



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*



AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO USO DE ÁGUA PELO TOMATEIRO SOB IRRIGAÇÃO POR SULCOS

JANE MARIA CARVALHO SILVEIRA; LUIZ ANTONIO DANIEL; EDSON EIJI MATSURA;

APTA REGIONAL

MOCOCA - SP - BRASIL

jane@apta regional.sp.gov.br

APRESENTAÇÃO SEM PRESENÇA DE DEBATEDOR

AGRICULTURA, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Avaliação da eficiência do uso de água pelo tomateiro sob irrigação por sulcos

Grupo de Pesquisa: Agricultura, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

RESUMO

A irrigação como a maior usuária de recursos hídricos necessita melhorar a eficiência do uso da água para produção de alimentos. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência do uso da água pela cultura do tomate sob irrigação por sulcos. O estudo foi realizado no Município de Estiva Gerbi/SP com o sistema de irrigação por sulcos conduzido por bandeira, o qual é amplamente utilizado na cultura de tomate. Os resultados mostraram que a eficiência de uso da água pela cultura do tomate foi baixa ($3,3 \text{ kg.m}^{-3}$), onde apenas 30% da água captada foi efetivamente utilizada pela cultura, e mais de 70% foi desperdiçado. Das perdas, o transporte de água até os talhões irrigados foi o principal responsável pelo desperdício. Foi constatada uma perda de água por percolação nos sulcos de irrigação ao redor de 80%. A alta perda por percolação foi consequência do dimensionamento e manejo inadequados deste sistema de irrigação por sulcos.

Palavras-chave: impactos ambientais, recursos hídricos, irrigação, tomate, percolação.

Assessment of the efficiency of water use for tomato crop under furrow irrigation



ABSTRACT

The irrigation as the biggest user of water resources need to improve the efficiency of water use for food production. In this context, the objective of the paper was to evaluate the efficiency of water use by tomato crop under furrow irrigation. The study was developed in Estiva Gerbi/SP County with the furrow irrigation carried out by boulder, which is widely used in the tomato crop. The results showed that the efficiency of water use for tomato production was low ($3,3 \text{ kg.m}^{-3}$), where only 30% of the captivated water was indeed used for crop, and more of 70% was wasted. From losses, the water conveyance even irrigation field was the main responsible for water waste. It was achieved a water loss by percolation in the furrows of about 80%. The high loss by percolation was consequence of the inadequate design and management of this furrow irrigation.

1. INTRODUÇÃO

A intensificação da agricultura irrigada é uma opção estratégica para aumentar a oferta de produtos agrícolas, a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas.

No Brasil, a irrigação é responsável por 61% da água captada, ao passo que o consumo industrial e o doméstico respondem por 18% e 21%, respectivamente (Brito et al., 2002).

A irrigação como a maior usuária dos recursos hídricos tem sido muito criticada e apontada como causadora de impactos ambientais. A necessidade de uma avaliação ambiental dos sistemas de irrigação está relacionada com a preservação do meio, a qualidade de vida e a garantia de recursos naturais para futuras gerações. Segundo Bernardo (1998), a irrigação no Brasil, infelizmente, ainda não está sendo praticada com a eficiência desejada. Com a competição cada vez maior por água pelos vários setores da sociedade, há pressão para que a irrigação seja conduzida com a máxima eficiência.

Da superfície total do Brasil (854,7 milhões de hectares), cerca de 65,5 milhões (7,7%) estão atualmente sob a categoria de terras aráveis e sob permanente cultivo. A área irrigada total em território brasileiro, em 1998, foi estimada em aproximadamente 2,9 milhões de hectares (Christofidis, 1999).

Dentre os sistemas de irrigação mais utilizados no Brasil, a irrigação por superfície ocupa cerca de 60% da área irrigada no Brasil. Frizzone (1993) relata que os sistemas de irrigação por superfície apresentam algumas vantagens em relação aos outros sistemas, pois, geralmente, revelam os menores custos anuais, apresentam simplicidade operacional e são adaptáveis a um grande número de culturas e à maioria dos solos cultiváveis. Segundo Frizzone (1993), este método de irrigação engloba os seguintes sistemas: irrigação por sulcos, irrigação por tabuleiros de inundação e irrigação por faixas.

No sistema de irrigação por sulcos, a água é aplicada na parte superior em que o terreno foi preparado, com declive adequado para a condução da lâmina líquida sem causar problemas de erosão ou má distribuição de água. À medida que a lâmina caminha no sulco, uma porção sempre decrescente desta caminha sobre o solo, sendo que o restante infiltra-se e compõe a parte sub-superficial da lâmina. De acordo com Walker & Skogerboe (1987), além da infiltração, a quantidade de água no sulco (vazão), a declividade do terreno, a rugosidade da superfície do solo, o tamanho e a forma do sulco influenciam diretamente a eficiência da irrigação por sulcos.

