diretamente nele com anel de borracha para evitar vazamentos. Pelo lado de dentro desse orifício foi colocado um tampão, feito com sacos de plástico contendo um pouco de terra. A saída da água para os sulcos de irrigação foi feita através de tubulações de PVC com diâmetro de 3", conectada, pelo extremo superior com as saídas das calhas e pelo inferior, diretamente com o sulco através de uma curva de 90° que direcionava o fluxo nesse sentido.

Seu funcionamento baseia-se no seguinte princípio: aberto o registro para abastecer a primeira calha e estando esta com a saída de fundo fechado, o nível da água eleva-se formando carga para aplicação da vazão programada nos 6 primeiros sulcos. Quando a frente de avanço atinge a distância preestabelecida no sulco, retira-se o tampão do fundo, transformando esta calha num simples canal de abastecimento da calha seguinte. O mesmo processo se repete até que todos os sulcos recebessem o primeiro pulso, após o que, a primeira calha volta a ser novamente fechada para aplicação do segundo pulso e assim sucessivamente, até completar a lâmina requerida em toda a área plantada. Tudo isso pode ser visto através da Figura 2 que

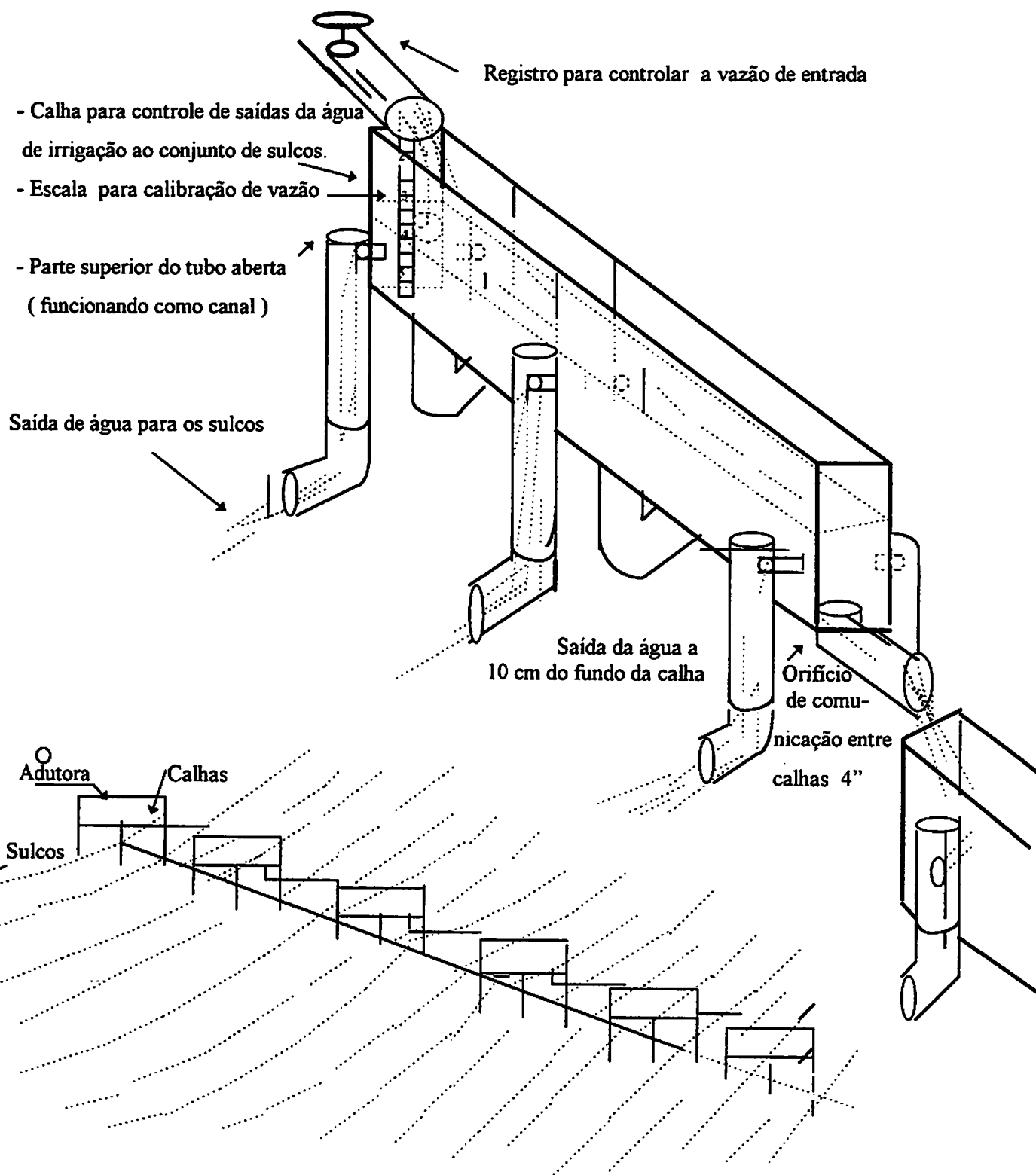


FIGURA 2 - Dispositivo de distribuição da água e esquema de montagem no campo.

mostra detalhes desse dispositivo. O orçamento com a relação de materiais para a construção desse dispositivo, bem como, do necessário para a aplicação pelo sistema de mangueira de pé em pé, encontram-se discriminados no anexo "B".

Com o objetivo de permitir uma calibração das calhas, foi fixada uma régua graduada em uma de suas paredes laterais, pela qual utilizando-se de uma proveta com divisão mínima da escala em 10 ml, construiu-se uma relação de vazão em função da altura da água na calha. Contudo durante cada teste, a vazão de saída no sulco era novamente conferida. Para evitar que as oscilações de vazão, causadas nos momentos iniciais de abertura dos registros, devido a presença de ar na tubulação adutora, interferisse nos resultados, a realização dos testes foi sempre precedida por uma fase de estabilização e ajustes, realizada em outros sulcos que não estavam sendo avaliados no dia, iniciando-se sempre por aqueles abastecidos pela primeira calha ( sulcos 1 e 7 exclusivamente programados para essa finalidade ).

### **3. 4 Características avaliadas**

Conforme ficou definido nos objetivos deste trabalho, os tratamentos não foram diferenciados, mas definidos em função do propósito de se testar e avaliar o desempenho de um sistema de distribuição da água de irrigação em sulcos, bem como, de acompanhar o comportamento da distribuição da lâmina aplicada no perfil do solo ( ao longo do comprimento do sulco ), de acordo com esta forma de irrigação praticada nas condições de forte declividade. O manejo adotado utilizou o regime de intermitência, com turno de rega de dois dias,



utilizando-se de um determinado número de pulsos suficientes para aplicar toda a lâmina desejada. Dos três sulcos abastecidos de cada lado da calha ( canal de alimentação ), os dois externos tiveram apenas efeito de bordadura. No sulco central foram definidas as estações de medição desde o ponto de derivação da água, a cada 8 metros até o final dos sulcos, afim de determinar os tempos de avanço da frente de molhamento e de recessão, para em seguida, proceder as avaliações quanto aos índices de eficiência de aplicação, de armazenamento e de alguns caracteres agronômicos dos frutos produzidos. A lâmina infiltrada foi determinada por método gravimétrico retirando-se 30 amostras de solo antes e 30 depois de cada irrigação, avaliadas no início, no meio e no final dos sulcos centrais. Procedia-se retirando 5 amostras de solo nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm de profundidade, a partir da superfície inclinada e deformada do solo decorrentes da construção dos sulcos. Para facilitar a identificação do ponto amostrado durante as análises, deu-se o nome de setores a essa sequência de amostras que formavam uma faixa vertical no solo de 50 cm de altura por 12 cm de largura. Em cada posição dos sulcos ( início, meio e fim ) eram coletados amostras de 6 setores antes ( I,II,III,IV,V,VI ) e 6 depois de cada irrigação. A posição desses setores, dispostos em diferentes alturas em relação a linha do fundo dos sulcos, distribuíam-se com três a direita da linha de plantio e três a esquerda. Portanto durante cada teste, retirava-se um total de 180 amostras, que em seguida eram lacradas e levadas à estufa, para determinação da umidade com base em peso, para posteriormente serem convertidas em umidade volumétrica (  $\theta$  ).

De posse dos parâmetro do solo contidos no Quadro 1, determinou-se os limites de retenção de umidade e a capacidade de armazenamento de água

disponível, em função das camadas consideradas. Esses dados são apresentados no Quadro 2:

QUADRO 2 - Dados de densidade global, umidade e lâmina de água armazenada no solo da área experimental, em função da camada de solo considerada.

CAMADA ( cm )	DENSIDADE GLOBAL ( g . cm <sup>-3</sup> )	UMIDADE ( g . g <sup>-1</sup> )		LÂMINA ARMAZENADA ( mm )
		TENSÃO ( 0,1 atm. )	TENSÃO ( 15 atm. )	
0 - 20	1,38	0,2822	0,1814	27,82
20 - 40	1,26	0,2401	0,1718	17,21
0 - 40	1,32	0,2611	0,1766	45,03
40 - 50	1,26	0,2401	0,1718	8,60

A lâmina de água disponível foi determinada a partir dos valores de lâmina armazenada, obtidos com base nos valores médios de umidade volumétrica (  $\theta$  ), subtraídos dos valores médios de lâmina armazenada na camada considerada, a uma tensão de 15 atm. Esse valor dividido pelo valor de lâmina máxima disponível forneceu a % relativa de disponibilidade de água no solo. Após cada avaliação a lâmina infiltrada foi determinada, subtraindo-se por camada, os valores atuais de lâmina disponível dos valores de lâmina disponível presentes antes de cada irrigação. A lâmina infiltrada foi usada também, para compor a relação entre lâmina aplicada e lâmina requerida mostrada através de representação gráfica.

A nível de campo não foram observadas diferenças entre os materiais constituintes das camadas de 20 - 40 e 40 - 50cm de solo, assim o armazenamento da última foi estimado com base nos parâmetros determinados para a camada de 20 - 40. Com isto, utilizando-se do mesmo critério para determinação da lâmina disponível, obteve-se a quantidade de água que atingiu esta profundidade. O valor da lâmina requerida por irrigação foi calculado, subtraíndo-se dos valores da lâmina máxima disponível nas duas primeiras camadas, o valor da lâmina disponível obtidos antes da irrigação. Para se estimar a lâmina a ser aplicada, obteve-se por gravimetria a lâmina armazenada 24 hs antes da irrigação e através da eq. 3, adicionava-se o valor da evapotranspiração e subtraía-se os valores das precipitações ocorridas neste período de 24 horas.

A dotação de rega adotada, baseou-se nos dados de balanço hídrico determinado da seguinte forma:

$$L.I. = ( U_{cc} - U_a ) \cdot D_a \cdot P_e - ppt + ( E_{ca} \cdot K_p \cdot K_c ) \quad ( 3 )$$

em que:

L.I. = estimativa da lâmina de irrigação a ser aplicada ( mm );

$U_{cc}$  = Umidade retida no solo à tensão média de 0,1 atm. (  $g \cdot g^{-1}$  )

$U_a$  = umidade atual determinada pelo método de gravimetria (  $g \cdot g^{-1}$  );

$D_a$  = densidade global do solo (  $g \cdot cm^{-3}$  );

$P_e$  = profundidade efetiva do sistema radicular ( mm );

ppt = precipitação ocorrida entre a retirada das amostras e a irrigação (mm)

$E_{ca}$  = evaporação do tanque classe "A", ocorrida nas 24hs ( mm );

$K_p$  = coeficiente do tanque classe " A ", tomados em função da velocidade do vento, umidade relativa e condição de contorno do tanque ( solo nu com 1 m de raio );

$K_c$  = coeficiente de cultivo da cultura do tomate : no estágio inicial 0,4 - 0,5 ( fevereiro ), estágio de crescimento 0,7 - 0,8 ( março ), fase de floração 1,05 - 1,25 ( março - abril ), frutificação 0,80 - 0,90 ( a partir da terceira semana de março ) e colheita 0,60 - 0,65 ( a partir do final da segunda semana de abril ), ( Doorenbos e Kassan 1994 ).

Para calcular o volume de água a ser aplicado (  $V_o$  ) e conseqüentemente o número de pulsos e tempo de aplicação , foi usado a seguinte expressão:

$$V_o = L.I. \times L.f. \times C \quad ( 4 )$$

em que:

L.f. = largura média da faixa de influência da irrigação, ( 0,40 m );

C = comprimento do sulco, ( 40 m ).

De posse do volume requerido procedia-se a irrigação multiplicando-se o tempo de fornecimento da água em cada pulso, pela respectiva vazão aplicada. Somando-se os resultados parciais, chegava-se à necessidade total. Durante a aplicação da água, cronometrava-se o tempo de avanço cortando a água quando esta atingisse 32 metros de sulco. O próximo pulso iniciava-se somente após a conclusão da fase de recessão do anterior. No último pulso o corte era feito assim que fosse completado o tempo programado, independente de ter ou não a água atingido os 32 metros de sulco.

Para que não houvesse perda por escoamento superficial, adotou-se o critério de trabalhar com sulcos fechados no final, durante as irrigações, sendo novamente reabertos logo após o período de recessão no final do sulco, com isto era permitido o escoamento das águas de chuva.

Durante os testes, foram introduzidas determinadas alterações nos parâmetros hidráulicos, visando conhecer seus efeitos sobre as condições de manejo que melhor se adaptasse ao sistema. Algumas deveram-se às próprias características do terreno, como a inconstância de espaçamento entre sulcos, outras desenvolvidas de acordo com as primeiras respostas encontradas, como as modificações na vazão. Destacam-se principalmente as seguintes:

- O gradiente de declividade não foi igual para todos os sulcos, como mostra a Figura 1
- Em função das condições heterogêneas do terreno, o espaçamento eram alterados ao contornar a superfície da encosta do morro;
- Não foi fixado uma mesma vazão para todos os sulcos. Elas foram distribuídas da seguinte forma: de  $0,35 \text{ l. s}^{-1}$  nos sulcos 3, 10 e 12;  $0,52 \text{ l/s}$  no sulco 5 e nos demais foi aplicado  $0,48 \text{ l.s}^{-1}$  ;
- Pouco antes da realização da 10<sup>a</sup> e 33<sup>a</sup> irrigações foi necessário a realização das práticas de limpeza e capina dos sulcos, respectivamente na 2<sup>a</sup> semana de abril e última de maio. Já a 1<sup>a</sup> capina realizada simultaneamente com a retificação dos sulcos, foi necessária devido as alterações normais provocadas pelo período de chuvas no principio de março, numa época em que as avaliações ainda não haviam sido iniciadas.

Os sulcos 3, 5 e 6 de um lado e 8, 10, 11 e 12 do outro, foram avaliados apenas uma vez, objetivando conhecer a praticidade operacional do sistema, quanto aos aspectos de consumo de mão-de-obra, facilidade operacional, capacidade de manter inalterada a vazão durante o remanejamento das calhas, e o comportamento do conjunto de sulcos de irrigação como auxiliar na conservação do solo.

A eficiência de aplicação foi definida por Bernardo ( 1986 ), como a percentagem de água aplicada que pode ser considerada útil para a planta e sua determinação basea-se na equação ( 5 ):

$$E.a. = ( L.i.f. / L.m.a. ) . 100 \quad ( 5 )$$

$$L.m.a. = ( q . T.i ) / C . L. \quad ( 6 )$$

Em que:

- E.a. = Eficiência de aplicação ( % );
- L.i.f. = lâmina média infiltrada disponível para a planta ( mm );
- L.m.a. = lâmina média aplicada por sulco ( mm );
- q = vazão aplicada por sulco ( l . s<sup>-1</sup> );
- T.i. = soma do tempo de aplicação da água ( s );
- C = comprimento do sulco ( m );
- L = Largura média da faixa de influência da irrigação ( m ).

O tempo total de aplicação da água foi obtido pela soma dos tempos em cada pulso e a largura da faixa de influência da irrigação foi tirada das dimensões dos perfis de umedecimento.

Para a determinação da eficiência de armazenamento foi usado a expressão seguinte:

$$E.s. = ( L.a. / L.r. ) . 100 \quad ( 7 )$$

em que:

E.s. = eficiência de armazenamento ( % );

L.a. = lâmina disponível, armazenada na zona radicular até a profundidade de 40 cm ( mm );

L.r. = lâmina requerida ( mm ).

