

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

DÉFICIT HÍDRICO INDUZIDO EM DIFERENTES FASES
FENOLÓGICAS NO CULTIVO DO TOMATE INDUSTRIAL

Autor: Antonio de Paula dos Santos
Orientador: Prof. Dr. Marcio Mesquita

CERES - GO
Fevereiro – 2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

DÉFICIT HÍDRICO INDUZIDO EM DIFERENTES FASES
FENOLÓGICAS NO CULTIVO DO TOMATE INDUSTRIAL

Autor: Antonio de Paula dos Santos
Orientador: Prof. Dr. Marcio Mesquita

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres – Área de concentração Tecnologias de Irrigação.

Ceres - GO
Fevereiro – 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

S237d Santos, Antonio de Paula
Déficit Hídrico Induzido em Diferentes Fases
Fenológicas no Cultivo do Tomate Industrial /
Antonio de Paula Santos; orientador Marcio Mesquita. -
- Ceres, 2019.
65 p.

Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado) --
Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2019.

1. Estresse hídrico, TDR, irrigação. 2. Manejo de
irrigação, TDR, tomateiro. 3. Irrigação, lâmina
d'água, EUA. I. Mesquita, Marcio, orient. II. Título.


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO


DEFICIT HÍDRICO INDUZIDO EM DIFERENTES FASES
FENOLÓGICAS NO CULTIVO DO TOMATE INDUSTRIAL

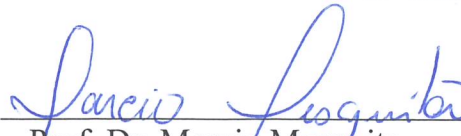
Autor: Antonio de Paula dos Santos
Orientador: Prof. Dr. Marcio Mesquita

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado – Área de Concentração
Tecnologias de Irrigação

APROVADA em 21 de fevereiro de 2019.


Prof. Dra. Adriana Rodolfo da Costa
Avaliador externo
UEG/Campus Santa Helena


Prof. Dr. Antônio Evami
Cavalcante Sousa
Avaliador interno
IF Goiano/Campus Ceres


Prof. Dr. Marcio Mesquita
(Orientador)
UFG/ Escola de Agronomia

À minha filha Ana Klara, esposa Natalia, mãe Ana Lúcia, irmãos Luciano e Adriane, sogra Elaine e a todos os envolvidos que, com muito apoio, proporcionaram que eu pudesse chegar a esta etapa da minha vida,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre iluminou meu caminho e, em momento algum, me deixou andar sozinho.

Agradeço especialmente à minha filha que, logo quando veio ao mundo, tornou-se o estímulo para conquistas grandiosas como o título de Mestre.

Agradeço ainda à minha esposa *Natália* que sempre esteve ao meu lado em todo e qualquer momento.

Ao professor Márcio, pelos conhecimentos e conselhos passados e ainda pelo tempo dedicado em me orientar da melhor maneira possível e suportar meus estresses devidos a rotinas cansativas.

À minha mãe e meus irmãos, que sempre me motivaram.

Aos meus sogros, que me deram apoio nessa jornada exaustiva.

À professora Adriana, pelos conhecimentos e conselhos passados.

Aos meus amigos Marcos, Alexandre, Élson, Carolina, Edilaine, Wilson e colaboradores que, de alguma forma, me ajudaram nesta conquista.

Ao Instituto Federal Goiano Campus-Ceres, por ter me concebido meios para esta conquista.

Agradeço ainda à Universidade Federal de Goiás, pelo espaço cedido, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg), pelo auxílio bolsa estudantil. À VIVAT, pela doação das mudas do tomateiro N-901.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Antonio de Paula dos Santos, Engenheiro Agrícola pela Universidade Estadual de Goiás no ano de 2016. Desenvolveu pesquisas no ramo de irrigação na Universidade Federal de Goiás no período de 2017. Atualmente, trabalha na empresa Raízen como Engenheiro Agrícola na área de irrigação.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
1.1.1 Origem e importância econômica do tomate industrial	2
1.1.2 Características e fisiologia do tomate.....	3
1.1.3 Manejo e estratégias da irrigação na cultura do tomate	4
1.1.4 Temperatura e umidade relativa do ar adequadas para o tomateiro. 5	
1.1.5 Potencial hídrico do solo	7
1.1.6 Déficit hídrico no tomateiro	8
1.2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	10
2. OBJETIVOS GERAIS	15
3. CAPÍTULO I.....	16
Resumo.....	16

Abstract	17
3.1 Introdução.....	17
3.2 Material e Métodos.....	19
3.2.1 Parâmetros agronômicos	20
3.2.2 Parâmetros de qualidade do fruto.....	21
3.2.3 Análise do uso eficiente da água	21
3.2.4 Análise estatística	21
3.3 Resultados e Discussão	22
3.4 Conclusão.....	28
3.5 Agradecimentos.....	28
3.6 Referências Bibliográficas	29
4. CAPÍTULO II	33
Resumo.....	33
Abstract	34
4.1 Introdução.....	334
4.2 Material e Métodos.....	35
4.2.1 Análises agronômicas.....	36
4.2.2 Análises qualitativas.....	36