A irrigação é indispensável para garantir a produção de tomate em muitas regiões do Brasil. No Estado de São Paulo a produção de tomate no ano de 2002 foi de 765.990 toneladas sendo 497.454 toneladas de tomate estaqueado destinado ao consumo in natura. Esta produção foi proveniente de uma área de 8.196,90 hectares (IEA, 2004). As regiões que mais se destacam na produção do tomate de mesa no Estado de São Paulo são de Itapeva, Campinas e Mogi Mirim com 2345, 1447 e 885 hectares, respectivamente. Nestas regiões a irrigação por sulcos tem sido muito difundida.

O município de Estiva Gerbi, pertencente a regional de Mogi Mirim, cultiva anualmente de 60 a 70 hectares de tomate. O cultivo se estende de fevereiro até novembro. Tradicionalmente os tomaticultores utilizam o sistema de irrigação por sulcos com ‘bandeira’ para distribuição da água. Este sistema é pouco eficiente na utilização da água, ou seja, perde-se muita água no transporte, por baixo da bandeira e por percolação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do uso da água na cultura do tomate sob irrigação por sulcos em uma propriedade de exploração comercial do tomate no Município de Estiva Gerbi/SP.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em uma propriedade agrícola de exploração comercial de tomate de mesa localizada no Município de Estiva Gerbi/SP, localizado nas coordenadas 46° de longitude oeste e 22° de latitude sul, à 590 metros de altitude. A temperatura média anual é de 20,2°C com precipitação anual de 1564 mm.

O solo na área destinada ao plantio das mudas de tomate na propriedade é um Latossolo Vermelho Amarelo cujos principais atributos físicos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos físicos do solo

Atributo	Unidades	Camada	Camada
		0-20 cm	20-40 cm
Granulometria	% Argila	64	67
	% Silte	14	12
	% Areia	22	21
Densidade do solo	kg.m ⁻³	1333	1340
Capacidade de campo	g. g ⁻¹	0,33	0,34
Microporosidade	m ³ .m ⁻³	0,40	0,41
Macroporosidade		0,10	0,10

Observando a Tabela 1 verifica-se que o solo apresenta textura argilosa, com mais de 60% de argila. Segundo Kiehl (1979) em solos argilosos, os valores de densidade devem estar entre 1000 e 1250 kg.m⁻³. Pela Tabela 1, verifica-se que a densidade média desse solo foi superior a faixa apresentada por Kiehl (1979). Com relação à porosidade, este solo apresenta alta microporosidade, responsável pela retenção de água.

O levantamento de dados foi realizado durante um ciclo de desenvolvimento da cultura do tomate no período de julho a novembro. O transplante das mudas de tomate foi realizado no mês de julho de 2002 após o preparo da gleba. Uma área de 4,83 hectares foi subdividida em oito talhões, em encosta de orientação Leste-Oeste e exposição Sul com declividade média de 3,72%. Em cada um dos talhões foram construídos, com sulcadores de três linhas, os sulcos de irrigação propriamente ditos. Os sulcos de irrigação foram construídos em nível e, perpendicular ao canal secundário conforme mostra a Figura 1. Cada sulco tinha cerca de 20 metros de comprimento e eram fechados no final. O espaçamento entre os sulcos foi de 1,00 metro, a largura e a profundidade média dos sulcos foi de 0,45 e 0,15 metro, respectivamente.

O transplante das mudas de tomate (*Lycopersicon esculentum* cultivar ‘Débora Plus’) foi feito nas leiras formadas nas bordas dos sulcos. O fornecimento de água para a irrigação consistiu no bombeamento da água do açude até o canal principal (de terra) localizado acima dos talhões de cultivo. A tubulação de recalque era de 175 mm com redução para 150 mm, perfazendo 910 metros de comprimento. A distribuição da água para os sulcos era feita manualmente, onde um operário utilizava uma “bandeira”, manta de plástico com alça contendo terra. A “bandeira” é utilizada para desviar a água do canal secundário para o sulco de irrigação. No momento em que a água atingia o final do sulco, a “bandeira” era

arrastada para o sulco subsequente e a operação se repetia sucessivamente até o final do talhão.

