



**JOÃO MARCELO SILVA DO NASCIMENTO**

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE  
CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM LAVOURA  
COMERCIAL DE TOMATE DE MESA**

LAVRAS - MG

2018

**JOÃO MARCELO SILVA DO NASCIMENTO**

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM  
LAVOURA COMERCIAL DE TOMATE DE MESA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, área de concentração em Engenharia e Manejo da Irrigação, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Luiz Antônio Lima

Orientador

LAVRAS - MG

2018

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Nascimento, João Marcelo Silva do.

Avaliação de técnicas de conservação de água em lavoura  
comercial de tomate de mesa / João Marcelo Silva do Nascimento. -  
2018.

109 p. : il.

Orientador(a): Luiz Antônio Lima.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Agricultura irrigada. 2. Gerenciamento da irrigação. 3.  
*Solanum lycopersicum* L. I. Lima, Luiz Antônio. . II. Título.

**JOÃO MARCELO SILVA DO NASCIMENTO**

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM  
LAVOURA COMERCIAL DE TOMATE DE MESA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, área de concentração em Engenharia e Manejo da Irrigação, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 19 de janeiro de 2018

Dr. Adriano Valentim Diotto	UFLA
Dr. Alberto Colombo	UFLA
Dr. Pedro Luiz Terra Lima	UNIFOR
Dr. Antônio Carlos da Silva	UNIFENAS

Prof. Dr. Luiz Antônio Lima  
Orientador

LAVRAS - MG  
2018

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Engenharia (DEG) setor de Engenharia de Água e Solo pela oportunidade de realização do doutorado.

À Universidade Federal de Rondônia (UNIR) *Campus* Rolim de Moura por meio do Departamento de Agronomia pela oportunidade de afastamento para cursar o doutorado.

Ao orientador Prof. Dr. Luiz Antônio Lima pelos ensinamentos transmitidos e pela paciência na orientação.

À Empresa Zé Amparo Zil Comércio de Tomates Ltda. pela cessão da área experimental e mão de obra especializada para montagem e condução dos experimentos.

À minha família: meus pais Marcelo e Heleusa, aos meus irmãos Mateus e Marta, à minha esposa Patrícia e ao meu filho Arthur.

Aos colegas de curso: Anita, Mayra, Rodrigo César, Alexandre Lasmar pelo auxílio na condução dos experimentos.

## SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE.....	7
1 INTRODUÇÃO .....	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	11
2.2 Irrigação por gotejamento no tomateiro.....	15
2.3 Irrigação subsuperficial.....	17
2.4 Irrigação por pulsos .....	19
2.5 Cobertura do solo.....	21
2.6 Cultivo fertirrigado e salinidade .....	22
3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
SEGUNDA PARTE ARTIGOS .....	30
ARTIGO 1 IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL E USO DO “MULCHING” NA PRODUÇÃO DO TOMATE DE MESA .....	31
ARTIGO 2 IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL E PULSOS NA PRODUÇÃO DE TOMATE DE MESA .....	58
ARTIGO 3 IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL NA PRODUÇÃO DO TOMATE DE MESA.....	83

## RESUMO GERAL

O tomateiro é uma cultura exigente em água e está entre as hortaliças mais consumidas no Brasil. A busca por alternativas que melhorem sua produtividade e capazes de reduzir o uso da água no ciclo da cultura é essencial para a produção agrícola e para o meio ambiente. Assim, foram montados três experimentos para avaliar a influência do “mulching” (cobertura plástica) e do gotejamento subsuperficial nas variáveis de produção e eficiência no uso da água no tomateiro. No primeiro, procurou-se comparar duas taxas de aplicação de água (TA1 e TA2) em combinação com uso de plástico e sem plástico com gotejamento subsuperficial. Foi estudado o efeito nas variáveis de produção, umidade do solo e eficiência do uso da água do tomateiro. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado fatorial (DIC) com fatorial 2x2 com nove repetições. Observou-se que o teor de água no solo ficou em limites toleráveis, exceto entre 90 e 100 DAT. Não houve diferença estatística para as variáveis de produção. A taxa de aplicação TA1 apresentou valor estatisticamente superior de eficiência no uso da água para produção total ( $39,53 \text{ kg m}^{-3}$ ) e comercial ( $35,47 \text{ kg m}^{-3}$ ). No segundo experimento, foram testadas a irrigação por pulsos (6 aplicações por irrigação) e a irrigação contínua em combinação com o gotejamento superficial e subsuperficial. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com fatorial 2x2 com seis repetições. O potencial mátrico do solo apresentou comportamento similar em função das profundidades 0,10, 0,30 e 0,50m. Não houve diferença estatística significativa para as variáveis de produção. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas ao aplicar água de modo contínuo, em 6 pulsos por irrigação, superficial ou subsuperficial. O teor de água no solo permaneceu acima da capacidade de campo, o que pode prejudicar a aeração do solo e desenvolvimento do sistema radicular. No terceiro experimento, foram comparadas duas taxas de aplicação de água (TA1 e TA2) em combinação com o gotejamento superficial e subsuperficial. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado fatorial (DIC) com fatorial 2x2 com seis repetições. Notou-se que a condutividade elétrica do extrato de saturação permaneceu com valores abaixo do limite ( $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ ). A cultura não apresentou sinais de estresse salino. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas nas variáveis de produção. A taxa de aplicação de água TA1 apresentou valor estatisticamente superior à taxa TA2 na eficiência no uso da água para produção total ( $20 \text{ kg m}^{-3}$ ) e comercial ( $18 \text{ kg m}^{-3}$ ). De maneira geral, após avaliar os resultados dos três experimentos, é possível concluir que menores taxas de aplicação de água favorecem a eficiência de uso de água pelo tomate. O uso do “mulching” como alternativa ao emprego de gotejamento enterrado foi eficaz, mas é preciso investigar seu impacto na redução do uso de mão de obra e poluição do solo. O emprego da irrigação por pulsos não trouxe vantagens claras, provavelmente,

porque os experimentos, diferentes dos citados em literatura, foram realizados durante período chuvoso.

**Palavras-chave:** Agricultura irrigada. Gerenciamento da irrigação. *Solanum lycopersicum L.*



## GENERAL ABSTRACT

The tomato is a water demanding crop among the most purchased vegetables in Brazil. The search for alternatives that improve its yield, able to reduce the use of water is essential for agricultural and the environment. Thus, three experiments were set up with the objectives to evaluate influence of plastic cover and subsurface drip on the production and efficiency variables in the use of water in salad tomato field. In the first one, we attempted to compare two water application rates (TA1 e TA2) in conjunction with plots using plastic and subsurface dripping and their effect on production variables, soil moisture and tomato water use efficiency. A completely randomized factorial design (DIC) with 2x2 scheme and nine replications was used. It was observed that the water content in the soil remained within tolerable limits for irrigation management, except in the maturation period, between 90 and 100 DAP. There was no statistical difference for production variables. The water application TA1 presented a statistically superior value of water use efficiency for total ( $39.53 \text{ kg m}^{-3}$ ) and market ( $35.47 \text{ kg m}^{-3}$ ) production. In the second experiment, pulsed irrigation (6 applications) and continuous irrigation were compared in conjunction with surface and subsurface drip irrigation. A completely randomized factorial design (DIC) with factorial 2x2 with six replications was used. The soil matric potential presented similar behavior as function of soil depths 0.10; 0.30 and 0.50m. There was no significant statistical difference for production variables. No significant statistical differences were observed in applying water continuously, in 6 pulses per irrigation, superficial or subsurface. Soil water content remained above field capacity moisture during the experimental period, which may restrict soil aeration and root system development. In the third experiment, two irrigation rates (TA1 and TA2) were compared in combination with surface and subsurface drip irrigation. A completely randomized factorial design (DIC) with factorial 2x2 with six replications was used. It was noted that the electrical conductivity of the saturation extract remained below the limit ( $2.5 \text{ dS m}^{-1}$ ). Plants showed no signs of saline stress. No significant statistical differences were observed for production variables. The water application TA1 presented a statistically superior value when compared to TA2 in water use efficiency for total ( $20 \text{ kg m}^{-3}$ ) and market ( $18 \text{ kg m}^{-3}$ ) production. In general, after evaluating results of all three experiments, it is possible to conclude that lower irrigation application rates result in larger water use efficiency. Mulching use revealed to be a suitable alternative for subsurface drip irrigation, but it impacts on reduction of labor and soil pollution must be investigated. Pulse irrigation didn't show advantages because all experiments were carried out during rainy season.

**Keywords:** irrigated agriculture, schedule irrigation, *Solanum lycopersicum L.*

## **PRIMEIRA PARTE**

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura moderna utiliza de forma intensa os recursos hídricos. Assim, é necessária a busca por técnicas que não apenas aumentem a produtividade, mas que também trabalhem na redução de custos e na melhoria da qualidade do produto de forma sustentável quanto aos problemas mundiais de escassez de água.

Segundo dados estatísticos da FAOSTAT (THE FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORATE STATISTICAL DATABASE, 2016), o tomateiro é a segunda hortaliça mais cultivada no mundo, sendo superado apenas pela batata. A China é atualmente o maior produtor, com 50,6 milhões de toneladas, seguido da Índia com 18,2 milhões de toneladas e dos Estados Unidos com 12,5 milhões de toneladas.

De modo geral, o Brasil se destaca entre os dez maiores produtores mundiais de tomate, na oitava posição com uma lavoura de 4,14 milhões de toneladas em uma área cultivada de 62.050 hectares em 2015 (ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRIANUAL, 2016). Considerando-se os sistemas de cultivo para consumo fresco (mesa) e o de processamento industrial, a produtividade média é de 64,8 t ha<sup>-1</sup>. Pode-se notar que, aproximadamente, 36% da produção total sejam destinadas ao processamento industrial (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2016). Os Estados com maior participação na safra nacional são Goiás, São Paulo e Minas Gerais com 23,8, 19,4 e 15,4%, respectivamente (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2017).

O tomateiro é uma hortaliça de grande complexidade no manejo cultural, principalmente, pela grande ocorrência de pragas e doenças que o ataca, além de

vários distúrbios fisiológicos que acometem as diversas fases de desenvolvimento da planta e a qualidade dos frutos (PEREIRA-CARVALHO et al., 2014).

Logo a irrigação localizada por gotejamento tem um papel importante para o incremento do rendimento de várias culturas agrícolas, dentre elas, as hortaliças. Em conjunto, pode-se empregar a técnica de fertirrigação que tem como característica principal aplicar fertilizantes diretamente no sistema radicular da planta. Entretanto a irrigação é, muitas vezes, realizada sem o devido controle pelos agricultores, tornando-se fundamental a adoção de estratégias visando ao manejo adequado de água. Para ser uma atividade lucrativa, é imprescindível racionalizar o uso da água e, conseqüentemente, minimizar o gasto de energia, a incidência de doenças e impactos ambientais, possibilitando maiores produtividades.

Conjuntamente, algumas técnicas podem incrementar a produção quando utilizadas com a irrigação por gotejamento. Como exemplo, podem ser citadas a irrigação por pulsos e a irrigação subsuperficial. A irrigação por pulsos consiste em aplicar água em uma série de ciclos, em que aplicação de água é intercalada com uma fase de repouso. A irrigação subsuperficial é uma técnica em que a linha de gotejadores é instalada em subsuperfície a uma profundidade pré-estabelecida, formando um bulbo úmido abaixo da superfície do solo, fornecendo água diretamente no sistema radicular da planta.

Outra técnica que visa à melhoria nos rendimentos e qualidade na produção de hortaliças é a cobertura do solo com material plástico denominada de “mulching”. Essa técnica favorece o controle de plantas daninhas e a redução da perda de água por evaporação. Em virtude de seu custo de implantação, ocasionando um incremento no custo de produção, pesquisas precisam ser desenvolvidas para o manejo da irrigação e avaliação da produtividade para estas condições específicas.

É primordial relatar que essas pesquisas em hortaliças já foram realizadas, principalmente, em outros países como Turquia, Jordânia, Egito, Israel, Índia e Estados Unidos. Contudo, esses estudos necessitam de aprimoramento científico no Brasil, o qual possui situação climática e tipos de solo diferentes desses países.

Portanto, o uso sustentável da água na agricultura tornou-se uma prioridade, e a adoção de estratégias de manejo da irrigação podem proporcionar uma economia de água e manutenção de rendimentos satisfatórios na cultura. Tudo isso ocasiona uma melhoria da eficiência no uso da água, podendo, assim, contribuir para a preservação deste escasso recurso natural, cada vez mais restrito.

Em virtude das situações acima descritas, foram realizados três experimentos em Ingaí, Minas Gerais, para avaliar as variáveis de produção do tomateiro de mesa, em área de plantio comercial, em condições de campo. No primeiro experimento, objetivou-se investigar o comportamento do gotejamento superficial com “mulching” e o gotejamento subsuperficial a 0,05m, em consequência do uso de duas taxas de aplicação de água nas variáveis de produção do tomateiro (produção total, produtividade comercial, número de frutos por planta e massa média de frutos por planta), em condições de campo. Foram avaliados o potencial mátrico de água no solo e a eficiência do uso da água de irrigação. No segundo experimento, com o intuito de estudar a influência do gotejamento por pulsos e a irrigação subsuperficial a 0,05m, nas variáveis de produção do tomateiro, também, avaliou-se o potencial mátrico da água no solo, eficiência do uso da água de irrigação. O terceiro experimento foi realizado, para analisar o gotejamento superficial e o gotejamento subsuperficial a 0,05m, em combinação com o uso de duas taxas de aplicação de água. Foram avaliadas as variáveis de produção do tomateiro, em condições de campo, o potencial mátrico de água no solo e a eficiência do uso da água de irrigação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cultura do tomateiro

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum Mill*) pertence à família Solanaceae, é uma planta perene, de porte arbustivo, sendo cultivada anualmente. Pode desenvolver-se de forma rasteira, semiereta ou ereta. Possui sistema radicular constituído de raiz principal, raízes secundárias e raízes adventícias. As folhas são alternadas, compostas e cobertas de pelos semelhantes como no caule. A inflorescência, com número variável de flores, é do tipo rácimo (cachos), com flores pequenas e amarelas. As flores são hermafroditas, conferindo à planta autogamia, com baixa frequência de fecundação cruzada. O fruto é uma baga carnosa e succulenta, bi, tri ou plurilocular (ALVARENGA, 2013).

O fruto de tomateiro tem diferentes utilidades na cadeia produtiva. Pode ser aproveitado para a indústria (suco, molho, pasta e desidratado) ou realizado o consumo *in natura*. No consumo *in natura* objetiva-se o atendimento das exigências do mercado, obtendo-se frutos de maior qualidade (FONTES; SILVA, 2002).

O tomate é uma planta herbácea, de caule flexível e incapaz de suportar, na posição vertical, o peso combinado da parte vegetativa e dos frutos. Por esta razão, a cultura destinada à produção de frutos para mesa é conduzida com tutoramento (FILGUEIRA, 2008). Conforme Fontes e Silva (2002), o tutoramento pode ser realizado de diversas maneiras e as mais utilizadas são o tradicional, o triangular, o vertical com estaca e o vertical com fitilho. À medida que a planta cresce é necessário que seja amarrada ao tutor.

É uma importante hortaliça que representa grande relevância econômica

no Brasil. Além disso, é uma das hortaliças mais consumidas no mundo, tanto *in natura*, como processada, nas formas de suco, molho, pasta, desidratada e doce, dentre outros. A produção brasileira total, em 2016, foi de 3,6 milhões de toneladas numa área de 57 mil ha, obtendo-se um rendimento médio de 64 t ha<sup>-1</sup>. A região Sudeste destaca-se pelas ótimas condições para o cultivo, sendo responsável por 49% da produção nacional, destacando-se os estados de Minas Gerais e São Paulo, responsáveis, em 2016, por 702,5 mil e 753 mil toneladas, respectivamente (IBGE, 2017).

A produção de tomate para consumo *in natura* no Brasil vem sofrendo grandes mudanças tecnológicas, como, por exemplo, a introdução de híbridos do tipo longa vida. No entanto as qualidades gustativas desses híbridos ocasionam também alterações indesejáveis no sabor, aroma, textura e teor de licopeno (Melo, 2003). Para atenuar o impacto negativo junto ao consumidor, em virtude da expansão dos híbridos salada longa vida, as empresas do setor sementeiro vêm investindo em maior diversificação varietal (SHIRAHIGE et al., 2010).

O cultivo de tomate é uma atividade que possui altos rendimentos e boa margem de lucro sobre a venda, com boas perspectivas econômicas. Por esta razão, existe aumento gradual de área cultivada em cada safra (NAIKA et al., 2016). Todavia é uma cultura com forte variação de preço durante o ano sendo considerada como de alto risco (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA, 2016).

O cultivo a campo aberto é muito utilizado por horticultores brasileiros. Pelas condições edafoclimáticas brasileiras, que permitem o cultivo quase que durante todo o ano, o mercado consumidor fica abastecido de forma satisfatória. Além disso, grande parte dos polos produtores se estabelecem em regiões onde temperatura e climas favoráveis proporcionam a produção de hortaliças de qualidade, melhorando a sustentabilidade da vida na zona rural (FILGUEIRA,

2008).

A composição dos frutos varia de acordo com a cultivar, nutrição e condições climáticas. O fruto fresco é constituído de 93% a 97% de água, é muito rico em cálcio e vitamina C e com baixo poder calórico. Com o processo de maturação, ocorre o acúmulo de licopeno, que confere a cor avermelhada ao fruto, sendo ele um pigmento que contém propriedades anticancerígenas (ALVARENGA, 2013).

Segundo o mesmo autor, considerando o sistema de cultivo, que adota transplante de mudas, o ciclo de desenvolvimento do tomateiro pode ser subdividido em cinco estádios distintos com relação às necessidades hídricas e de irrigação da cultura: formação de mudas, inicial, vegetativo, frutificação e maturação e a demanda máxima de água exigida pelo tomateiro ocorre durante a floração e o crescimento dos frutos. A duração do ciclo do tomateiro, desde o transplante de mudas até a colheita, varia de 95 a 125 dias

Para desenvolvimento e produção, o tomateiro suporta ampla variação de temperatura do ar de 10°C a 34°C. De uma maneira geral, as faixas de temperaturas ótimas, nos estádios de crescimento e desenvolvimento do tomateiro, são: germinação (15 a 25°C), formação de mudas (20 a 25°C), florescimento (18° a 24°C), pegamento de frutos (14 a 17°C durante a noite e 19 a 24°C durante o dia) e, na fase de maturação, de 20 a 24°C. Entretanto o ideal é que haja gradiente de temperatura entre o dia e a noite para maximizar a produção. Temperaturas diurnas de 20 a 25°C e temperaturas noturnas de 13 a 18°C favorecem o crescimento e produção de frutos. Para o desenvolvimento da planta, é preciso um período de luminosidade entre 9 e 15 horas.

As cultivares de tomateiro de mesa são classificadas, de acordo com o formato do fruto, pela relação entre o comprimento e o diâmetro equatorial do fruto, sendo classificadas em cinco grupos de mercado: Santa Cruz, Caqui, Salada,



Saladete (Italiano) e Minitomates (ALVARENGA, 2013).

O fruto do tomateiro pode possuir defeitos graves e leves de diferentes origens, que podem ser de origem fisiológica, entomológica, patológica e mecânica. Segundo a ordem fisiológica, os defeitos podem estar ligados ao desequilíbrio de cálcio e variação de conteúdo de água do solo (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os frutos considerados comercializáveis são aqueles que não contenham os defeitos citados abaixo, conforme a Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais De São Paulo - CEAGESP (2002):

- Podridão: com dano patológico e/ou fisiológico que implique qualquer grau de decomposição, desintegração ou fermentação dos tecidos.

- Podridão apical: com dano fisiológico caracterizado por necrose seca na região apical do fruto.

- Ferida: frutos com lesão de origem mecânica ou fisiológica.

- Passados: apresentam um avançado estágio de maturação.

- Rachados: frutos que contenham rompimento do epicarpo e parte do mesocarpo, de forma linear, deixando a polpa do fruto à amostra.

- Deformados: aqueles que apresentam alteração da forma característica da variedade.

- Imaturos: aqueles que não alcançam o estágio de maturação ideal ou comercial, ou seja, quando ainda não é visível o início de amarelecimento na região apical do fruto.

- Queimados: aqueles que possuam zona de cor marrom, provocada pela ação do sol, atingindo a polpa.

- Atacados por patógenos: aqueles em que ocorram lesão causada por pragas.

## 2.2 Irrigação por gotejamento no tomateiro

A irrigação localizada é um método no qual se aplica a água próxima à planta e tem como sistemas o gotejamento superficial, subsuperficial, bubbler e microaspersão. Dentre suas vantagens está a redução da necessidade de água e dos custos de operação, menor incidência de plantas daninhas em relação aos outros métodos de irrigação e aplicação de fertilizantes com a água de irrigação (KELLER; BLIESNER, 1990).