4.2.3 Análise do uso eficiente da água	377
4.2.4 Análise estatística.....	37
4.3 Resultados e Discussão	37
4.4 Conclusão	44
4.5 Agradecimentos.....	44
4.6 Referências Bibliográficas	44
5. CONCLUSÃO GERAL.....	48

ÍNDICE DE TABELAS

Página

CAPÍTULO I

Tabela 1. Quadrado médio e significância da análise de variância para efeito de tensão de água no solo (Ψ), época de submissão do déficit hídrico (Épo) e suas interações com altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF), massa seca da raiz (MSR), massa seca da haste (MSH) e massa seca de fruto (MSFR).....	23
Tabela 2. Quadrado médio e significância da análise de variância para efeito de tensão de água no solo (Ψ), época de submissão do déficit hídrico (Épo) e suas interações com número de frutos por planta (NF/pl), firmeza dos frutos (FIRM), produtividade (PROD), eficiência no uso da água (EUA), acidez titulável (AT) e sólidos solúveis (SS) de tomate industrial cultivado em ambiente protegido.....	23
Tabela 3. Médias das variáveis para as diferentes épocas de submissão do déficit hídrico.....	24

CAPÍTULO II

Tabela 1. Quadrado médio e significância da análise de variância para efeitos de diferentes tensões de água no solo em duas épocas distintas no cultivo do tomateiro....	38
Tabela 2. Quadrado médio e significância da análise de variância para efeitos de diferentes tensões de água no solo em duas épocas distintas no cultivo do tomateiro....	39
Tabela 3. Teste de Tukey para diferentes épocas de submissão do déficit hídrico em tomate industrial.....	39
Tabela 4. Desdobramento da produtividade para tomateiro submetido ao déficit hídrico.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO I

Figura 1. Temperaturas (°C) mínimas, médias e máximas do ar no interior da casa de vegetação durante o cultivo do tomateiro.....	22
Figura 2. Umidades relativas do ar (%) mínimas, médias e máximas no interior da casa de vegetação durante o cultivo do tomateiro.....	22
Figura 3. Médias de altura de planta (A), área foliar (B), massa seca da haste (C), massa seca do fruto (D), acidez titulável (E) e sólidos solúveis (F) de tomate industrial cultivado em ambiente protegido, referente a cada tensão de água no solo.....	26

CAPÍTULO II

Figura 1. Temperaturas do ar (°C) mínimas, médias e máximas (A), umidade relativa do ar (%) mínima, médias e máxima (B) no interior da casa de vegetação durante o cultivo do tomateiro.....	37
Figura 2. Médias de altura de planta (A), diâmetro de caule (B), número de flores (C) e número de frutos (D) de tomate industrial cultivado em ambiente protegido para cada tensão de água no solo.....	40
Figura 3. Médias de sólidos solúveis (A), acidez titulável (B), massa de frutos maduros (C) e eficiência no uso da água (D) de tomate industrial em função de tensões de água no solo.....	42

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo /Sigla	Significado	Unidade de Medida
Ψ	Tensão	kPa
*	Significativo a 5% de probabilidade	%
**	Significativo a 1% de probabilidade	%
ABA	Ácido abscísico	g/mol
AF	Área foliar	cm ²
AP	Altura de planta	cm
AT	Acidez titulável	%
CV	Coefficiente de variação	%
DAT	Dias após transplântio	
DC	Diâmetro de caule	mm
DI	Déficit hídrico	
DMS	Diferença mínima significativa	
ÉPO	Época de submissão do déficit hídrico	
EUA	Eficiência no uso da água	kg mm ⁻¹
Fapeg	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás	
FIG	Figura	
FIRM	Firmeza	N
FRUM	Frutos maduros	kg
FV	Fonte de variação	
G	Gramas	
GL	Grau de liberdade	
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	
IWU	Uso sazonal da água	Mm
M	Metros	
mm	Milímetros	
MF	Massa fresca	g
MSFR	Massa seca do fruto	g
MSH	Massa seca da haste	g
MSR	Massa seca da raiz	g
NaOH	Hidróxido de sódio	g/100 mL
NFLO	Número de flores	
NFRU	Número de frutos	
Ns	Não significativo	

PROD	Produtividade	t ha ⁻¹
S	Sul	
SS	Sólidos solúveis	°Brix
T	Toneladas	
TDR	Time Domain Reflectometer	
Ya	Rendimento total de fruto	kg ha ⁻¹
W	Oeste	
WPTC	World Processing Tomato Council	

RESUMO

SANTOS, ANTONIO DE PAULA. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, fevereiro de 2019. **Déficit hídrico induzido em diferentes fases fenológicas no cultivo do tomate industrial.** Orientador: Dr. Marcio Mesquita.