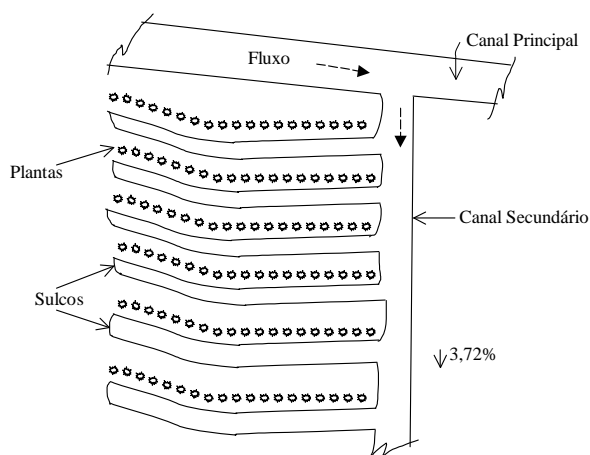


Figura 1. Esquema de um talhão com canal principal, secundário e os sulcos de irrigação

Durante o ciclo da cultura do tomate, foram realizadas 34 irrigações. Na área de 4,83 hectares foram irrigados, sistematicamente, dois talhões ao mesmo tempo em todo o ciclo. As determinações de vazão e da infiltração foram realizadas em um dos talhões dessa gleba.

Para a determinação da eficiência do uso da água monitorou-se a vazão em diferentes pontos da área irrigada: i) na saída da bomba, próximo à captação de água, ii) no canal principal, próximo ao talhão avaliado, iii) no canal secundário, responsável pela distribuição de água neste talhão e, iv) no final do talhão, coletando-se a vazão que passa por baixo da bandeira.

A determinação da vazão na captação (q_c) foi feita utilizando um medidor ultra-sônico, modelo Doppler-Flowmeter. O aparelho foi calibrado em laboratório e instalado na tubulação conforme as recomendações do fabricante. A vazão foi obtida pela seguinte equação:

$$q_c = 0,08.v.(ID)^2$$

Em que:

q_c - vazão na captação ($L.s^{-1}$)

n - leitura da velocidade no aparelho ($m.s^{-1}$)

ID - diâmetro interno da tubulação (cm).

A obtenção da vazão no canal principal de irrigação (q_p) foi realizada próximo ao talhão avaliado. Instalou-se um vertedor retangular de chapa metálica e com largura da soleira de 0,305 m. A montante do canal, cerca de 1,5 metro de distância da chapa colocou-se a régua metálica onde foram feitas as leituras de altura do fluxo durante a irrigação do talhão. A vazão no canal principal foi obtida com auxílio da tabela de Francis descrita em Bernardo (1987).

A vazão no canal secundário (q_s) e a vazão que passa por baixo da bandeira (q_b) foram obtidas pelo método direto de medição de vazão baseado no volume de água coletado por unidade de tempo. Segundo Bernardo (1987), o tempo gasto para determinação da vazão, deve ser a média de três medições. No final do canal secundário abriu-se uma trincheira de mais ou menos 1 metro quadrado onde foi colocado um tambor com 100 litros.

Com um tubo de 150 mm e 6 metros de comprimento direcionou o fluxo do canal secundário para a trincheira, de modo que toda a água caísse livremente no tambor. Durante a determinação da vazão no canal secundário interrompeu-se a irrigação dos sulcos, ou seja, as determinações foram feitas coletando toda a água que passa no canal secundário sem a interferência da bandeira.

Com a irrigação procedendo-se normalmente no talhão, determinou-se a vazão que passa por baixo da bandeira (q_b), em um balde de 10 litros.

As vazões medidas no canal secundário e que passa por baixo da bandeira, foram obtidas pela relação:

$$q_i = \frac{V}{t}$$

q_i - vazão no ponto considerado, q_s ou q_b ($L.s^{-1}$)

V - volume conhecido (L)

t - tempo médio para coleta do volume conhecido (s).

Devido ao represamento de água a montante do sulco, a vazão aplicada aos sulcos não pôde ser obtida com calha WSC. Desta forma, a vazão aplicada aos sulcos foi estimada pela diferença entre a vazão do canal secundário e a vazão que passa por baixo da bandeira conforme a relação:

$$q = q_s - q_b$$

q - vazão aplicada aos sulcos ($L.s^{-1}$)

q_s - vazão do canal secundário ($L.s^{-1}$)

q_b - vazão que passa por baixo da bandeira ($L.s^{-1}$)

A determinação da eficiência do uso da água pelo tomateiro foi obtida relacionando-se a produtividade média da gleba com o volume total de água aplicado nessa mesma área. O volume total de água aplicado foi calculado com base na vazão captada, no tempo médio de funcionamento da bomba para irrigar toda a área e no número de irrigações realizadas durante o ciclo.

A avaliação da perda de água por percolação foi feita tomando-se a equação de infiltração obtida em três sulcos representativos do talhão.

Ao longo dos três sulcos, com 20 metros de comprimento fechados no final, foram demarcadas 6 estações utilizando estacas de bambu enterradas no solo. As estações foram distribuídas ao longo dos sulcos, equidistantes de 3 metros.