A irrigação por gotejamento é uma maneira eficaz de fornecer água e nutrientes para a zona da raiz e não só economiza água, como também pode aumentar o rendimento das culturas (MARINO et al., 2014). Pesquisas anteriores mostraram que rendimentos e qualidade dos frutos de tomate são melhorados pela aplicação de água usando irrigação por gotejamento ou em combinação com diferentes tipos de “mulches” plásticos ou orgânicos (BISWAS et al., 2015).

O planejamento da aplicação de água é muito importante para tornar o sistema de irrigação por gotejamento mais eficiente, uma vez que a irrigação excessiva reduz o rendimento, enquanto irrigação inadequada pode provocar estresse hídrico e reduzir a produção da planta. Por outro lado, a intensidade da operação exige que o abastecimento de água do solo seja mantido ao nível ideal para maximizar os retornos para o agricultor (ABUARAB; EL-MOGY; LOTFY, 2011).

Além do dimensionamento adequado do sistema de irrigação é de extrema importância a realização de monitoramento do teor de água no solo. A aplicação de critérios técnicos e a geração de parâmetros e indicadores de quando e quanto irrigar é de fundamental importância para se alcançar uma boa eficiência na aplicação de água (MAROUELLI et al., 2011). Os mesmos autores relatam que solos com excelente condição de umidade e boa aeração à faixa de tensão de

capacidade de campo encontra-se entre 6 a 10 kPa e que as irrigações devem ser interrompidas nessa faixa a fim de prevenir problemas associados à condição de solo próximo à saturação.

O excesso de água, a ponto de saturar o solo e expulsar o oxigênio da zona radicular, pode provocar rachaduras nos frutos, podridão apical, ocorrências de frutos ocos, queda de flores, além da redução no estabelecimento dos frutos (ALVARENGA, 2013).

Mesmo cobrindo apenas 40% a 70% da água disponível no solo, os tensiômetros são instrumentos recomendados para a realização do manejo de água no solo para a maioria das culturas. Para que apresentem desempenho satisfatório, é indispensável observar uma série de cuidados e procedimentos no preparo, instalação, operação e manutenção e armazenamento (MAROUELLI, 2008).

Em alguns trabalhos destaca-se a importância do monitoramento da água no solo e sua influência na produção do tomateiro. Assim, Wang, Kang e Wan (2007) reportaram que a produção de tomate não foi significativamente influenciada pelo déficit de água quando o potencial de água no solo estava entre os valores de -10 e -50 kPa. Topcu et al. (2007) encontraram significativas reduções na produção de tomate utilizando o déficit de irrigação correspondendo a 50% da água aplicada na irrigação plena.

Zheng et al. (2013), utilizando os valores de potenciais mátricos do solo -10, -20, -30, -40 e -50 kPa, salientaram que a produção de tomate e a evapotranspiração da cultura diminuíram com a menor aplicação de água, mas, em contrapartida, a qualidade do fruto não decaiu. Concluíram que a eficiência no uso da água dos frutos comerciais destacou-se no tratamento com um nível de moderado estresse (potencial mátrico de - 40 kPa). Porém recomendaram um limite de potencial mátrico de - 30 kPa para o gerenciamento da irrigação.

Aksic et al. (2011) conduziram um estudo com tomate no tipo de solo

aluvional no Sul da Sérvia. Foram testados três valores de tensão de água no solo (20 kPa, 30 kPa, 40 kPa) e um tratamento controle não irrigado. Após dois anos de estudo, notou-se que o maior rendimento de frutos foi alcançado com a tensão de água no solo de 30 kPa. O maior rendimento de frutos de tomate foi observado quando o consumo médio de água foi de 584 mm. Os maiores valores de eficiência no uso da água e eficiência no uso da água de irrigação para tomate foi atingido com 30 kPa de tensão matricial. Os resultados do estudo mostraram que, com o uso do tensiômetro, o regime de irrigação com tomate pode ser mantido com sucesso em 30 kPa.

### **2.3 Irrigação subsuperficial**

A irrigação por gotejamento subsuperficial (SDI) é caracterizada pela irrigação abaixo da superfície do solo aplicando-se água por emissores de microirrigação (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS – ASAE, 2007), com uso crescente, nos últimos anos, em vários países e, principalmente, nos Estados Unidos. Um dimensionamento apropriado do sistema de irrigação deve ser baseado na previsão da frente de molhamento do emissor que é dependente da textura do solo, estrutura e condutividade hidráulica do solo e taxa de vazão dos emissores (AYARS; FULTON; TAYLOR, 2015).

A irrigação por gotejamento subsuperficial consiste na aplicação de água abaixo da superfície do solo por emissores de irrigação localizada, com vazão geralmente na mesma faixa de irrigação por gotejamento superficial. Diversos trabalhos na área têm mostrado as vantagens para a produção agrícola e aperfeiçoamento do sistema (LAMM; CAMP, 2007).

As vantagens do SDI na interação solo-água, segundo Ayars, Fulton e Taylor (2015): maior eficiência de uso da água em consequência da menor

superfície de evaporação de água no solo, menor escoamento superficial e perdas por percolação profunda, aplicar fertilizantes e pesticidas de forma precisa que incrementa a eficiência de aplicação e evitar a poluição do lençol freático pela redução da percolação profunda.

Segundo Palacios-Díaz et al. (2009), a irrigação subsuperficial facilita o uso de água residuárias, incrementando a frequência de irrigação, minimizando o estresse osmótico e matricial da cultura, reduzindo o movimento de patógenos no solo, minimizando os riscos de contaminação animal e humano.

A relação entre as taxas de infiltração e de aplicação podem ser um problema significativa. Sistemas de irrigação dimensionados ou instalados incorretamente podem resultar em baixa distribuição de água ao redor do emissor e obrigar o fluxo de água ascender até a superfície se não houver uma profundidade de instalação de emissores suficiente (AYARS; FULTON; TAYLOR, 2015).

Os mesmos autores relatam algumas desvantagens no SDI: na germinação de sementes por existir um mínimo movimento de água até a superfície, principalmente, em solos de textura grossa; acumulação de sais nas extremidades do bulbo úmido que envolvem os emissores e o controle da salinidade na zona radicular.

O gotejamento subsuperficial tem como características reduzir a evaporação da água, o total de água requerida pela cultura, melhoria na eficiência da aplicação dos fertilizantes, minimização da população de plantas infestantes e o acúmulo de sais na superfície (ANDRADE JUNIOR et al., 2012).

Quando comparado a outros sistemas de irrigação, o gotejamento subsuperficial tem resultado em aumento da produção e economia no uso da água. Em experimento realizado por Enciso et al. (2015), no cultivo de cebola, o gotejamento subsuperficial resultou em maior produção e economia de água de

44 % em relação à irrigação por sulco. Leopoldo et al. (2013) obtiveram maior produção de tomates com o gotejamento subsuperficial em relação ao cultivo com gotejamento superficial.

Zotarelli, Scholberg e Dukes (2009), estudando a produção de tomate nos Estados Unidos com irrigação localizada superficial e subsuperficial, utilizando “mulching”, concluíram que a irrigação subsuperficial controlada pelo sensor de umidade de solo incrementou a produção de tomate e aumentou a eficiência do uso da água de irrigação, reduzindo a água de irrigação e o potencial de lixiviação de nitrogênio

#### **2.4 Irrigação por pulsos**

A técnica de irrigação por pulsos é utilizada em todo o mundo, principalmente, em razão de algumas características primordiais na agricultura irrigada: incremento de qualidade, aumento da produtividade, economia no uso da água, diminuição do entupimento de emissores e redução do consumo de energia (BAKEER et al., 2009).

O gotejamento por pulsos foi estudado em algumas culturas, em diferentes regiões do mundo, tais como: tomateiro nos Estados Unidos (WARNER; HOFFMAN; WILHOIT, 2009), pimentão em Israel (ASSOULINE et al., 2006), milho no Egito (ZIN EL-ABEDIN, 2006) e batata no Egito (ABDELRAOUF et al., 2012; BAKEER et al., 2009).

Considerando-se tempo de irrigação total em determinado cultivo, Karmeli e Peri (1974) sugeriram a aplicação da água de irrigação em forma de pulsos ou intermitente como forma de obter uma menor taxa de aplicação média. Essa técnica foi referida como um conjunto de séries de ciclos liga e desliga, no sistema de irrigação, onde cada ciclo é considerado como uma fase de irrigação e uma de repouso (ERIC; DAVID; ROBERT, 2004). Como exemplo da irrigação

por pulsos, Bakeer et al. (2009) testaram as frequências de 2, 3 e 4 irrigações por dia, com intervalos de 30 minutos em cada pulso e as compararam com a irrigação contínua (uma por dia).

No sistema de irrigação por pulsos, a quantidade de água aplicada e o tempo de irrigação podem auxiliar na redução da percolação de água e, como consequência, beneficiar o sistema radicular das plantas e auxiliar na redução da evaporação de água após a irrigação (ERIC; DAVID; ROBERT, 2004).

Ainda, segundo Abdelraouf et al. (2012), a eficiência de aplicação aumentou de 89%, sob irrigação por gotejamento contínua, para 94%, após a aplicação da água por gotejamento por pulsos (4 pulsos), repondo 100% da ETc, registrando um aumento de 5%. Melhorias na eficiência de aplicação também foram observadas por Bakeer et al. (2009) e Zin El-Abedin (2006).

No trabalho de Bakeer et al. (2009) com a cultura da batata, testando a irrigação por pulsos superficial e subsuperficial, os autores relataram que a eficiência das aplicações aumentou com o incremento do número de pulsos (100%, 75% e 50% da necessidade de irrigação) sob irrigação por gotejamento superfície e subsuperfície. A eficiência das aplicações aumentou de 88,6% sob irrigação localizada contínua e 93,5% após a aplicação de técnica de pulsos com 4 pulsações em 100% da necessidade de irrigação sob gotejamento superficial, registrando um aumento de 5,5%. Por outro lado, valores máximos de eficiência das aplicações sob irrigação deficitária (75% e 50% da necessidade de irrigação) foram 97% e 99,2% respectivamente, utilizando a irrigação localizada superficial com 4 pulsos.

Coolong, Surendran e Warner (2009) aplicaram diferentes lâminas de irrigação (100, 80 e 60 %), baseados na tensão de água no solo por gotejamento contínuo e por pulsos (8 pulsos) na cultura do tomateiro. O gotejamento por pulsos

foi capaz de reduzir o uso de água em cerca de 40%, sem comprometimento da qualidade e da produção do tomateiro.

Como desvantagens da irrigação por pulsos, Al-Naeem (2008) relata um aumento dos custos de instalação de válvulas automáticas e controladores de irrigação. Mas, apesar deste fato, os custos de bombeamento da água de irrigação é o mesmo do gotejamento contínuo, pois o tempo de funcionamento é semelhante.

## **2.5 Cobertura do solo**

A cobertura do solo, também conhecida como *mulching*, consiste na prática agrícola de colocação de diferentes materiais orgânicos e/ou inorgânicos sobre o solo. Os materiais orgânicos mais utilizados são restos vegetais, incluindo os utilizados como adubos verdes; restos de culturas comerciais; produto de capineiras e outros resíduos orgânicos. Os materiais inorgânicos utilizados mais comuns são filmes plásticos fabricados para esse fim e resíduos industriais diversos (ALMEIDA, 2013).

Muitas práticas de irrigação com economia de água foram utilizadas para o cultivo de tomate, incluindo “mulching”, irrigação por gotejamento e irrigação deficitária. A técnica de “mulching” é amplamente utilizada para tomates e outras culturas comerciais, em diversos países, como, por exemplo, no Norte da China (ZHENG et al., 2013).

Segundo relatos de Cantu et al. (2007), nas hortaliças em geral, o uso de coberturas plásticas eleva a produtividade em vários cultivos. A irrigação localizada é frequentemente empregada com a técnica de “mulching”, que auxilia, principalmente, na conservação de água, particularmente, para controlar a evaporação de água no solo e, também, contribuir para incrementar a produtividade (MUKHERJEE; SARKAR; CHAKRABORTY, 2012).



## 2.6 Cultivo fertirrigado e salinidade

De acordo com Alvarenga (2013), a irrigação por gotejamento é o método mais recomendado para a realização da fertirrigação no tomateiro, porque a água é aplicada diretamente no solo de modo mais eficiente. Segundo Carrijo et al. (2004), a alta frequência e a pequena quantidade de fertilizantes aplicada, na irrigação por gotejamento, reduzem perdas por lixiviação e mantêm uma ótima concentração de nutrientes na zona radicular.

A fertirrigação é o processo de aplicação de fertilizantes juntamente com a água de irrigação, visando fornecer as quantidades requeridas de nutrientes, no momento adequado, para obtenção de altos rendimentos e produtos de melhor qualidade (CARRIJO et al., 2004). Segundo Alvarenga (2013), a fertirrigação permite manter a disponibilidade de água e nutrientes próximos aos valores considerados ótimos ao crescimento e à produtividade da cultura.

O nível de salinidade máxima do extrato de saturação do solo tolerada pelo tomateiro é de  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$  (HOFFMAN; SHALHEVET, 2007). Essa planta é classificada como moderadamente sensível, embora possa existir resposta diferenciada à salinidade entre as diferentes cultivares (ALIAN; ALTMAN; HEUER, 2000). Sob salinidade elevada, a redução na produtividade é resultado do menor número de frutos por planta.

Medeiros et al. (2012), estudando a tolerância do tomate à salinidade do solo, em ambiente protegido, realizou a pesquisa por meio de seis níveis de salinidade ( $1,0$ ;  $2,0$ ;  $3,0$ ;  $4,0$ ;  $5,0$  e  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) e dois manejos de fertirrigação: o tradicional obedecendo à recomendação proposta por Alvarenga (2004) e o controle do nível de salinidade do solo por medições da condutividade elétrica da solução do solo, relacionadas com concentrações de sais fertilizantes, a partir de

curvas artificiais de salinização induzida. Concluíram que as variáveis de produção foram afetadas estatisticamente tanto pelo manejo da fertirrigação como pelos níveis de salinidade do solo, com redução na tolerância da cultura, com uma classificação sensível à salinidade do solo.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELRAOUF, R. E. et al. Effect of pulse irrigation on clogging emitters, application efficiency and water productivity of potato crop under organic agriculture conditions. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, Faisalabad, v. 6, n. 3, p. 807-816, July 2012.

ABUARAB, M. E.; EL-MOGY, M.; LOTFY, A. M. Response of green bean to pulse subsurface trickle irrigation. **Misr Journal of Agriculture Engineering**, Cairo, v. 28, n. 4, p. 217-236, Oct. 2011.

AKSIC, M. et al. Tomato fruit yield and evapotranspiration in the conditions of south Serbia. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 17, n. 2, p. 150-157, 2011.

ALIAN, A.; ALTMAN, A.; HEUER, B. Genotypic difference in salinity and water stress tolerance of fresh market tomato cultivars. **Plant Science**, Limerick, v. 152, n. 1, p. 59-65, Mar. 2000.

ALMEIDA, W. F. de. **Gotejamento por pulsos e cobertura do solo na formação do bulbo molhado e produtividade da alface americana**. 2013. 79 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

AL-NAEEM, M. A. Use of pulse trickles to reduce clogging problems in trickle irrigation system in Saudi Arabia. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Faisalabad, v. 11, n. 1, p. 68-73, Jan. 2008.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: Ed. UFLA, 2004. 393 p.

\_\_\_\_\_. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. 3. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 455 p.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS – ASAE. **Standard S526.3: soil and water terminology**. Saint Joseph: ASAE, 2007.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 76-84, jan. 2012.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, 2016. 456 p.

\_\_\_\_\_. Anuário da agricultura brasileira. 21. ed. São Paulo: FNP, 2017. 480 p.

ASSOULINE, S. et al. Soil-plant system response to pulsed drip irrigation and salinity: bell pepper case study. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 70, n. 5, p. 1556-1568, 2006.

AYARS, J. E.; FULTON, A.; TAYLOR, B. Subsurface drip irrigation in California - Here to stay? **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 157, p. 39-47, July 2015.

BAKEER, G. A. A. et al. Effect of pulse drip irrigation on yield and water use efficiency of potato crop under organic agriculture in sandy soils. **Misr Society of Agricultural Engineering**, Cairo, v. 26, n. 2, p. 736-765, 2009.

BISWAS, S. K. et al. Effect of drip irrigation and mulching on yield, water-use efficiency and economics of tomato. **Plant Soil and Environment**, Prague, v. 61, n. 3, p. 97-102, Mar. 2015.

CANTU, R. et al. Cultivo de rúcula em túneis com diferentes tipos de cobertura e mulching. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 47., 2007, Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Associação Brasileira de Olericultura, 2007. v. 25. p. 12.

CARRIJO, O. A. et al. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 5-9, jan./mar. 2004.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA. Tomate: gestão sustentável: custo para se produzir um hectare de tomate ultrapassa os R\$ 100 mil. **HF Brasil**, Piracicaba, 2016. Disponível em: <<http://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/especial-tomate-custo-parase-produzir-um-hectare-de-tomate-ultrapassa-r-100-mil.aspx>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Fatores pré-colheita e colheita. In: CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. (Ed.). **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. ampl. Lavras: Ed. UFLA, 2005. Cap. 4, p. 203-282.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO - CEAGESP. **Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura: classificação de tomates**. São Paulo: CEAGESP, 2002. 32 p.

COOLONG, T.; SURENDRAN, S.; WARNER, R. Evaluation of irrigation threshold and duration for tomato grown in a silt loam soil. **HortTechnology**, Alexandria, v. 21, n. 4, p. 466-473, Aug. 2011.

ENCISO, J. et al. Productivity of onions using subsurface drip irrigation versus furrow irrigation systems with an internet based irrigation scheduling program. **International Journal of Agronomy**, Lismore, n. 2015, p. 1-7, 2015.

ERIC, S.; DAVID, S.; ROBERT, H. **To pulse or not to pulse drip irrigation that is the question UF/IFAS**. Florida: Horticultural Sciences, 2004.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: JONG VAN LIER, Q. (Ed.). **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. Cap. 1, p. 1-27.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2008. 402 p.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. **Produção de tomate de mesa**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 193 p.

HOFFMAN, G. J.; SHALHEVET, J. Controlling salinity. In: ELLIOT, L. R.; JENSEN, M. E. (Ed.). **Design and operation of farm irrigation systems**. 2<sup>nd</sup> ed. Saint Joseph: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2007. p. 160-207.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 1-81, jan. 2017.

\_\_\_\_\_. Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 12, p. 1-82, dez. 2016.

KARMELEI, D.; PERI, G. Basic principles of pulse irrigation. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, New York, v. 100, n. 3, p. 309-319, 1974.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: AVI, 1990. 652 p.

LAMM, F. R.; AYARS, J. E.; NAKAYAMA, F. S. **Microirrigation for crop production: design, operation, and management**. Amsterdam: Elsevier, 2006. 642 p.

LAMM, F. R.; CAMP, R. C. Subsurface drip irrigation. In: LAMM, F. R.; AYARS, J. E.; NAKAYAMA, F. S. (Ed.). **Microirrigation for crop production: design, operation, and management**. Amsterdam: Elsevier, 2007. p. 473-551.

LEOPOLDO, G. et al. Respuesta productiva del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo cubierta a la distribución de la humedad generada por riego por goteo subterráneo y superficial. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 112, n. 1, p. 18-26, 2013.

MARINO, S. et al. Use of soil and vegetation spectroradiometry to investigate crop water use efficiency of a drip irrigated tomato. **European Journal of Agronomy**, Montrouge Cedex, v. 59, p. 67-77, Sept. 2014.

MAROUELLI, W. A. et al. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F. de et al. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Cap. 5, p. 158-232.

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 15 p. (Circular Técnica, 57).

MEDEIROS, P. R. et al. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 51-55, jan. 2012.

MUKHERJEE, A.; SARKAR, S.; CHAKRABORTY, P. K. Marginal analysis of water productivity function of tomato crop grown under different irrigation

regimes and mulch managements. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 104, p. 121-127, Feb. 2012.

NAIKA, S. et al. **A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA, 2016. 104 p.

PALACIOS-DÍAZ, M. P. et al. Subsurface drip irrigation and reclaimed water quality effects on phosphorus and salinity distribution and forage production. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, n. 11, p. 1659-1666, Nov. 2009.

PEREIRA-CARVALHO, R. D. C. et al. Melhoramento genético do tomateiro para resistência a doenças de etiologia viral: avanços e perspectivas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 22, p. 280-361, 2014.

SHIRAHIGE, F. H. et al. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 292-298, 2010.

THE FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORATE STATISTICAL DATABASE - FAOSTAT. **Crops**. Washington: FAOSTAT, 2016. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 29 jan. 2017.

TOPCU, S. et al. Yield response and N-fertiliser recovery of tomato grown under deficit irrigation. **European Journal of Agronomy**, Montrouge Cedex, v. 26, n. 1, p. 64-70, Jan. 2007.

WANG, D.; KANG, Y.; WAN, S. Effect of soil matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 87, n. 2, p. 180-186, Jan. 2007.

WARNER, R.; HOFFMAN, O.; WILHOIT, J. The effects of pulsing drip irrigation on tomato yield and quality in Kentucky. **HortScience**, Alexandria, 2009. Disponível em: <<http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/pr/pr603/pr603.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.