No âmbito brasileiro, o cultivo do tomateiro corresponde a uma expressiva atividade, sendo o estado de Goiás destaque em produção do tomate industrial. Extrema é a importância de melhorias no manejo da irrigação desta cultura, sendo assim, o déficit hídrico vem sendo estudado visando a definir a melhor época de redução hídrica e a intensidade desta técnica. Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de avaliar o efeito do déficit hídrico na produtividade e qualidade do tomate industrial. O experimento foi conduzido em estufa automatizada na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, com duas etapas. Ambas as etapas em blocos casualizados, com cinco repetições, em que os tratamentos foram fatoriais em duas datas de início do déficit hídrico, a primeira etapa aos 10 e 20 dias após o transplante e a segunda, logo após observada a mudança de coloração do primeiro fruto, aos 45 e 35. Ademais, foram três tensões de água no solo (40, 60 e 70 kPa) e um tratamento sem estresse hídrico, no qual se manteve 30 kPa. Os resultados permitiram concluir que houve interferência dos tratamentos nas características produtivas e qualitativas dos frutos, tendo ocorrido maior produção no tratamento sem déficit hídrico e no tratamento submetido a 60 kPa, com início aos dez dias após o transplante.

Palavras-chave: Estresse hídrico, TDR, irrigação

ABSTRACT

SANTOS, ANTONIO DE PAULA. Goiano Federal Institute – Campus Ceres – GO, February - 2019. **Water Deficit induced in different phenological phases in the cultivation of industrial tomato.** Advisor: PhD Marcio Mesquita.

In the Brazilian context the tomato crop corresponds to an expressive activity, being the state of Goiás the highlight in the production of industrial tomato. Extreme is the importance of improvements in the irrigation management of this crop, being, therefore, water deficit has been studied aiming to define the best time of water reduction and the intensity of this technique. This work was developed with the purpose of evaluating the effect of the water deficit on the productivity and quality of the industrial tomato. The experiment was carried out in an automated greenhouse at the Agronomy School of the Federal University of Goiás, with two stages. Both were randomized blocks, with five replications, in which treatments were factorial in two water deficit start dates, but the first stage being at 10 and 20 days after transplanting and the second stage being soon after observing the color change of the first fruit 45 and 35. In addition, there were three soil water stresses (40, 60 and 70 kPa), and a treatment without water stress, in which it maintained 30 kPa. The results allowed to conclude that it hears interference of the treatments in the productive and qualitative characteristics of the fruits. However, it presented higher production in the treatment without water deficit and in treatment submitted to 60 kPa starting at 10 days after transplanting.

Key-words: Water stress, TDR, irrigation

1. INTRODUÇÃO

Por meio de uma simples análise, fica notória a importância mundial do tomate (*Solanum lycopersicum*). A World Processing Tomato Council (WPTC) estima que a produção mundial de tomate industrial seja de 37,5 milhões de toneladas, sendo o Brasil o oitavo maior produtor, com produção estimada em 1,4 milhões de toneladas (WPTC, 2017). O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) aponta o estado de Goiás como o maior produtor nacional, com, aproximadamente, um milhão de toneladas em 13 mil hectares (IBGE, 2017). O fruto pode ser consumido in natura ou processado, na forma de sucos, molhos prontos, ketchup, conserva e tomate seco (JUSTUS, 2012).

O estado do Goiás tem clima classificado por Koppen (1982) como CWA e AW, com inverno seco e verão chuvoso. As condições hídricas adequadas para o tomateiro são de 300 a 600 mm, no entanto, o tomate é cultivado em Goiás durante a estação seca e, conforme ressaltam Marouelli et al. (2012), o uso da irrigação é prática fundamental para suprir a demanda hídrica das plantas, mas pode ser fator limitante no desenvolvimento e ou na produção do tomate, quando feita de maneira incorreta.

Estudos têm alertado sobre a limitação nos recursos hídricos (KLOCKE et al., 2010; ZWIRTES et al., 2015), indicando a utilização da irrigação deficitária em culturas altamente exigentes nesse recurso e ou ainda para regiões secas ou com distribuição pluvial irregular. As irrigações deficitárias consistem na aplicação de lâminas de água menores que as necessárias para satisfazer plenamente as necessidades da evapotranspiração diária das culturas (RODRIGUES et al., 2013). Neste sentido, vários

pesquisadores têm estudado o efeito do déficit hídrico na cultura do tomate (KUSCU et al., 2014; ZHANG et al., 2017).

O déficit de água pode ser imposto durante todo o ciclo da cultura ou somente nas fases não críticas ao déficit hídrico. Neste último caso, o impacto é menor na redução na produtividade da cultura (HARMANTO et al. 2005; FRIZZONE, 2007). Solos com alta disponibilidade de água afetam negativamente o teor de sólidos solúveis, aumentando, principalmente, os gastos com energia durante o processo de concentração da polpa (MAROUELLI et al., 2012), além de reduzir o valor agregado ao produto. Quando ocorre o oposto, ou seja, em solos em situações de déficit hídrico, ocorre redução na taxa de divisão e de alongamento celulares (TAIZ & ZEIGER, 2009) em razão da redução da pressão de turgescência, notadamente pelo menor conteúdo de água, resultando, conseqüentemente, em menor expansão da parede celular, crescimento vegetal, abertura dos estômatos e movimentos de folhas e flores (PIMENTEL, 2004).