O ensaio para determinação da equação de infiltração em cada sulco foi realizado 30 dias após o transplante das mudas, utilizando o método do balanço volumétrico. De acordo com Walker & Skogerboe (1987), o método do balanço volumétrico permite esboçar o perfil da lâmina infiltrada ao longo do sulco (z), levando-se em consideração a vazão na entrada no sulco (Q_0) e a altura do fluxo de escoamento (y) conforme mostra a Figura 2.

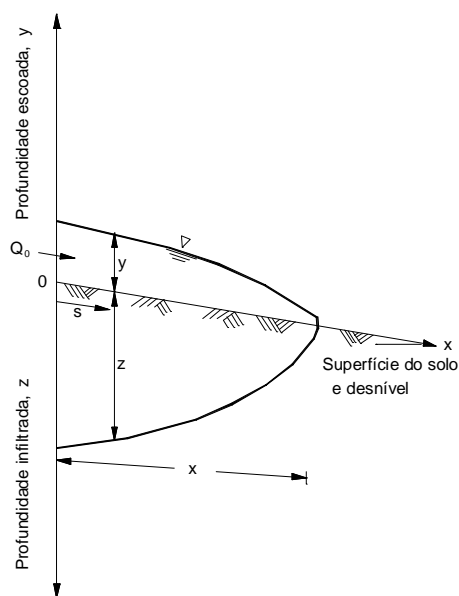


Figura 2. Esboço do fluxo de escoamento de água na superfície e interior do solo pelo método do balanço volumétrico

O método do balanço volumétrico calculado em função da vazão aplicada, da geometria da seção transversal do sulco e do tempo de oportunidade de infiltração em cada estação. A seção transversal dos sulcos foi obtida utilizando um perfilômetro de hastes em cada estação. Com os dados de seção determinou-se o fator de forma superficial (r_y) e sub-superficial (r_z) para cada sulco. O tempo de oportunidade de infiltração em cada estação foi obtido pela diferença entre o tempo de recesso e o tempo de avanço da água em cada estação. Conforme as recomendações de Scaloppi et al. (1995) obteve-se, para cada sulco, a equação de infiltração do tipo Kostiakov, descrita pela equação a seguir:

$$Z_{inf} = K \cdot t^a$$

Em que:

Z_{inf} – lâmina infiltrada (mm)

K e a – coeficiente e expoente da equação de infiltração de Kostiakov, respectivamente.

t - tempo de oportunidade de infiltração (min)

Pela equação de infiltração plotou-se a curva de infiltração acumulada e a curva da velocidade de infiltração, obtida pela derivada da equação de infiltração. A lâmina infiltrada em cada trecho dos sulcos foi obtida em função do tempo de oportunidade de infiltração em cada estação.

Para avaliação da perda por percolação comparou-se a lâmina infiltrada com a lâmina requerida, a qual foi determinada pela equação:

$$Z_{req} = (U_{cc} - U_{atual}) \cdot 10 \cdot D_s \cdot p$$

Em que:

Zreq - lâmina requerida (mm)

Ucc - umidade da capacidade de campo a sucção de -7,5 kPa, (g.g⁻¹)

Uatual - umidade determinada antes da irrigação, (g.g⁻¹)

Ds - densidade do solo (g.cm⁻³).

p - profundidade de efetiva do sistema radicular no estágio de desenvolvimento da cultura avaliado (cm)

A umidade atual foi obtida uma hora antes do ensaio em cada um dos três sulcos, nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 metro. A profundidade efetiva do sistema radicular utilizada para os cálculos foi de 25 cm, conforme recomendação de Marouelli et al. (2001) para a cultura do tomate em fase inicial de desenvolvimento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra os resultados da vazão média obtida nos diferentes pontos da área irrigada. No caso da vazão captada (qc), o medidor não apresentou muitas oscilações durante a irrigação da área. Já no canal principal a vazão foi obtida de uma em uma hora, durante a irrigação do talhão avaliado. As vazões no canal secundário e que passa por baixo da bandeira foram determinadas individualmente. A vazão que passa por baixo da bandeira pôde ser obtida durante a irrigação normal do talhão. Para determinar a vazão que passa pelo canal secundário foi necessário interromper a irrigação do talhão, sendo realizada após a irrigação do talhão. Devido a grande quantidade de água que entra no canal secundário, foram realizadas 6 coletas para determinação da vazão do canal secundário, para evitar que inundasse a área abaixo deste talhão.