ZHENG, J. et al. Responses of drip irrigated tomato (*Solanum lycopersicum L.*) yield, quality and water productivity to various soil matric potential thresholds in

an arid region of Northwest China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 129, p. 181-193, Nov. 2013.

ZIN EL-ABEDIN, T. K. **Effect of pulse drip irrigation on soil moisture distribution and maize production in clay soil**. [S.l.: s.n], 2006. Disponível em: <<http://www.mjae.eg.net/pdf/2006/nov/19.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2017.

ZOTARELLI, L.; SCHOLBERG, J. M.; DUKES, M. D. Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. **Agricultural Water Management** Amsterdam, v. 96, n. 1, p. 23–34, Jan. 2009.



**SEGUNDA PARTE ARTIGOS**

**ARTIGO 1 IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL E  
USO DO “MULCHING” NA PRODUÇÃO DO TOMATE DE MESA**

## RESUMO

Objetivou-se neste estudo verificar o efeito da irrigação subsuperficial com gotejadores enterrados a 0,05m e emprego do “mulching” em combinação com a aplicação de duas lâminas de irrigação, nas características de produtividade e na eficiência do uso da água, numa área de produção comercial de tomate. A referida pesquisa foi desenvolvida no município de Ingáí, Minas Gerais, utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2 com duas técnicas de irrigação (gotejamento superficial com “mulching” e gotejamento subsuperficial) e duas taxas de aplicação de água (TA1: vazão dos emissores de 1,6 L h<sup>-1</sup> a cada 0,30 m e TA2: 1,6 L h<sup>-1</sup> a cada 0,50 m) com nove repetições. Foram avaliados a umidade do solo, a altura de plantas, produção total, produtividade comercial, massa média de frutos, número de frutos por planta, eficiência do uso da água. O teor de água no solo permaneceu em limites toleráveis, para o manejo da irrigação, exceto no período de maturação entre 90 e 100 DAT. As variáveis altura de plantas (1,10 m), produção total (67,85 Mg ha<sup>-1</sup>), produtividade comercial (59,68 Mg ha<sup>-1</sup>) não apresentaram diferença estatística significativa. Houve uma média de 65 frutos por planta e massa média de 93,20 g sem diferença estatística entre os tratamentos. A TA1 apresentou valor estatisticamente superior para eficiência no uso da água para produção total (39,53 kg m<sup>-3</sup>) e comercial (35,47 kg m<sup>-3</sup>). A aplicação da técnica de irrigação por gotejamento subsuperficial ou superficial, com uso de “mulching”, não resultou em diferenças de produtividade quando comparadas entre si.

**Palavras-chave:** Agricultura irrigada, manejo da irrigação, *solanum lycopersicum L*

### ABSTRACT

The objective of this study was to verify the effects of subsurface irrigation with emitters buried at 0.05 m and use of mulching technique in conjunction with the application of two irrigations rates at the yield characteristics and water use efficiency in a salad tomato field. This research was developed at the city of Ingaí, Minas Gerais, Brazil, using a completely randomized experimental design, in a 2x2 factorial scheme with two irrigation techniques (mulching and subsurface drip irrigation) and two irrigation application rates (TA1 and TA2) with nine replicates. Soil moisture, plant height, total yield, market yield, average fruit mass, number of fruits per plant, and water use efficiency were evaluated. Soil water content remained within tolerable limits for irrigation management, except in the maturation period, between 90 and 100 DAP (days after planting). The variables: plant height (1,10 m), total production (67,85 Mg ha<sup>-1</sup>), market yield (59,68 Mg ha<sup>-1</sup>) did not present significant statistical differences when compared among treatments. There was an average of 65 fruits per plant and average mass of 93,20 g without statistical difference among treatments. The irrigation rate of 5.33 l. l h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> presented a statistically superior value for water use efficiency for total (39,53 kg m<sup>-3</sup>) and market (35,47 kg m<sup>-3</sup>) production. The use of the mulching technique, with drippers at surface or subsurface, didn't result in different yields of salad tomatoes at field conditions.

**Keywords:** Management agriculture, irrigated agriculture, *solanum lycopersicum*

*L.*

## 1 INTRODUÇÃO

O tomate apresenta-se como uma das hortaliças mais cultivadas no mundo e o Brasil localiza-se entre os 10 maiores produtores mundiais. No país, houve uma produção de tomate de 3, 7 milhões de toneladas, em 2016, com rendimento médio de 64 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016).

A região do Sul de Minas Gerais e interior de São Paulo se destacam pelo clima favorável à produção dessa importante hortaliça e por estarem localizadas perto de grandes cidades com grande potencial de consumo. A região Sudeste apresentou uma participação de 49% desse total. O estado de Minas Gerais, em 2016, teve uma produção de 702,5 mil toneladas, representando uma participação média de 19% com rendimento médio de 68 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016).

Dentre os métodos de irrigação existentes, a irrigação localizada por gotejamento vem obtendo um alto crescimento ao longo dos anos. Esse fato pode ser explicado, principalmente, pela economia no uso dos recursos hídricos e pelos altos níveis de produtividade. A irrigação localizada é largamente utilizada em várias culturas e, sobretudo, no tomate (KUSÇU; TURHAN; DEMIR, 2014).

Dentre as técnicas utilizadas em gotejamento, a irrigação subsuperficial pode ser uma como economicamente viável. Os emissores subsuperficiais têm uma profundidade de instalação dependente da cultura, solo, fonte de água, pragas, clima, equipamentos de preparo e preferência técnica de produtores. Alguns sistemas de irrigação localizada subsuperficial (SDI) são rasos (profundidade <0,20m) e têm como constituintes tubos gotejadores reutilizados e/ou substituídos sazonalmente (CAMP; LAMM, 2003).

A irrigação por gotejamento é frequentemente usada com “mulching”, que desempenha um papel principal na conservação da água, particularmente, para controlar a evaporação do solo e contribuir para o aumento da produtividade do tomate (MUKHERJEE; KUNDU; SARKAR, 2010). Zotarelli, Scholberg e

Dukes (2009) relataram que a combinação da irrigação por gotejamento com “mulching” de plástico oferece bons resultados em termos de uso e economia de água.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar os efeitos irrigação subsuperficial e da cobertura plástica sobre as características produtivas e eficiência de uso de água na produção do tomate de mesa na região de Ingaí, Minas Gerais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo, em uma área comercial de 20 ha de cultivo de tomate, no período de junho a novembro de 2016. Encontrava-se situado no município de Ingaí (MG) com as seguintes coordenadas geográficas: 21°27'15,6" S e 44°59'15,2" W (Datum WGS 84), altitude de 977 m. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é considerado do tipo Cwb, com verão úmido e inverno seco (ALVARES et al., 2013).

As propriedades físico-hídricas do solo, na camada de 0 a 0,20m da área experimental, encontram-se demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1 Propriedades físico-hídricas do solo na camada de 0 a 0,20m

Prof cm	CC <sup>1</sup> cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	PMP <sup>2</sup> cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	DS <sup>3</sup> g cm <sup>-3</sup>
0-20	0,4707	0,256	1,10
Argila	Silte	Areia	Classificação textural
----- % -----			
41,0	29,8	29,2	Franco-Argilosa <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Umidade na capacidade de campo placa de Richards (tensão de 33 kPa). <sup>2</sup> Umidade no ponto de murcha permanente (tensão de 1500 kPa); <sup>3</sup> Densidade do solo. <sup>4</sup>Classificação textural segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Fonte: Ferreira (2010).

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo com textura franco-argilosa. Anteriormente, foi cultivada a soja, com característica química da camada de solo de 0 a 0,20m: pH em água = 6,4; P = 6,2 mg.dm<sup>-3</sup>, K<sup>+</sup> = 166 mg.dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>=5,2 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, Mg=0,8 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, Al<sup>3+</sup>=0,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, H+Al = 2,02 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, M.O. = 3,61 dag.Kg<sup>-1</sup>, P<sub>rem</sub>= 11 mg.L<sup>-1</sup>, Zn = 4,8 mg.dm<sup>-3</sup>, Fe = 39,6 mg.dm<sup>-3</sup>, Mn = 18,8 mg.dm<sup>-3</sup>, Cu = 1,0 mg.dm<sup>-3</sup>, B = 0,6 mg.dm<sup>-3</sup>, S = 5,6 mg.dm<sup>-3</sup>.

O preparo da área constituiu-se de uma aração com profundidade de

0,20 m, duas gradagens, sulcamento e adubação química. A calagem ocorreu 60 dias antes do transplântio das mudas, com homogeneização e revolvimento do solo. Após a aração e gradagens, foram confeccionados canteiros para transplântio das mudas de tomate. A adubação de fundação, determinada segundo a análise química do solo, foi realizada incorporando-se 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>; 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, utilizando superfosfato simples, cloreto de potássio e ureia, respectivamente, segundo necessidade da cultura, conforme recomendações da Comissão de Fertilidade de Solos do Estado de Minas Gerais: 5ª Aproximação (GOMES; SILVA; FAQUIN, 1999).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC) com fatorial 2x2 com nove repetições. Foram utilizadas duas taxas de aplicação de água (vazão do emissor 1,6 l h<sup>-1</sup> a cada 0,30 m ou vazão do emissor, 1,6 l h<sup>-1</sup> a cada 0,50 m) e duas técnicas de cultivo (superficial com plástico branco/preto e subsuperficial ou 0,05m). Cada parcela experimental mediu 5 m de comprimento e 0,90 m de largura, na qual foram transplântadas 14 plantas e avaliadas as 4 centrais. Os canteiros totalizaram 50 m comprimento, conforme demonstrado na Figura 1.



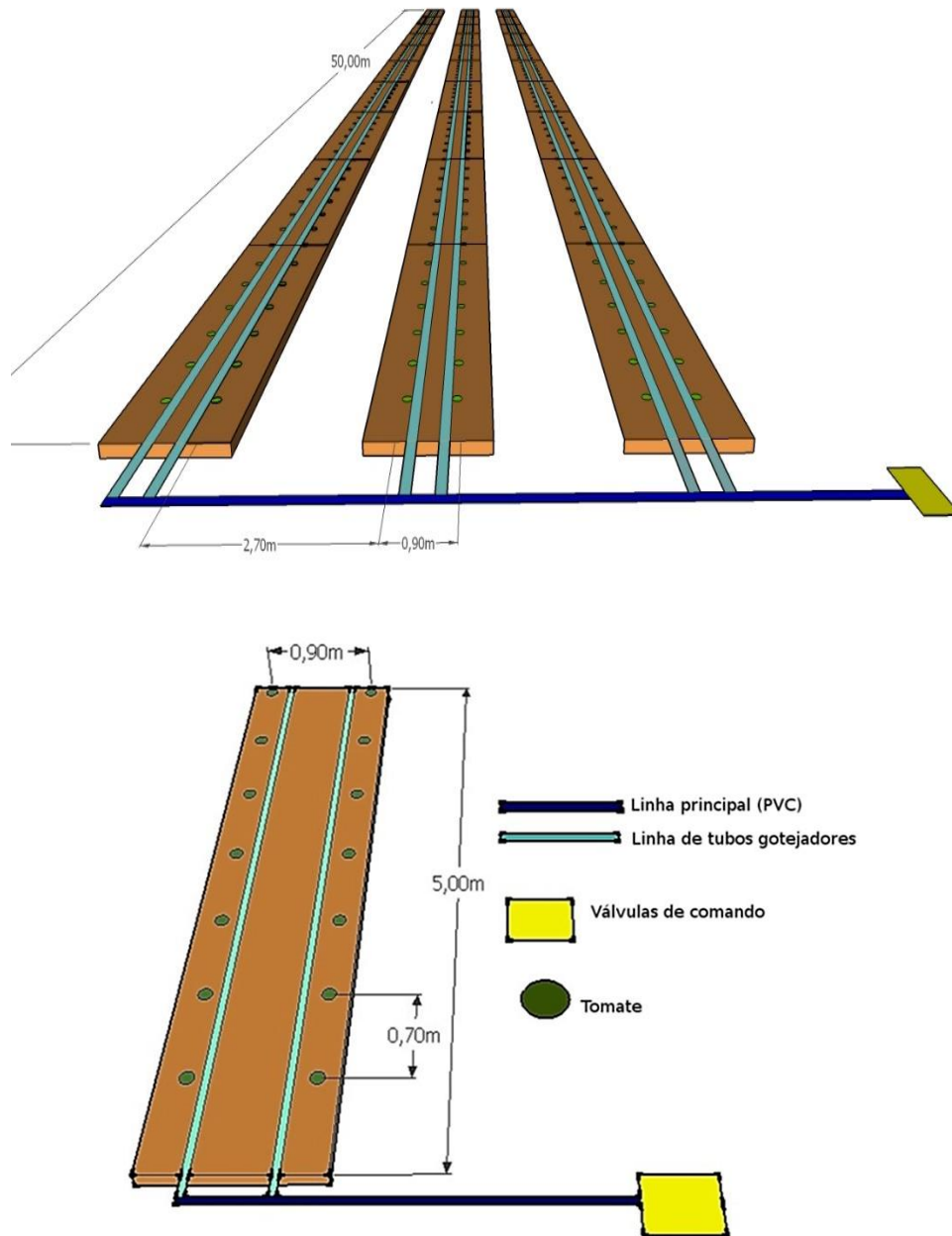


Figura 1 Croqui experimental instalado em campo.  
Fonte: Dados do autor (2017).

As mudas foram produzidas por empresa viveirista do interior de São Paulo e transportadas por caminhão com carroceria tipo baú até o local de cultivo. Foram transplantadas, quando possuíam de 3 a 4 folhas definitivas, em fileiras duplas, com espaçamento de 0,70 m x 0,90 m. A variedade cultivada foi o híbrido Aguamiel<sup>®</sup> pertencente ao grupo italiano ou salada “longa vida” (Vilmorin do Brasil Comércio de Sementes LTDA) o qual possui o (Gene Rin) responsável por frutos firmes. Tem crescimento indeterminado, sendo indicado para o mercado de consumo *in natura*.

O tomateiro foi conduzido com duas hastes por planta no sistema de condução vertical por fitilhos (Figura 2). Para o tutoramento, foram instalados mourões com, aproximadamente, uma altura de 3,0 m, espaçados em 3 m um do outro. Para sustentação do peso da planta, foi esticado um arame na posição horizontal, sobre as fileiras de plantas, a uma altura de 1,8 m o qual foi fixado aos dois mourões ao lado dos sulcos de plantio. Para cada 20 plantas de tomateiro, foi colocada uma estaca de bambu, para sustentar o arame, permitindo que ele permanecesse esticado.



Figura 2 Detalhe dos canteiros com o tutoramento da cultura por fitilhos.  
Fonte: Dados do autor (2017).

As adubações foliares e os tratos culturais, tais como capinas, desbrotas e amarrios foram realizados semanalmente. O controle de pragas foi realizado pela metodologia do manejo integrado pragas (MIP), segundo metodologia proposta por Zambolim et al. (2007). O controle químico foi efetuado sempre que, após amostragem, a população de pragas atingia limites e causava dano econômico.

O controle de doenças foi realizado de maneira preventiva, em especial, a da Requeima (*Phytophthora infestans*) que é a principal doença fúngica da cultura do tomate em regiões com temperaturas amenas e chuvas frequentes (ZAMBOLIM et al., 2007). Aplicação de defensivos agrícolas foi realizada via tratorizada, de formas preventiva e corretiva, recomendadas para a cultura, conforme rotina da empresa. As desbrotas ocorriam, quando os brotos tiveram um 0,03 a 0,05 m de comprimento. A poda apical foi efetuada após o desenvolvimento do último cacho desejado.

## 2.2 Sistema de irrigação

No sistema de irrigação por gotejamento, foram empregados dois modelos de tubos gotejadores autocompensantes com especificações técnicas listadas na Tabela 2.

Tabela 2 Características técnicas dos gotejadores segundo vazão do emissor (q), Pressão de funcionamento (P) Distância entre emissores (D), Espessura da parede (E) e Diâmetro Interno (DI)

Código	Marca	Modelo	q (L h <sup>-1</sup> )	P (kPa)	D (m)	E (mm)	DI (mm)
TA1	Netafim	DripNet <sup>a</sup>	1,60	100	0,50	1,15	13,80
TA2	Rain Bird	PC Line <sup>b</sup>	1,60	100	0,30	1,15	13,80

<sup>a</sup> Modelo autocompensante na faixa de 60 a 410 kPa, <sup>b</sup> Modelo autocompensante na faixa de 40 a 300 kPa,

Fonte: Dados do autor (2017).

O manejo de irrigação foi controlado pela leitura dos tensiômetros instalados a 0,20 m de profundidade em sete setores de cultivo da área do plantio comercial. As leituras dos tensiômetros foram realizadas, antes das 7 horas da manhã, nos 7 setores e, logo em seguida, calculada a média de leitura e obtido o tempo de irrigação. As irrigações eram realizadas pelo menos 3(três) vezes por semana, obedecendo ao potencial matricial de água no solo crítico de 20 kPa para toda a fase fenológica do tomateiro.

Os nutrientes foram aplicados via água de irrigação e diluídos em tanques previamente preparados e, posteriormente, injetados com o auxílio de bomba injetora tipo pistão. O sistema de filtragem da água de irrigação foi constituído por um conjunto de 5 (cinco) filtros de discos de 130 micras, instalados após o sistema de fertirrigação. A fertirrigação foi realizada 3 vezes por semana e distribuída segundo a marcha de absorção da cultura. Durante o período experimental, aplicaram-se dosagens de 131 kg ha<sup>-1</sup> de N, 235 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 654 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, 188 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 66 kg ha<sup>-1</sup> de Mg, 87 kg ha<sup>-1</sup> de S e 6 kg ha<sup>-1</sup> de B, conforme recomendações da Comissão de Fertilidade de Solos do Estado de Minas Gerais: 5ª Aproximação (GOMES; SILVA; FAQUIN, 1999).

### **2.3 Curva de retenção de água no solo**

Na elaboração da curva característica de água do solo, foi adotada a metodologia proposta por Van Genuchten (1980). Foram coletadas amostras indeformadas de solo no campo em anéis cilíndricos que foram tampados nas duas extremidades com papel alumínio e, posteriormente, acondicionadas num recipiente com tampa e encaminhadas ao Laboratório de Análise Física de Solo do DEG/UFLA. Para as tensões de 2, 4, 6, 8 e 10 kPa, foi utilizado o método do funil de placa porosa (Funil de Hainess) e, para as tensões de 33, 100, 500 e 1500 kPa, a câmara de pressão de Richards (RICHARDS, 1947). Os pares de dados,

referentes ao potencial matricial do solo ( $\Psi_m$ ) e sua respectiva umidade ( $\theta$ ) da camada de 0 a 0,20 m, estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 Potencial matricial ( $\Psi_m$ ) e umidade ( $\theta$ ) para a camada de 0 a 0,20m de solo da área experimental.

$\Psi_m$ (kPa)	$\theta$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	$\Psi_m$ (kPa)	$\theta$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )
0	0,520	100	0,388
10	0,491	330	0,346
20	0,459	500	0,334
40	0,431	1000	0,325
60	0,417	5000	0,294
80	0,401	15000	0,256

Fonte: Dados do autor (2017).

A curva de retenção de água no solo, necessária para o manejo da irrigação, foi confeccionada com o auxílio do programa RETC (VAN GENUCHTEN et al., 2009). Os teores de água e os respectivos potenciais foram ajustados pelo modelo proposto por Van Genuchten (1980), obtendo-se um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,9949, conforme demonstrado na Equação (1).

$$\theta_{0-0,20} = 0,204 + \frac{0,522-0,204}{[1+(0,095 |\Psi_m|)^{1,225}]^{0,184}} \quad (1)$$

Em que:

$\theta$ : umidade, com base em volume (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>);

$|\Psi_m|$ : módulo do potencial matricial (kPa).

## 2.4 Avaliação das variáveis de estudo

A avaliação das variáveis respostas foi realizada por colheitas com início aos 91 dias após o transplante. Com isso, foram avaliadas as seguintes características:

- Umidade do solo: valores obtidos pela leitura de tensiômetros instalados a 0,20 m de profundidade em  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ . Avaliada ao longo do ciclo da cultura.

- Altura de plantas em pleno florescimento: medida na época de pleno florescimento. Com o auxílio de uma trena, foi realizada a medição da base da planta até o último folíolo. Em cada parcela, foram medidas 4 (quatro) plantas representativas.

- Produção total: resultado da produção, considerando-se a massa média de produção de frutos totais e expressa em  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

- Produtividade comercial: é a soma da produção de frutos comercializáveis, retirando-se os frutos com defeitos e atacados com pragas e doenças (frutos não comercializáveis), expressa em  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

- Massa média de frutos: obtida pelo quociente entre a massa total de frutos, colhida em cada parcela experimental pelo respectivo número de frutos, no período de colheita. Expresso em  $\text{g.fruto}^{-1}$ .

- Número de frutos por planta: Relação entre número de frutos colhidos e o número de plantas que foram avaliadas na parcela experimental.