### **3. 5 Avaliação dos frutos produzidos**

Um dia por semana, durante as primeiras 6 semanas de colheita, todos os frutos em fase de maturação eram coletados separadamente em cada um dos segmentos de 8 metros anteriormente demarcados por parcela útil. Logo após a pesagem, com auxílio de um paquímetro, eram determinados suas dimensões. também foi contado o número de pés por segmento de 8 metros que persistiu até a fase final do ciclo, visando determinar os seguintes parâmetros médios: altura dos frutos; largura dos frutos; número de frutos por pé e o peso médio de um fruto por segmento.

Para o cálculo da produtividade, obteve-se por amostragem, o peso médio de uma caixa de tomate colhida, descontando-se o peso médio do vasilhame e multiplicando-se o resultado pelo número de caixas com frutos, exclusivamente classificados dentro dos melhores padrões de qualidade para o mercado.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Caracterização do perfil de umedecimento**

Para as condições em que esse trabalho foi desenvolvido, registrou-se um comportamento diferenciado da lâmina infiltrada no decorrer do tempo. As Figuras de número 3 a 9, representam respectivamente os modelos " A,B,C,D,E,F e G " que mostram os limites da frente de umedecimento no perfil do solo, registrados em cada posição do sulco nas diversas épocas. A diferença básica entre eles refere-se ao deslocamento da frente de umedecimento em relação ao centro do sulco, posição da planta e também às dimensões da faixa umedecida.

O Quadro 3 mostra a freqüência com que estes modelos redistribuíram no tempo e nas três posições dos sulcos. Seus dados caracterizam uma maior tendência pelo movimento da água no sentido horizontal em relação ao vertical, conforme as faixas de umedecimento representadas por eles, especialmente no final dos sulcos. A Fig. 4 mostra o modelo "B " que praticamente possui as mesmas dimensões do modelo "A " ( figura 3 ) diferindo apenas por apresentar uma melhor colocação da frente de umedecimento em relação ao sistema radicular.



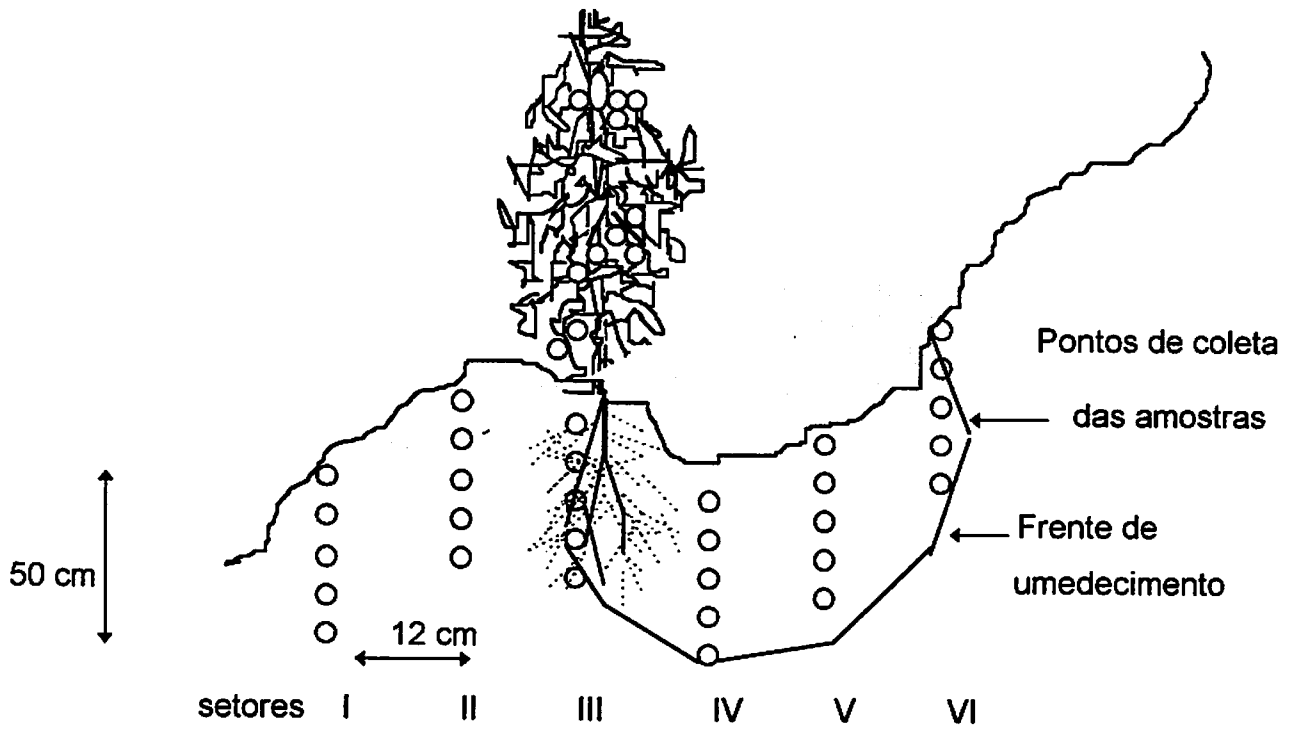


FIGURA 4 - Frente de umedecimento - Modelo "A"

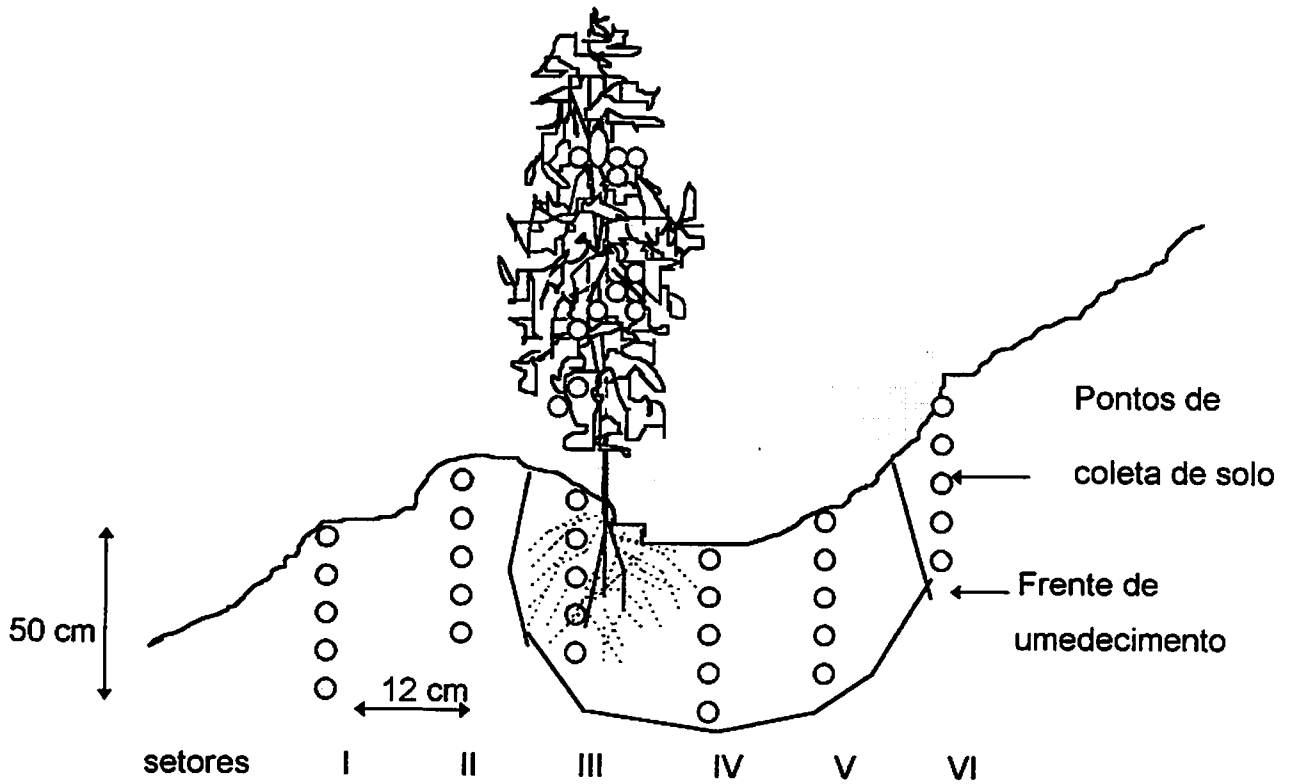


FIGURA 5 - Frente de umedecimento - modelo "B"

QUADRO 3 - Frequência de distribuição dos modelos representativos das formas de redistribuição da água no perfil do solo.

IRR	SULCO	DATA DO TESTE	DEC.(%)	INICIO	MEIO	FI M
1 <sup>a</sup>	4	25-03-96	1,05	D	D	C
8 <sup>a</sup>	4	08-04-96	1,05	D	D	D
10 <sup>a</sup>	5	12-04-96	2,07	B	E	E
16 <sup>a</sup>	3	22-04-96	1,27	E	F	D
19 <sup>a</sup>	6	29-04-96	1,25	F	G	G
23 <sup>a</sup>	11	08-05-96	3,15	E	G	G
33 <sup>a</sup>	12	29-05-96	1,25	A	A	G
41 <sup>a</sup>	8	15-06-96	1,34	E	B	G
60 <sup>a</sup>	10	09-07-96	2,10	B	B	G
65 <sup>a</sup>	4	03-08-96	1,05	F	F	G

Os modelos " C " e " D ", respectivamente representados pelas Figuras 5 e 6, demonstram que o avanço lateral da frente de molhamento continuam com a tendência crescente, melhorando um pouco mais a cobertura da área do sistema radicular da planta, diferindo-se também entre si, em função de seus respectivos posicionamentos relacionados com a linha de plantio. Com um melhor envolvimento do sistema radicular, as representações " E " e " F ", ( Fig. 7 e 8 ) formam um outro conjunto semelhante diferindo-se entre si, apenas pela disposição da faixa molhada, em relação à linha de plantio.

Finalmente encontra-se na Fig. 9 o modelo " G " de ocorrência generalizada no final dos sulcos. Nota-se por ele que o movimento lateral da frente de

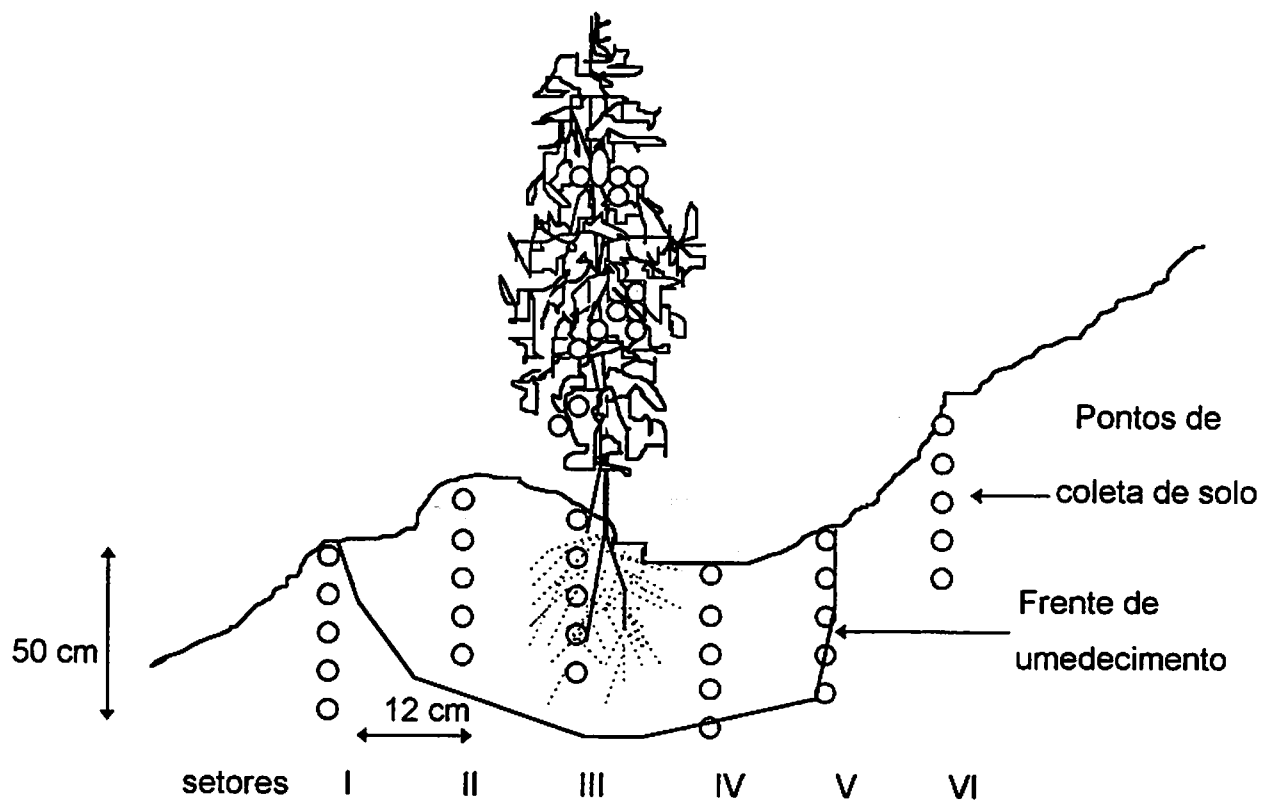


FIGURA 6 - Frente de umedecimento - Modelo "C"

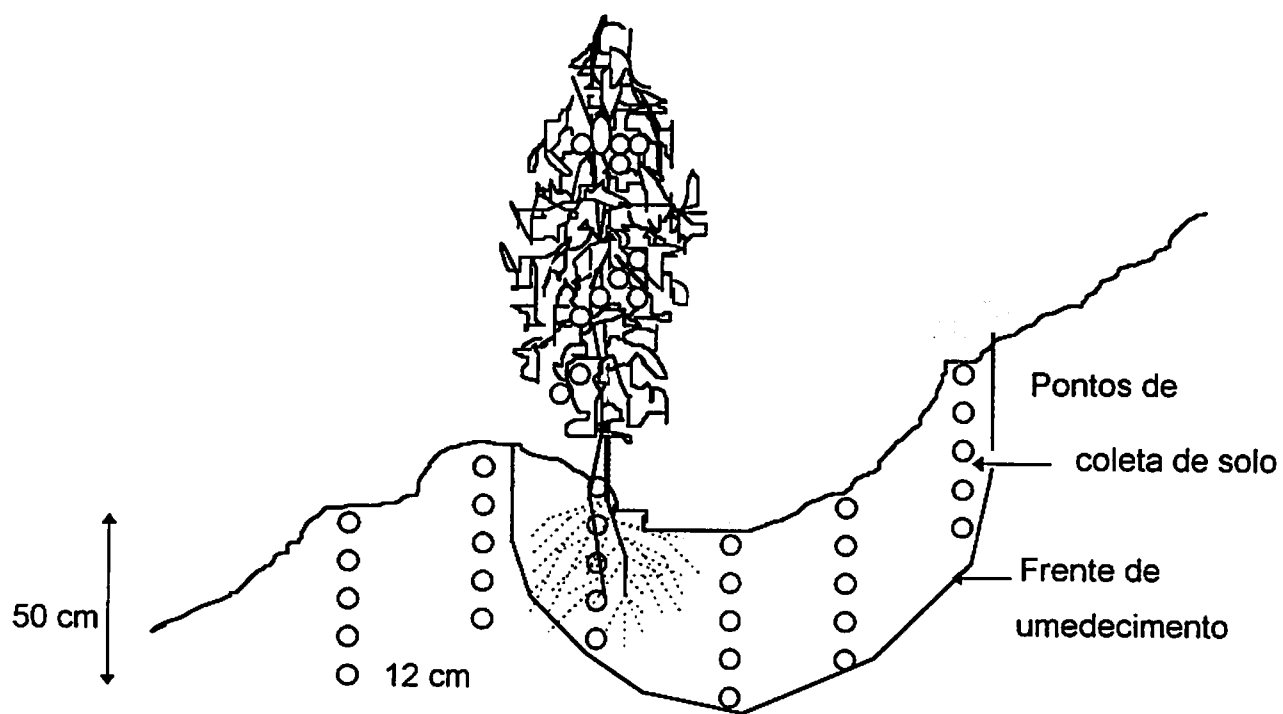


FIGURA 7 - Frente de umedecimento - Modelo "D"