Tabela 2. Vazão média obtida nos diferentes pontos da área irrigada

Pontos	Método de Determinação	Vazão Média	
		Desvio Padrão	
		L.s ⁻¹	
Captação	Ultra-sônico	63,7	0,2
Canal principal	Vertedor	12,7	2,3
Canal secundário	Volumétrico	9,0	0,5
Final talhão	Volumétrico	0,7	0,2
Sulcos	Estimativa	8,3	0,2

Observando a Tabela 2, verifica-se que a vazão média captada na bomba (qc) é 7 vezes maior do que a vazão do canal secundário no talhão avaliado (9,0 L.s⁻¹). Lembrando que durante o ciclo da cultura foram irrigados, dois talhões ao mesmo tempo, a vazão efetiva utilizada para a irrigação foi de 18,0 L.s⁻¹, admitindo-se que nos dois talhões a vazão do canal secundário seja a mesma. Logo, pode-se concluir que menos de 30% da vazão captada no açude foi efetivamente usada para a irrigação. O restante, mais de 70%, correspondeu aos desperdícios de água devido à ineficiência no transporte de água para a área irrigada. As perdas no transporte de água podem ser atribuídas aos vazamentos existentes na tubulação de recalque e a perda de água no final dos talhões. Essas perdas provocaram, rotineiramente, alagamento nos carreadores localizados abaixo dos talhões de irrigação e inundação de estradas, dificultando o transporte dos frutos colhidos.

Pela Tabela 2 observa-se ainda que a vazão que passa por baixo da bandeira foi de $0,7\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$. Como o tempo médio necessário para irrigar o referido talhão era de aproximadamente 4 horas e meia, a perda de água no final do talhão em cada irrigação foi estimada em $11,34\text{ m}^3$, que resultaria em uma perda de $385,56\text{ m}^3$ de água durante o ciclo, denotando ineficiência do sistema.

Frizzone (1993) recomenda analisar a vazão máxima não erosiva em sulcos e sugere como limite superior prático para a vazão aplicada aos sulcos da ordem de $2\text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$. Foi constatado que a vazão aplicada aos sulcos foi de $8,3\text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, valor bem acima do recomendado. Com isso, depreende-se que a vazão aplicada aos sulcos contribui para a erosão nas paredes dos sulcos.

O tempo médio de irrigação da área foi de 15 horas, considerando as 34 irrigações realizadas durante o ciclo, obteve-se o volume de água aplicado no ciclo de $24214\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$. A eficiência do uso de água pela cultura do tomate no sistema de irrigação por sulcos com bandeira apresenta-se na Tabela 3.

Tabela 3. Eficiência do uso da água pela cultura do tomate sob irrigação por sulcos com bandeira.

Área total (ha)	Tempo de irrigação (horas)	Irrigação no ciclo	Volume aplicado no ciclo ($\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$)	Produtividade média ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Eficiência do uso da água ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
4,83	15	34	24214	79,0	3,3

Estudos realizados pela FAO apresentados por Doorenbos & Kassam (1994) recomendam para a cultura do tomate uma eficiência do uso da água de 10 a $12\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Segundo Soares & Faria (1983), o método de irrigação por aspersão condiciona melhor controle da lâmina de água aplicada quando relacionado com o método de irrigação por sulcos, pois obtiveram uma eficiência do uso da água pela cultura de tomate industrial sob irrigação por sulcos de $7,3\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ contra $12,7\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ com o sistema de irrigação por aspersão.

Verifica-se pelos dados apresentados que a eficiência do uso da água pela cultura do tomate sob irrigação por sulcos com bandeira, foi muito baixa. Isto se deve, provavelmente, a baixa eficiência na condução de água, devido aos vazamentos existentes na tubulação de recalque e à perda por percolação nos canais de condução de água (canal principal). Algumas melhorias podem aumentar a eficiência de uso da água tais como: vedar todos os vazamentos existentes na tubulação, revestir com plástico o canal principal e até mesmo substituir a bandeira, o que evitaria ainda o desperdício de água por baixo da bandeira.

Observa-se ainda pela Tabela 3 que a cultura do tomate respondeu positivamente à irrigação, ou seja, apresentou uma produtividade de $79\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, superior a produtividade média nacional de $53\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (IBGE, 2002). Entretanto, não basta obter altas produtividades, os recursos hídricos estão escassos e necessita-se otimizar o uso da água.

Em relação ao manejo da irrigação, avaliou-se a perda de água por percolação aos 30 dias após o transplante. Pelo método do balanço volumétrico, obtiveram-se, em função da geometria dos sulcos, os fatores de forma para os três sulcos e suas respectivas equações de infiltração. Na Tabela 4 encontra-se o fator de forma superficial e sub-superficial bem como os coeficientes e expoentes da equação de infiltração de Kostiaikov para os três sulcos avaliados.

Tabela 4. Fator de forma superficial (r_y) e sub-superficial (r_z), coeficiente (k) e expoente (a) da equação de infiltração de Kostiakov

Sulco	r_y	r_z	K (mm.min ^{-a})	a
1	0,73	0,80	25,5	0,26
2	0,74	0,88	33,8	0,13
3	0,74	0,87	43,5	0,15

De acordo com Rezende & Scaloppi (1985), os valores obtidos para os fatores de forma dos sulcos estão dentro da faixa para o sistema de irrigação por sulcos.