- Eficiência no uso da água de irrigação: é definida pela relação entre a produção da cultura e a quantidade de água aplicada pela irrigação, (Equação 2), conforme proposta por Howell, Cuenca e Solomon (1990).

$$EUAi = \frac{P}{L} \quad (2)$$

Em que:

EUAi: eficiência no uso da água de irrigação,  $\text{kg m}^{-3}$ ;

P: produção da cultura,  $\text{kg ha}^{-1}$  e

L: lâmina aplicada pela irrigação em mm.

As variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa estatístico SISVAR, versão 4.6 (FERREIRA, 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Lâmina de irrigação aplicada na cultura

Na Figura 3 estão apresentados os valores de precipitação e lâminas de irrigação em função das fases fenológicas do tomateiro.

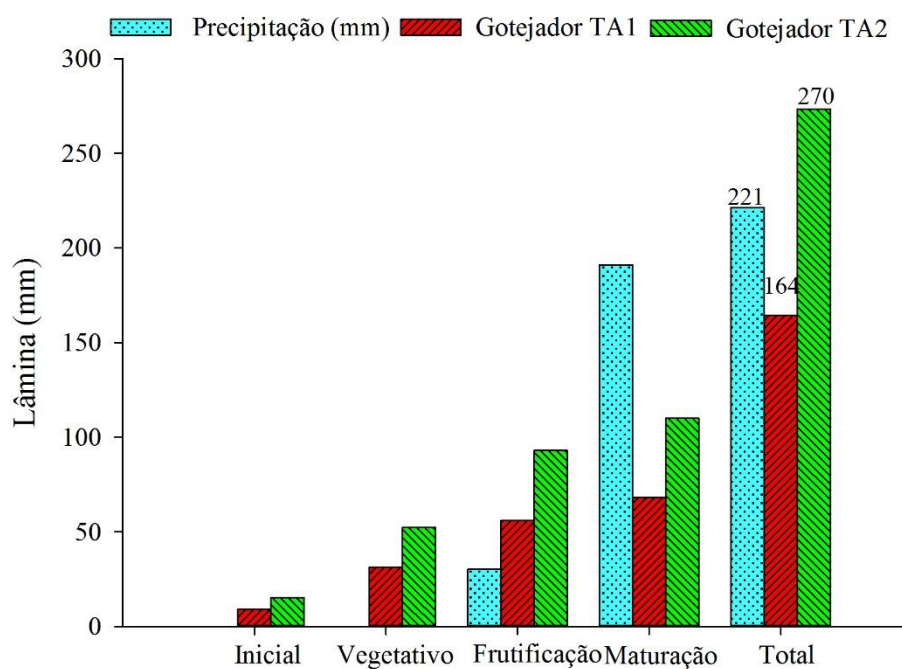


Figura 3 Precipitação (mm) e lâminas de irrigação (mm) aplicadas pelos emissores Netafim DripNet (DN) e Rain Bird PC Line (PC) nas fases de desenvolvimento do tomateiro.

Fonte: Dados do autor (2017).

Durante o período experimental, foi registrada uma precipitação total de 221 mm, muito aquém da necessidade hídrica do tomateiro cultivado em campo que varia entre 400 a 800 mm (STEDUTO et al., 2012). Além disso, as precipitações aconteceram de forma desuniforme, principalmente, nos estágios de



frutificação e maturação, colaborando para a necessidade de irrigação.

Considerando um tempo total de 100 horas de irrigação, os emissores de códigos TA1 e TA2 aplicaram uma lâmina de irrigação de 164 mm e 270 mm, respectivamente. A lâmina total de água aplicada no solo, considerando-se a soma da precipitação e irrigação, foi de 385 mm e 491 mm, conforme modelo de TA1 e RB TA2, respectivamente.

A qualidade no fruto do tomateiro é incrementada, quando a cultura é cultivada na época do ano, em que ocorre uma relativa baixa quantidade de chuvas, o que incidiu neste experimento. A escassez de chuva interrompe o ciclo de proliferação de pragas, doenças e plantas invasoras, além de reduzir agentes bióticos indesejáveis. A aplicação de defensivos agrícolas, também, é favorecida nessa situação.

### **3.2 Umidade do solo**

De acordo com as leituras obtidas nos tensiômetros, instalados a 0,20 m de profundidade e com a curva característica do solo, foi realizada a avaliação do teor de água do solo.

Para solos de textura fina, a capacidade de campo pode ser obtida com valores de potencial de água no solo de 10 kPa (MAROUELLI et al., 2011), ou seja, umidade de  $0,47 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . O potencial de água no solo, para o manejo de irrigação adotado, foi de 20 kPa, correspondendo a uma umidade de  $0,44 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . Na Figura 4, são demonstrados os valores de umidade do solo a 0,20 m em função dos dias após o transplântio (DAT).

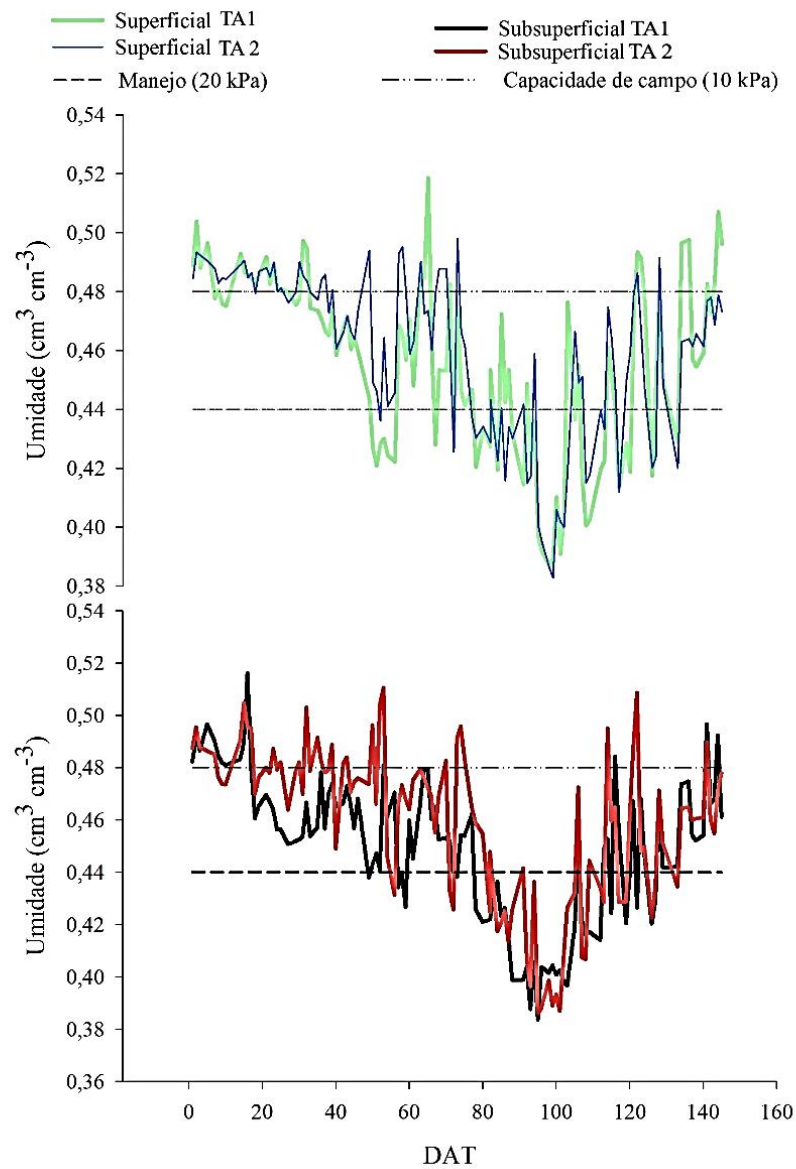


Figura 4 Umidade do solo a 0,20 m de profundidade, segundo as condições superficiais, subsuperficiais e taxas de aplicação de  $3,20 \text{ Lh}^{-1} \text{ m}^{-1}$  (TA1) e  $5,33 \text{ Lh}^{-1} \text{ m}^{-1}$  (TA2), referentes aos dias após o transplante (DAT).  
 Fonte: Dados do autor (2017).

A Figura 4 demonstra que a umidade do solo a 0,20 m de profundidade evidenciou um comportamento similar ao longo do ciclo da cultura. No período de 90 a 100 DAT, a umidade de solo apresentou valores abaixo da umidade de manejo em virtude de problemas operacionais da bomba de captação de água enfrentado pelos operadores de campo.

Del Amor e Del Amor (2007), comparando a produção e a qualidade do fruto do tomate, para processamento com irrigação superficial e subsuperficial, relataram que, quando a irrigação foi reduzida em 50 % da evapotranspiração da cultura, a irrigação subsuperficial demonstrou maior umidade de água se comparada com a irrigação superficial. Neste trabalho, não foram encontradas diferenças do teor de água no solo a 0,20 m de profundidade, utilizando irrigação superficial ou subsuperficial.

### 3.3 Altura de plantas

A avaliação foi realizada, no período de pleno florescimento da cultura, aos 66 DAT. Na Tabela 4 encontra-se o resumo da análise de variância para esta variável de estudo.

Tabela 4 Resumo da análise de variância para altura de plantas

FV	GL	Quadrado médio
		Altura de plantas (m)
Técnica de cultivo (TC)	1	0,00100 <sup>ns</sup>
Taxa de aplicação (TA)	1	0,00400 <sup>ns</sup>
TC x TA	1	0,000044 <sup>ns</sup>
Erro	32	0,00205
Coef. Variação (%)	--	4,14
Média Geral	--	1,10

<sup>ns</sup> não significativo e \*Significativo ao teste F 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor (2017).

Conforme observado na Tabela 4, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade e, também, não houve interação significativa referente aos parâmetros avaliados.

Assim, a combinação entre as técnicas de cultivo (superficial com “*mulching*” e subsuperficial) e taxa de aplicação não proporcionaram diferenças estatísticas significativas nas alturas de plantas de tomateiro no período de pleno florescimento. As alturas de plantas com média geral de 1,1 metros foram diferentes dos resultados referentes aos trabalhos de Lima (2014). O autor encontrou o valor médio de 1,73 m, aos 60 DAT, com o tratamento fertirrigado e lâmina total aplicada de 502 mm, valor superior ao encontrado nesta pesquisa.

Em alguns estudos, também, não se observaram diferenças na altura de plantas, concordando com este trabalho, como Bogiani et al. (2008), os quais usaram tratamentos com e sem plástico branco e Ngouajio, Wang e Goldy (2007) que avaliaram o uso de plástico preto.

### **3.4 Produção total e produtividade comercial**

A análise de variância das variáveis produção total e produtividade comercial é demonstrada na Tabela 5.

Nota-se que não houve interação significativa entre os fatores com 59,68 Mg ha<sup>-1</sup> de produtividade comercial média e 67,85 Mg ha<sup>-1</sup> de produção total média. Na produtividade média do presente estudo, obtiveram-se valores melhores do que no cultivo do tomateiro no Brasil, que varia em torno de 64,81 Mg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016).

Tabela 5 Resumo da análise de variância para as variáveis de produção

FV	GL	Quadrado médio	
		Produtividade comercial (Mg ha <sup>-1</sup> )	Produção total (Mg ha <sup>-1</sup> )
Técnica de cultivo (TC)	1	240,35 <sup>ns</sup>	4,28 <sup>ns</sup>
Taxa de aplicação (TA)	1	68,95 <sup>ns</sup>	95,39 <sup>ns</sup>
TC x TA	1	5,17 <sup>ns</sup>	8,01 <sup>ns</sup>
Erro	32	141,80	61,74
Coef. Variação (%)	--	19,91	11,58
Média Geral	--	59,68	67,85

<sup>ns</sup> não significativo e \*Significativo ao teste F 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor (2017).

De maneira geral, estes resultados comprovam a eficiência da utilização do manejo da irrigação, para a obtenção de altas produtividades e demonstram que o tomateiro manteve níveis de rendimento similares referentes ao uso do plástico e da irrigação subsuperficial. De acordo com Santana et al. (2010), há um incremento na produtividade do tomateiro com lâminas de até 500 mm, durante todo o ciclo, com diminuição para uso de lâminas menores ou maiores e consequente perda de produtividade, em relação à reposição de 100%.

### 3.5 Massa média de frutos e número de frutos por planta

Na Tabela 6 encontra-se a análise de variância para massa média de frutos e número de frutos por planta.

As variáveis massa média de frutos e número de frutos por planta não apresentaram diferença estatística significativa. Os frutos obtiveram uma massa média de 93,20 g e, em média, 65 frutos por planta.

Em outras regiões de cultivo, Ngouajio, Wang e Goldy (2007) alcançaram uma massa média de frutos de 266,3 g com a cultivar Mountain Spring, cultivada

com plástico preto, valor muito acima do obtido neste estudo.

Tabela 6 Resumo da análise de variância para massa média de frutos e número de frutos por planta.

FV	GL	Quadrado médio	
		Massa média de frutos (g planta <sup>-1</sup> )	Número de frutos por planta
Técnica de cultivo (TC)	1	818,34 <sup>ns</sup>	282,91 <sup>ns</sup>
Taxa de aplicação (TA)	1	1330,06 <sup>ns</sup>	43,60 <sup>ns</sup>
TC x TA	1	30,25 <sup>ns</sup>	16,19 <sup>ns</sup>
Erro	32	1719,78	142,91
Coef. Variação (%)	--	44,50	18,28
Média Geral	--	93,20	65,38

<sup>ns</sup> não significativo e \* Significativo ao teste F 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor (2017).

Monte et al. (2009) avaliaram a influência do turno de rega, na produção comercial dos frutos de um híbrido de tomate para mesa e observaram maior número de frutos médios, em todos os tratamentos, com poucos frutos grandes e pequenos.

### 3.6 Eficiência no uso da água de irrigação (EUAi)

A síntese da análise de variância da eficiência, no uso da água de irrigação para produção total e produção comercial, encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 Resumo da análise de variância para eficiência do uso da água de irrigação (EUAi) considerando a Produtividade comercial (EUAi PC) e Produção total (EUAi PT)

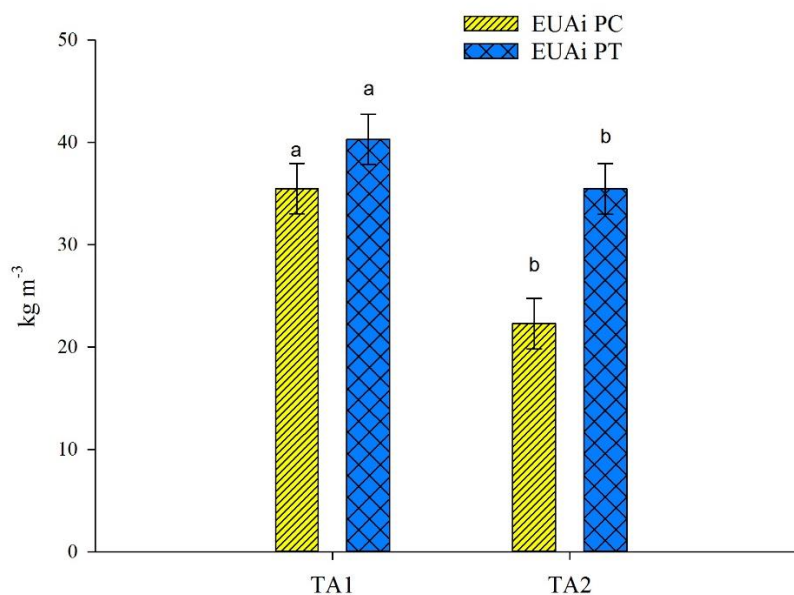
FV	GL	Quadrado médio	
		EUAi PC (kg m <sup>-3</sup> )	EUAi PT (kg m <sup>-3</sup> )
Técnica de cultivo (TC)	1	52,85 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>
Taxa de aplicação (TA)	1	1562,62*	2004,80*
TC x TA	1	0,61 <sup>ns</sup>	2,65 <sup>ns</sup>
Erro	32	32,29	13,30
Coef. Variação (%)	--	19,68	11,11
Média Geral	--	28,88	32,82

<sup>ns</sup> Não significativo e \*Significativo ao teste F 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor (2017).

A análise estatística demonstrou que houve diferença estatística significativa na produção e produtividade comercial na eficiência do uso da água de irrigação somente para as taxas de aplicação. Não houve interação estatística significativa entre os fatores de estudo.

Na Figura 5 estão relatados os dados médios, para eficiência no uso da água de irrigação na produtividade comercial e produção total, obtidos na colheita do tomate.



\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 5 Valores médios na eficiência do uso da água de irrigação (EUAi) para produtividade comercial (EUAi PC) e produção total (EUAi PT) em função das taxas de aplicação de água de 3,20 L h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> (TA1) e 5,33 L h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> (TA2).

Fonte: Dados do autor (2017).

Nota-se que a taxa de aplicação de água TA1 apresentou um melhor resultado em termos de eficiência do uso da água de irrigação. A eficácia do uso da água, para produção total (39,53 kg m<sup>-3</sup>) e comercial (35,47 kg m<sup>-3</sup>), ultrapassaram a média dos valores de eficiência do uso da água para taxa de aplicação de água TA2.

Lei et al. (2009) identificaram EUAi máxima de 15,33 kg m<sup>-3</sup>, quando a irrigação foi feita por déficit de 50%. No trabalho de Reina-Sanchez, Romero-Aranda e Cuartero (2005), em que foram testadas quatro cultivares de tomate e



diferentes doses de cloreto de sódio o valor da EUA foi de  $31 \text{ kg m}^{-3}$  para o tratamento sem o cloreto de sódio. Marouelli e Silva (2006) não observaram influência dos regimes de irrigação, nos valores da eficiência, no uso da água pelo tomateiro ‘Heinz 9992’, constatando valor médio de  $39,4 \text{ kg m}^{-3}$ . Os valores anteriores apresentaram divergências pelo grande número de tomate híbrido existente, mas, no geral, foram médias próximas ao deste trabalho.

Em estudos anteriores concluiu-se que a eficiência do uso da água diminui, quando a quantidade de água de irrigação aplicada aumenta, porque o rendimento diminui por unidade de água (CHEN et al., 2015).

#### **4 CONCLUSÕES**

A taxa de aplicação de água obtida pelos emissores, espaçados em 0,50 m e com vazão de  $1,6 \text{ L h}^{-1}$ , incrementou a eficiência de uso da água do tomateiro de mesa tanto para a irrigação superficial com “mulching” quanto para a subsuperficial a 0,05m.

A irrigação superficial com “mulching” e a irrigação subsuperficial a 0,05m não causaram diferenças nos valores de umidade de solo a 0,20 m de profundidade, quando comparadas uma a outra, assim como nas variáveis de produção do tomateiro de mesa irrigado.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, Dec. 2013.

BOGIANI, J. C. et al. Tip pruning, plant density and plastic mulching in tomato yield in protected cultivation. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 145-151, 2008.

CAMP, C. R.; LAMM, F. R. Irrigation systems, subsurface drip. **Encyclopedia Water Science**, New York, p. 560-564, 2003.

CHEN, R. et al. Lateral spacing in drip-irrigated wheat: the effects on soil moisture, yield, and water use efficiency. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 179, p. 52-62, Aug. 2015.

DEL AMOR, M. A.; DEL AMOR, F. M. Response of tomato plants to deficit irrigation under surface or subsurface drip irrigation. **Journal of Applied Horticulture**, Oxford, v. 9, n. 2, p. 97-100, 2007.

FERREIRA, D. F. Sistema **Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: Ed. UFLA, 2014. v. 5.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: JONG VAN LIER, Q. (Ed.). **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. Cap. 1, p. 1-27.

GOMES, L. A. A.; SILVA, E. C.; FAQUIN, V. Recomendações de adubação para cultivos em ambiente protegido. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Ed. UFV, 1999. p. 99-110.

HOWELL, T. A.; CUENCA, R. H.; SOLOMON, K. H. Crop yield response. In: HOFFMAN, G. J.; HOWELL, T. A.; SOLOMON, K. H. (Ed.). **Management of farm irrigation systems**. Michigan: ASAE Monography, 1990. p. 91-122.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 12, p. 1-82, dez. 2016.

KUSÇU, H.; TURHAN, A.; DEMIR, A. O. The response of processing tomato to deficit irrigation at various phenological stages in a sub-humid environment. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 133, p. 92–103, Feb. 2014.

LEI, S. et al. Physiological mechanism contributing to efficient use of water in field tomato under different irrigation. **Plant and Soil Environment**, Prague, v. 55, n. 3, p. 128-133, 2009.

LIMA, T. P. de. **Diferentes lâminas de irrigação e adubação na cultura do tomate de mesa em Goiás**. 2014. 60 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)– Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2014.

MAROUELLI, W. A. et al. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F. de et al. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Cap. 5, p. 158-232.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 342-346, jul./set. 2006.

MONTE, J. A. et al. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 222-227, abr./jun. 2009.

MUKHERJEE, A., KUNDU, M.; SARKAR, S. Role of irrigation and mulch on yield, evapotranspiration rate and water use pattern of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 182–189, Dec. 2010.