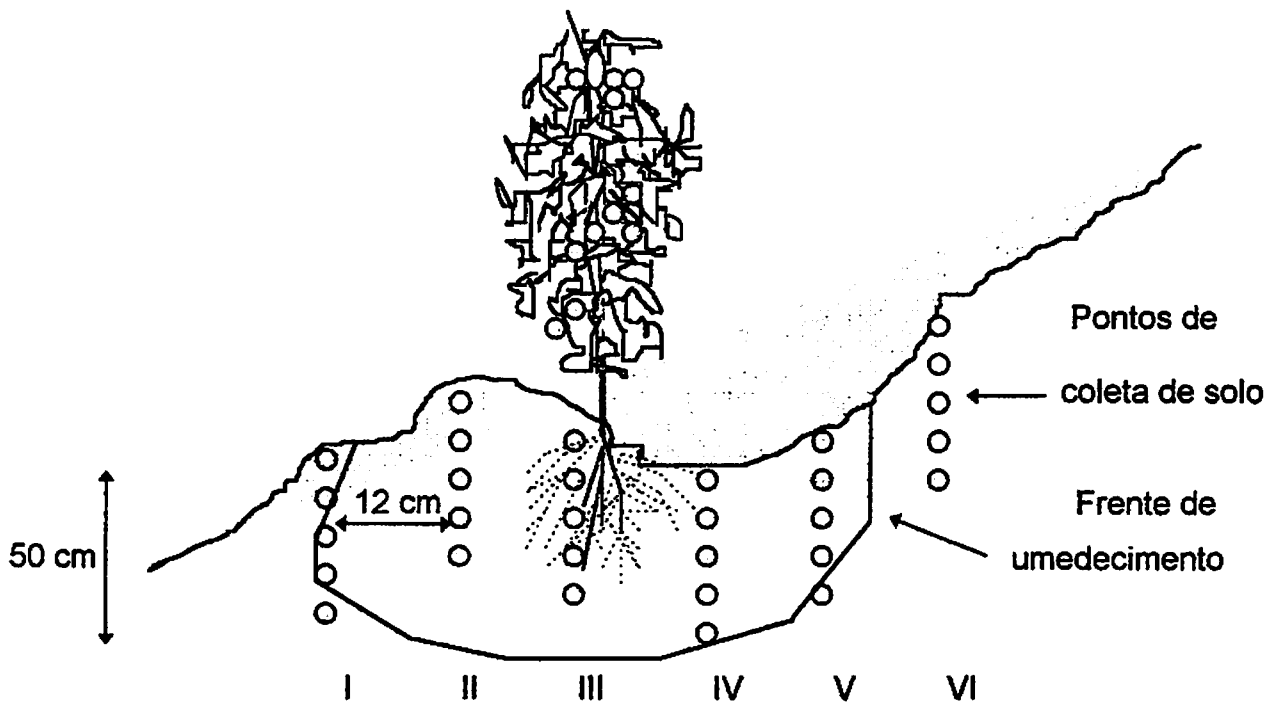


FIGURA 8 - Frente de umedecimento - Modelo "E"

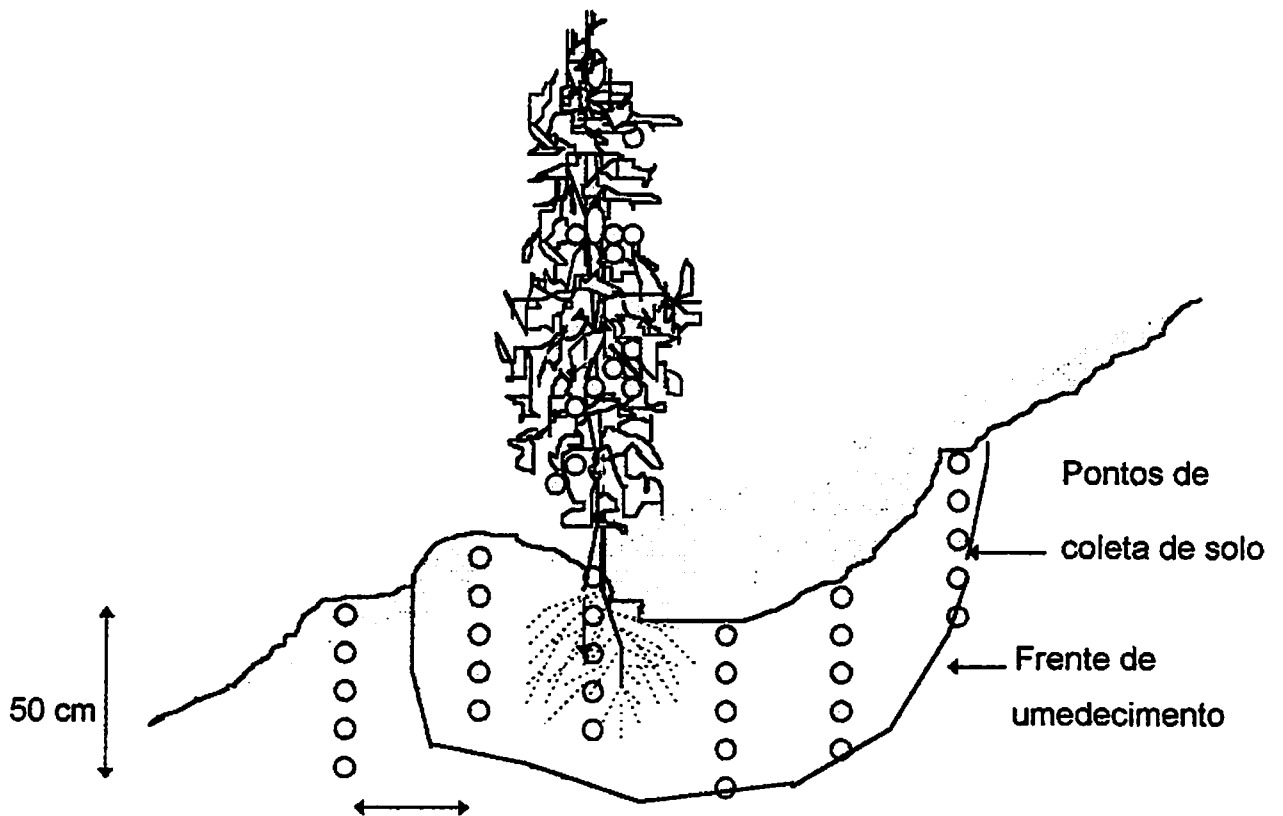


FIGURA 9 - Frente de umedecimento Modelo "F".

umedecimento atingiu no mínimo os limites delimitados pela faixa amostrada. Nas últimas irrigações observou-se nesses pontos, que os tempos de recessão, inúmeras vezes foi além de 10 horas, provavelmente em função do acúmulo excessivo de água depositada na superfície do sulco nesse ponto, numa época de baixa condutividade hidráulica determinada pelo subsolo, principalmente nas últimas irrigações.

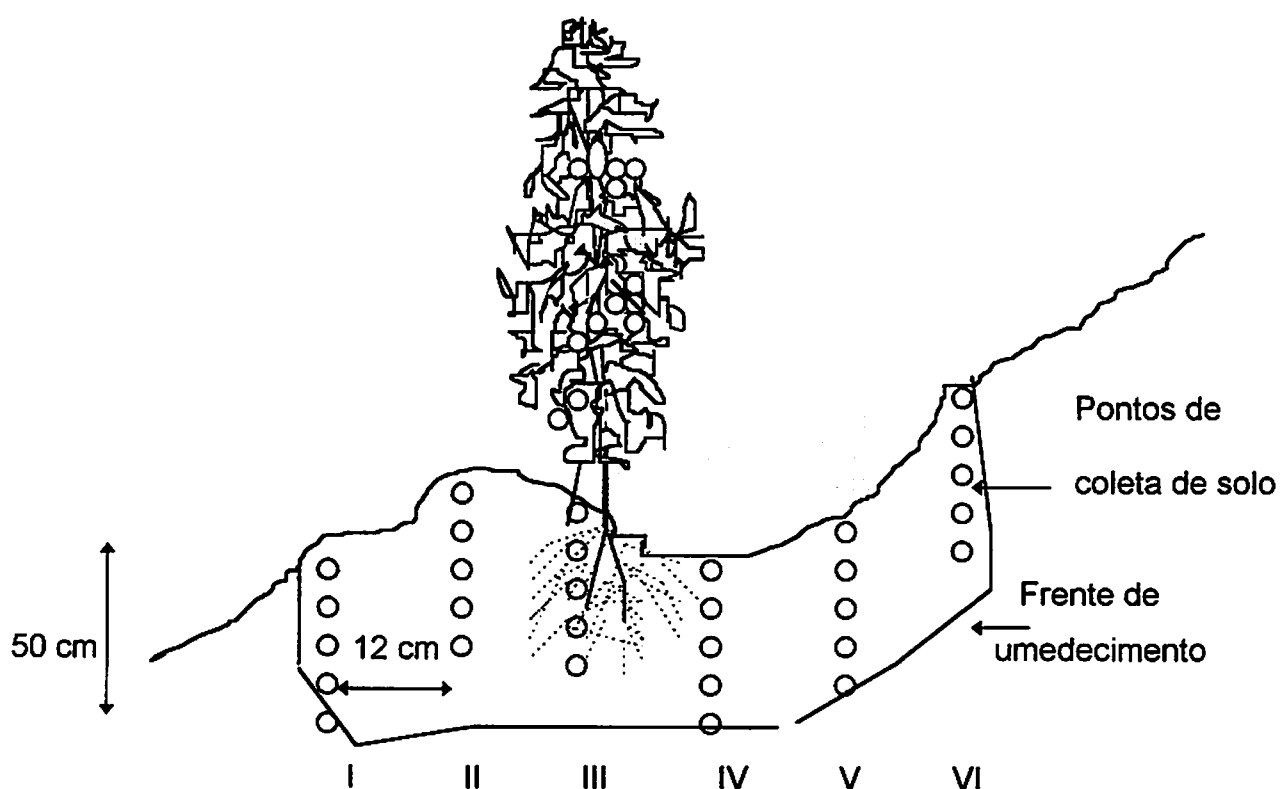


FIGURA 9 Frente de umedecimento - Modelo "G"

Os modelos "E e F" ocorreram com maior frequência na fase intermediária, entre a 10ª e 33ª irrigações, no início e no meio dos sulcos. Mantidas as mesmas posições, o modelo "D" destacou-se até a 8ª irrigação. Já as representações

“A e B”, ( caracterizados por dimensões menores ) formaram-se de modo quase exclusivo durante as últimas irrigações.

Pelo Quadro 3 que nota-se que o efeito das capinas teria sido mais influente no dimensionamento da faixa molhada do que a própria declividade do sulco, pois analisando os dados das 1<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 16<sup>a</sup>, 19<sup>a</sup>, 23<sup>a</sup> e 65<sup>a</sup> irrigações, todas avaliadas fora dos períodos de capina, constata-se que houve predominância dos modelos “D, E e F” destacaram-se nas partes iniciais dos sulcos, porém mantidas as mesmas posições nos períodos de pós capinas ocorreram os modelos ( A e B ), de dimensões bem menores ( 10<sup>a</sup> e 33<sup>a</sup> irrigações ). Nota-se também que o efeito isolado da declividade do sulco nesses períodos, não ficaram evidentes durante a fase de pós-capina, visto que o sulco número 5, maior declividade ( 3,15% ) praticada no sulco 5 apresentou maiores dimensões de faixa molhada ( B e E ), em comparação aos modelos proporcionados pela 33<sup>a</sup> irrigação, realizada no sulco 12, de menor declividade ( 1,25% ), neste caso, ocorreu tanto no início quanto no meio do sulco, o modelo “A” caracterizado como de pior movimentação da água no solo, apesar de ambos terem sido precedidos pelas práticas de limpeza e capina.

Apesar das constantes modificações inerentes a cada irrigação, as observações realizadas permitem presumir que na busca de alternativas pela uniformidade de redistribuição da água no solo, deveria ser considerado o aumento do comprimento dos sulcos. Mesmo porque, ao comparar os dados do Quadro 3 com as representações indicadas pelas Figuras 3 a 9, observa-se que na parte final dos sulcos, houve uma tendência crescente de alargamento da faixa molhada, à medida que as irrigações sucediam-se. Provavelmente, pelo fato do solo já encontrar-se em

estado mais avançado de compactação nessa época provocando com isso, redução no tamanho dos poros, na condutividade hidráulica e na taxa de infiltração, que consequentemente aumentava a velocidade da frente de avanço. Logo após o corte no fornecimento da água, notava-se uma recessão rápida no início, deslocando quase todo o volume remanescente para o final, desequilibrando os tempos de oportunidade para infiltração do início para o final dos sulcos. Esta teria sido a principal causa de predominância do modelo "G " no final e "A ou B "no início e meio. Contudo, os dados apontam também que foram raras as ocasiões em que a zona de absorção das raízes deixou de ser plenamente atendida pela água de irrigação. Para confirmar essa condição escavou-se próximo a região de inserção do sistema radicular de algumas plantas, constatando-se que, visualmente as condições de umidade do solo eram satisfatoriamente mantidas em todos os casos verificados.

Por outro lado, durante as primeiras irrigações, quando eram considerados ainda razoavelmente baixo o nível de compactação do solo, foi observado que haviam vazamentos subsuperficiais na base da leira de sustentação dos sulcos, fazendo com que houvesse escoamento por entre eles em direção ao interior dos mais baixos. Este fato explica a formação do modelo de redistribuição "D ", presente somente nas primeiras irrigações ( Quadro 3 ), caracterizando aumento de umidade um pouco mais acima do setor VI da faixa amostrada, decorrente da influência do sulco superior.

#### **4. 2 Distribuição da lâmina aplicada**

A lâmina total disponível no perfil de umedecimento do solo, logo após as irrigações, são apresentadas no Quadro 4, assim como a disponibilidade relativa.

QUADRO 4 Índices de disponibilidade de água obtidos por camada de solo.