Os parâmetros da equação de infiltração (k e a) variaram de um sulco para o outro. Frizzone (1983) relata que a infiltração é um processo muito complexo, dependente das propriedades físicas e hidráulicas do solo, do seu conteúdo inicial de água, da forma de umedecimento, das variações de permeabilidade devido ao movimento da água na superfície e ao ar bloqueado nos poros. Segundo Scaloppi et al. (1995), em terrenos irrigados por sulcos, a equação de infiltração varia drasticamente para cada evento de irrigação, devido às variações na geometria e na rugosidade da superfície.

A Figura 2 mostra o esboço do perfil de infiltração de água no solo, sendo que variações na geometria dos sulcos e na umidade inicial alteram o coeficiente e o expoente das equações. Durante o ensaio de infiltração foram constatadas variações na geometria dos sulcos e na umidade inicial de um sulco para outro. Esses fatores contribuíram para variações da equação de infiltração.

Pela Figura 3 observa-se variações na seção transversal de escoamento ao longo dos três sulcos. Logo, a geometria dos sulcos foi um dos fatores que influenciou as variações nos parâmetros da equação de infiltração obtidos nos ensaios.

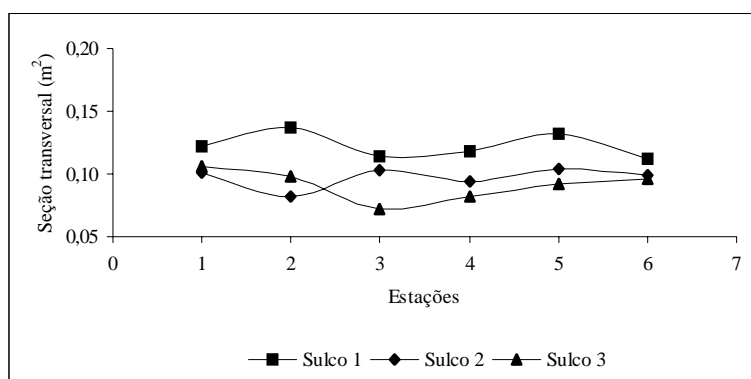


Figura 3. Variações da seção transversal de escoamento nos três sulcos de irrigação

Pela equação de infiltração plotou-se a curva típica de infiltração acumulada para os três sulcos e, pela derivada da equação de infiltração obteve-se equação de velocidade de infiltração em cada sulco apresentadas na Figura 4.

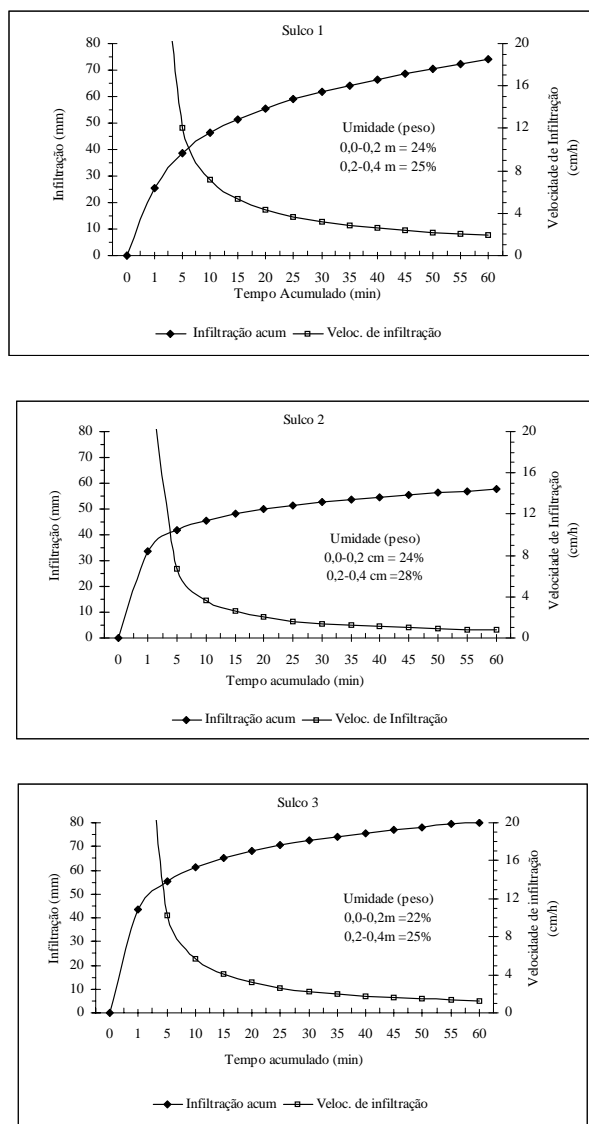


Figura 4. Curva de infiltração acumulada, velocidade de infiltração e umidade inicial do solo nos três sulcos avaliados

Observa-se pela Figura 4 que a lâmina infiltrada acumulada nos três sulcos apresentou o mesmo comportamento. Em 60 minutos, ter-se-á uma lâmina infiltrada acumulada de 74; 58 e 80 mm, nos sulcos 1, 2 e 3 respectivamente. Observa-se que para o sulco 2 a lâmina infiltrada acumulada foi menor do que nos sulcos 1 e 3.