NGOUAJIO, M.; WANG, G.; GOLDY, R. Withholding of drip irrigation between transplanting and flowering increases the yield of field-grown tomato under plastic mulch. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 87, n. 3, p. 285-291, Feb. 2007.

REINA-SÁNCHEZ, A.; ROMERO-ARANDA, R.; CUARTERO, J. Plant water uptake and water use efficiency of greenhouse tomato cultivars irrigated with saline water. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 78, n. 1, p. 54-66, 2005.

- RICHARDS, L. A. Pressure-membrane apparatus, construction and use. **Agronomy Engineering**, Madison, v. 28, n. 5, p.451-454, Jan./Apr. 1947.
- SANTANA, M. J. et al. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 443-454, out./dez. 2010.
- STEDUTO, P. et al. **Crop yield response to water**. Rome: FAO, 2012. 66 p.
- VAN GENUCHTEN, M. T. A. Closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.44, n. 4, p. 892-898, Sept. 1980.
- VAN GENUCHTEN, M. T. A. et al. RETC version 6.02. **PC Progress**, Prague, 2009. Disponível em: <<http://www.pc-progress.com/en/Default.aspx?retc-downloads>>. Acesso em: 4 out. 2017.
- ZAMBOLIM, L. et al. Controle biológico das principais pragas de hortaliças no Brasil. In: \_\_\_\_\_. **Manejo integrado de doenças e pragas hortaliças**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. p. 505-537.
- ZOTARELLI, L.; SCHOLBERG, J. M.; DUKES, M. D. Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. **Agricultural Water Management** Amsterdam, v. 96, n. 1, p. 23–34, Jan. 2009.

**ARTIGO 2 IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL E  
PULSOS NA PRODUÇÃO DE TOMATE DE MESA**

## RESUMO

Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da frequência de aplicação de água e uso da irrigação por gotejamento subsuperficial na cultura do tomate de mesa em lavoura comercial. O experimento foi implantado em Ingaí (MG), utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2 com duas técnicas de irrigação (gotejamento superficial e gotejamento subsuperficial) e duas frequências de irrigação (irrigação contínua e por pulsos) com seis repetições. A irrigação por pulsos consistiu na divisão da lâmina de irrigação diária, em seis vezes, com intervalos iguais de descanso e aplicação de água. Foram avaliados o potencial mátrico e variáveis de produção. Como resultado, o potencial mátrico do solo apresentou comportamento similar em função das profundidades 0,10; 0,30 e 0,50m. A produtividade comercial ( $20,78 \text{ kg.m}^{-3}$ ), a produção total ( $21 \text{ kg.m}^{-3}$ ), a massa média de frutos (113 g) e o número médio de frutos por planta (26) não tiveram diferenças com o uso da irrigação superficial, subsuperficial, contínua ou por pulsos e suas interações. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas em aplicar a água de modo contínuo, ou em 6 pulsos por irrigação, na forma superficial ou subsuperficial. O uso da irrigação contínua e a irrigação por pulsos não ocasionaram diferenças estatísticas quantitativas para as variáveis de produção do tomate de mesa.

**Palavras-chave:** Irrigação localizada, gerenciamento da irrigação, tensiômetros.

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of frequency of water application and use of subsurface drip irrigation on salad tomato crop. The experiment was implemented in Ingaí (MG), using a completely randomized experimental design in a 2x2 factorial scheme with two irrigation techniques (surface drip and subsurface drip) and two irrigation frequencies (continuous and pulsed irrigation), with six replications. Pulse irrigation consisted of dividing the daily irrigation depth in six depths with equal intervals of rest and water application. The matric potential and production variables were evaluated. As a result, the soil matric potential showed similar behavior as a function of soil depth 0.10; 0.30 and 0.50m. The market yield ( $20.78 \text{ kg.m}^{-3}$ ), total yield ( $21 \text{ kg.m}^{-3}$ ), average fruit mass (113 g) and average number of fruits per plant (26) did not differ for use of surface irrigation, subsurface, or continuous pulses and their interactions. No significant statistical differences were observed in applying water continuously, in 6 pulses per irrigation, with superficial or subsurface application. The use of continuous irrigation and pulse irrigation did not promote statistical differences for salad tomato production variables.

**Keywords:** Drip irrigation, management irrigation, tensiometers.

## 1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é um importante vegetal, tem alta exigência de água e a sua escassez é a principal restrição para sua produção, principalmente, em regiões áridas e semiáridas. Em todo o mundo, a prioridade é a adoção de estratégias de irrigação apropriadas que auxiliem na economia de água de irrigação sem o comprometimento do rendimento (PATANÈ; COSENTINO, 2011).

O tomate é uma das hortaliças mais cultivadas no mundo. O Brasil está situado entre os 10 maiores produtores mundiais. (IBGE, 2016). A região do Sul de Minas Gerais e interior de São Paulo se destacam pelo clima favorável à produção dessa importante hortaliça e por estarem localizadas perto de grandes cidades com grande potencial de consumo.

Dentre os métodos de irrigação existentes, a irrigação localizada e, principalmente, o gotejamento obtêm um alto crescimento ao longo dos anos. Esse fato pode ser explicado, sobretudo, pela economia no uso dos recursos hídricos e por proporcionar altos níveis de produtividade com destaque para a produção de hortaliças. Irrigação localizada é largamente utilizada em várias culturas como brócolis (ERDEM et al., 2010), beterraba (KIYMAZ; ERTEK, 2015), pepino (ZHANG et al., 2011), batata (WANG et al., 2011) e tomate (KUSÇU; TURHAN; DEMIR, 2014).

A irrigação localizada por meio de gotejamento subsuperficial é um método eficiente de aplicação de água diretamente no sistema radicular da planta em subsuperfície. Destaca-se por favorecer a redução da evaporação da água, melhorar a eficiência da aplicação dos fertilizantes e, principalmente, reduzir a população de plantas infestantes e o acúmulo de sais na superfície (ANDRADE JUNIOR et al., 2012).



A irrigação por pulsos é utilizada em todo o mundo, especialmente pelos seus efeitos positivos sobre o aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos produtos, economia no uso da água, redução do entupimento de emissores e redução do consumo de energia (BAKEER et al., 2009).

Segundo Zin El-Abedin (2006), a aplicação da água por pulsos da água permite reduzir a taxa média de irrigação para um nível que coincide com a condutividade hidráulica do solo e minimiza a percolação abaixo da zona radicular efetiva. Os pulsos podem ser aplicados, em qualquer método de irrigação, embora seja aplicado, principalmente, em sistemas de irrigação por gotejamento.

Objetivou-se no presente estudo avaliar o efeito da frequência de aplicação de água e uso da irrigação por gotejamento subsuperficial, na cultura do tomate de mesa em lavoura comercial, no município de Ingaí, Minas Gerais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo, em área de plantio comercial, no município de Ingaí, Minas Gerais, situado a 21°27'9.46"S e 44°56'39.53" O (Datum WGS84) e altitude de 960m. Segundo Alvares et al. (2013), o clima da região é considerado do tipo Cwb, segundo classificação de Köppen, com verão úmido e inverno seco.

Para o manejo de irrigação, foram coletadas amostras de solo na camada 0 a 0,20m e suas características físico-hídricas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Propriedades físico-hídricas do solo

Prof (cm)	CC <sup>1</sup> (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	PMP <sup>2</sup> (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	DS <sup>3</sup> (g cm <sup>-3</sup> )
0-20	0,391	0,293	1,10
Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Classificação <sup>4</sup>
39,0	35,7	25,3	Franco-Argilosa

<sup>1</sup>Umidade na capacidade de campo placa de Richards (tensão de 33 kPa).

<sup>2</sup> Umidade no ponto de murcha permanente (tensão de 1500 kPa); <sup>3</sup> Densidade do solo.

<sup>4</sup>Classificação textural segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Fonte: Ferreira (2010).

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo com textura franco-argilosa. Anteriormente, foi cultivada a soja, com característica química da camada de solo de 0 a 0,20m: pH em água = 5,7; P = 4,2 mg.dm<sup>-3</sup>, K<sup>+</sup> = 102 mg.dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 2,7 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, Mg = 0,9 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, Al<sup>3+</sup>=0,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, H+Al = 2,78 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, M.O. = 2,85 dag.Kg<sup>-1</sup>, P<sub>rem</sub>= 15,8 mg.L<sup>-1</sup>, Zn = 3,4 mg.dm<sup>-3</sup>, Fe = 26,8 mg.dm<sup>-3</sup>, Mn = 8,8 mg.dm<sup>-3</sup>, Cu = 1,3 mg.dm<sup>-3</sup>, B = 0,5 mg.dm<sup>-3</sup>, S = 4,2 mg.dm<sup>-3</sup>.

O preparo da área foi realizado com uma aração à profundidade de 0,20 m, duas gradagens, sulcamento e adubação química. A calagem foi realizada 60

dias antes do transplante das mudas, com homogeneização e revolvimento do solo. Após a aração e gradagens, foram confeccionados canteiros para transplante das mudas de tomate.

A determinação da adubação foi realizada com base na análise química do solo. A adubação de fundação foi realizada no sulco, aplicando-se e incorporando superfosfato triplo, cloreto de potássio e micronutrientes, segundo necessidade da cultura e recomendações da Comissão de Fertilidade de Solos do Estado de Minas Gerais: 5ª Aproximação (GOMES; SILVA; FAQUIN, 1999).

Durante o ciclo da cultura, foram aplicadas via fertirrigação, numa frequência de 3 vezes por semana, as dosagens totais de nutrientes: 654,18 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; 130,86 kg ha<sup>-1</sup> de N; 66 kg ha<sup>-1</sup> de Mg; 187,56 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 234,8 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 5,75 kg ha<sup>-1</sup> de B e 86,78 kg ha<sup>-1</sup> de S, distribuídas segundo a marcha de absorção da cultura durante as fases fenológicas. A fonte de nitrogênio foi 36,36 % de nitrato de cálcio e 36,64 % de fosfato monoamônico (MAP). Para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, foram usadas com 100% MAP e 100% cloreto de potássio, respectivamente. A fonte de cálcio foi de 58,36% (nitrato de cálcio) e 41,64% (cloreto de cálcio); para magnésio foi 100% sulfato de magnésio; para boro foi 100% de ácido bórico e para enxofre, 100% de sulfato de magnésio.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x2 com seis repetições. Foram utilizadas duas técnicas de irrigação (gotejamento superficial e gotejamento subsuperficial) e duas frequências de irrigação (irrigação contínua e por pulsos).

As parcelas experimentais possuíam 5 m de comprimento e 0,90 m de largura onde foram transplantadas 28 plantas em fileiras duplas considerando-se 08 plantas centrais por parcela para a colheita.

O croqui da área experimental é demonstrando na Figura 1.

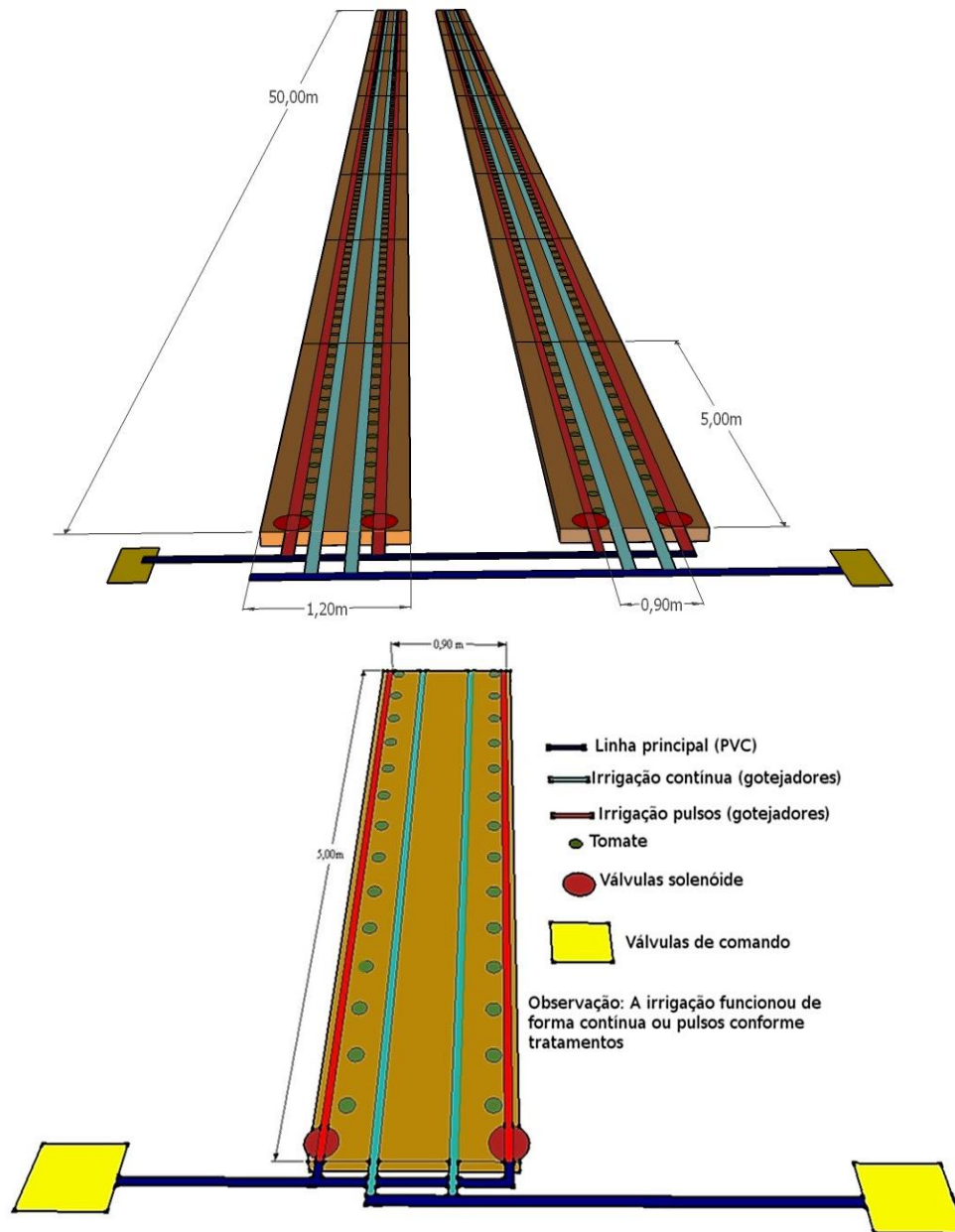


Figura 1 Croqui da área experimental.  
 Fonte: Dados do autor (2017).

A cultivar de tomate italiano transplantada foi o híbrido Aguamiel. O espaçamento utilizado foi de 0,35 m entre plantas e de 0,9 m entre linhas. As mudas foram transplantadas, em 21/09/2016, em fileiras duplas por canteiro com o espaçamento implantado de 2,70 x 0,9 x 0,35m.

As mudas foram produzidas por empresa viveirista do interior de São Paulo e transportadas por caminhão com carroceria tipo baú até o local de cultivo. As mudas foram transplantadas quando possuíam de 3 a 4 folhas definitivas.

Após o transplante, irrigações diárias foram necessárias, para o pegamento das mudas, sempre a partir das 7h. A irrigação foi gerenciada pela média de leitura de tensiômetros instalados a 0,20 m de profundidade em sete setores. As leituras dos tensiômetros foram realizadas antes das 7h em todos os setores e calculada a média para a definição do tempo de irrigação.

Para o tutoramento, foram instalados mourões de 3,0 m (dois em cada linha), utilizando-se o sistema de condução por fitilhos. Passou-se um arame, na horizontal sobre as fileiras de plantas, a uma altura de 1,8 m, que foi fixado aos dois mourões ao lado dos sulcos de plantio. Para cada 20 plantas de tomateiro, foi colocada uma estaca de bambu, para sustentar o arame, permitindo que ele permanecesse esticado.

As adubações foliares e os tratamentos culturais, tais como capinas, desbrotas e amarrios foram realizados semanalmente. O controle de pragas foi realizado pela metodologia do manejo integrado pragas (MIP), segundo metodologia proposta por Zambolim et al. (2007). O controle químico foi efetuado sempre que, após amostragem, a população de pragas atingia limites e causava dano econômico.

O controle de doenças foi realizado de maneira preventiva, em especial, a da Requeima (*Phytophthora infestans*) que é a principal doença fúngica da cultura do tomate, em regiões com temperaturas amenas e chuvas frequentes (ZAMBOLIM et al., 2007). Aplicação de defensivos agrícolas, via tratorizada, foi

realizada de forma preventiva e corretiva, recomendadas para a cultura, conforme rotina da empresa. As desbrotas ocorriam, quando os brotos obtiveram de 0,03 a 0,05 m de comprimento. A poda apical foi efetuada após o desenvolvimento do último cacho desejado.

## 2.2 Sistema de irrigação

No sistema de irrigação por gotejamento, foi instalado o tubo gotejador de emissor de fluxo turbulento, conforme características técnicas observadas na Tabela 2.

Tabela 2 Vazão do emissor (q), pressão de funcionamento (P), distância entre emissores (D), Espessura da parede (E) e Diâmetro Interno (DI)

Código	Marca	Modelo	q (L h <sup>-1</sup> )	P (kPa)	D (m)	E (mm)	DI (mm)
DL	NaanDanJain	Taldrip	1,60	100	0,30	0,25	15,80

Fonte: Dados do autor (2017).

A irrigação da área de plantio comercial consistia em divisões por setores para a aplicação parcelada da água de irrigação. No início de cada setor, foram instalados um conjunto de válvulas, antivácuo, ventosa combinada, hidráulica com piloto regulador de pressão, necessárias ao correto funcionamento hidráulico dos sistemas de irrigação.

No início do setor de irrigação, após a passagem da linha principal, instalou-se um conjunto contendo três válvulas solenoides que eram acionadas por 24 VAC, a partir do controlador de irrigação Rain Bird ESP-LXME, conforme demonstrado na Figura 2.



Figura 2 Válvulas solenoides e painel de controle da irrigação por pulsos.

Fonte: Dados do autor (2017).

O tempo de irrigação na área experimental foi controlado pela média de tensão obtida pela leitura 7 de tensiômetros instalados a 0,20 m de profundidade e em 7 setores de plantio, representativos na área do plantio comercial. O manejo de irrigação foi realizado, em função da leitura crítica do potencial matricial de água no solo em 20 kPa, considerado para todas as fases fenológicas da cultura.

### **2.3 Curva de retenção de água no solo**

Na elaboração da curva característica de água do solo, foi adotada a metodologia proposta por Van Genuchten (1980). Foram coletadas amostras indeformadas de solo no campo, nos quais os anéis eram tampados nas duas extremidades com papel alumínio e, posteriormente, as amostras acondicionadas num recipiente com tampa para encaminhamento ao Laboratório de Análise Física de Solo do DEG/UFLA. Nas tensões de 2, 4, 6, 8 e 10 kPa, foi utilizado o método do funil de placa porosa (Funil de Haines) e, nas tensões de 33, 100, 500 e 1500

kPa, a câmara de pressão de Richards (RICHARDS, 1947). Os pares de dados referentes ao potencial matricial do solo ( $\Psi_m$ ) e sua respectiva umidade ( $\theta$ ), nas camadas de 0 a 0,20 m, estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 Potencial matricial ( $\Psi_m$ ) e umidade ( $\theta$ ) para a camada de 0 a 0,20m de solo

$\Psi_m$	$\theta$	$\Psi_m$	$\theta$
kPa	$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$	kPa	$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$
0	0,509	100	0,391
20	0,471	500	0,369
40	0,429	1000	0,339
60	0,409	15000	0,293
80	0,400		

Fonte: Dados do autor (2017).

Os teores de água e os respectivos potenciais foram ajustados por um do modelo proposto por Van Genuchten (1980), com  $R^2$  de 0,9804 e demonstrado na Equação (1).

$$\theta_{0-0,20} = 0,255 + \frac{0,511-0,255}{[1+(0,101 |\Psi_m|)^{1,2451}]^{0,197}} \quad (1)$$

Em que:

$\theta$ : umidade, com base em volume ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$|\Psi_m|$ : Valor absoluto potencial matricial em kPa.

## 2.4 Variáveis analisadas no experimento

A avaliação das variáveis foi realizada por colheitas, quando os frutos atingiam o estágio “breaker, que tiveram uma frequência média de três vezes por semana, totalizando 33 dias, entre 7 de dezembro de 2016 a 9 de janeiro de 2017, num total de 14 colheitas. Com isso, foram avaliadas as seguintes características:



- Umidade do solo: valores obtidos pela leitura de tensiômetros instalados a 0,20 m de profundidade em  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ . Avaliada ao longo do ciclo da cultura.

- Altura de plantas em pleno florescimento: medida na época de pleno florescimento. Com o auxílio de uma trena, foi realizada a medição da base da planta até o último folíolo. Em cada parcela, foram medidas 4 (quatro) plantas representativas.

- Produção total: resultado da produção, considerando-se a massa média de produção de frutos totais e expressa em  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

- Produtividade comercial: é a soma da produção de frutos comercializáveis, retirando-se os frutos defeituosos e atacados com pragas e doenças (frutos não comercializáveis), com unidade expressa em  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

- Massa média de frutos: obtida pelo quociente entre a massa total de frutos e número de frutos, colhidos em cada parcela experimental, no período de colheita. Expressa em  $\text{g.fruto}^{-1}$ .