<b>1ª IRRIGAÇÃO REALIZADA NO SULCO 4 ( 25 - 03 - 96 )</b>						
Posição no sulco	Lâmina disponível por camada de solo irrigado ( mm )			% de disponibilidade em relação a disponibilidade máxima		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40
INICIO	20,00	18,72	38,72	72,10	108,79*	86,12
MEIO	16,53	9,07	25,60	54,41	52,60	56,85
FIM	25,69	22,42	48,11	92,34	130,27*	106,83*
<b>MÉDIA</b>	<b>20,73</b>	<b>16,73</b>	<b>34,47</b>	<b>74,61</b>	<b>97,25</b>	<b>83,26</b>
Requerida p/ camada	16,72	6,80	23,89	Requerida estimada Lâmina aplicada		24,34 mm 21,10 mm
<b>8ª IRRIGAÇÃO REALIZADA NO SULCO 4 ( 08 - 04 - 96 )</b>						
Posição no sulco	Lâmina disponível por camada de solo irrigado ( mm )			% de disponibilidade em relação a disponibilidade máxima		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40
INICIO	18,85	21,39	40,24	65,60	124,28*	89,36
MEIO	17,46	10,78	28,24	62,27	62,63	62,659
FIM	29,03	25,27	54,30	104,36*	146,84*	125,59*
<b>MÉDIA</b>	<b>21,78</b>	<b>19,14</b>	<b>40,92</b>	<b>77,41</b>	<b>112,24*</b>	<b>92,54</b>
Requerida p/ camada	17,25	5,69	22,94	Requerida estimada Lâmina aplicada		23,04 mm 26,10 mm
<b>65ª IRRIGAÇÃO REALIZADA NO SULCO 4 ( 03 - 08 - 96 )</b>						
Posição no sulco	Lâmina disponível por camada de solo irrigado ( mm )			% de disponibilidade em relação a disponibilidade máxima		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40
INICIO	13,91	15,12	29,03	50,00	87,85	64,46
MEIO	17,49	18,97	36,46	62,86	109,63*	80,96
FIM	33,83	18,59	52,42	121,60	108,01*	116,41*
<b>MÉDIA</b>	<b>21,71</b>	<b>17,56</b>	<b>39,30</b>	<b>78,15</b>	<b>101,83*</b>	<b>87,27</b>
Requerida p/ camada	17,71	3,88	21,59	Requerida estimada Lâmina aplicada		21,58 mm 22,56 mm



QUADRO 4 ( continuação )

<b>10ª IRRIGAÇÃO REALIZADA NO SULCO 5 ( 12 - 04 - 96 )</b>						
Posição no sulco	Lâmina disponível por camada de solo irrigado ( mm )			% de disponibilidade em relação a disponibilidade máxima		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40
INICIO	10,10	9,55	19,65	36,30	55,49	43,63
MEIO	10,68	13,96	24,62	38,38	81,11	54,67
FIM	42,78	36,13	78,91	153,76 *	209,99*	175,23*
<b>MÉDIA</b>	<b>21,18</b>	<b>19,88</b>	<b>41,03</b>	<b>67,61</b>	<b>115,53*</b>	<b>91,18</b>
Requerida p/ camada	14,71	4,41	19,12	Requerida estimada Lâmina aplicada		18,86 mm 19,18 mm
<b>16ª IRRIGAÇÃO REALIZADA NO SULCO 3 ( 22 - 04 - 96 )</b>						
Posição no sulco	Lâmina disponível por camada de solo irrigado ( mm )			% de disponibilidade em relação a disponibilidade máxima		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40
INICIO	24,37	15,01	39,39	87,59	87,27	87,45
MEIO	29,20	21,11	50,31	104,96*	122,66*	111,72*
FIM	20,64	20,96	41,60	74,19	121,78*	92,38
<b>MÉDIA</b>	<b>24,71</b>	<b>19,03</b>	<b>43,37</b>	<b>88,89</b>	<b>110,57*</b>	<b>97,18</b>
Requerida p/ camada	11,53	1,99	13,52	Requerida estimada Lâmina aplicada		14,53 mm 13,85 mm
<b>19ª IRRIGAÇÃO REALIZADA NO SULCO 6 ( 29 - 04 - 96 )</b>						
Posição no sulco	Lâmina disponível por camada de solo irrigado ( mm )			% de disponibilidade em relação a disponibilidade máxima		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40
INICIO	12,30	14,84	27,14	45,32	86,22	60,27
MEIO	16,12	19,10	35,22	57,94	110,98*	78,21
FIM	26,57	20,41	46,98	95,50	141,83*	104,33*
<b>MÉDIA</b>	<b>18,33</b>	<b>18,11</b>	<b>34,44</b>	<b>66,25</b>	<b>113,01*</b>	<b>80,93</b>
Requerida p/ camada	17,52	2,99	20,51	Requerida estimada Lâmina aplicada		19,03 mm 14,92 mm

QUADRO 4 ( continuação )

<b>23ª IRRIGAÇÃO REALIZADA NO SULCO 11 ( 08 - 05 - 96 )</b>						
Posição no sulco	Lâmina disponível por camada de solo irrigado ( mm )			% de disponibilidade em relação a disponibilidade máxima		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40
INICIO	17,82	12,92	30,64	64,05	75,07	68,26
MEIO	21,06	18,87	39,87	75,48	109,64*	88,54
FIM	23,73	15,90	39,63	81,13	92,31*	88,00
<b>MÉDIA</b>	<b>20,85</b>	<b>15,89</b>	<b>36,74</b>	<b>74,88</b>	<b>92,34</b>	<b>81,60</b>
Requerida p/ camada	17,25	8,49	25,74	Requerida estimada Lâmina aplicada	25,01 mm 18,65 mm	
<b>33ª IRRIGAÇÃO REALIZADA NO SULCO 12 ( 29 - 05 - 96 )</b>						
Posição no sulco	Lâmina disponível por camada de solo irrigado ( mm )			% de disponibilidade em relação a disponibilidade máxima		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40
INICIO	15,56	16,48	32,04	55,96	95,76	71,15
MEIO	17,49	13,26	30,75	62,82	77,02	68,28
FIM	23,43	18,77	42,20	84,22	100,00	93,71
<b>MÉDIA</b>	<b>18,82</b>	<b>16,17</b>	<b>34,99</b>	<b>67,66</b>	<b>93,93</b>	<b>79,04</b>
Requerida p/ camada	13,88	9,07	22,95	Requerida estimada Lâmina aplicada	22,59 mm 12,78 mm	

QUADRO 4 (continuação)

<b>41ª IRRIGAÇÃO REALIZADA NO SULCO 8 ( 15 - 06 - 96 )</b>						
Posição no sulco	Lâmina disponível por camada de solo irrigado ( mm )			% de disponibilidade em relação a disponibilidade máxima		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40
INICIO	16,83	15,27	32,10	60,49	88,77	71,28
MEIO	15,51	10,20	25,71	55,75	57,59	57,09
FIM	18,07	15,87	33,94	64,95	92,24	75,37
<b>MÉDIA</b>	<b>16,80</b>	<b>13,78</b>	<b>30,58</b>	<b>60,39</b>	<b>79,51</b>	<b>67,91</b>
Requerida p/ camada	18,54	7,76	26,30	Requerida estimada Lâmina aplicada		26,93 mm 14,81 mm

<b>60ª IRRIGAÇÃO REALIZADA NO SULCO 10 ( 19 - 07 - 96 )</b>						
Posição no sulco	Lâmina disponível por camada de solo irrigado ( mm )			% de disponibilidade em relação a disponibilidade máxima		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 40
INICIO	11,81	9,01	20,81	42,46	52,35	46,21
MEIO	14,29	13,63	27,92	51,39	79,19	62,00
FIM	26,33	18,87	45,20	96,73	109,61*	100,37
<b>MÉDIA</b>	<b>17,47</b>	<b>13,83</b>	<b>27,37</b>	<b>63,53</b>	<b>80,38</b>	<b>69,53</b>
Requerida p/ camada	21,51	10,78	32,26	Requerida estimada Lâmina aplicada		36,07 mm 16,62 mm

O referido Quadro mostra que, em média, houve uma tendência do valor de lâmina disponível armazenada na primeira camada superar o valor da lâmina disponível armazenada na segunda camada, principalmente no final dos sulcos.

Os dados assinalados com asterísticos indicam valores que estão acima do limite de retenção de umidade do solo, provavelmente em função da 2ª amostragem para determinação dessa umidade, ter sido realizada logo após a última recessão, ou seja, antes de estar completamente concluída a fase de redistribuição da água no seu perfil, detectando em conjuntos através do método de gravimetria, também a água ainda presente nos macroporos.

Em relação a % relativa de água disponível, os índices mais altos registrados foram na camada de 20 - 40 cm. Também no cálculo dos valores absolutos de lâmina disponível, aparecem índices de umidade no solo bem acima de sua capacidade de retenção, principalmente no final de alguns sulcos. Esse fato teria ocorrido em função da mesma suposição apontada anteriormente. Optou-se então pela manutenção dos respectivos resultados apresentados no Quadro 4, integralmente como eles foram gerados, tendo em vista, de certa forma, avaliar o deslocamento quantitativo da água infiltrada ao longo dos sulcos. Apesar de todo o excesso remanescente ser considerado indisponível para as plantas, pode-se prever que, dentro de mais algum tempo de redistribuição ou percolação, haverá o equilíbrio e a disponibilidade voltará a níveis normais de armazenamento, de acordo com a capacidade de retenção do solo.

Observações feitas tanto a nível local, quanto pelos dados de umidade obtidas nas camadas de 0 -10 cm ( na superfície superior do setor II ), indicavam sempre uma condição de solo quase seco nessas proximidades. Para o caso da

cultura do tomate esse parece ser um aspecto positivo, pois mantendo seca a base de sustentação das folhas mais velhas, certamente maior contribuição será dada ao controle de doenças de origem fúngicas e bacterianas.

Observando o traçado das curvas de avanço ( Figura 10 ), nota-se que a velocidade com que a frente de molhamento percorreu os 40 metros de sulco foi bem menor no primeiro pulso, como normalmente ocorre nesse tipo de irrigação. No entanto essa tendência de comportamento foi a mesma nas avaliações seguintes

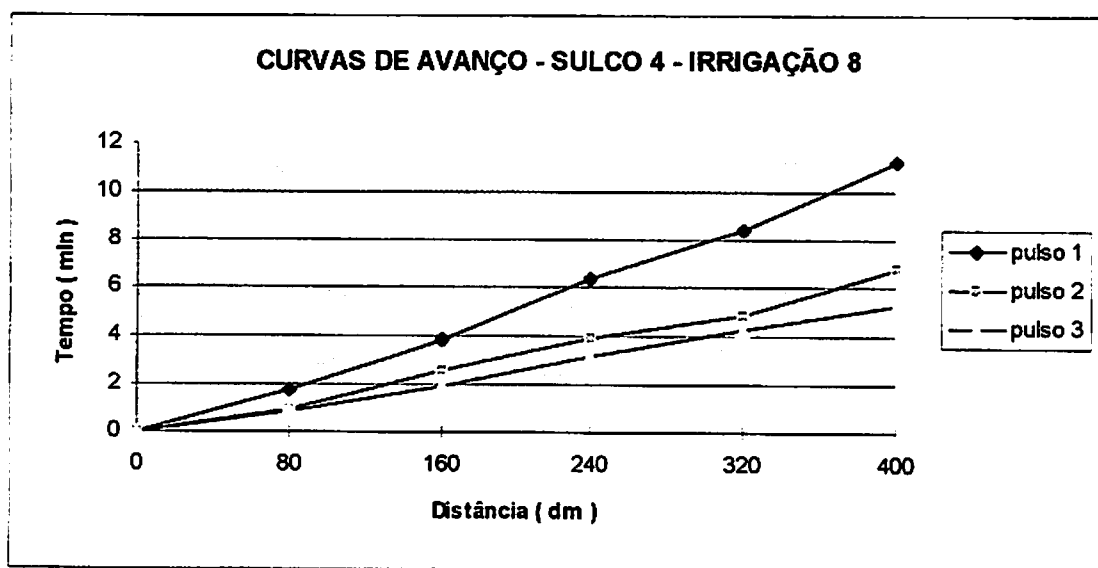


FIGURA 10 Curvas de avanço obtidas no sulco 4 na 8ª irrigação, em três pulsos consecutivos.

até a 23ª irrigação, realizada em 08/05/96. O Quadro 5 aponta as principais variações de manejo verificadas a cada pulso, incluindo os tempos de avanço e de recessão. Seus dados demonstram que a partir da 33ª irrigação, realizada em 29/05/96, a diferença de tempo de avanço entre o primeiro e segundo pulso torna-se muito pequena, praticamente igualando-se a diferença encontrada entre os demais.

QUADRO 5 - Alterações de parâmetros hidráulicos verificadas a cada pulso.

SULCO	DATA	IRR.	DEC.	pulso	I.C.	Q	T.a.	T.r.	I.p.
04	25/ mar	1 <sup>a</sup>	1,05	1 <sup>o</sup> 2 <sup>o</sup>	5	0,48	8,5 4,4	11,0 20,9	- 4,0
04	08/ abr	8 <sup>a</sup>	1,05	1 <sup>o</sup> 2 <sup>o</sup> 3 <sup>o</sup>	5	0,48	8,8 4,8 3,3	12,9 16,5 16,8	- 1,8 3,4
05	12/ abr.	10 <sup>a</sup>	2,07	1 <sup>o</sup> 2 <sup>o</sup>	2	0,52	6,6 4,3	16,2 17,1	- 1,07
03	22/ abr.	16 <sup>a</sup>	1,27	1 <sup>o</sup> 2 <sup>o</sup>	8	0,35	7,9 5,8	10,4 28,6	- 7,2
06	29/ abr.	19 <sup>a</sup>	1,25	1 <sup>o</sup> 2 <sup>o</sup>	16	0,48	9,3 4,8	12,5 10,7	- 1,5
11	08/ mai.	23 <sup>a</sup>	3,15	1 <sup>o</sup> 2 <sup>o</sup> 3 <sup>o</sup>	18	0,48	9,1 4,3 3,2	24,3 40,8 11,4	- 0,8 16,0
12	29/ mai.	33 <sup>a</sup>	1,25	1 <sup>o</sup> 2 <sup>o</sup> 3 <sup>o</sup> 4 <sup>o</sup>	22	0,35	4,5 4,1 3,1 4,2	26,5 45,3 46,1 27,7	- 3,2 3,7 15,0
08	15/ jun.	41 <sup>a</sup>	1,34	1 <sup>o</sup> 2 <sup>o</sup> 3 <sup>o</sup> 4 <sup>o</sup>	24	0,48	3,2 2,7 2,7 2,1	12,3 29,7 34,7 15,1	- 0,9 3,8 17,0
10	09/ jul.	60 <sup>a</sup>	2,10	1 <sup>o</sup> 2 <sup>o</sup> 3 <sup>o</sup> 4 <sup>o</sup>	5	0,35	4,2 4,1 3,8 3,3	34,2 64,1 63,8 183,3	- 0,5 1,0 3,0
04	03/ ago	65 <sup>a</sup>	1,05	1 <sup>o</sup> 2 <sup>o</sup>	5	0,48	12,2 7,0	30,2 55,0	- 4,0

Em que :

DEC. - declividade do sulco ( % );

I.C. - intervalo de tempo entre a primeira e segunda coleta de amostras de solo ( hs );

Q. - vazão de entrada da água nos sulcos ( l . s<sup>-1</sup> );

T.a. - tempo de avanço ( min. );

T.r. - tempo de recessão no final do pulso ( horas. );

I.p. - intervalo de tempo entre pulsos ( min. ).

O Quadro 5 demonstra que houve diferença nos tempos de avanço do primeiro para o segundo pulso, em proporções semelhantes nas três irrigações realizadas no sulco 4. Combinando as informações desse Quadro com as do Quadro 6, que mostra as dimensões das faixas úmidas em cada posição dos sulcos e em cada irrigação, nota-se para o caso do sulco 4, onde a única variação ocorrida foi a época de irrigação, que praticamente não houve variação na largura dessa faixa do início para o final do sulco. Por outro lado a aplicação de uma vazão menor ( $0,35 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ) durante a 16<sup>a</sup>, 33<sup>a</sup> e 60<sup>a</sup> irrigações, interferiu pouco na duração dos tempos de avanço, mas reduziu a diferença de tempos entre os dois primeiros pulsos.

QUADRO 6 - Largura das faixas molhadas nas três posições dos sulcos ( cm ).

POSIÇÃO	IRRIGAÇÃO									
	1 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	23 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	41 <sup>a</sup>	60 <sup>a</sup>	65 <sup>a</sup>
INÍCIO	48	48	36	48	60	48	36	48	36	48
MEIO	48	48	48	60	72	72	36	36	36	48
FIM	36	48	48	48	72	72	72	72	72	60
MÉDIA	44	48	44	52	69	64	48	52	48	52

Na parte mediana dos sulcos o comportamento manteve-se destacando as maiores larguras na fase intermediária do ciclo ( entre a 16<sup>a</sup> e 41<sup>a</sup> irrigações ), diminuindo-as no entanto, nas fases inicial e final. Enquanto no início dos sulcos elas mantiveram-se praticamente estáveis, com variações entre 36 e 48 cm, no final ocorreram formas estreitas no início e mais largas a partir da 19<sup>a</sup> irrigação em diante.