A sustentabilidade econômica das indústrias de processamento de tomate depende da qualidade da matéria-prima que determina, em grande parte, a qualidade do produto final (SCHARZ, 2013). Na cultura do tomate, para a obtenção de frutos de qualidade, bons rendimentos e lucratividade, é necessário que, além do potencial genético, sanidade, tratos culturais apropriados, manejo do solo e compreensão do clima, ocorra também disponibilidade de água para a cultura (MELLO & VILELA, 2005).

A baixa diluição resultante da redução dos níveis de água nos frutos se reflete no acúmulo dos assimilados, melhorando, assim, os parâmetros de qualidade. Diversos pesquisadores relataram que o rendimento está inversamente relacionado aos sólidos solúveis, assim, o déficit hídrico influencia positivamente os parâmetros de qualidade (HELYES et al., 2012; KUSCU et al., 2014).

1.1 Revisão Bibliográfica

1.1.1 Origem e importância econômica do tomate industrial

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é originário da América Latina, sendo, contudo, controversa a existência de um único país de origem da planta. A introdução

do tomate na culinária se deu na Espanha e na Itália, através da utilização do fruto em pizzas, molhos e saladas (ALVARENGA, 2013).

A produção brasileira de tomate para industrialização foi iniciada em Pernambuco no final do século XVIII. Mas somente a partir de 1950 a produção da cultura em escala comercial foi impulsionada, o que resultou na implantação de diversas agroindústrias (SANTOS et al., 2013). Entre os anos de 1985 e 2005, o consumo per capita saltou de 14 para 19 kg por ano, segundo Carvalho & Pagliuca (2007). Entre os anos de 2006 e 2013, a produção teve um aumento de 20%, com acréscimo de 10% na área de plantio; entre 2014 e 2017, a produção mundial manteve-se estável, com pouca variação anualmente (WPTC, 2017). Nesse segmento produtivo da “tomicultura industrial”, Goiás lidera a produção nacional, sendo responsável por 28% da produção, seguido pelos estados de São Paulo e Minas Gerais (CARVALHO et al., 2016).

O custo de produção do tomateiro rasteiro é, em média, de R\$15 mil por hectare, com produção estimada em 85 t ha⁻¹, considerando um sistema com 30.000 plantas por hectare. As margens de lucros são de, aproximadamente, 12,40%, sendo que o custo elevado da produção se deve ao número de aplicação de defensivos agrícolas (12 a 16 aplicações por ciclo), mecanização de etapas do manejo (irrigação e colheita) e mão de obra empregada no cultivo (AGRIANUAL, 2015).

O município de Cristalina é destaque na produção de tomate rasteiro, com aproximadamente 333.000 t, seguido por Itaberaí, Morrinhos, Vianópolis e Silvânia. A produção destes municípios e dos demais é direcionada às grandes indústrias de processamento de atomatados na região metropolitana de Goiânia (BRASIL, 2017).

1.1.2 Características e fisiologia do tomate

O tomateiro é uma planta dicotiledônea, da ordem Tubiflorales, família Solanaceae, gênero *Solanum*, espécie *Solanum lycopersicum*. Tem caule flexível e piloso, com pronunciada ramificação lateral (FILGUEIRA, 2008). Embora seja cultivado como planta anual, o tomateiro é classificado como planta perene e pode ser conduzido de forma prostrada, semiereta e ereta (ALVARENGA, 2013).

O ciclo tomateiro varia entre 95 a 125 dias e apresenta três fases fenológicas. A primeira fase vai do transplante das mudas até ao início do florescimento; a segunda, do início do florescimento até início da colheita; a terceira fase vai do início da colheita até seu término (ALVARENGA, 2000). Existe uma grande diversidade nas

cultivares de tomateiros utilizadas para processamento industrial, além do ciclo, elas se diferenciam por características como SS e resistência a doenças (EMBRAPA, 2006). As principais cultivares utilizadas no Brasil são IPA-6, Viradoro, AP533, Heinz 9553, Heinz 9665, Heinz 9992, H 7155N, Hypeel 108, Malinta, Calroma, RPT 1570 e Calmarzano.

A cadeia produtiva, “processamento industrial”, tende a frutos oblongos, mais firmes e com elevados teores de sólidos solúveis. As sementes são de coloração marrom-clara, pequenas e de baixa densidade, sendo encontradas aproximadamente trezentas unidades em apenas um grama. O embrião fica disposto em forma de espiral, completamente circundado por endosperma, o qual é recoberto pela testa. A testa e o endosperma estão estritamente relacionados à germinação (NASCIMENTO, et al., 2012).

A inflorescência do tomateiro consiste em um eixo principal comportando flores laterais (KINET & PEET, 1997). As flores são hermafroditas e se abrem durante o dia, sendo essencialmente autopolinizadas (KINET & PEET, 1997; RUBATZKY & YMAGUCHI, . 1997). Para Wudiri & Henderson (1985), quando as plantas estão sob estresse hídrico, há redução no número de flores por cacho e, conseqüentemente, da produtividade.

As variedades cultivadas de tomate apresentam hábito de crescimento indeterminado ou determinado (FILGUEIRA, 2008). No Brasil, as plantas de hábito determinado são aquelas cujos frutos são destinados ao processamento industrial.