Verifica-se ainda que a umidade na superfície (camada de 0,0-0,2 m) foi menor no sulco 3 do que nos sulcos 1 e 2. Na camada de 0,2-0,4 metros o sulco 2 apresentou maior umidade em relação aos sulco 1 e 3, o que pode ter contribuído para menor lâmina infiltrada neste sulco. A velocidade de infiltração também variou de um sulco para o outro, em 60 minutos foi da ordem de 1,9; 0,8 e 1,2 cm/hora nos sulcos 1, 2 e 3, respectivamente. Bernardo (1987) classifica a velocidade de infiltração em: baixa (<0,5 cm/h), média (0,5-1,5 cm/h), alta (1,5-3,0 cm/h) e muito alta (>3,0 cm/h). Segundo esta classificação, os ensaios realizados nos sulcos 2 e 3 apresentaram velocidade de infiltração média e o ensaio

realizado no sulco 1 apresentou velocidade de infiltração alta. As velocidades de infiltração obtidas nos ensaios garantem uma boa redistribuição de água no solo, mas por outro lado pode contribuir para perdas por percolação devido às características deste solo, ou seja, solos profundos e bem drenáveis. O perfil da lâmina infiltrada foi comparada com a lâmina requerida visando avaliar a perda por percolação em cada sulco, conforme mostram as Figuras 5, 6 e 7.

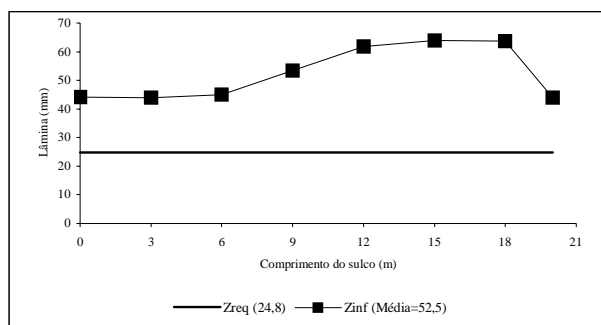


Figura 5. Perda de água por percolação obtida pela lâmina infiltrada e lâmina requerida para o sulco 1

Pela Figura 5 nota-se que no sulco 1 houve uma desuniformidade no perfil da lâmina infiltrada ao longo do comprimento. Isso se deve às variações no tempo de oportunidade de infiltração em cada ponto. Verifica-se que a lâmina infiltrada neste sulco foi mais que o dobro da lâmina requerida, ou seja, houve, em média, uma perda de 110% de água por percolação.

Para o sulco 2, a perda por percolação pode ser analisada pela Figura 6.

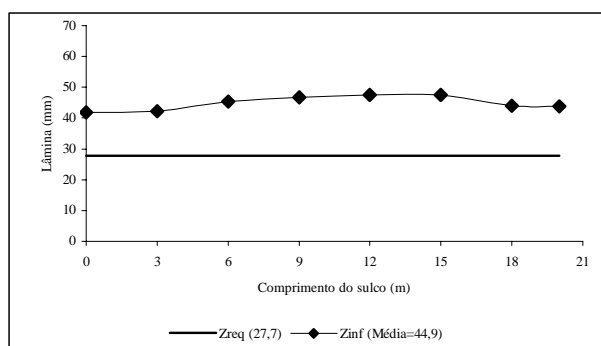


Figura 6. Perda de água por percolação obtida pela lâmina infiltrada e lâmina requerida para o sulco 2

Observa-se pela Figura 6 que a lâmina infiltrada ao longo do sulco 2 foi mais uniforme do que no sulco 1 e foi menor do que a lâmina infiltrada no sulco 1. O sulco 2 também apresentou perda de água por percolação, embora tenham sido menor do que no sulco 1. Em média, a perda por percolação no sulco 2 foi de 62%.

Em relação ao sulco 3, a Figura 7 mostra o perfil da lâmina infiltrada e da lâmina requerida.