As Figuras de 11 a 18, confirmam esse comportamento indicando uma menor

lâmina menor aplicada no final do sulco somente durante a primeira irrigação quando possivelmente ainda era alta a capacidade de infiltração do solo. A partir da oitava irrigação, a linha representativa da infiltração começou a ter sentido descendente, provavelmente em função de queda na velocidade de infiltração ( Figura. 11 ). A linha que estima a lâmina requerida normalmente é representada no plano horizontal, como se o requerimento fosse igual em qualquer posição do sulco, porém comparando os dados de umidade amostrados que deram origem ao delineamento das faixas de umedecimento no solo, constata-se que geralmente a média requerida resultava de uma alta demanda em determinados pontos, como na camada de 0 - 20 no início e meio dos sulcos, mas muitas vezes uma demanda nula ou muito pequena em outros pontos, como na camada de 20 - 40 no final, ou seja, dependendo de suas condições de armazenamento no momento de irrigar, ela até poderia já encontram-se no limite de retenção ou próximo a ele. Nem o Quadro 4, nem das Figuras 11-18 detalham esse fato, mas estimam apenas o requerimento médio como normalmente ocorre. Entretanto, esse requerimento pode detectar variabilidade se for desmembrado por camada e por posição. Como exemplo, serão desmembrados os cálculos de lâmina requerida, durante a primeira e a última irrigação, realizadas no sulco 4:

1ª irrigação, 1ª camada:

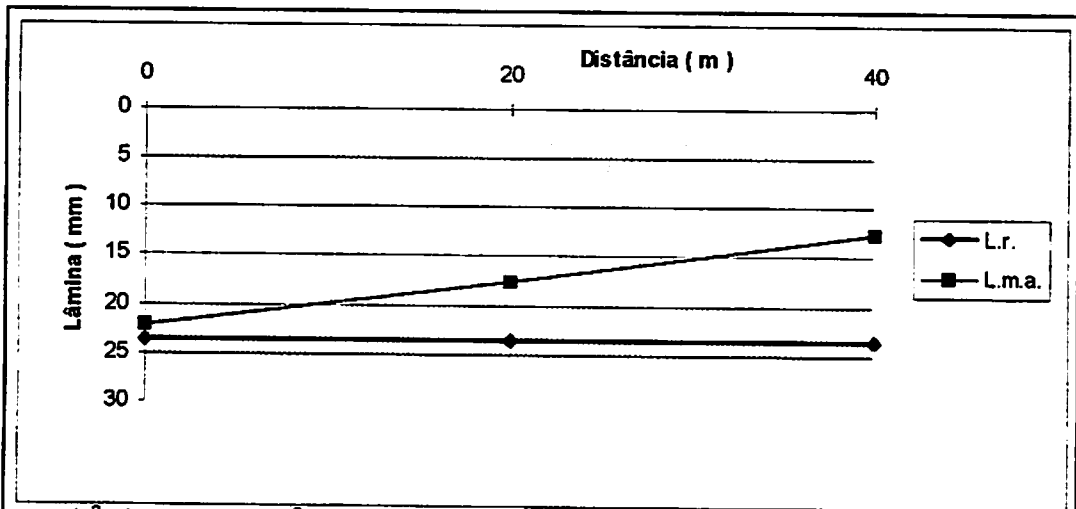
-início = 20,89 mm; meio = 20,01 mm e final do sulco = 9,21 mm ; -

2ª camada:

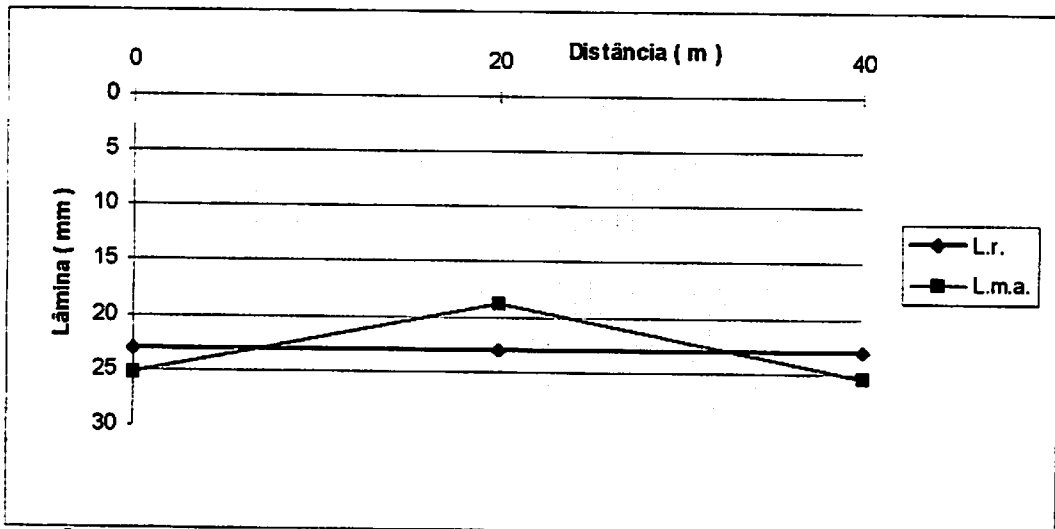
-início = 10,53 mm; meio = 11,03 mm e final do sulco = 0,0 mm.

Totalizando esses valores por posição tem-se o seguinte: início = 31,42 mm; meio = 31,04 mm e no final = 9,21mm, chegando-se assim a dotação média requerida de 23,89 mm, como consta no Quadro 4. pelo que mostra a Figura 11,

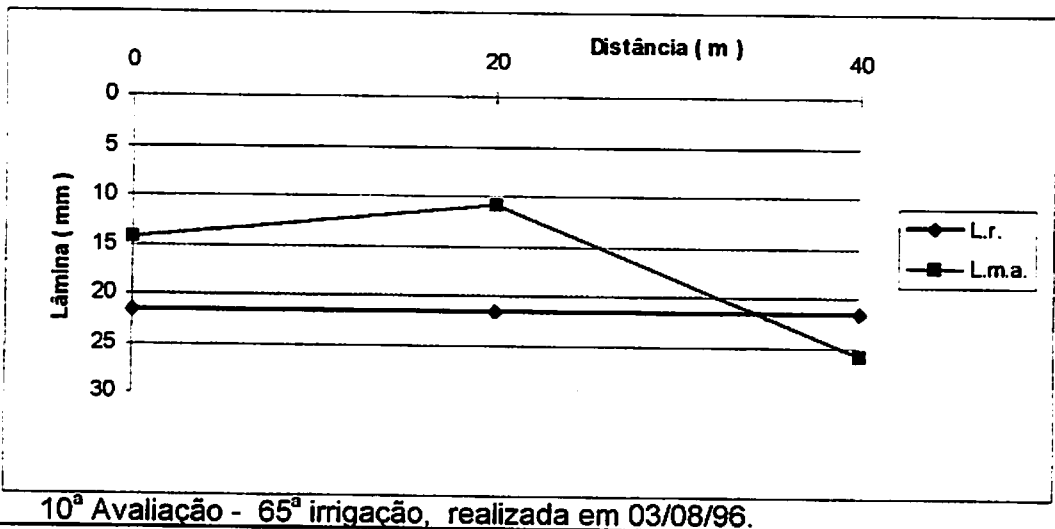




1ª Avaliação - 1ª irrigação, realizada em 25/03/96



2ª Avaliação - 8ª irrigação, realizada em 08/04/96.



10ª Avaliação - 65ª irrigação, realizada em 03/08/96.

Figura 11 - L.m.a em relação a L.r. , obtida no sulco 4 em três épocas diferentes.

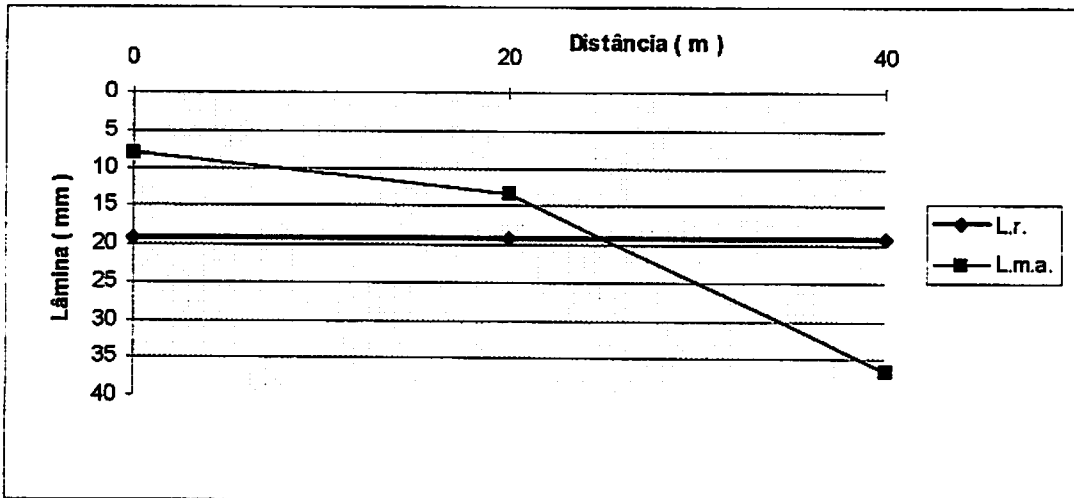


Figura 12 - L.m.a. em relação a L.r. - ( 3<sup>a</sup> avaliação - 10<sup>a</sup> irrigação, sulco 5 ).

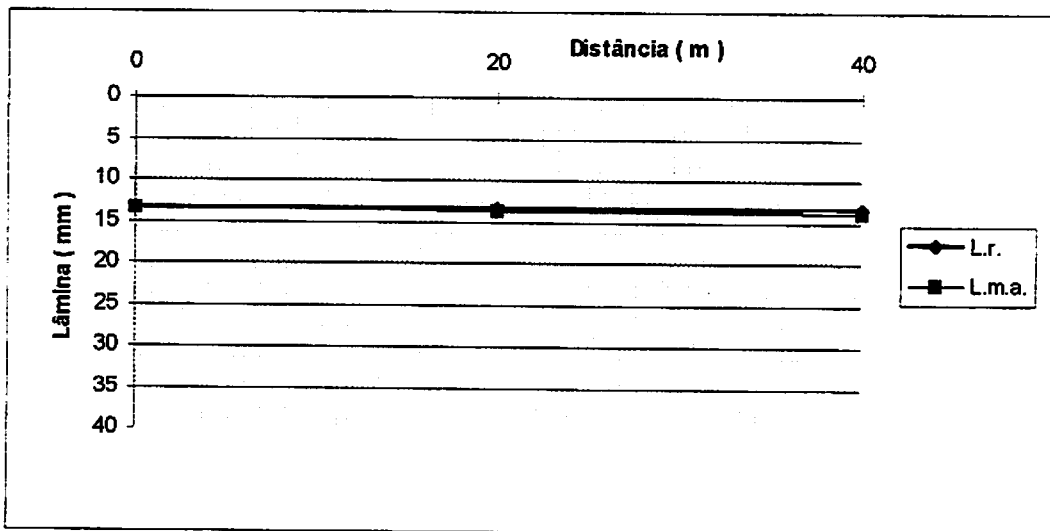


Figura 13 - L.m.a. em relação a L.r. - ( 4<sup>a</sup> avaliação - 16<sup>a</sup> irrigação, sulco 3 ).

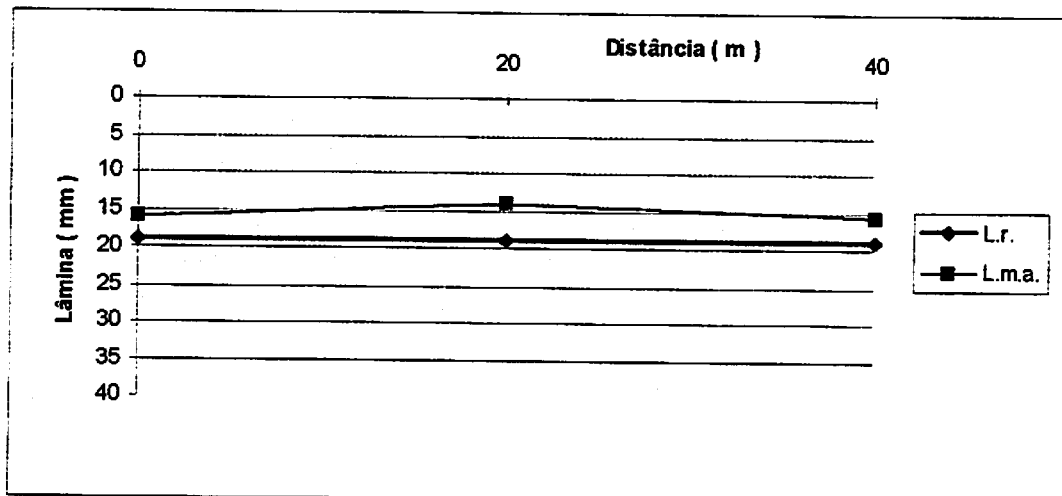


Figura 14 - L.m.ma. em relação a L.r. - ( 5<sup>a</sup> avaliação - 19<sup>a</sup> irrigação, sulco 6 ).

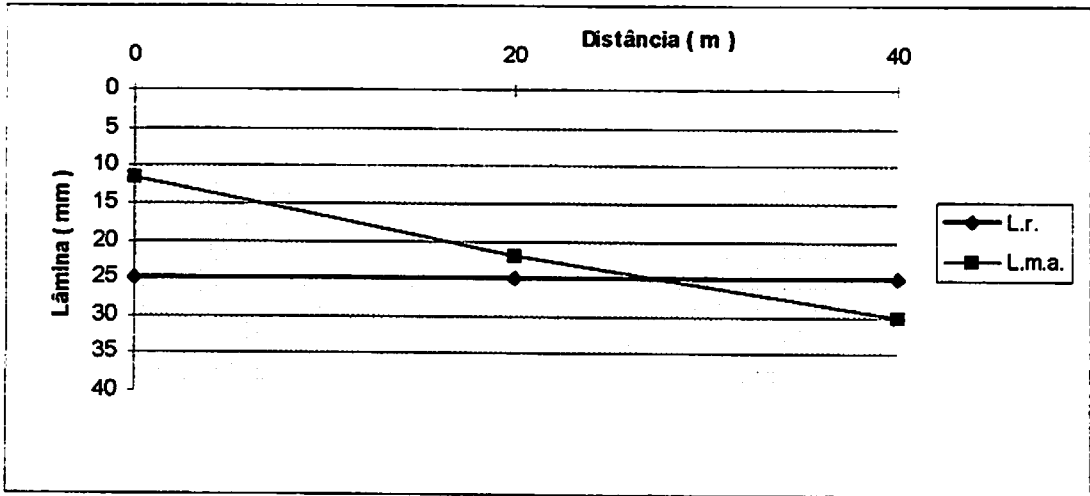


Figura 15 - L.m.a. em relação a L.r. - ( 6ª avaliação - 23ª irrigação, sulco 11 ).

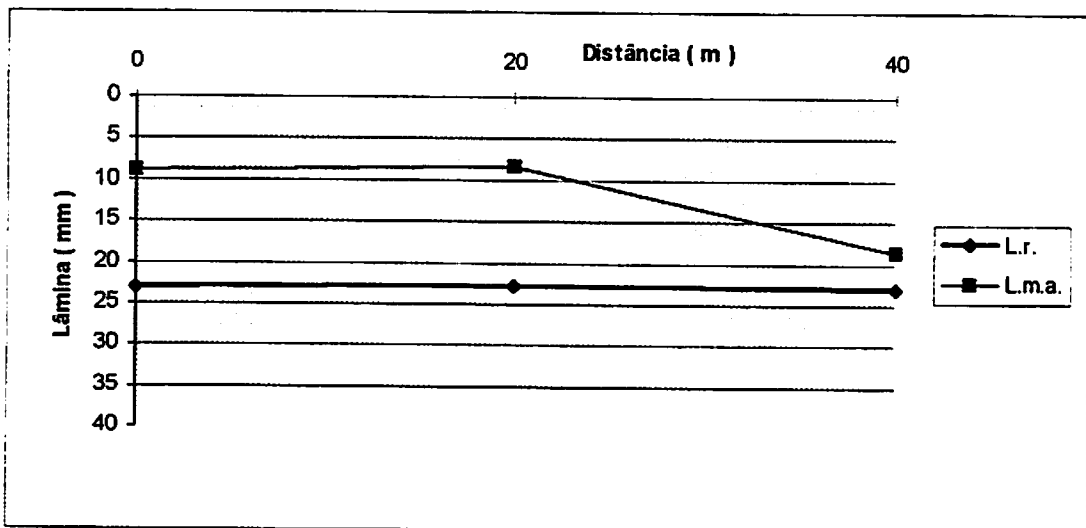


Figura 16 - L.m.a. em relação a L.r. - ( 7ª avaliação - 33ª irrigação, sulco 12 ).