1.1.3 Manejo e estratégias da irrigação na cultura do tomate

O manejo racional de um sistema de irrigação deve ser embasado em aspectos sociais e ecológicos da região, procurando uma maximização da produtividade da cultura e do uso da água, mantendo condições de umidade do solo e de fitossanidade favoráveis para o desenvolvimento da cultura (BERNARDO et al., 2008). Para um bom manejo, é importante determinar quando, quanto e como irrigar, e isso requer uma estimativa do estado da água no solo. Morgan et al. (2001) ressaltam que o conteúdo de água no solo deve ser mantido entre certos limites máximos e mínimos, em que não ocorra lixiviação, nem haja limite de água para a planta.

A disponibilidade de água está diretamente ligada aos processos fisiológicos da planta. Além de participar da fotossíntese, a água auxilia na absorção e transporte de

nutrientes do solo para o interior das células da planta, regula a temperatura nos tecidos, influenciando, assim, diretamente nas características de crescimento e desenvolvimento dos vegetais (AALVARENGA, 2004). Ela é também a fonte de oxigênio molecular existente na atmosfera, que é produzido na fotossíntese, assim como o hidrogênio. Atribui-se ainda à água a manutenção da turgescência celular, que sustenta a própria morfologia das plantas, sendo essencial para o aumento do volume celular, crescimento vegetal, abertura dos estômatos e movimentos de folhas e flores (PIMENTEL, 2004).

As práticas convencionais de irrigação baseiam-se na necessidade de água da cultura, definida pela demanda evapotranspirométrica, e na eficiência de aplicação de água. A demanda máxima de água ocorre durante o período de floração até o início da maturação dos frutos (SANTANA et al., 2010), sendo este o período crítico por compreender todo o desenvolvimento do fruto (MAKISHIMA & MIRANDA, 1995). A escassez de água um pouco antes e durante o período de floração reduz o número de frutos. Nessa fase de desenvolvimento da planta, o efeito do déficit hídrico sobre o rendimento é maior em condições de temperaturas altas e umidade relativa baixa (SANTANA et al., 2010). Duas estratégias podem ser ressaltadas para o planejamento da irrigação no intuito de suprir totalmente ou parcialmente a necessidade hídrica da cultura (FRIZZINE, 2007).

A irrigação é, muitas vezes, feita de forma inadequada por grande parte dos produtores. Para o tomate, assim como para a grande maioria das hortaliças, ocorre alta exigência no abastecimento de água através de horários de irrigação adequados. No entanto, a irrigação com déficit pode melhorar a qualidade da fruta, elevando a porcentagem de matéria seca e o teor de açúcares (SPREER et al., 2007; RESTREPO-DÍAZ et al., 2010).

1.1.4 Temperatura e umidade relativa do ar adequadas para o tomateiro

Quando o quesito é temperatura, o tomateiro logra alta sensibilidade. As elevadas temperaturas, com certa amplitude térmica, são prejudiciais às plantas. Para seu ótimo desenvolvimento e uma produção adequada, as temperaturas médias diárias devem ser entre 18 e 25 °C e noturnas entre 10 e 20 °C (PALARETTI et al., 2012; ZEIST, 2015).

Temperaturas médias do ar até 30 °C durante o dia promovem maior produtividade, precocidade, favorecendo a aceleração do crescimento das plantas, fixação de flores e fixação e amadurecimento de frutos. Temperaturas diurnas acima de 30°C causam prejuízos e, conseqüentemente, reduzem a síntese de α -licopeno, substância crucial para os frutos adquirirem coloração avermelhada (DUARTE et al., 2011). De acordo com Souza et al. (2010), temperaturas diurnas e noturnas acima de 30 °C provocam queda na fotossíntese líquida em detrimento do aumento na fotorrespiração e respiração, ademais, iniciam-se também ocorrência de abortamento de flores, incidência de frutos pequenos e com poucas sementes, pequena liberação e germinação. Efeitos drásticos, em estruturas reprodutivas, começam a surgir com temperaturas acima dos 34 °C, prejudicando a polinização, provocando abortamento de flores e redução no número de frutos por cacho (COSTA et al., 2011).

Conforme a fase de desenvolvimento vegetativo da planta se altera, por conseguinte, a temperatura ótima é alterada. Para a germinação, a temperatura ótima varia de 16 a 29 °C; para período vegetativo, de 20 a 24 °C; para floração, de 18 a 24 °C; para fixação de frutos, de 13 a 18 °C; e para a maturação dos frutos, de 20 a 24 °C (DUARTE et al., 2011). A planta do tomateiro, em condições de baixa disponibilidade hídrica, sofre mais pela ocorrência de temperaturas acima de 30 °C do que temperaturas abaixo de 15 °C. Isso ocorre porque em baixas temperaturas o tomateiro apresenta menores taxa de fotorrespiração em razão da reduzida atividade oxigenasse da enzima rubisco (KERBAUY, 2008).

A umidade relativa do ar é outro fator climático importante que influencia no desenvolvimento vegetativo e na produtividade do tomateiro, visto afetar a condutância estomática, a turgência e a evapotranspiração. Reis et al. (2013) consideram que incrementos na umidade do ar favorecem a expansão foliar do tomateiro, contribuindo para a ocorrência de maior interceptação de energia luminosa, com reflexos no maior estoque de fotoassimilados e na maior produção. A faixa adequada para a cultura do tomate se situa entre 50 e 70%. Excessos de umidade impedem a polinização das flores e promovem abortamentos, além de prejudicarem a absorção de nutrientes por reduzirem a transpiração da planta (REIS et al., 2013; GUIMARÃES et al., 2007).