- Número de frutos por planta: relação entre número de frutos colhidos e o número de plantas avaliado na parcela experimental.

- Eficiência no uso da água de irrigação: relação entre produção da cultura e quantidade de água aplicada pela irrigação (Equação 4) considerado por Howell, Cuenca e Solomon (1990).

$$EUAi = \frac{P}{L} \quad (2)$$

Em que:

EUAi: eficiência no uso da água de irrigação,  $\text{kg m}^{-3}$ ;

P: produção da cultura,  $\text{kg ha}^{-1}$  e

L: lâmina aplicada pela irrigação em mm.

No presente estudo, foi realizada a análise de variância pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade, para todas as variáveis estudadas. Em caso de

diferença estatística significativa entre as médias, estas foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa estatístico SISVAR, versão 4.6 (FERREIRA, 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Lâmina de irrigação aplicada na cultura

Os valores de precipitações diárias ocorridas no período experimental estão demonstrados na Figura 3.

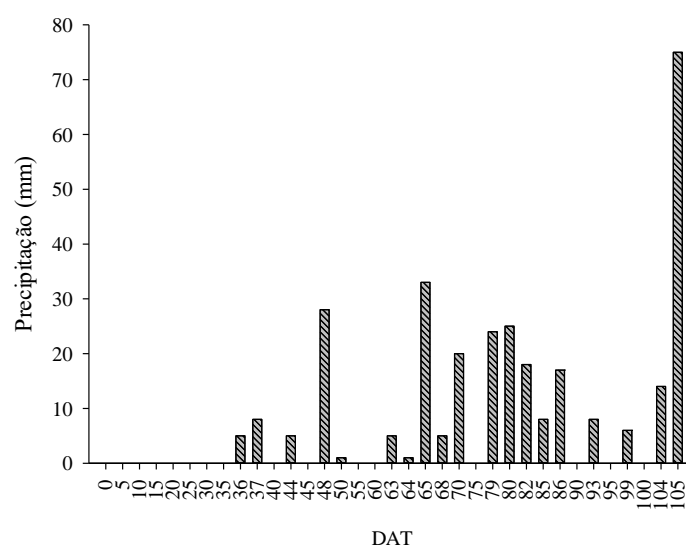


Figura 3 Distribuição diária da precipitação (mm) referentes aos dias após o transplântio (DAT).

Fonte: Dados do autor (2017).

Ocorreram chuvas frequentes, a partir dos 36 DAT, com um pico de 75 mm aos 105 DAT. Foi observada uma precipitação total de 306 mm que, se somada à lâmina de irrigação de 151 mm, é totalizado 457 mm. A referida lâmina satisfaz plenamente a necessidade hídrica do tomateiro que varia entre 400 a 800 (STEDUTO et al., 2012).

A grande quantidade de chuvas dificultou grandemente o manejo da irrigação experimental, principalmente, o tratamento com pulsos. A frequente

precipitação acima de 10 mm ocasionou uma distribuição uniforme da lâmina de água, ao longo do perfil de solo, provocando, provavelmente, um alto índice de armazenamento de água na camada do solo.

### **3.2 Potencial mátrico do solo**

A distribuição de umidade do solo, em sistemas de irrigação por gotejamento, são fatores primordiais influenciados pela quantidade de água aplicada e número de pulsos (frequência de irrigação em um dia).

A Figura 4 demonstra a relação do potencial mátrico do solo (- kPa) dos tratamentos.

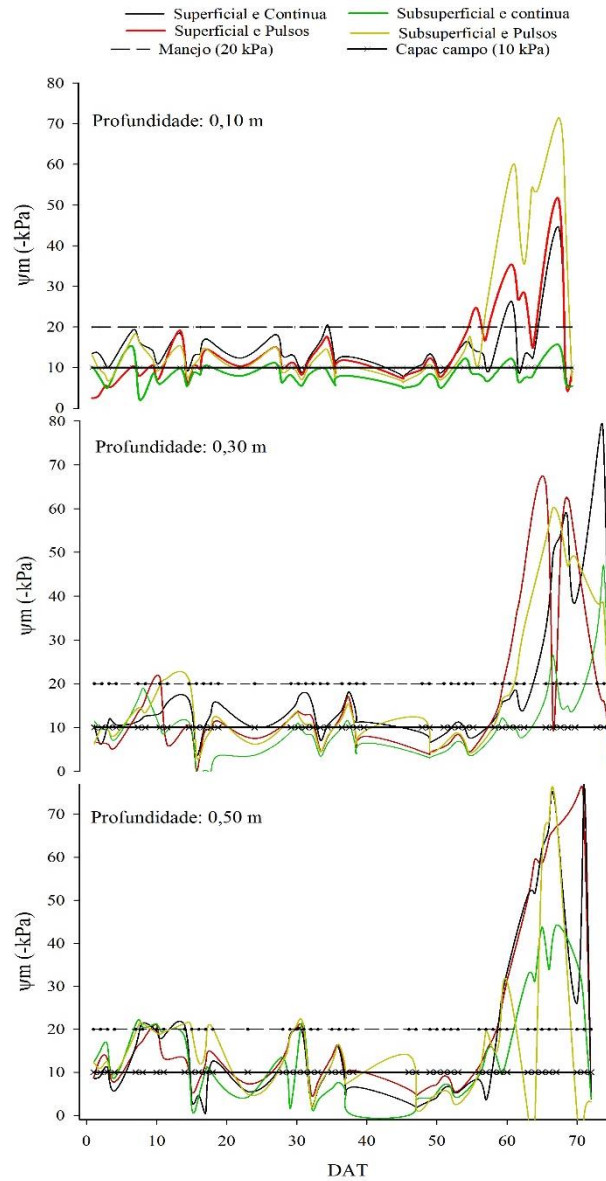


Figura 4 Potencial mátrico do solo (-kPa) dos tratamentos superficial, subsuperficial, contínuo e pulsos, nas profundidades de 0,10;0,30 e 0,50m, em função dos dias após o transplante (DAT).

Fonte: Dados do autor (2017).

Os valores de potencial mátrico obtiveram comportamento similar nas 3 profundidades em estudo. Esses valores permaneceram dentro de limites esperados até, aproximadamente, 60 DAT com valores atingindo -70 kPa. Os estádios críticos de desenvolvimento da cultura não foram comprometidos, pois o fato ocorreu no final da colheita.

Em estudos realizados, Marouelli e Silva (2006) avaliaram 6 regimes de irrigação, com frequência entre 0,25 e 8 dias. Os autores verificaram que, no caso do manejo da irrigação, em função da umidade do solo a 0,20 m de profundidade, o potencial mátrico crítico é -10 kPa. Associado com a frequência de irrigação, a umidade do solo foi responsável em maximizar a produtividade. No presente estudo, não foi encontrado um comportamento diferenciado do potencial mátrico em função da profundidade.

### 3.3 Produtividade comercial e produção total

A análise de variância da produtividade comercial e produção total é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 Resumo da análise de variância da produtividade comercial e produção total

FV	GL	Quadrado médio	
		Produtividade comercial (Mg ha <sup>-1</sup> )	Produção total (Mg ha <sup>-1</sup> )
Técnica de cultivo (TC)	1	0,0017 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>
Frequência de irrigação (FI)	1	2,407 <sup>ns</sup>	1,97 <sup>ns</sup>
TC x FI	1	0,829 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>
Erro	20	2,50	2,73
Coef. variação (%)	--	7,97	7,85
Média Geral	--	20,78	21,04

<sup>ns</sup> não significativo e \*Significativo ao teste F 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor (2017).

Nota-se que, para as variáveis resposta, não houve interação estatística significativa entre as posições da linha e condição de aplicação de água, demonstrando que a produtividade comercial e produção total não diferiram entre si.

A produtividade média comercial obtida nesse experimento foi de 21,04 Mg ha<sup>-1</sup>. O valor foi muito inferior à produtividade média do tomateiro no Brasil, em cultivo tradicional, que varia em torno de 64,81 Mg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016). Durante o período experimental, ocorreu uma alta incidência de doenças, pelo fato de o cultivo ser realizado em período chuvoso. A alta umidade relativa do ar, presente em todo o período, também prejudicou a condução da cultura.

Almeida, Lima e Pereira (2015), estudando a irrigação por pulsos na cultura da alface, observaram diferença significativa entre os tratamentos. As parcelas, em que foram usadas a irrigação com pulsos, aplicando-se uma lâmina de 100% e 75% da evapotranspiração da cultura e “com mulching”, resultaram em uma produtividade comercial máxima de 54 Mg ha<sup>-1</sup>. Resultado diferente do encontrado neste estudo em que não houve diferença significativa entre irrigação convencional e por pulsos.

### **3.4 Massa média de frutos e número de frutos por planta**

Na Tabela 5 encontra-se a análise de variância para massa média de frutos e número de frutos por planta.

Tabela 5 Resumo da análise de variância para massa média de frutos e número de frutos por planta

FV	GL	Quadrado médio	
		Massa média dos frutos (g)	Número de frutos por planta
Técnica de cultivo (TC)	1	153,67 <sup>ns</sup>	2,75 <sup>ns</sup>
Frequência de irrigação (FI)	1	109,01 <sup>ns</sup>	12,21 <sup>ns</sup>
TC x FI	1	83,21 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>
Erro	20	59,22	5,13
Coef. variação (%)	--	6,79	8,61
Média Geral	--	113,35	26,31

<sup>ns</sup> não significativo e \*Significativo ao teste F 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor (2017).

Os resultados demonstram que não existiu interação significativa entre os tratamentos propostos para as variáveis massa média de frutos e número de frutos por planta. Liu et al. (2013), estudando frequências e lâminas de irrigação, no tomate em casa de vegetação, observaram que a frequência de irrigação não teve efeito significativo sobre o diâmetro do fruto, mas o aumento do número de irrigações proporcionou aumento do diâmetro.

A massa média de frutos foi igual a 113 g e ocorreram, em média, 26 frutos por planta. Monte et al. (2009) avaliaram a influência do turno de rega na produção comercial dos frutos de um híbrido de tomate para mesa. Os autores observaram um maior número de frutos médios, em todos os tratamentos, com poucos frutos grandes e pequenos.

### 3.5 Eficiência no uso da água de irrigação

Na Tabela 6 é demonstrado o resumo da análise de variância da eficiência de uso de água de irrigação (EUA<sub>i</sub>). Não houve interação significativa para as



duas variáveis EUAi produtividade comercial e EUAi produção total. Os tratamentos não proporcionaram efeito significativo para essas variáveis.

Tabela 6 Resumo da análise de variância, para eficiência do uso de água de irrigação (EUAi) para produtividade comercial (EUAi PC) e produção total (EUAi PT).

FV	GL	Quadrado médio	
		EUAi PC (Kg m <sup>-3</sup> )	EUAi PT (Kg m <sup>-3</sup> )
Técnica de cultivo (TC)	1	0,0006 <sup>ns</sup>	0,0024 <sup>ns</sup>
Frequência de irrigação (FI)	1	1,0668 <sup>ns</sup>	0,8588 <sup>ns</sup>
TC x FI	1	0,3650 <sup>ns</sup>	0,2128 <sup>ns</sup>
Erro	20	1,2051	1,1945
Coef. variação (%)	--	7,97	7,84
Média Geral	--	13,77	13,94

<sup>ns</sup> Não significativo e \*Significativo ao teste F 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor (2017).

As técnicas de cultivo e as frequências de irrigação não influenciaram significativamente a eficiência do uso da água de irrigação. A média geral da EUAi produtividade comercial alcançada foi de 13,77 Kg m<sup>-3</sup> e para EUAi produção igual a 13,94 Kg m<sup>-3</sup>.

Abdelraouf et al. (2012), estudando a cultura da batata, no Egito, com a técnica de gotejamento por pulsos subsuperficial, concluíram que a EUAi aumentou com o incremento do número de irrigações por pulsos, especialmente para 100% e 75% da água requerida pela cultura. Houve um incremento da EUAi em 2,36 kg m<sup>-3</sup>, aplicando-se 4 pulsos e 75% da água requerida pela cultura para o gotejamento subsuperficial. Neste caso, foi registrado um acréscimo de 63,9%, significando uma economia de 25% da água aplicada por ciclo. No presente estudo, houve resultado divergente, não encontrando diferença significativa na eficiência do uso da água de irrigação, utilizando a irrigação contínua e a irrigação com uma frequência de aplicação de 6 pulsos.

Bakeer et al. (2009) avaliaram o efeito do gotejamento superficial e subsuperficial por pulsos na produção de batata e a irrigação em regime de déficit (100%, 75% e 50% da necessidade de irrigação). Relataram que houve um incremento de 33% na produção da batata com a técnica de pulsos. Concluíram que o fato pode ter ocorrido pela alta disponibilidade de nutrientes no sistema radicular da planta, no qual os nutrientes ficam mais disponíveis com o acréscimo da eficiência de aplicação. Na presente pesquisa, não foi encontrada diferença estatística significativa na irrigação subsuperficial contínua e a subsuperficial com 6 pulsos na eficiência do uso da água de irrigação.

#### **4 CONCLUSÕES**

As variáveis de produção e a eficiência do uso da água de irrigação do tomateiro irrigado não foram afetadas pela frequência de irrigação.

O potencial mátrico do solo obteve comportamento similar para as profundidades de 0,10; 0,30 e 0,50 m nas condições de irrigação contínua e em 6 pulsos.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELRAOUF, R. E. et al. Effect of pulse irrigation on clogging emitters, application efficiency and water productivity of potato crop under organic agriculture conditions. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, Faisalabad, v. 6, n. 3, p. 807-816, July 2012.

ALMEIDA, W. F. de; LIMA, L. A.; PEREIRA, G. M. Drip pulses and soil mulching effect on american crisphead lettuce yield. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 6, p. 1009-1018, nov./dez. 2015.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, Dec. 2013.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 76-84, jan. 2012.

BAKEER, G. A. A. et al. Effect of pulse drip irrigation on yield and water use efficiency of potato crop under organic agriculture in sandy soils. **Misr Society of Agricultural Engineering**, Cairo, v. 26, n. 2, p. 736-765, 2009.

ERDEM, Y. et al. Crop water stress index for assessing irrigation scheduling of drip irrigated broccoli (*Brassica oleracea L. var. italica*). **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 148-156, Dec. 2010.

FERREIRA, D. F. Sistema **Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: Ed. UFLA, 2014. v. 5.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: JONG VAN LIER, Q. (Ed.). **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. Cap. 1, p. 1-27.

GOMES, L. A. A.; SILVA, E. C.; FAQUIN, V. Recomendações de adubação para cultivos em ambiente protegido. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Ed. UFV, 1999. p. 99-110.

HOWELL, T. A.; CUENCA, R. H.; SOLOMON, K. H. Crop yield response. In: HOFFMAN, G. J.; HOWELL, T. A.; K. SOLOMON, H. (Ed.). **Management of farm irrigation systems**. Michigan: ASAE Monography, 1990. p. 91-122.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 12, p. 1-82, dez. 2016.

KIYMAZ, S.; ERTEK, A. Yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) at different water and nitrogen levels under the climatic conditions of Kırsehir, Turkey. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 158, p. 156-165, Aug. 2015.

KUSÇU, H.; TURHAN, A.; DEMIR, A. O. The response of processing tomato to deficit irrigation at various phenological stages in a sub-humid environment. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 133, p. 92–103, Feb. 2014.

LIU, H. et al. Drip irrigation scheduling for tomato grown in solar greenhouse based on pan evaporation in North China plain. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 12, n. 3, p. 520-531, Mar. 2013.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 342-346, jul./set. 2006.

MONTE, J. A. et al. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 222-227, abr./jun. 2009.

PATANE, C.; COSENTINO, S. L. Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 131–138, 2011.

RICHARDS, L. A. Pressure-membrane apparatus, construction and use. **Agronomy Engineering**, Madison, v. 28, n. 5, p.451-454, Jan./Apr. 1947.

STEDUTO, P. et al. **Crop yield response to water**. Rome: FAO, 2012. 66 p.

VAN GENUCHTEN, M. T. A. Closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.44, n. 4, p. 892-898, Sept. 1980.

VAN GENUCHTEN, M. T. et al. RETC version 6.02. **PC Progress**, Prague, 2009. Disponível em: <<http://www.pc-progress.com/en/Default.aspx?retc-downloads>>. Acesso em: 4 out. 2017.

WANG, F. X. et al. Effects of drip irrigation regimes on potato tuber yield and quality under plastic mulch in arid Northwestern China. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 122, n. 1, p. 78-84, Apr. 2011.

ZAMBOLIM, L. et al. Controle biológico das principais pragas de hortaliças no Brasil. In: \_\_\_\_\_. **Manejo integrado de doenças e pragas hortaliças**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. p. 505-537.

ZHANG, H. X. et al. Yield and quality response of cucumber to irrigation and nitrogen fertilization under subsurface drip irrigation in solar greenhouse. **Agricultural Sciences in China**, Beijing, v. 10, n. 6, p. 921-930, June 2011.

ZIN EL-ABEDIN, T. K. **Effect of pulse drip irrigation on soil moisture distribution and maize production in clay soil**. [S.l.: s.n], 2006. Disponível em: <<http://www.mjae.eg.net/pdf/2006/nov/19.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2017.

**ARTIGO 3 IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL NA  
PRODUÇÃO DO TOMATE DE MESA**

## RESUMO

O objetivo neste estudo foi verificar efeitos da irrigação subsuperficial com laterais enterradas a 0,05m com aplicação de duas taxas de aplicação de água na condutividade elétrica do extrato de saturação e nas variáveis de produtividade e eficiência do uso da água numa área de produção comercial de tomate de mesa. A pesquisa foi desenvolvida no município de Ingaí, Minas Gerais, utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2 com duas técnicas de irrigação (gotejamento superficial e gotejamento subsuperficial) e duas taxas de aplicação de água (TA1=5,33 l h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> e TA2=4,33 l h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>) com seis repetições. Foram avaliados umidade do solo, altura de plantas, produção total, produtividade comercial, massa média de frutos, número de frutos por planta e eficiência do uso da água. O teor de água no solo permaneceu, durante o período experimental, acima da capacidade de campo, o que pode prejudicar a aeração do solo e desenvolvimento do sistema radicular. A condutividade elétrica da solução do solo permaneceu abaixo do nível tolerado (2,5 dS m<sup>-1</sup>), exceto na última medição dos tratamentos superficiais quando a irrigação foi suspensa. As variáveis altura de plantas (1,13 m), produção total (31,84 Mg ha<sup>-1</sup>), produtividade comercial (28,26 Mg ha<sup>-1</sup>) não apresentaram diferença estatística significativa conforme tratamentos. Houve uma média de 27 frutos por planta e massa média de 143,28 g sem diferença estatística entre os tratamentos. A taxa de aplicação de água TA1 apresentou valor estatisticamente superior na eficiência no uso da água para produção total (20 kg m<sup>-3</sup>) e comercial (18 kg m<sup>-3</sup>). A aplicação da técnica de irrigação por gotejamento subsuperficial ou superficial, com aplicação de 4,33 l h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, incrementou a produtividade do tomate de mesa em campo.

**Palavras-chave:** Manejo da irrigação, eficiência no uso da água, fertirrigação.

## ABSTRACT

The objective of the study was to verify the effects of subsurface irrigation with laterals at 0.05 m with the application of two irrigation rates on electrical conductivity of the saturation extract and on productivity and water use efficiency in a salad tomato field. The research was developed in the municipality of Ingaí, Minas Gerais, Brazil, using a completely randomized experimental design, in a 2x2 factorial scheme with two irrigation techniques (surface drip and subsurface drip) and two water application rates (TA1=5.33 l h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> e TA2=4.33 l h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>) with six replications. Soil moisture, plant height, total yield, market yield, average fruit mass, number of fruits per plant, and water use efficiency were evaluated. Soil water content remained above field capacity during the experimental period, which may restrict soil aeration and root system development. The electrical conductivity of the soil solution remained below the tolerated level (2.5 dS m<sup>-1</sup>), except in the last measurement when irrigation was suspended at end of cycle. The variables: plant height (1.13 m), total yield (31.84 Mg ha<sup>-1</sup>) and market yield (28.26 Mg ha<sup>-1</sup>) did not present significant statistical difference according to treatments. There was an average of 27 fruits per plant with average mass of 143.28 g without statistical difference between treatments. The TA1 water application rate presented a statistically superior value in water use efficiency for total (20 kg m<sup>-3</sup>) and market (18 kg m<sup>-3</sup>) production. The application of the irrigation technique by subsurface or superficial dripping with application rate TA2, increased the productivity of salad tomatoes in the field.

**Keywords:** Irrigation management, water use efficiency, fertirrigation



## 1 INTRODUÇÃO

O tomate é uma das hortaliças mais cultivadas no mundo. O Brasil encontra-se entre os 10 maiores produtores mundiais. No país, em 2016, houve uma produção de 3,6 milhões de toneladas de tomate com rendimento médio de 63 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016).