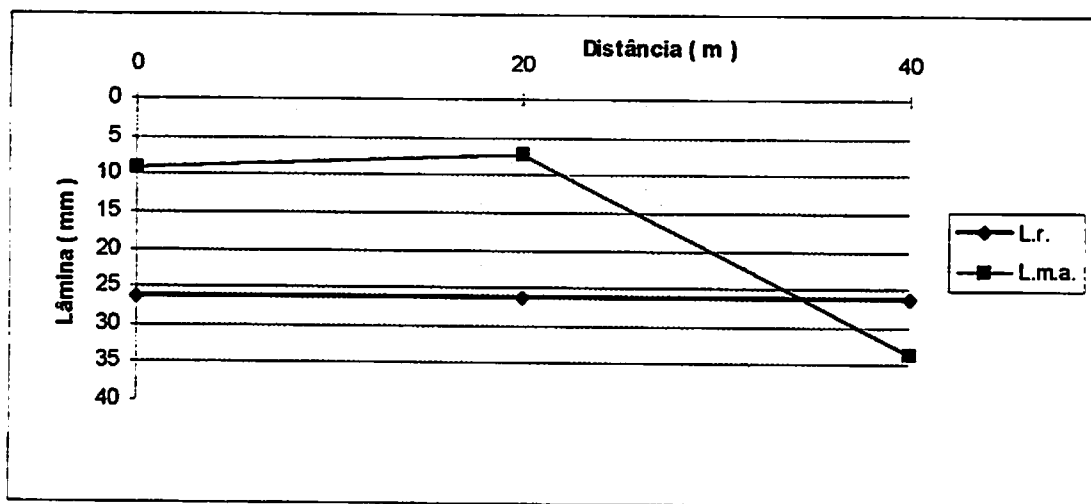


Figura 17 - L.m.a. em relação a L.r. - ( 8ª avaliação - 41ª irrigação, sulco 8. ).

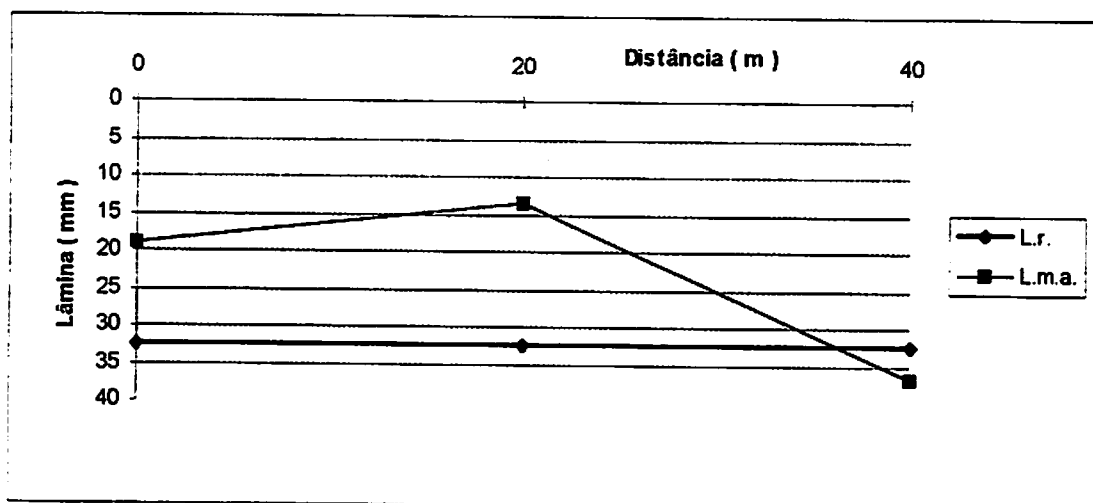


Figura 18 - L.m.a. em relação a L.r. - ( 9ª avaliação - 60ª irrigação, sulco 8 ).

L.m.a. = Perfil representativo da infiltração da lâmina média aplicada, até 40 cm de profundidade em três pontos do comprimento do sulco ( mm ).

L.r. = Perfil representativo da lâmina média requerida em 40 cm de profundidade do solo ( mm ).

em relação a lâmina média requerida houve uma aplicação deficitária no final desse sulco. Nota-se porém, que nessa região já havia um bom suprimento de água armazenada na camada de 20 - 40, provavelmente decorrente da última irrigação. Também na camada de 0 - 20 a lâmina requerida era menor que a média, fazendo com que mesmo recebendo uma lâmina menor, quase foi atingida a disponibilidade máxima, embora tenha havido déficit de aplicação naquele ponto. Entretanto, em função de uma demanda bem superior, a maior aplicação recebida pelo início e meio do sulco não foi suficiente para uma aproximação do seu limite de retenção, nas duas camadas analisadas. Já na 65ª irrigação, o requerimento deu-se da seguinte maneira:

65ª irrigação, 1ª camada:

- início = 21,55 mm; meio = 17,02 mm; final do sulco = 14,57 mm.

2ª camada:

- início = 5,74 mm; meio = 3,98 mm; final do sulco = 1,89 mm.

Totalizando chega-se a 27,29 mm no início; 21,00 mm no meio; 16,46 mm no final, dando um requerimento médio de 21,58 mm, ( Quadro 4 e Fig. 11 ). Assim a demanda na camada de 0 - 20 era muito superior a demanda na camada de 20 - 40 cm e em todas elas decrescia do início para o final dos sulcos. Se observado o Quadro 4 nota-se também que a aplicação resultou em disponibilidade crescente do início para o final e da 1ª para a 2ª camada. Ao que parece, nas condições consideradas, esse método caracterizou um direcionamento maior de água para a segunda camada, podendo ter forçado, com isso, um aprofundamento maior do sistema radicular. Nesse caso, apesar da lâmina média aplicada ter sido praticamente igual a lâmina média requerida, houve um volume bem maior de água deslocando-se para o final do sulco

em relação as demais posições. Essas constatações e o efeito cumulativo das irrigações reforçam a importância de procurar meios de conseguir cada vez mais obter a uniformidade de distribuição da água aplicada. No geral as demais irrigações seguiram tendência de comportamento mais identificada com a 65ª irrigação, ao invés da 1ª, ( Quadro 4 e Figuras 11 a 18 ).

### **4.3 Avaliação da eficiência de distribuição da água**

Como foi relatado anteriormente, o uso de sulcos curtos e fechados durante as irrigações, o controle da vazão aplicada e o corte no fornecimento da água pouco tempo antes da frente de avanço alcançar a extremidade do sulco, evitaram que no final houvessem perdas por escoamento superficial.

O Quadro 7 registra a % de água aplicada que atingiu a camada de 40 - 50 cm de solo. Para efeito de cálculos, foi adotado 40 cm como profundidade efetiva do sistema radicular, no entanto é discutível considerar essa água como perdida, pois há registros de que as raízes do tomate podem absorver água até a profundidade de 70 cm, obviamente que em quantidades bem menores. Os dados do referido Quadro demonstram que durante as últimas irrigações a água não mais chegava a essa profundidade no início dos sulcos. Provavelmente com o passar do tempo, o processo progressivo de adensamento do solo, reduziu a velocidade de infiltração e de movimentação da água em seu perfil. Devido a rapidez com que ocorria a recessão no início dos sulcos, verificava-se aí, que o tempo de oportunidade para infiltração era cada vez menor em relação ao final dos sulcos. Considerando o maior volume de água depositado em sua superfície, seria então lógico esperar uma lâmina

bem maior atingindo essa profundidade na parte final dos sulcos. No entanto verificou-se que não foi exatamente assim que isso ocorreu, como pode ser confirmado pelos números do Quadro 7, no qual o aumento médio verificado foi pouco representativo ( 3,23 - 4,65 - 5,69 ). Com o tempo a água infiltrada em excesso nesses locais, pode ter redistribuído-se mais intensamente no sentido horizontal, supostamente devido a limitações impostas a percolação pelo subsolo ( Quadro 6 ).

QUADRO 7 - Porcentagem da lâmina aplicada que atingiu a camada de 40 - 50 cm.

NÚMERO		% POR POSIÇÃO NO SULCO			% MÉDIA P/ IRRIGAÇÃO
IRRIGAÇÃO	SULCO	início	meio	fim	
1 <sup>a</sup>	4	5,9	5,7	0,0	3,8
8 <sup>a</sup>	4	12,9	8,0	1,3	7,4
10 <sup>a</sup>	5	3,8	10,1	7,3	7,1
16 <sup>a</sup>	3	2,2	1,5	0,0	1,3
19 <sup>a</sup>	6	5,0	5,2	4,9	5,1
23 <sup>a</sup>	11	2,5	14,3	15,8	10,6
33 <sup>a</sup>	12	0,0	0,7	2,3	1,0
41 <sup>a</sup>	8	0,0	0,0	21,0	7,0
60 <sup>a</sup>	10	0,0	1,0	2,9	1,3
65 <sup>a</sup>	4	0,0	0,0	1,4	0,5
MÉDIA POR POSIÇÃO		3,23	4,65	5,69	<b>4,51</b>

Com excessão da parte final dos sulcos, a redistribuição da água na 16<sup>a</sup>, 33<sup>a</sup> e 60<sup>a</sup> irrigações, que receberam menor vazão (  $0,35 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  ), mostrou baixo alcance da frente de umedecimento no perfil do solo em ambos os sentidos ( Quadros 6 e 7 ).

Para a determinação da eficiência de aplicação da água no solo foi utilizado as equações 5 e 6. Pelas mesmas razões já descritas para o cálculo de disponibilidade de água , principalmente no final de alguns sulcos, houve casos em que a lâmina infiltrada, ( detectada por gravimetria ) foi muito superior a lâmina média aplicada na entrada dos sulcos, mas também em outras situações, decorrentes do menor tempo de oportunidade como no início e meio de alguns sulcos, nota-se que ela foi bem menor que essa média aplicada. A lâmina média infiltrada que permaneceu armazenada dentro da área de solo explorada pelo sistema radicular, identificada em três posições, foi correlacionada com a lâmina média aplicada em toda a extensão dos sulcos. Pelas circunstâncias desse trabalho o maior volume aplicado teve uma tendência de ocupar o final dos sulcos, não o início como é normal ocorrer nesse método de irrigação ( Quadro 4 ). Os índices de eficiências de aplicação encontrados, estão registrados no Quadro 8. O excesso da água aplicada no final, causado pela desuniformidade de distribuição, pode ter tido redistribuição mais intensa no sentido lateral. Nesse ponto os dados foram registrados considerando o limite máximo de retenção, de qualquer forma houve déficit no início e meio de alguns sulcos. Mas os valores de lâmina que atingiram a camada de 40 -50 no final, registrados pelo Quadro 7 poderiam ter sido bem maiores, se fosse aguardado a conclusão do processo de redistribuição para retirada das amostras, contudo o Quadro 6 caracteriza, que houve grande tendência de movimentação da água no sentido lateral.



O teor inicial de água encontrado em cada posição no momento da irrigação, e sua redistribuição no perfil podem ter interferido no processo de infiltração. Assim, considerando uma taxa de infiltração espacial variável ao longo do sulco disposto sob declividade, o excesso de água aplicado que escorreu e acumulou em determinadas posições dos sulcos, pode ter movimentação maior, se a lâmina infiltrada nesse ponto, for maior que a necessária, mesmo nos casos em que a lâmina média aplicada tenha sido igual a média requerida para todo o sulco. De outra forma, mesmo recebendo valores acima da média, ela poderia permanecer ocupando espaços nos microporos se as condições iniciais, naquele ponto, indicasse um requerimento além dessa média. De modo geral analisando o Quadro 4 em conjunto com o Quadro 8 pode-se avaliar melhor esse comportamento, quase sempre indicando deslocamento maior no sentido do final dos sulcos principalmente durante as últimas irrigações, onde normalmente já deveria existir uma condição inicial de boa disponibilidade de água.

O Quadro 8 apresenta os dados indicando os índices percentuais de eficiência de armazenamento por posição de sulco. Os valores que aparecem como 100% representam a quantidade de água que permaneceu retida pelo solo após a conclusão da fase de redistribuição, embora tenha sido apontado pelos cálculos valores bem superior no momento de coleta das amostras, ou seja, logo após a última recessão. Isso ocorreu principalmente no final de alguns sulcos. A interpretação segue o mesmo raciocínio, a água estava ocupando temporariamente os macroporos.

A combinação de todas essas informações levam a conclusão de que, utilizar esse sistema de irrigação, experimentando sulcos de maiores comprimentos, poderia constituir-se numa das alternativas mais indicadas para aumentar os níveis de uniformidade de distribuição da lâmina aplicada no solo, melhorando a equalização dos

tempos de oportunidade para infiltração. Uma segunda alternativa a ser trabalhada, poderia ser pela redução da velocidade de avanço da frente de molhamento, impondo menor gradiente de declividade aos sulcos, porém baseado em testes anteriormente realizados, utilizando nível zero de declividade nesse mesmo local e fase do ano, observou-se que essa medida poderia predispor o solo a perigosos riscos de erosão em época de grandes precipitações, acarretando inclusive rompimento em cadeia dos sulcos, como realmente foi constatado na ocasião.

QUADRO 8 - Eficiência de aplicação e armazenamento nas três posições dos sulcos.

SULCO	NÚMERO DA IRRIGAÇÃO	ARMAZENAMENTO ( % )				APLICAÇÃO (%)
		INÍCIO	MEIO	FIM	MÉDIA	
4	1 <sup>a</sup>	80,54	47,78	52,43	60,25	65,04
4	8 <sup>a</sup>	86,67	62,20	73,43	74,10	65,44
5	10 <sup>a</sup>	37,94	69,22	100,00*	69,05	68,47
3	16 <sup>a</sup>	90,32	73,38	95,59	86,43	90,46
6	19 <sup>a</sup>	71,20	62,64	66,58	66,80	97,88
11	23 <sup>a</sup>	47,02	63,21	92,24	67,49	81,30
12	33 <sup>a</sup>	34,17	34,62	77,00	48,59	74,50
8	41 <sup>a</sup>	30,54	27,43	100,00*	52,65	73,10
10	60 <sup>a</sup>	56,65	39,85	100,00*	65,50	87,66
4	65 <sup>a</sup>	62,58	54,8	100,00*	72,46	70,77
MÉDIA	-	59,76	53,51	85,73	66,33	77,46

Foi observado porém, que durante a temporada de chuvas ocorridas no presente experimento, não foi constatado nenhum caso de erosão devido a limitações de escoamento visualmente perceptível, provavelmente beneficiado pelo grau de declividade adotado nos sulcos ( mínimo de 1,05 % ). Finalmente, uma terceira alternativa poderia ser a de testar os efeitos de uma redução de vazão, mas nesse caso, o inconveniente seria o de incorrer em problemas de otimização do equipamento e dificultar as práticas de manejo. Entretanto, durante a primeira irrigação, quando normalmente o teor de água no solo é ainda muito baixo, pode tornar-se indispensável o uso da vazão máxima não erosiva .

O Anexo "C " registra os índices de precipitação pluviométrica ocorridos diariamente durante todo o período experimental. Pode-se observar por ele, que as avaliações foram iniciadas somente após o final do período caracterizado por chuvas de maior intensidade e freqüência, assim não foi possível observar o efeito real da 1ª irrigação, quando o solo ainda estava recém preparado e bem mais seco. Entretanto, pouco antes da primeira avaliação ( 25/03/96 ) foi realizado as práticas de capina e retificação do leito de todos os sulcos. Percebe-se ainda por ele, que todas as irrigações avaliadas foram realizadas sem influência das chuvas, pois foram escolhidos exclusivamente os períodos de estiagem para realização dos testes.

As situações em que o cálculo de E.a., E.s. e disponibilidade resultaram em valores igual ou maior que 100 %, ocorreram praticamente durante as irrigações realizadas logo após as práticas de limpeza e capina ou então durante as últimas irrigações, todas elas condicionando o solo ao processo de acúmulo maior de água no final dos sulcos causado por aumento na velocidade de avanço.

#### 4. 4 Avaliação dos frutos produzidos

O ciclo normal da cultura do tomate, mantido sob boas condições de controle fitossanitário é de 120 a 130 dias, entretanto dependendo de determinadas formas de manejo ele pode ser elevado ao estado de semi-perenização ( Filgueiras 1982 ). De fato, no presente trabalho as práticas de irrigação e de controle fitossanitário foram mantidas até o final do ciclo, proporcionando um período de aproximadamente 9 meses, transcorrido entre a semeadura e a conclusão da fase de colheita.

O tamanho dos frutos é um dos critérios adotados para avaliar a qualidade do tomate. As Figura 19 e 20 mostram que as dimensões médias dos frutos que constituíram as amostras durante as primeiras seis semanas, tiveram sempre altura e diâmetro acima de 60 mm. A fase de colheita estendeu-se por 5 meses, porém nos dois últimos meses, apesar de ainda manterem-se sob boas condições de qualidade, notou-se que determinados frutos das pencas superiores, apresentaram certa tendência de queda de peso e de tamanho, apresentando ainda ligeira alterações de forma, provavelmente influenciados pela baixas temperatura ocorridas no período de maio a julho, as vezes demonstrando também ampliação de espaços interlocares. Já o peso médio permaneceu na faixa de 160 g durante os primeiros 80 dias, conforme mostram as curvas da Fig. 22. Todos esses resultados revelam que, em princípio houve uma boa aceitação por parte da cultura ao sistema de irrigação proposto.