1.1.5 Potencial hídrico do solo

O potencial hídrico do solo define o estado de energia no ponto considerado. A água tem como tendência natural ocupar espaços com menores potenciais. Conhecendo os potenciais da água em diferentes pontos do solo, pode-se determinar sua tendência de movimento (REICHARDT & TIMM, 2004). Hartz & Hanson (2009) recomendam para a cultura do tomateiro tensão limite de irrigação de 20 kPa durante a fase de desenvolvimento do fruto e 45 kPa durante a fase vegetativa e estágios de crescimento de maturação de frutas.

Analisando a produção de biomassa no desenvolvimento vegetativo do tomateiro em função da tensão do solo, Hott et al. (2014) concluíram que a tensão de água no solo afeta a produção de biomassa, tendo essas tensões sido avaliadas em 15, 25, 40, 55 e 70 kPa até os 33 dias após o transplântio.

O efeito de diferentes tensões de água no solo sobre o desenvolvimento inicial do tomateiro foi avaliado por Rodrigues et al. (2016), utilizando tensões de 20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa. Antes de iniciar a diferenciação dos tratamentos, a irrigação era diária, repondo no solo a capacidade de campo. A diferenciação dos tratamentos ocorreu aos 18 dias após o transplântio, sendo analisada com 64 dias após o transplântio. A altura da planta apresentou resposta linear negativa com o aumento de tensão, o número de cachos e o diâmetro do caule apresentaram função quadrática, com a menor tensão (20 kPa) apresentando os maiores resultados.

Marouelli (2008) determinou tensões limites de água no solo para o cultivo do tomateiro para processamento irrigado por gotejamento, com tensões de 6, 10, 15, 30, 60 e 120 kPa durante o estágio vegetativo, verificando que a profundidade efetiva do sistema radicular obteve uma resposta linear positiva com o aumento da tensão, mas este resultado não resultou em ganho de produtividade, tendo a maior produtividade ocorrido com tensão de 35 kPa.

Sá et al. (2005), analisando o comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido, a partir dos 15 dias após o transplântio até o final do ciclo do tomateiro, avaliaram as tensões de 15, 30, 50, 70, 120 e 170 kPa e observaram o turno de rega de 1,5; 2,7; 3,7; 5,4; 12,1 e 19,6 dias, respectivamente. A produção de frutos comerciais foi maior para tensão de 70 kPa, sendo que os frutos pequenos se reduzem com o aumento da tensão e os frutos grandes

têm uma produção máxima com tensão de 112 kPa. A eficiência do uso da água apresentou resposta linear crescente com o aumento de tensão de água no solo.

1.1.6 Déficit hídrico no tomateiro

O déficit hídrico (DI) é uma estratégia importante, uma vez que tem a capacidade de potencializar a produtividade da água para produzir maiores rendimentos por unidade de água aplicada na horticultura (CANTORE et al., 2016). O DI é uma técnica em que a quantidade de água fornecida à planta é mantida abaixo de sua máxima demanda, porém na quantidade em que o desenvolvimento/crescimento não sofra danos significativos. Saber quando aplicar água é essencial para a implementação bem-sucedida, segundo Savic et al. (2011), porque existe uma sensibilidade do tomateiro ao estresse de água (TOPCU et al., 2007; ZHENG et al., 2013) distinto em diferentes estádios de desenvolvimento fenológico.

O tomateiro porta sensibilidade sob o DI, porém a planta se adapta a este fator pelo ajuste osmótico, ou seja, redução do potencial osmótico celular pelo acúmulo de solutos compatíveis, gerando, assim, uma tolerância. Várias moléculas estão associadas a este mecanismo, incluindo diversos tipos de açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos, além de alguns íons (GRANT, 2012). Ademais, ocorrem alterações na síntese da clorofila, alterações funcionais e estruturais em cloroplastos e distúrbios nos processos de acumulação, transporte e distribuição de assimilados (ANJUM et al., 2011). Contudo, o acúmulo de solutos compatíveis pode ser utilizado para o reconhecimento da resistência ao estresse hídrico (LISAR et al., 2012). Existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO₂ para produção de carboidratos (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta. Uma característica importante da resposta do sistema radicular ao estresse hídrico é a capacidade que algumas raízes têm de continuar o alongamento em potenciais hídricos, que são baixos para inibir completamente o crescimento da parte aérea (SHARP & DAVIES, 1989). Sendo assim, o DI estimula a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas e úmidas do perfil do solo (HOOGENBOOM et al., 1987). No entanto, o déficit na irrigação é uma estratégia

alternativa para a economia de água com ou sem decréscimo aceitável na produção e na qualidade de hortaliças (COSTA et al., 2007).