A região Sul de Minas Gerais e interior de São Paulo se destacam pelo clima favorável a produção dessa importante hortaliça e por estarem localizados perto de grandes cidades com grande potencial de consumo. A região Sudeste apresentou uma participação de 49% desse total. Em 2016, Minas Gerais obteve uma produção de 702 mil toneladas, representando uma participação média de 19%, com rendimento médio de 68 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016).

Para incremento na produção de tomate, a irrigação localizada e, principalmente, o gotejamento vêm apresentando um alto crescimento ao longo dos anos. Esse fato pode ser explicado especialmente pela economia no uso dos recursos hídricos e por proporcionar altos níveis de produtividade com destaque para a produção de hortaliças. Pode-se dizer que a irrigação localizada é largamente utilizada em várias culturas e, principalmente, no tomate (KUSÇU; TURHAN; DEMIR, 2014).

Lamm (2016) relata que a irrigação subsuperficial (SDI) aplica água em subsuperfície na qual os emissores subsuperficiais têm uma profundidade de instalação dependente da cultura, solo, fonte de água, pragas, clima, equipamentos de preparo e preferência técnica de produtores.

Para o correto manejo da fertirrigação, o conhecimento da composição química da solução do solo, bem como da condutividade elétrica do extrato de saturação, são importantes para verificar a disponibilidade de nutrientes, determinar o potencial osmótico e até a presença de íons tóxicos, ao longo do ciclo de uma cultura (MEDEIROS et al., 2012).

O objetivo neste trabalho foi verificar os efeitos irrigação subsuperficial, com emissores enterrados a 0,05 m, sobre a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, características produtivas e eficiência de uso de água na produção do tomate de mesa na região de Ingaí, Minas Gerais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo, instalado em área de plantio comercial. Estava localizado no município de Ingaí, Minas Gerais, situado a 21°27'15,6" S e 44°59'15,2" W, altitude de 977 m.

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é considerado do tipo Cwb, com verão úmido e inverno seco (ALVARES et al., 2013).

As características físico-hídricas do solo da área experimental estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Propriedades físico-hídricas do solo

Prof (cm)	CC <sup>1</sup> (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	PMP <sup>2</sup> (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	DS <sup>3</sup> (g cm <sup>-3</sup> )
0-20	0,511	0,298	1,15
Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Classificação
43,5	38,2	18,3	Argilosa <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Umidade na capacidade de campo placa de Richards (tensão de 33 kPa). <sup>2</sup> Umidade no ponto de murcha permanente (tensão de 1500 kPa); <sup>3</sup> Densidade do solo. <sup>4</sup>Classificação textural segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Fonte: Ferreira (2010).

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo com textura franco-argilosa. Anteriormente, foi cultivada a soja, com característica química da camada de solo de 0 a 0,20m: pH em água = 6,2; P = 13,84 mg.dm<sup>-3</sup>, K<sup>+</sup> = 156 mg.dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 3,9 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, Mg = 0,5 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, Al<sup>3+</sup>=0,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, H+Al = 2,50 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, M.O. = 3,18 dag.Kg<sup>-1</sup>, P<sub>rem</sub>= 10,6 mg.L<sup>-1</sup>, Zn = 7,1 mg.dm<sup>-3</sup>, Fe = 37,4 mg.dm<sup>-3</sup>, Mn = 16,9 mg.dm<sup>-3</sup>, Cu = 1,7 mg.dm<sup>-3</sup>, B = 0,6 mg.dm<sup>-3</sup>, S = 5,8 mg.dm<sup>-3</sup>.

A análise química das amostras do solo fundamentou a quantificação da adubação. Com isso, na adubação de fundação em sulco aplicaram-se e incorporaram-se 1,5 t ha<sup>-1</sup> de macronutrientes N-P-K, na concentração de

02-16-06, conforme as recomendações da Comissão de Fertilidade de Solos do Estado de Minas Gerais: 5ª Aproximação (GOMES; SILVA; FAQUIN, 1999).

O experimento foi conduzido entre os meses de setembro de 2016 a janeiro de 2017. Houve uma lâmina de 485 mm de precipitação total segundo dados coletados na área experimental.

O processo de calagem, com homogeneização e revolvimento do solo, foi realizado dois meses antes do transplântio das mudas. Na preparação da área de plantio, ocorreram as seguintes atividades: uma aração (0,20 m de profundidade), duas gradagens, sulcamento e adubação química e, posteriormente, foram confeccionados canteiros para o transplântio das mudas.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) com fatorial 2x2 com seis repetições. Foram utilizadas taxas de aplicação de água (vazão dos emissores de 1,60 L h<sup>-1</sup> a cada 0,30 m ou 1,30 L h<sup>-1</sup> a cada 0,30 m) e duas técnicas de cultivo (superficial e subsuperficial a 0,05m), conforme croqui demonstrado na Figura 1.

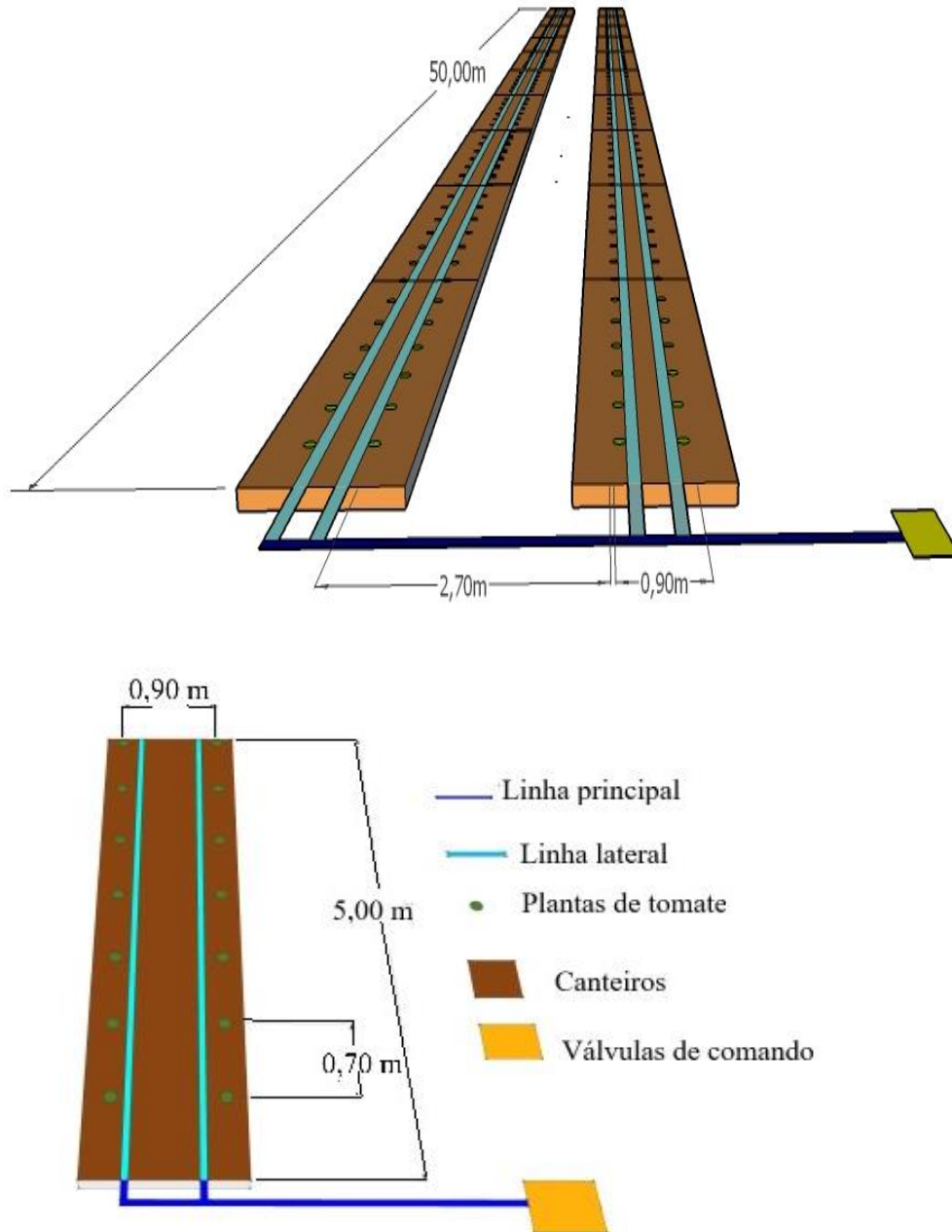


Figura 1 Croqui da área experimental.  
Fonte: Dados do autor (2017).

A concentração de nutrientes, via água de irrigação, foi diluída em tanques (100 L), previamente preparados e injetada com o auxílio de bomba injetora tipo pistão. A fertirrigação ocorreu numa frequência média de 3 vezes por semana e os nutrientes. No período experimental, aplicaram-se dosagens totais de: 191 kg ha<sup>-1</sup> de N, 158 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 752 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 257 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 47 kg ha<sup>-1</sup> de Mg, e 70 kg ha<sup>-1</sup> de B e 2 kg ha<sup>-1</sup> de S distribuídos segundo a marcha de absorção da cultura. A fonte de nitrogênio foi 36,36 % de nitrato de cálcio e 36,64 % de fosfato monoamônico (MAP). Para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, foram usadas 100% MAP e 100% cloreto de potássio, respectivamente. A fonte de cálcio foi de 58,36% (nitrato de cálcio) e 41,64% (cloreto de cálcio); para magnésio foi 100% sulfato de magnésio; para boro foi 100% de ácido bórico e para enxofre, 100% de sulfato de magnésio.

## **2.2 Curva de retenção de água no solo**

Na elaboração da curva característica de água do solo, foi adotada a metodologia proposta por Van Genuchten (1980). Foram coletadas amostras indeformadas de solo no campo, no qual os anéis foram tampados nas duas extremidades com papel alumínio e, posteriormente, acondicionadas num recipiente com tampa e encaminhadas ao Laboratório de Análise Física de Solo do DEG/UFLA. Para as tensões de 2, 4, 6, 8 e 10 kPa, foi utilizado o método do funil de placa porosa (Funil de Hainess) e, para as tensões de 33, 100, 500 e 1500 kPa, a câmara de pressão de Richards (RICHARDS, 1947). Os pares de dados referentes ao potencial matricial do solo ( $\Psi_m$ ) e sua respectiva umidade ( $\theta$ ) das camadas de 0 a 0,20 m estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 Potencial matricial ( $\Psi_m$ ) e umidade ( $\theta$ ) para a camada de 0 a 0,20m de solo da área experimental

$\Psi_m$ kPa	$\theta$ $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$	$\Psi_m$ kPa	$\theta$ $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$
0	0,547	100	0,395
20	0,451	500	0,366
40	0,421	1000	0,345
60	0,410	15000	0,298
80	0,401		

Fonte: Dados do autor (2017).

Os teores de água e seus potenciais foram ajustados por um do modelo proposto por Van Genuchten (1980), com  $R^2$  de 0,9970, demonstrados na Equação (1).

$$\theta_{0-0,20} = 0,19937 + \frac{0,54712 - 0,19937}{[1 + (0,60122 |\Psi_m|)^{1,13644}]^{0,12006}} \quad (1)$$

Em que:

$\theta$ : umidade, com base em volume ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$|\Psi_m|$ : Valor absoluto do potencial matricial em kPa

### 2.3 Tensiometria e extratores de solução

Os tensiômetros foram instalados no centro das parcelas experimentais a uma profundidade de 0,20 m e a uma distância de 0,15m da linha de irrigação. Em todas as parcelas experimentais, todo os dias, antes das 7h, foram coletados valores de tensão de água no solo com o auxílio de um tensímetro digital de agulha (Soil Moisture Sensor Blumat Digital).

Os extratores de solução do solo, localizados a 0,20 m de profundidade, foram utilizados para extração da solução. O método de coleta da solução do solo

consistiu na aplicação de uma sucção interna de 80 kPa (por uma seringa de 60 mL) no aparelho após 12 h da finalização da irrigação. As cápsulas dos extratores e dos tensiômetros foram instaladas no centro de cada parcela, localizadas opostamente uma a outra, a uma profundidade de 0,20 m da superfície do solo e a uma distância de 0,10 m da planta.

A solução coletada pelos extratores de cápsula porosa foi enviada ao laboratório e, logo em seguida, medida sua condutividade elétrica, em  $\text{dS m}^{-1}$ , com o auxílio do condutivímetro (AKSO modelo AK 151, com precisão de duas casas decimais).

#### **2.4 Variáveis avaliadas**

A avaliação das variáveis respostas foi realizada por colheitas inicializando-se em 17/03/2017 (70 dias após o transplante). Com isso, foram avaliadas as seguintes características:

- Umidade do solo: valores obtidos pela leitura de tensiômetros instalados a 0,20 m de profundidade em  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ . Avaliado ao longo do ciclo da cultura.

- Altura de plantas em pleno florescimento: medida na época de pleno florescimento. Com o auxílio de uma trena, foi realizada a medição da base da planta até o último folíolo. Em cada parcela, foram medidas 4 (quatro) plantas representativas.

- Produção total: resultado da produção, considerando-se a massa média de produção de frutos totais e uma densidade populacional de 7200 planta por hectare, expressa em  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

- Produtividade comercial: é a soma da produção de frutos comercializáveis, retirando-se os frutos com defeito e atacados com pragas e doenças (frutos não comercializáveis), expressa em  $\text{Mg ha}^{-1}$ .



- Massa média de frutos: obtida pelo quociente entre a massa total de frutos, colhida em cada parcela experimental, pelo respectivo número de frutos, no período de colheita. Expresso em g.fruto<sup>-1</sup>.

- Número de frutos por planta: relação entre número de frutos colhidos e o número de plantas que foram avaliadas na parcela experimental.

- Eficiência no uso da água de irrigação: é definida pela relação entre a produção da cultura e a quantidade de água aplicada pela irrigação, (Equação 6), conforme proposta por Howell, Cuenca e Solomon (1990).

$$EUAi = \frac{P}{L} \quad (2)$$

Em que

EUAi: eficiência no uso da água de irrigação, kg m<sup>-3</sup>;

P: produção da cultura, kg ha<sup>-1</sup> e

L: lâmina aplicada pela irrigação em mm.

As variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa estatístico SISVAR, versão 4.6 (FERREIRA, 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Lâmina de irrigação aplicada na cultura

Os valores de lâmina de irrigação e a precipitação, ocorridos nas diferentes fases fenológicas do tomateiro, são apresentados na Figura 2.

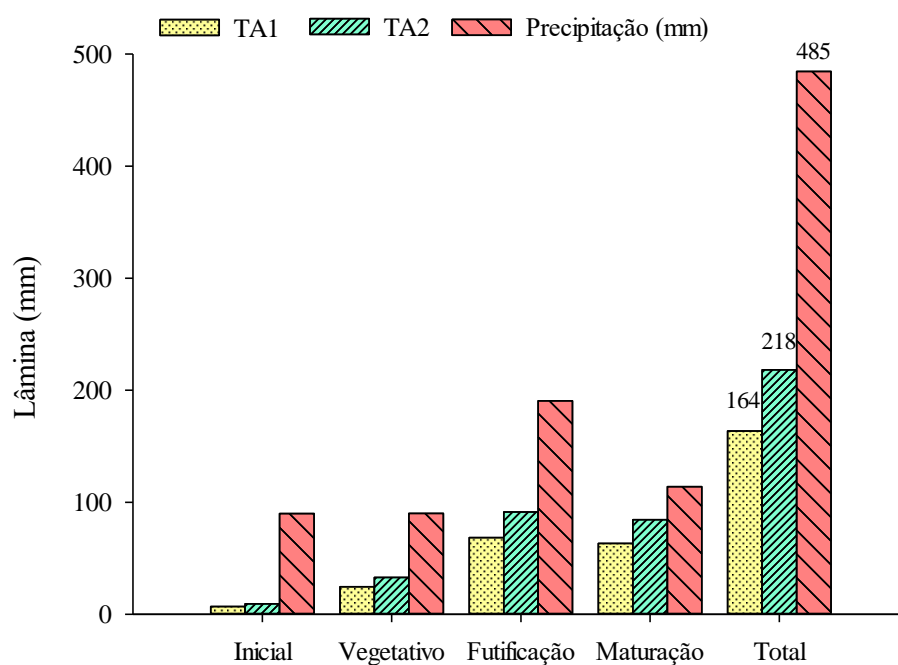


Figura 2 Lâmina de irrigação aplicada pelos emissores TA1 ( $4,33 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ) e TA2 ( $5,33 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ) e precipitação ocorridas durante as fases fenológicas do tomateiro  
Fonte: Dados do autor (2017).

A Figura 2 demonstra que, em todas as fases fenológicas, ocorreram chuvas significativas que auxiliaram no crescimento da cultura. No estágio inicial da cultura, a precipitação totalizou 90 mm, favorecendo grandemente o estabelecimento das plantas em campo após o transplante. No período crítico de

formação dos frutos, as chuvas totalizaram 190 mm, contribuindo grandemente na reposição de água no solo.

No experimento, o tempo de irrigação total foi de 81 horas e proporcionou a aplicação de lâminas com valores de 164 mm e 218 mm, referentes aos emissores TA1 e TA2, respectivamente. Como resultado, as plantas receberam uma lâmina total de 649 e 703 mm, relativa aos modelos TA1 e TA2, respectivamente. Esses valores foram suficientes, para o desenvolvimento da cultura, pois necessidade hídrica total do tomateiro varia entre 400 a 800 mm (STEDUTO et al., 2012).

### **3.2 Umidade do solo**

O solo da área experimental foi classificado como franco-argiloso, portanto o potencial mátrico, para capacidade de campo adotado, foi de 10 kPa com valor de umidade correspondente de  $0,47 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . Para o manejo de irrigação, foi utilizado o potencial mátrico de 20 kPa, correspondendo à umidade de  $0,44 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  e demonstrado na Figura 3.

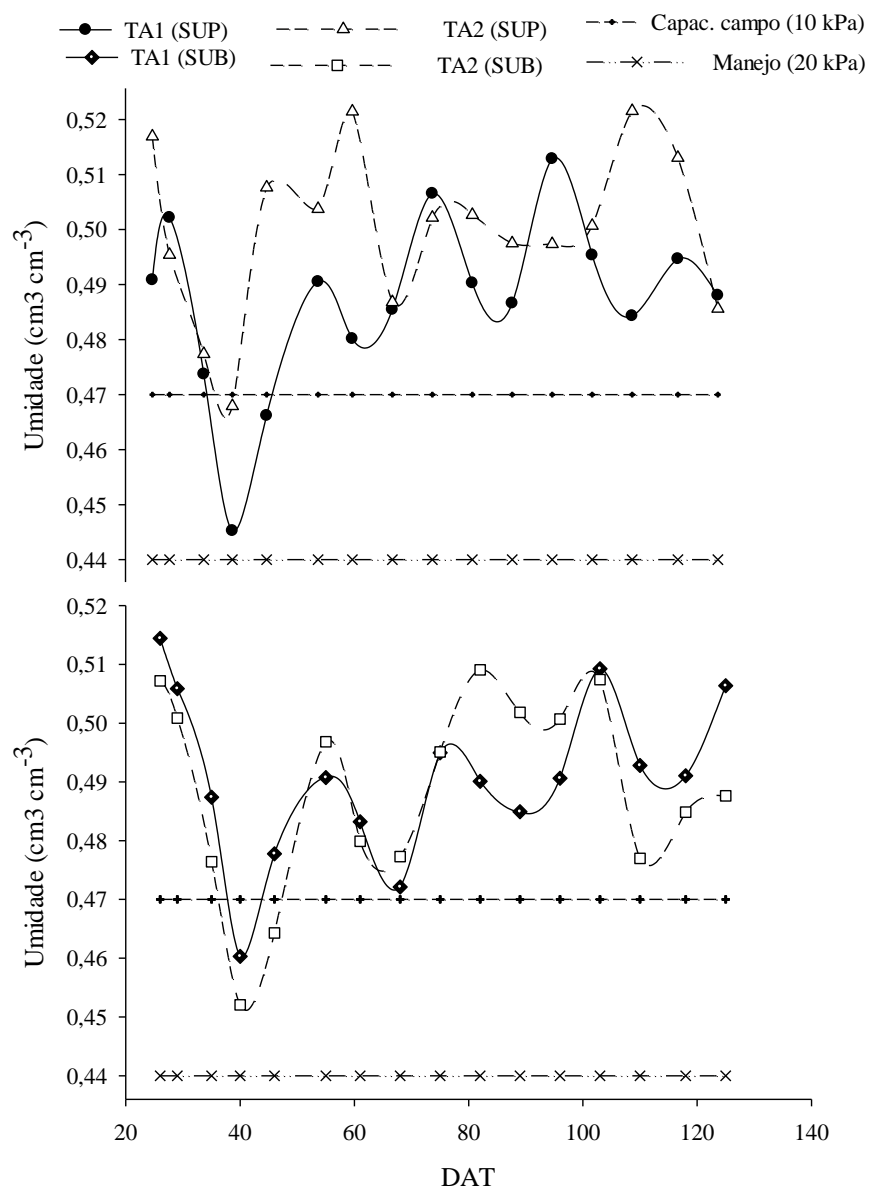


Figura 3 Valores de umidade do solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) para  $4,33 \text{ L h}^{-1} \text{ m}^{-1}$  e superficial (TA1 - SUP),  $4,33 \text{ L h}^{-1} \text{ m}^{-1}$  e subsuperficial (TA1 - SUB),  $5,33 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$  e superficial (TA2 - SUP),  $5,33 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$  e subsuperficial (TA2 - SUB).