De modo geral as curvas das figuras 19 a 22, demonstram que na fase principal de colheita, a variabilidade dos parâmetros avaliados foi relativamente pequena dentre os diversos sulcos avaliados. Entretanto o sulco 11, de maior declividade, apresentou menor número médio de frutos e menor altura média de frutos

por pé, em compensação, maior diâmetro, mantendo uma certa estabilidade média de peso em relação aos demais. Observando as linhas que representam os frutos produzidos nos sulcos 6 e 12, instalados no ponto de menor cota do croquis experimental, nota-se que eles apresentaram caracteres acima da média em todos os itens avaliados. Por outro lado as Figuras 19 e 20 demonstram que houve uma ligeira tendência de queda nas dimensões dos frutos que foram produzidos nos segmentos extremos de quase todos os sulcos, que receberam água em excesso ( 0-8 e 72-80 m).

Nos 1400 m<sup>2</sup> da área experimental ( 2200 covas ), foram colhidos 709 caixas de frutos dotados de ótimas condições para o mercado. Esse valor multiplicado pelo peso médio líquido de uma caixa padrão ( 21,5 kg ), possibilitou estimar a produtividade em 106,7 ton/ha. Ressalva-se no entanto, que essa estimativa não inclui os frutos danificados por ataques de pragas, doenças ou por qualquer outra anomalia que o invalidasse para o consumo " in natura". Mesmo assim, essa produtividade é maior que o dobro da média brasileira, revelando que o sistema testado, pode ser viável para aplicar água de irrigação no cultivo de tomateiro em morro. Podendo inclusive tornar-se uma boa alternativa ao sistema de aplicação da água por mangueira de pé em pé. Pois considerando que os resultados encontrados corresponderam satisfatoriamente aos principais objetivos pretendidos, pressupõe-se então que novos trabalhos e novas discussões poderão ser implementadas em busca de melhor consolidação dos objetivos. Talvez a supremacia demonstrada pelo método de mangueira tenha imperado até hoje, em decorrência direta da indisponibilidade de opções mais convincentes, considerando as condições tão delicadas de cultivo irrigado como esta, conforme as definições, apontadas até pelos próprios usuários

desse sistema, ele é altamente consumidor de mão-de-obra, de eficiência limitada à sensibilidade de cada irrigante e de ser ainda tremendamente desgastante, tanto para o equipamento quanto para os próprios irrigantes.

Finalmente registra-se aqui mais uma particularidade interessante observada durante a condução desse trabalho, pela qual o sistema proposto dispensou o uso da prática de cobertura morta, imprescindível no sistema de aplicação por mangueiras, devido a sua função essencial de aliviar o impacto da água de irrigação com o solo, grande responsável pela quebra de sua estrutura. Com isso houve uma economia adicional de mão-de-obra equivalente a 40 dias-homen/ ha.

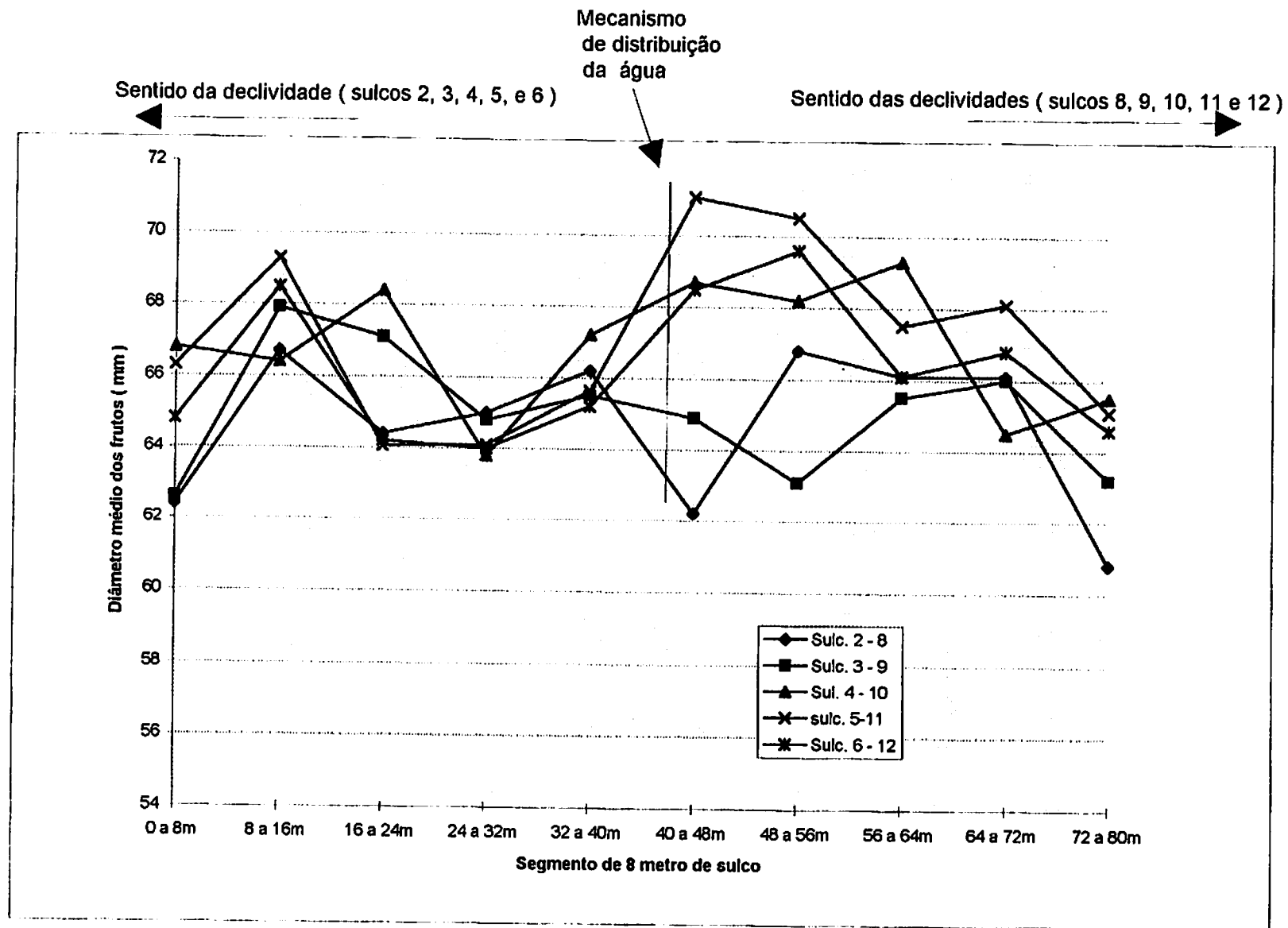


FIGURA 19 - Diâmetro médio dos frutos dentro de cada segmento de 8 metros de sulco.

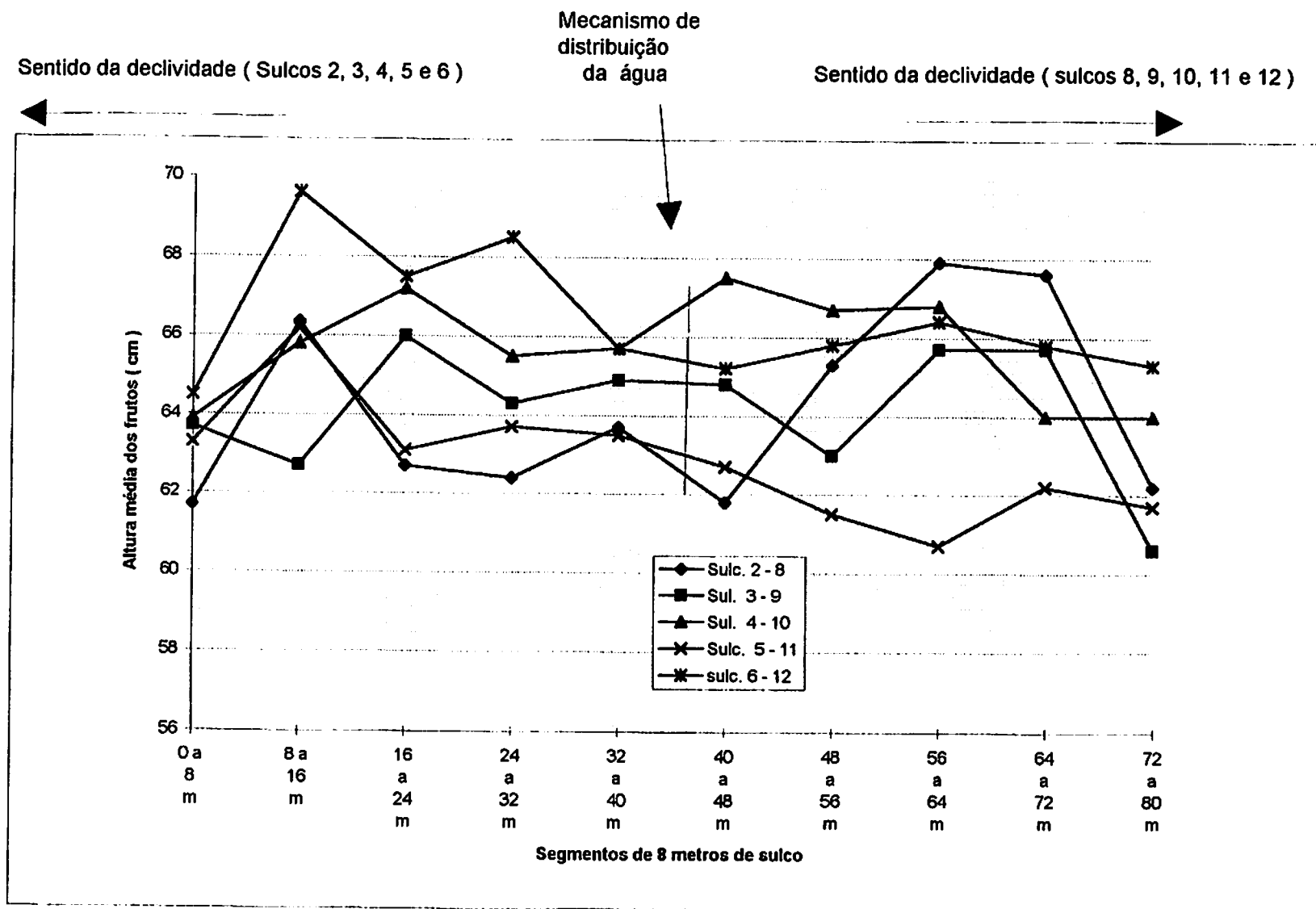


FIGURA 20 - altura média dos frutos obtidos dentro de cada segmento de 8 metros de sulco



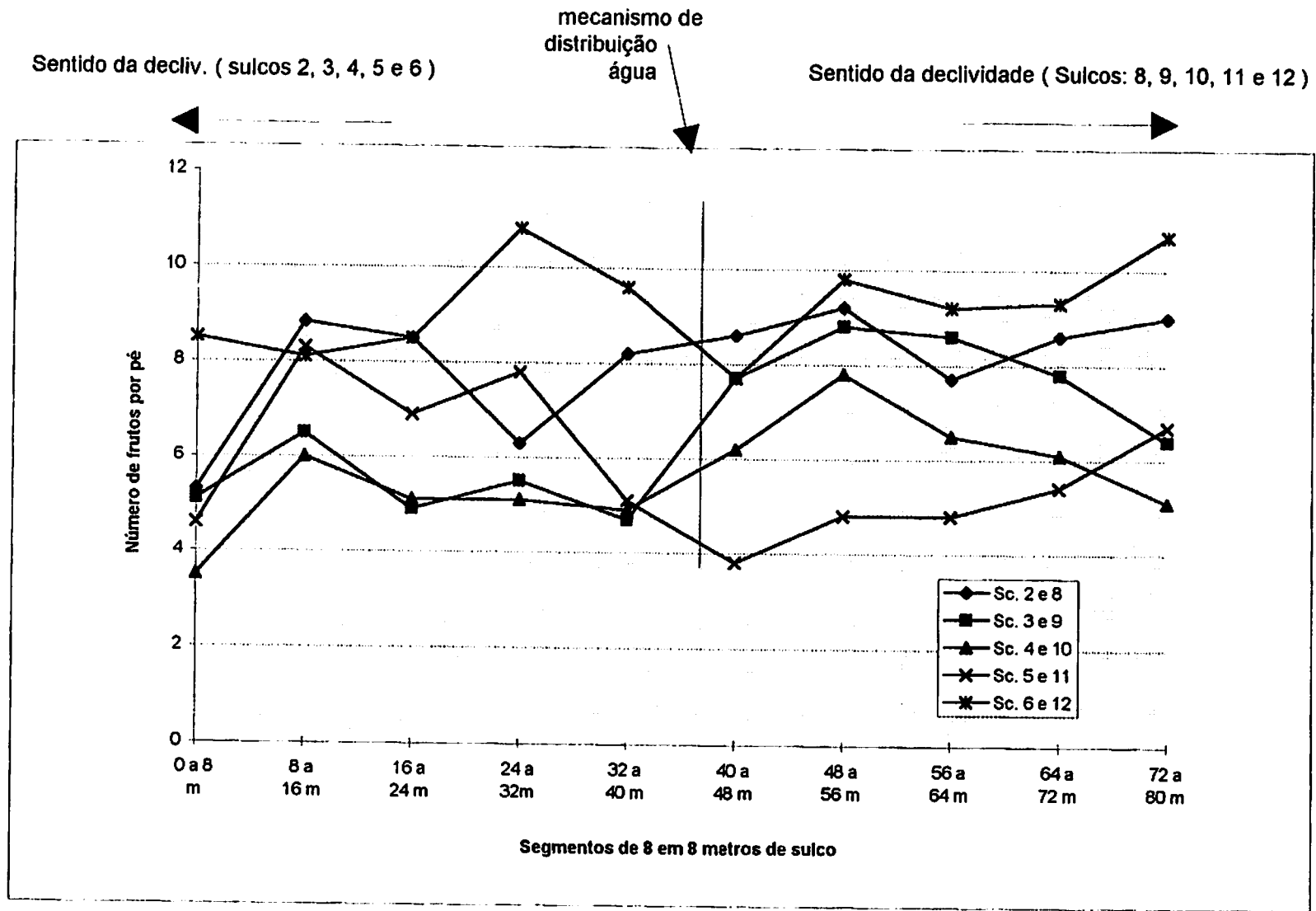


FIGURA 21 - Número médio de frutos por pé, obtidos em cada segmento de 8 metros de sulco.