As práticas com DI aumentam os níveis de ácido abscísico (ABA) nas plantas. Numerosos estudos demonstraram que uma maior concentração de ABA na seiva de xilema induz o fechamento estomático parcial e reduz a expansão foliar, reduzindo, assim, o uso da água da planta, melhorando a eficiência do seu uso (DODD, 2009). Sob déficit de água, o aumento da concentração de citocinina no xilema diminui a sensibilidade estomática à ABA e promove abertura estomática, enquanto uma atenuação nos níveis de citocinina eleva o fechamento estomático (DAVIES et al., 2005).

O efeito do estresse hídrico na produção, qualidade e eficiência do uso da água no tomate durante o período vegetativo inteiro ou parcial tem sido muito estudado (TOPCU et al., 2007). Os efeitos do estresse hídrico variam de acordo com o solo e as condições climáticas (ZEGBE et al., 2004).

Al-Yahyai et al. (2010) observaram aumento no SS dos frutos quando estudaram tomates em crescimento sob condições de campo salino e o papel dos fertilizantes, notando que a presença de sal reduzia a absorção de água pelas plantas e, conseqüentemente, pelos frutos. Nangare et al. (2016) observaram que quanto menor a restrição hídrica para o tomateiro, maior é a altura das plantas. Todavia, plantas de tomateiro submetidas ao déficit hídrico reduzem a produção de frutos, altura das plantas, número de folhas, taxa fotossintética, transpiração, condutância estomática, aumentando a temperatura foliar, sendo que a altura da planta e o número de folhas são os melhores caracteres para selecionar de forma indireta plantas de tomateiro resistentes ao déficit hídrico.

Patanè et al. (2011) constataram que a acidez titulável não é influenciada pelos regimes de irrigação, tendo obtido maiores valores do ácido cítrico em frutos submetidos ao déficit hídrico. Campagnol et al. (2014) ressaltam que não encontraram diferenças significativas da acidez titulável em função de níveis de reposição da ETc (60% a 140%).

1.2 Referências bibliográficas

- Agrianual. Anuário de Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2015. 444 p.
- Alvarenga, M. A. R. Cultura do tomateiro. 1.ed. Lavras: UFLA, 2000.
- Alvarenga, M. A. R. Tomate: Produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 400p.
- Alvarenga, R. A. M. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. 2.ed. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.
- Al-Yahyai, R.; Al-Ismaily, S.; Al-Rawahy, S. A. Growing Tomatoes under Saline Field Conditions and the Role of Fertilizers. A Monograph on Management of Saltaffected Soils and Water for Sustainable Agriculture, Sultan Qaboos University, Sultanate of Oman, v.34, p.83–88, 2010.
- Anjum, S. A. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research, Lesotho, v.6, n.9, p.2026-2032, 2011.
- Bernado, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. Manual de Irrigação. 8.ed. Viçosa: UFV, 2008.
- BRASIL. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, v.20, n.1, p.1-81, 2017.
- Campagnol, R.; Abrahão, C.; Mello, S. C.; Oviedo, V. R. S. C.; Minami, K. Impactos do nível de irrigação e da cobertura do solo na cultura do tomateiro. Irriga, Botucatu, v.19, n.3, p.345-357, 2014.
- Cantore, V.; Lechkar, O.; Karabulut, E.; Sellami, M. H.; Albrizio, R.; Boari, F.; Stellacci, A. M.; Todorovic, M. Combined effect of deficit irrigation and strobilurin application on yield, fruit quality and water use efficiency of “cherry” tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Agricultural Water Management, v.167, p.53-61, 2016.
- Costa, J. M.; Ortuno, M. F.; Chaves, M. M. Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. Journal Integr. Plant Biol, v.49, n.10, p.1421–1434, 2007.
- Costa, C. A.; Silva, A. C.; Sampaio, R. A.; Martins, E. R. Productivity of determinate growth tomato lines tolerant to heat under the organic system. Horticultura Brasileira, v.29, n.4, p.590-593, 2011.
- Carvalho, J.; Pagliuca, L. G. Tomate, um mercado que não para de crescer globalmente. Hortifruti Brasil, v.58, p.6–14, 2007.
- Carvalho, C.; Kist, B. B.; Treichel, M. Anuário brasileiro de hortaliças. Santa Cruz do Brasil: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016.
- Davies, B. S.; Wang, H.S.; Rine, J. Dual activators of the sterol biosynthetic pathway of *Saccharomyces cerevisiae*: similar activation/regulatory domains but different response mechanisms. Mol Cell Biol, v.25, n.16, p.7375-7385, 2005.