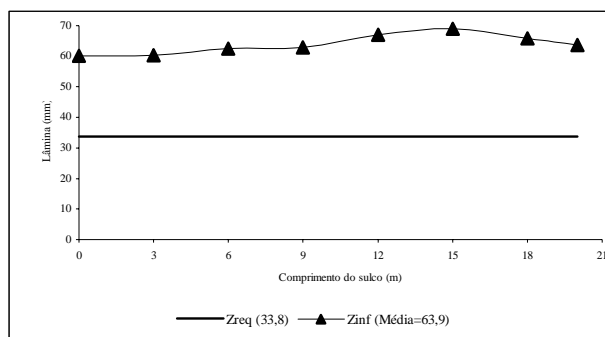


Figura 7. Perda de água por percolação obtida pela lâmina infiltrada e lâmina requerida para o sulco 3

A Figura 7 mostra que no sulco 3 também houve perda de água por percolação, ou seja, a lâmina média infiltrada foi maior do que a lâmina requerida. A perda de água por percolação no sulco 3 foi, em média, de 88%.

Analisando as Figuras 5, 6 e 7 observa-se que a lâmina infiltrada no sulco 3 foi maior do que nos sulcos 1 e 2. Nos três sulcos, a lâmina requerida foi menor do que a lâmina média infiltrada, denotando o excesso de aplicação de água. Com isso, detecta-se a falta de manejo da irrigação por sulcos pelo irrigante. Embora existam inúmeras tecnologias disponíveis para o manejo adequado da irrigação, o produtor ainda deixa de utilizá-las. É oportuno ressaltar que todas as avaliações foram realizadas sem interferir no manejo da irrigação adotado pelo agricultor.

Importante salientar também que o sistema de irrigação adotado na propriedade assemelha-se em 60% aos sistemas de irrigação, utilizados na cultura de tomate, da Região Metropolitana de Campinas (RMC), local sujeito a conflitos e problemas de escassez de água. Ainda assim, a irrigação por sulcos com bandeira é tradicionalmente utilizada na região.

4. CONCLUSÕES

Os resultados aqui apresentados permitem as seguintes conclusões:

1. A baixa eficiência de uso da água pelo tomateiro foi devida às elevadas perdas de água captada para a irrigação, haja vista que não afetou a produtividade da cultura do tomate que ficou acima da média brasileira.
2. O maior problema detectado no sistema de irrigação por sulcos foi relativo ao transporte da água, ou seja, as maiores perdas de água ocorreram na canalização de recalque, no canal principal e no canal secundário.
3. A alta perda por percolação pode ser conseqüência do dimensionamento e manejo inadequados do sistema de irrigação por sulcos.

5. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo Auxílio Pesquisa concedido.

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BERNARDO, Salassier. Irrigação e produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENG. AGRÍCOLA (XXVII), v. 27, 1998. Poços de Caldas/MG, **Anais...** Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 117-132.
- BERNARDO, Salassier. **Manual de irrigação**, 4a edição, UFV, imprensa universitária, Viçosa, 488p. ilustr., 1987
- BRITO, Ricardo A. L.; COUTO, Lairson; SANTANA, Derli P. Agricultura irrigada, recursos Hídricos e produção de alimentos: uma interação produtiva e positiva. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, n. 55, 3º Trimestre, p. 64-69., 2002
- CHRISTOFIDIS, Demétrios. **Recursos hídricos e irrigação no Brasil**. Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, UNB, 1999, 34p
- DOORENHOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Estudos FAO Irrigação e Drenagem; Tradução GUEYI, H.R., SOUSA, A. A., DAMASCENO, F. A.V., MEDEIROS, J.F., Campina Grande, UFPB, 1994, 306p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), Produção Agrícola, Rio de Janeiro, capturado em 28 de fevereiro de 2003. <http://www.ibge.gov.br/>
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA), Levantamento Subjetiva, Escritório de Desenvolvimento Regional, capturado em 30 de setembro de 2004. <http://www.iea.sp.gov.br/>
- FRIZZONE, José Antonio. **Irrigação por superfície** – série didática no 005, Esalq-USP, Piracicaba, 183p, 1993
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relação solo-planta**. São Paulo, ed. Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. Brasília: EMBRAPA – Informação Tecnológica, EMBRAPA Hortaliças, 2001. 111p
- REZENDE, Fátima da Conceição; SCALOPPI, Edmar José Avaliação de Métodos para Determinação das Características de Infiltração em Sulcos, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 227-233, fev, 1985.
- SCALOPPI, Edmar José, MERKLEY, Gary P, WILLARDSON, Lyman S. Intake Parameters from Advance and Wetting Phases of Surface Irrigation, **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 121, n. 1, p. 57-70, jan/fev, 1995
- SOARES, José Monteiro; FARIA, Clementino M.B. de. Métodos de irrigação e adubação na cultura do tomate industrial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.18, n.3, p.281-286, março, 1983.



WALKER, Wynn R.; SKOGERBOE, Gaylord V. **Surface Irrigation: Theory and Practice**. Utah State University: Prentice-Hall, New Jersey, 1987. 386p.