Fonte: Dados do autor (2017).

Na Figura 3, é notado que os valores de umidade permaneceram acima da capacidade de campo durante todo o período experimental. Esse fato demonstra que houve um excesso de água no solo, promovido, principalmente, pelas precipitações ocorridas durante o período experimental. Com o uso da fertirrigação, foi necessária a aplicação de lâminas de irrigação pelo menos 3 vezes por semana, contribuindo, também, para a manutenção da umidade do solo acima dos valores propostos.

### 3.3 Altura de plantas

A avaliação ocorreu no período de pleno florescimento da cultura, ocorrida em 22 de fevereiro de 2017 aos 45 DAT. As medidas foram retiradas de 4 plantas representativas por parcela. Um resumo da análise de variância é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 Resumo da análise de variância para altura de plantas

FV	GL	Quadrado médio
		Altura de plantas (m)
Técnica de cultivo (TC)	1	3,37 <sup>ns</sup>
Taxa de aplicação (TA)	1	2,67 <sup>ns</sup>
TC x TA	1	16,67 <sup>ns</sup>
Erro	20	50,33
Coef. Variação (%)	--	6,28
Média Geral	--	1,13

<sup>ns</sup> não significativo e \*Significativo ao teste F com 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor (2017).

O teste estatístico não demonstrou diferença significativa entre os tratamentos, para altura de plantas pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Não ocorreu interação significativa entre os parâmetros avaliados. A altura média de plantas encontrada foi de 1,13 m.

Soares et al. (2011) relatam que as taxas de crescimento do tomateiro sob condições de déficit hídrico, na fase vegetativa da cultura, proporcionaram menores alturas de plantas, na fase vegetativa e reprodutiva, respectivamente. Em outro estudo, Lima (2014), analisando a altura de plantas do tomateiro de mesa aos 60 DAT obteve um valor de 1,73 m com o tratamento fertirrigado e com lâmina total aplicada de 502 mm. Neste estudo, foram obtidos valores inferiores de altura de planta.

Silva Junior (2012), estudando níveis de irrigação e doses de salinidade sobre o desenvolvimento do tomateiro, relatou que o déficit hídrico ocasionado pela falta de água às plantas de tomate promoveu reduções significativas, no desenvolvimento da planta, de 17,94 e 15,86% para os tratamentos de potencial mátrico de -30 e -60 kPa, respectivamente, quando comparados ao tratamento com potencial mátrico -10 kPa aos 75 dias após a semeadura. Os resultados desta pesquisa, com o monitoramento da irrigação a 0,20m com potencial mátrico de -20 kPa, não encontraram situações que promovessem limitações ao crescimento da cultura.

### **3.4 Condutividade elétrica**

Ao longo do ciclo de cultivo, foram coletados 11 valores de condutividade elétrica da solução do solo. Na Figura 4, estão exibidos os valores de condutividade elétrica da solução extraída pelas cápsulas porosas a 0,20 m de profundidade.

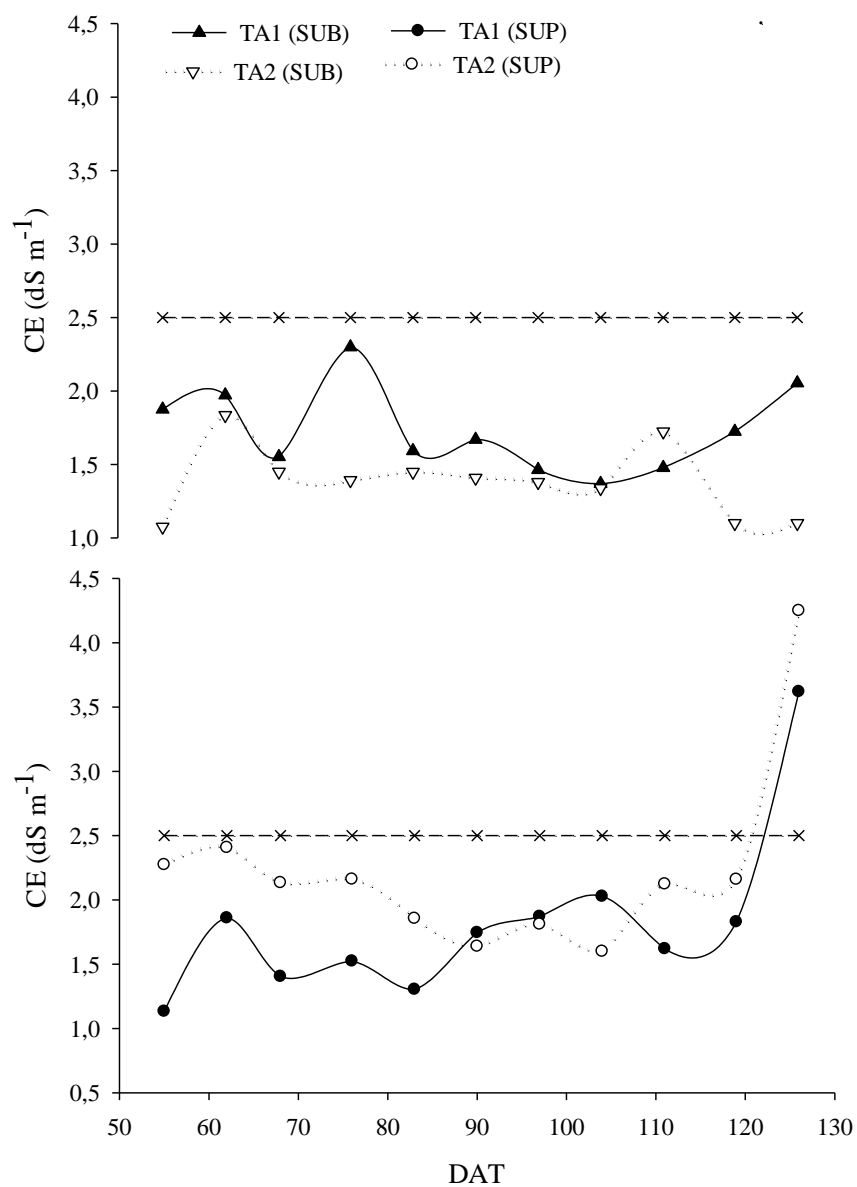


Figura 4 Condutividade elétrica da solução do solo referentes aos tratamentos 4,33 L h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> e superficial (TA1 - SUP), 4,33 L h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> e subsuperficial (TA1 - SUB), 5,33 L h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> e superficial (TA2 - SUP), e 5,33 L h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> e subsuperficial (TA2 - SUB).

Fonte: Dados do autor (2017).

Assinala-se que os valores de condutividade elétrica para a condição subsuperficial foram menores, porque as linhas de gotejadores estão 0,05 m de profundidade e, teoricamente, existe mais umidade no solo e os sais encontram-se mais diluídos. Apenas na última medição, observada na condição superficial, houve um valor acima do crítico ( $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) que não afetou a cultura, pois a colheita já estava se encerrando e as irrigações foram interrompidas. A combinação da taxa de aplicação de  $5,33 \text{ L h}^{-1} \text{ m}^{-1}$  com irrigação subsuperficial proporcionou menores valores de condutividade elétrica, durante o período experimental, com situação mais favorável para o desenvolvimento do sistema radicular da planta.

### 3.5 Produção total e produtividade comercial

Na Tabela 4, encontra-se o resumo da análise de variância para produtividade comercial, produção total.

Tabela 4 Resumo da análise de variância para as características produtividade comercial e produção total

FV	GL	Quadrado médio	
		Produtividade comercial (Mg ha <sup>-1</sup> )	Produção total (Mg ha <sup>-1</sup> )
Técnica de cultivo (TC)	1	89,0120 <sup>ns</sup>	44,7720 <sup>ns</sup>
Taxa de aplicação (TA)	1	27,0088 <sup>ns</sup>	21,0937 <sup>ns</sup>
TC x TA	1	12,01335 <sup>ns</sup>	34,8978 <sup>ns</sup>
Erro	20	22,7080	23,6667
Coef. variação (%)	--	16,86	15,28
Média Geral	--	28,26	31,84

<sup>ns</sup> não significativo e \*Significativo ao teste F 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor (2017).

O teste estatístico comprovou que não houve interação significativa entre os fatores nem diferença estatística significativa para produtividade comercial e



produção total em relação aos fatores avaliados.

A produtividade comercial média de 28 Mg ha<sup>-1</sup> foi muito inferior à produtividade média do tomateiro no Brasil, em cultivo tradicional, que varia em torno de 64,81 Mg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016). Esse valor foi baixo pela alta incidência de doenças ocorridas, no período chuvoso, durante o manejo cultural do tomateiro.

As lâminas totais de água de 650 mm e 700 mm fornecidas às plantas não resultaram em diferenças significativas, nas variáveis de produção, por fornecerem satisfatoriamente a quantidade de água que a planta necessita para o seu consumo que varia de 400 a 800 mm (STEDUTO et al., 2012).

Santana et al. (2010) relataram que houve um incremento na produtividade do tomateiro com lâminas de até 500 mm, durante todo o ciclo, com diminuição para uso de lâminas menores ou maiores e consequente perda de produtividade, em relação à reposição de 100%. No presente estudo, as lâminas totais de 650 mm e 700 mm não afetaram a produtividade das plantas de tomate. Ainda, Kusçu, Turhan e Demir (2014) descreveram maiores resultados de produtividade comercial, quando aplicaram lâminas de 550 mm, e Patane e Cosentino (2011) encontraram maior produtividade comercial com lâminas de 400 mm. Nessas situações, podem estar refletidas diferenças de clima, solo e híbridos cultivados.

### **3.6 Massa média de frutos e número de frutos por planta**

Na Tabela 5, é exposta a análise de variância para massa média de frutos e número de frutos por planta.

Tabela 5 Resumo da análise de variância para massa de frutos por planta e número de frutos por planta

FV	GL	Quadrado médio	
		Massa média de frutos (g)	Número de frutos por planta
Técnica de cultivo (TC)	1	566,4816 <sup>ns</sup>	48,93 <sup>ns</sup>
Taxa de aplicação (TA)	1	14,8837 <sup>ns</sup>	9,95 <sup>ns</sup>
TC x TA	1	599,4001 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>
Erro	20	280,6667	17,11
Coef. variação (%)	--	11,69	15,13
Média Geral	--	143,28	27,35

<sup>ns</sup> não significativo e \*significativo ao teste F 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor (2017).

As variáveis massa média de frutos e número de frutos por planta não obtiveram uma diferença estatística significativa. Os frutos do tomateiro tiveram uma massa média de 143,28 g, correspondendo a 27 frutos por planta.

Apesar de a massa média ser ligeiramente superior, para o tratamento superficial, todos os tratamentos tiveram igualdade nesse parâmetro. Del Amor e Del Amor (2007) expuseram que não houve diferença estatística significativa comparando a irrigação superficial e subsuperficial no tomateiro, corroborando com os resultados deste trabalho.

Entretanto, Uçan et al. (2007) observaram que a água de irrigação excessiva não aumentou a produtividade do tomateiro significativamente. Além disso, verificaram que a produção precoce de frutos aumentou com a diminuição da água de irrigação, sugerindo que a quantidade de rega moderada pode melhorar a produção precoce de frutos de tomate.

Ngouajio, Wang e Goldy (2007) obtiveram uma massa média de frutos de 266,3 g com a cultivar Mountain Spring, cultivada com plástico preto, valor muito acima do obtido neste estudo. Em outro estudo, Monte et al. (2009) avaliaram a influência do turno de rega, na produção comercial dos frutos de tomate de mesa

e observaram maior número de frutos médios, em todos os tratamentos, com poucos frutos grandes e pequenos. Esse fato ocorreu neste experimento, porque a massa média de frutos não apresentou diferença significativa.

Em estudos equivalentes, Leopoldo et al. (2013), ao comparar o gotejamento superficial e a irrigação com gotejadores enterrados a 0,125 m obtiveram produção de tomates com melhor qualidade comercial no tratamento com irrigação por gotejamento subsuperficial a 0,25 m de profundidade.

### 3.7 Eficiência no uso da água de irrigação

A síntese da análise de variância da eficiência no uso da água de irrigação para produção total e produção comercial encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6 Resumo da análise de variância para eficiência do uso de água de irrigação (EUAI) para Produção total (EUAI PT) e Produtividade comercial (EUAI PC)

FV	GL	Quadrado médio	
		EUAI PT (Kg m <sup>-3</sup> )	EUAI PC (Kg m <sup>-3</sup> )
Técnica de cultivo (TC)	1	9,7792 <sup>ns</sup>	22,8345 <sup>ns</sup>
Taxa de aplicação (TA)	1	206,5067*	178,3785*
TC x TA	1	7,0200 <sup>ns</sup>	1,2834 <sup>ns</sup>
Erro	20	6,8458	7,0394
Coef. variação (%)	--	15,30	17,46
Média Geral	--	17,10	15,19

<sup>ns</sup> Não significativo e \*Significativo ao teste F 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do autor (2017).

A análise estatística demonstrou que houve diferença estatística significativa apenas entre as lâminas de irrigação para EUAI produção total e EUAI produtividade comercial.

Na Figura 5, são observados os dados médios relativos à eficiência no uso da água de irrigação.

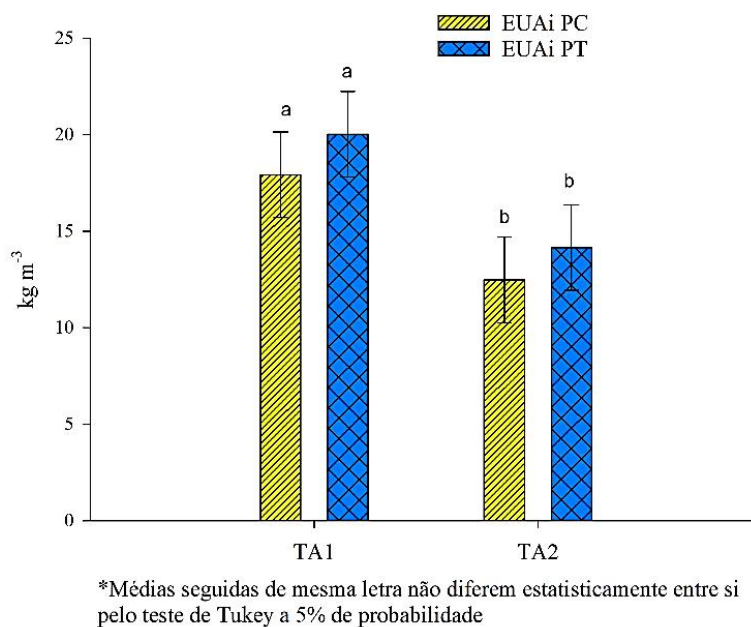


Figura 5 Valores médios eficiência do uso da irrigação produção total (EUAi PT) e eficiência do uso da irrigação produtividade comercial (EUAi PC) em função de duas taxas de aplicação de água: 4,33 L h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> (TA1) e 5,33 L h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> (TA2).  
Fonte: Dados do autor (2017).

Nota-se que a taxa de aplicação TA1 apresentou resultado superior ao outro tratamento em termos de eficiência do uso da água de irrigação. A eficácia do uso da água, para produção total (20 kg m<sup>-3</sup>) e comercial (18 kg m<sup>-3</sup>), resultantes deste trabalho, foram superiores aos estudos de Lei et al. (2009) que encontraram uma EUAi máxima de 15,33 kg m<sup>-3</sup>, quando a irrigação foi realizada por 50% de déficit.

No trabalho de Reina-Sanchez, Romero-Aranda e Cuartero (2005), em que foram testadas quatro cultivares de tomate e diferentes doses de cloreto de sódio, o valor da eficiência no uso da água foi de 31 kg m<sup>-3</sup> no tratamento sem o cloreto de sódio. A pesquisa realizada por Marouelli e Silva (2006) não obteve influência dos regimes de irrigação, nos valores da eficiência no uso da água pelo

tomateiro 'Heinz 9992', constatando valor médio de  $39,4 \text{ kg m}^{-3}$ , valor superior ao desta pesquisa.

Em estudos anteriores concluiu-se que a eficiência do uso da água diminui, quando a quantidade de água de irrigação aumenta, porque o rendimento diminui por unidade de água (CHEN et al., 2015). No presente estudo, houve esse comportamento, pois a menor taxa de aplicação de água (TA1) resultou em uma EUAi superior.

#### **4 CONCLUSÕES**

A taxa de aplicação de água de  $1,3 \text{ L h}^{-1}$  a cada  $0,30 \text{ m}$  proporcionou uma eficiência de uso de água da irrigação estatisticamente superior.

Os valores de condutividade elétrica da solução do solo não foram afetados pelas duas taxas de aplicação de água.

As variáveis de produção apresentaram comportamento similar para as condições de irrigação subsuperficial, superficial e para as duas taxas de aplicação de água.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, Dec. 2013.

CHEN, R. et al. Lateral spacing in drip-irrigated wheat: the effects on soil moisture, yield, and water use efficiency. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 179, p. 52–62, Aug. 2015.

DEL AMOR, M. A.; DEL AMOR, F. M. Response of tomato plants to deficit irrigation under surface or subsurface drip irrigation. **Journal of Applied Horticulture**, Oxford, v. 9, n. 2, p. 97-100, 2007.

FERREIRA, D. F. Sistema **Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: Ed. UFLA, 2014. v. 5.

GOMES, L. A. A.; SILVA, E. C.; FAQUIN, V. Recomendações de adubação para cultivos em ambiente protegido. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Ed. UFV, 1999. p. 99-110.

HOWELL, T. A.; CUENCA, R. H.; SOLOMON, K. H. Crop yield response. In: HOFFMAN, G. J.; HOWELL, T. A.; K. SOLOMON, H. (Ed.). **Management of farm irrigation systems**. Michigan: ASAE Monography, 1990. p. 91-122.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 12, p. 1-82, dez. 2016.

KUSÇU, H.; TURHAN, A.; DEMIR, A. O. The response of processing tomato to deficit irrigation at various phenological stages in a sub-humid environment. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 133, p. 92–103, Feb. 2014.

LAMM, F. R. Cotton, tomato, corn, and onion production with subsurface drip irrigation: a review. **Transactions of the ASABE**, Saint Joseph, v. 59, n. 1, p. 263-278, 2016.

LEI, S. et al. Physiological mechanism contributing to efficient use of water in field tomato under different irrigation. **Plant and Soil Environment**, Prague, v. 55, n. 3, p. 128-133, 2009.

LEOPOLDO, G. et al. Respuesta productiva del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo cubierta a la distribución de la humedad generada por riego por goteo subterráneo y superficial. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 112, n. 1, p. 18-26, 2013.

LIMA, T. P. de. **Diferentes lâminas de irrigação e adubação na cultura do tomate de mesa em Goiás**. 2014. 60 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)– Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2014.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região do cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 342-346, 2006.

MEDEIROS, P. R. et al. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 51-55, jan. 2012.

MONTE, J. A. et al. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 222-227, abr./jun. 2009.

NGOUAJIO, M.; WANG, G.; GOLDY, R. Withholding of drip irrigation between transplanting and flowering increases the yield of field-grown tomato under plastic mulch. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 87, n. 3, p. 285-291, Feb. 2007.

PATANE, C.; COSENTINO, S. L. Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 131–138, 2011.

REINA-SÁNCHEZ, A.; ROMERO-ARANDA, R.; CUARTERO, J. Plant water uptake and water use efficiency of greenhouse tomato cultivars irrigated with saline water. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 78, n. 1, p. 54-66, 2005.

RICHARDS, L. A. Pressure-membrane apparatus, construction and use. **Agronomy Engineering**, Madison, v. 28, n. 5, p.451-454, Jan./Apr. 1947.

SANTANA, M. J. et al. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 443-454, out./dez. 2010.

SILVA JUNIOR, J. F. **Desenvolvimento do tomate em diferentes níveis de irrigação e de doses de salinidade**. 2012. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônomicas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

SOARES, L. A. dos A. et al. Taxas de crescimento do tomateiro sob lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 6, p. 210-217, 2011.

STEDUTO, P. et al. **Crop yield response to water**. Rome: FAO, 2012. 66 p.

UÇAN, K. et al. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame (*Sesamum indicum L.*) under field conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 101, n. 3, p. 249-258, Mar. 2007.

VAN GENUCHTEN, M. T. A. Closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.44, n. 4, p. 892-898, Sept. 1980.

VAN GENUCHTEN, M. T. et al. RETC version 6.02. **PC Progress**, Prague, 2009. Disponível em: <<http://www.pc-progress.com/en/Default.aspx?retc-downloads>>. Acesso em: 4 out. 2017.