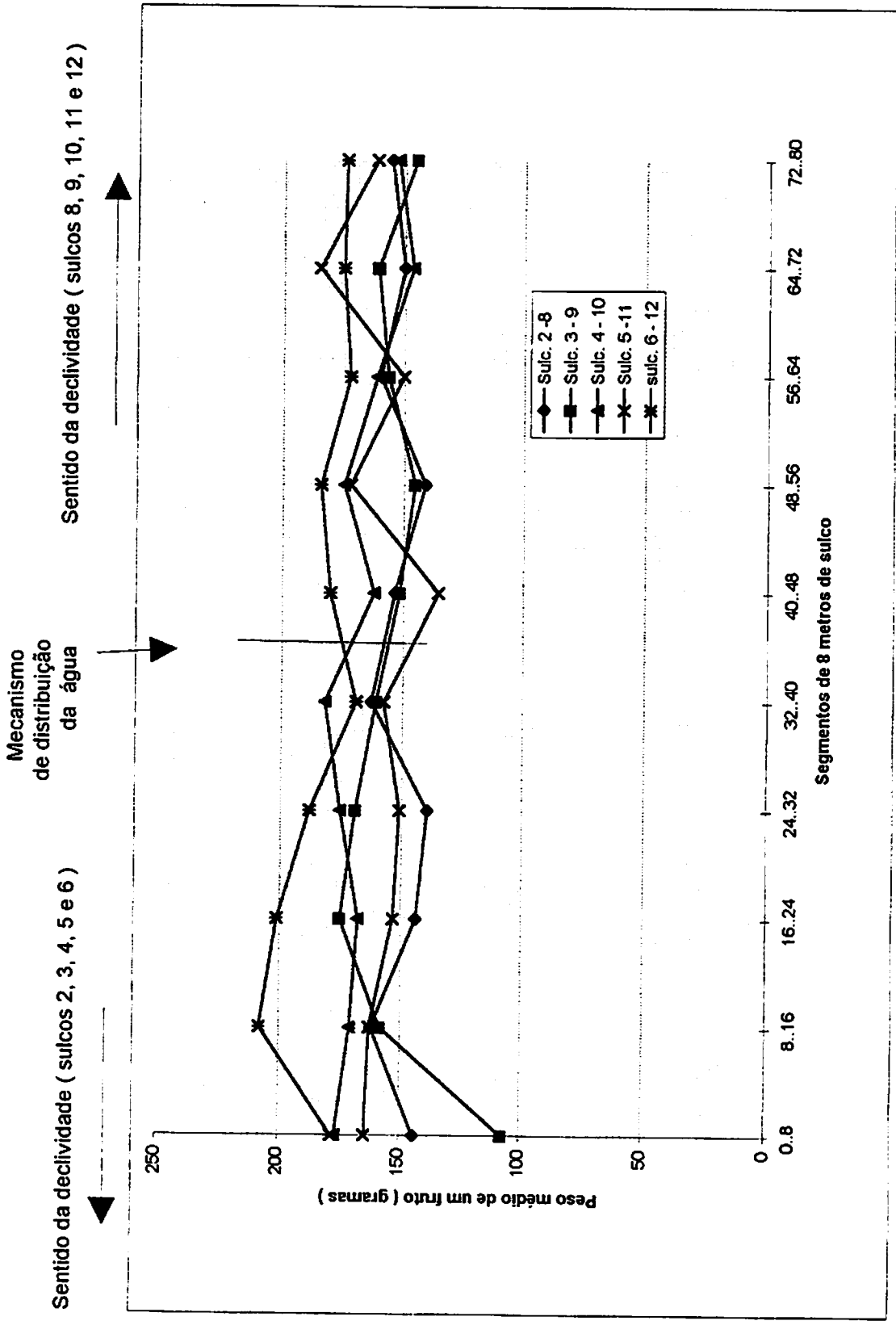


FIGURA 22 - Peso médio dos frutos obtidos dentro de cada segmento de 8 merros

## 5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente trabalho demonstrou que o sistema de irrigação por sulcos de infiltração, destinado ao cultivo de tomate, adequadamente instalados em linhas e situadas ao longo de encostas de terrenos declivosos, pode vir a constituir-se numa alternativa viável ao atual método de irrigação que utiliza mangueira para aplicação da água de pé em pé. Comparado a esse sistema obteve-se: significativa redução de mão-de-obra, menor desgaste operacional, tanto em relação ao equipamento quanto ao operador, acrescentando também grande simplicidade de manejo.

As análises e interpretações dos dados levantados, demonstraram evidente potencialidade para se obter elevação dos índices de qualificação das irrigações, especialmente quando praticadas sob condições especiais de cultivo como esta, tendo em vista, obter níveis elevados de produtividades como a que foi alcançada no presente experimento ( 106,7 ton / ha ), respondendo ainda com produção de frutos de excelente padrão de qualidade para o consumo.

Para melhorar os índices de eficiência de aproveitamento e uniformidade de distribuição da água aplicada, sugere-se, em função dos resultados obtidos, estudar os efeitos desse sistema aumentando o comprimento dos sulcos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AZEVEDO, H.M. Características de infiltração em sulcos abertos e fechados. Campina Grande: UFP, 1975. 60p. ( Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).**
- AZEVEDO, M.A.S.B. Estudo das características de avanço e infiltração da água em sulcos, num solo aluvial eutrófico, para o escoamento contínuo e intermitente. Viçosa: U F V, 1989. 105p (Tese - Mestrado em irrigação e Drenagem ).**
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 4. ed. Viçosa: UFV, 1986. 488p.**
- BOOHER, L. J. El riego superficial. Roma: FAO, 1974. 162p. ( FAO : Cuadernos de fomentos agropecuários, 1974 ).**
- BRASIL. Ministério da Agricultura - EMBRAPA; Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Pesca do Rio de Janeiro - PESAGRO-RIO E EMATER-RIO. Sistema de produção para o tomate. Rio de Janeiro, 1978. 33p. ( Boletim 143 )**
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma agrária, - Departamento Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas (1961 - 1990). Brasília, 1992. 84p.**
- CAIXETA, T.J. Estudo comparativo entre sistema de irrigação por sulco e gotejamento e efeito da lâmina d'água e frequência de irrigação por gotejamento na cultura do pimentão. Viçosa: UFV, 1978. 60p. ( Tese - Mestrado em Engenharia Agrícola).**

- CORDNER, H. B. A influence of irrigation water on yield and quality of sweet corn and tomatoes with especial reference to the time and number of aplicatines. **Proceedings of the American Society horticultural Science**, College Park. n. 40, p. 475 - 481, 1942.
- CRIDDLE, W. D. S.; PAIR, C. H. e SHOEKLEY, D. G. **Método of evaluating system** Washington: D.C. USDA, 1969. 24p ( Agriculture Handbook, 82 )
- CURI, N.; RESENDE, M. SANTANA, D.P. **Terras para irrigação**. Brasilia: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. 1987. 107p.
- DOORENBOS, J. E KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de H. R. Gheyi, et all. Campina Grande: UFPA, 1994. 306p. ( Estudos FAO: irrigação e drenagem, 33 ).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **1º Plano Diretor da EMBRAPA**. Secretaria de Planejamento. Brasília, 1988. 444p.
- FERNADEZ, P.G.; LUQUE, J. A.; PAOLONI, J. D. Analises de la infiltracion y su aplicacion para disenós de riegos en el Valle del Rio Colorado. **Revista de Investigaciones Agropecuárias**, Buenos Aires, v 8, n.1, p.1 - 29, 1971.
- FILGUEIRAS, F. A. P. **Manual de Olericultura**. 2. ed. São Paulo: ed. Agronômica Ceres, 1982. 375p.
- HALL, J. B . Staked tomato drip irrigation in California. In: **INTERNATIONAL DRIP CONGRESS**, 2, San Diego, 1974. p.480 - 485. Proceedings...
- HILLEL, D. **Solo e Água : Fenômenos e princípios físicos**, Porto Alegre: UFRGS, 1970. 231p.
- LEME, E.J. de A. **Estudos da variação das características hidráulicas do sulco de infiltração em cana de açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 1977. 109p (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).

- LINDERMAN, C.L. STEGMAN, E.C. Seazonal variation of hidraulic parameters and theis influence upon surface irrigation efficiency. *Transaction of the ASAE, St. Joseph*, v.14, n.95, p. 914 - 918, 1971.
- LOPES, C.A. e SANTOS, J.R.M. **Doenças do Tomateiro**. Brasília: EMBRAPA - CNPH. 1994. 61P.
- MANZAN, R.J. Irrigação do tomateiro. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, v.66, n.6, p.20 - 21, 1980.
- PARR, J. F. e BERNARD, A.R. Water Infiltration entry Soils. *Advance in Agronomy*. New York v. 12, p.311 - 366, 1960.
- PEREIRA, B. L. S; GILLEY, J. R. e JENSEN, M.E. Research Agenda on Sustainability of irrigate Agriculture. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. New York v.122, n.3, p.172 -177, May-June 1996.
- PEREIRA, G. M. **Estudo de Características de Avanço e Infiltração da água em Sulcos, em um Latossolo-Vermelho-Escuro Álico, com aplicação de Água Contínua e Intermitente**. Viçosa: UFV, 1991.84 p. ( Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem ).
- REICHARDT, K. **Processos de transferência no Sistema Água-Planta- Atmosfera**. Piracicaba: ESALQ, 1985, 422p.
- RODRIGUEZ, F. Custos de Benefícios da Irrigação no Brasil. *ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna*. Brasília. n . 41, p. 6 -11, 1990.
- SAMANI, Z. A. ; WALKER, W. R. e WILLARDSON, L.S. Infiltration under surge flow irrigation. *Transaction of the ASAE, St. Joseph* , v.28, n.5, p1539 - 1542, Set/Oct. 1985.
- SANTOS, B.S. **Efeito da irrigação por gotejamento no crescimento e produção do Tomateiro (*Lycopersicon esculentum, Mill.*) cultivado em casa de vegetação e em condições de campo**. Piracicaba: ESALQ, 1986. 76p. ( Tese - Mestrado em Irrigação).

- SCALOPPI, E. J. Sistema de irrigação por superfície. Informe agropecuário. Belo Horizonte, v.12, n. 139, p.12-26, jul, 1986.
- SILVA, E.M. ; AZEVEDO, J.A. e RESENDE, M. *et al.* Tubos janelados para irrigação por sulcos. Brasília: EMBRAPA - C P A C. 1990. 5p. ( comunicado técnico, 991 ).
- SILVA, J. B. et all. Cultivo do tomate para industrialização ( *Lycopersicon esculentum mill.* ). Brasília: EMBRAPA - CNPH, 1994. 33p. ( instruções técnica, 12 )
- SOARES, J. M. Sistema de irrigação por mangueiras. Petrolina: EBRAPA - CPATSA 1987. 130p. ( Circular técnica, 13 ).
- SOARES, J.M.; FARIAS, C. M. B. Métodos de irrigação e adubação do tomateiro industrial. Pesquisa agropecuária brasileira. Brasília, v.3, n.18, p.281 - 286, 1983.
- STRINGHAN, G.E. Surge flow irrigation final report of the siistem research project; w - 163. Logan: Utah State University, 1988. 92p.
- TESTESLAF, R. Fluxo Intermitente: uma nova idéia em irrigação superficial. ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília, n.24, p.2 - 3, 1986.
- TOLEDO GARRIDO, M. A. Influência de regime de fluxo sobre infiltração e avanço de água em sulcos de irrigação. Lavras: ESAL, 1992, 92p. ( Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem ).
- UBERT, A. Y . A. Classificação de terras para irrigação. ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna. Brasília, n.4, p37 - 39, jun.1990.
- WALKER, J. ; SCHLEGEL. Field Testing of Surge Irrigation System. In: SURGE IRRIGATION CONFERENCE. Midland: Texas Agricultural Extension Service, 1984, p.41 - 42. Proceedings...

WALKER, W.R.; SKOGERBOE, G.V. **Teoria e Pratica Del Riego Por Superficie.**  
Utah: International Irrigation Center. 1987. p. irregular.

WILLARDSON, I. S. e BISHOP, A. A. Analisis of surface irrigation aplication eficiencia.  
**Journal of the Irrigation and Drainage Division.** New York, n.2 v.93, p.21 - 36, 1967.



**ANEXOS**

## ANEXO - A

### O método de irrigação por mangueiras praticado no Rio de Janeiro

De acordo com o sistema de produção, publicado pelo boletim 143 da EMBRAPA ( 1978 ), são necessários para irrigar a cultura do tomate pelo método de mangueira de pé em pé, em média, 220 dias-homem / ha ou 37% do total da mão-de-obra consumidos durante um ciclo. Independente das condições topográficas, esse processo de irrigação, praticado desde o solo plano até a classe forte ondulado, pode ser descrito resumidamente da seguinte forma: O aproveitamento da água, situada geralmente bem abaixo da área cultivada, com derivação por bombeamento direto de um manancial, é feito quase sempre por meio de bomba centrífuga e motor diesel. A adutora e tubulações secundárias são providas de engate rápido com material em PVC ou aço-zincado, em diâmetros variando de 75 a 125 mm. Estas tubulações são providas de "n" saídas espaçadas aproximadamente de 30 em 30 m, onde são conectados as mangueiras flexíveis do tipo cristal, com diâmetro em torno de 50 mm.

A vazão de saída, normalmente é de  $0,50 \text{ l. s}^{-1}$  e a distribuição da água é feita manualmente de pé em pé, exigindo que os irrigantes caminhem entre as linhas de plantio aplicando em média por esguicho 3 a 4 litros de água por cova, com tempo de aplicação de 6 a 7 segundos. Há necessidade também de um segundo irrigante que vem logo atrás manejando a mangueira, de forma a evitar danos à cultura

que dependendo do tamanho da área pode tornar-se muito pesada, para ser arrastada. As linhas de plantio não seguem nenhum critério conservacionista e para as operações de rotina não é comum analisar os parâmetros de solo, indispensáveis a um adequado manejo da irrigação. A dotação de rega é estimada tão somente pelo controle da velocidade de deslocamento dos irrigantes. Com isso, não há nenhum conhecimento da lâmina de água aplicada nem tão pouco da quantidade de solo, água, nutrientes ou até agroquímicos que estarão sujeitos ao processo de carreamento por escoamento superficial. A única medida adotada na tentativa de amenizar esta situação é o uso de cobertura morta, com média de consumo de mão-de-obra em torno de 40 dias-homem/ ha . O turno de rega básico é de 2 dias, podendo variar de acordo com a época do ano.

Embora possa ocorrer em outras regiões produtoras de hortaliça sobre solo inclinado, ainda não foi encontrado na região produtores adotantes do processo de irrigação por sulcos em contorno, utilizando comportas, enxadas ou sacos de terra na abertura e fechamento dos sulco para o desvio da água, talvez por ainda não ser essa uma técnica tradicional conhecida entre eles, no entanto muito raramente pode ser visto a aplicação do processo conhecido como Romunhol. Também ainda não foi constatado na região o uso de irrigação por sulco com distribuição por meio de tubos janelados, ou qualquer outra estrutura de condução da água sobre declive que não seja por meio de tubulação.

## **ANEXO - B**

### **Análise comparativa de custos entre a irrigação pelo sistema de sulcos proposto e o método de mangueira de pé em pé**

A relação de materiais utilizado para construir cada calha envolveu: 1,05 chapa de aço- zincado com dimensões de 2 x 1 m; uma curva 90<sup>o</sup> e um metro de tubo com diâmetro de 100 mm; seis curvas 90<sup>o</sup> e três metros de tubo com diâmetro de 75 mm, todos em PVC PN-40. Somados chegou-se a um custo total de R\$ 138,00 por conjunto de 6 calhas. Baseado nesses gastos, estima-se então para um hectare o custo de R\$ 966,00, além da mão-de-obra de transporte e montagem.

Foi feito no comércio local, um orçamento para irrigar um hectare de tomate pelo método de mangueiras de pé em pé, chegando-se ao seguinte valor:

- 250 m de mangueira flexível de polietileno, com diâmetro de 1,5" ; 3 registros de gaveta com diâmetro de 2" ; 6 derivações com redução de 3 x 1,5" e 6 adaptadores com diâmetro de 1,1/2", todos em PVC . Para a linha de distribuição com funcionamento simultâneo de duas saídas são gastos: 15 barras de tubos com 6 m de comprimento, um tampão final e duas curvas 90<sup>o</sup> em PVC rígido no diâmetro de 3".

Excluindo-se também a mão-de-obra para transporte e montagem chega-se a um valor total estimado em R\$ 1245,00/ha.

Para essa montagem foi considerado um comprimento máximo para cada segmento de mangueira de 40m, visto que, ao ser conectado à rede de distribuição e arrastada sobre a superfície do solo, seu peso com água pode chegar a 52 kg, confirmando assim o exigente esforço reclamado pelos irrigantes além de provocar um rápido e inevitável desgaste do material. Apesar da elevada declividade das áreas em questão, não é comum na região o uso de reguladores de pressão, razão pela qual seu custo não aparece no presente orçamento.

## ANEXO - C

**Tabela 1C: Índices de precipitação em mm por dia, ocorridos na região durante o período do experimento no ano de 1996 .**

Dia	Jan.	fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
01	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
02	26,9	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
03	5,0	44,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
04	15,4	80,0	5,4	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0
05	0,0	39,4	17,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
06	5,2	6,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
07	18,0	16,0	10,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
08	0,6	19,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	10,6	18,6	17,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	11,7	36,8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0
12	32,4	0,0	17,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,4	8,0	8,4	0,2	0,0	0,0	0,0	15,2	0,0
14	0,0	2,3	10,2	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,2	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	7,2	5,4	28,2	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	3,0	24,2	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	6,0	0,0	0,01	0,2	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0
20	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	7,8	17,4	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	2,4	5,8	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	1,0	0,0	0,0	29,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	3,0	0,0	12,3	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0	13,8
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2
31	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0

Fonte: Estação Agroclimatológica da UFLA - Lavras MG.