- Dodd, I. C. Rhizosphere manipulations to maximize 'crop per drop' during deficit irrigation. *Journal of Experimental Botany*, v.60, p.2454–2459, 2009.
- Duarte, L. A.; Schöffel, E. R.; Mendez, M. E. G.; Schallenberger, E. Alterações na temperatura do ar mediante telas nas laterais de ambientes protegidos cultivados com tomateiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.2, p.148-153, 2011.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivo de tomate para industrialização: Sistemas de Produção 2006. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/clima.htm. Acesso em: 11 de outubro de 2018.
- Filgueira, F. A. R. *Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 421p.
- Frizzone, J. A. Planejamento da Irrigação com Uso de Técnicas de Otimização. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.1, p.24-49, 2007.
- Grant, O. M. Understanding and exploiting the impact of drought stress on plant physiology. In: Ahmad, P.; Prasad, M. N. V. *Abiotic Stress Responses in Plants*. New York: Springer, 2012. Chapter 6, p. 89-104.
- Guimarães, M. A.; Caliman, F. R. B.; Silva, D. J. H.; Flores, M. P.; Elsayed, A. Y. A. M. (2007). Exigências climáticas da cultura do tomateiro. In: Silva, D. J. H.; Vale, F. X. R. *Tomate: Tecnologia de produção*. Viçosa, MG: UFV, 2007. p.85-99p.
- Harmanto, K.; Salokhe, V. M., Babel, M. S., Tantau, H. J. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. *Agric. Water Manag.*, v.71, p.225–242, 2005.
- Hartz, T.; Hanson, B. *Drip irrigation and fertigation management of processing tomato*. Davis: University of California, Vegetable Research and Information Center, 2009. 11p.
- Helyes, L.; Lugasi, A.; Pék, Z. Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. *Turk. J. Agric. For.* v.36, p.702–709, 2012.
- Hoogenboom, G.; Huck, M. G.; Peterson, M. C. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. *Agronomy Journal*, v.79, p.614–697, 1987.
- Hott, M. de O.; Lima, V. L. de S.; Pereira, L. R.; Souza, J. M. de; Reis, E. F. dos. Produção de biomassa na fase vegetativa do tomateiro em função da tensão de água no solo. *Enciclopédia Biosfera, Goiânia*, v.10, n.18, p.2389-2398, 2014.
- IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 10 de fevereiro de 2018.
- Justus, A. *Ultrassom na desidratação osmótica de tomates (Lycopersicum esculentum) cv. Carmen*. Lavras-MG: UFLA, 2012. 116p. Dissertação Mestrado.
- Kerbauy, G.B. *Fisiologia Vegetal*. 2ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 472p.
- Kinet, J. M.; Peet, M. M. *Tomato*. In: Wien, H. C. *The Physiology of Vegetables Crops*. CAB International, Wallingford, UK, 1997. p.207–258.

- Klocke, N. L.; Currie, R. S.; Stone, L. R.; Bolton, D. A. (2010). Planning for deficit irrigation, *Applied Engineering in Agriculture*, v.26, n.3, p.405-412, 2010.
- Kramer, P. J.; Boyer, J. S. *Water relations of plants and soils*. Academic Press, New York, 1995. 495p.
- Kuscu, H.; Turhan, A.; Ozmen, N.; Aydinol, P.; Demir, A.O. Optimizing levels of water and nitrogen applied through drip irrigation for yield, quality, and water productivity of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Hortic. Environ. Biotechnol*, v.55, n.2, p.103–114, 2014.
- Lisar, S. Y. S.; Motafakkerzad, R.; Hossain, M. M.; Rahman, I. M. M. Water Stress in Plants: Causes, Effects and responses. In: Rahman, I. M. M.; Hasegawa, H. *Water stress*. Intech, 2012, p.1-14.
- Makishima, N.; Miranda, J. E. C *Cultivo do tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Brasília: EMBRAPA-CNPq, 1995. 22p.
- Marouelli, W. A. *Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 15p. (Embrapa, Circular Técnica 57).
- Marouelli, W. A.; Silva, W. L. C.; Silva, H. R. da; Braga, M. B. Irrigação e fertirrigação. In: Clemente, F. M. V.; Boiteux, L. S. *Produção de tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa, 2012. p.131-154.
- Melo, P. C. T.; Vilela, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.1, p.154-157, 2005.
- Morgan, K. T.; Parsons, L. R.; Wheaton, T. A. Comparison of laboratory – and field – derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. *Plant and Soil*, v.234, n.2, p.153–157, 2001.
- Nascimento, W. M.; Melo, P. C. T. de; Freitas, R. A. Produção de sementes. In: Clemente, F. M. V. T.; Boiteux, L. S. *Produção de tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa, 2012. Cap.3, p. 53-75.
- Palaretti, L. F.; Mantovani, E. C.; Silva, D. J. H. da; Cecon, P. R. Soma térmica para o desenvolvimento dos estádios do tomateiro. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.6, n.3, p.240-246, 2012.
- Patanè, C.; Tringali, S.; Sortino, O. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.129, n.4, p.590-596, 2011.
- Pimentel, C. *A relação da água com a planta*. Seropédica, RJ: Edur, 2004. 191p.
- Sá, N. S. A. de; Pereira, G. M.; Alvarenga, M. A. R.; Mattioli, W.; Carvalho, J. D. A. Comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental*, v.9, p.341–347, 2005.
- Santana, M. J.; Vieira, T. A.; Barreto, A. C.; Cruz, O. C. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. *Irriga, Botucatu*, v.15, n.4, p.443-454, 2010.

- Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. Á. de; Lumbreras, J. F. V.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Cunha, T. J. F.; Oliveira, J. B. de. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed.rev.ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.
- Savic, S. R.; Stikic, Z.; Jovanovic, B.; Vucelic-Radovic, M.; Paukovic, S. Deficit irrigation strategies for production of tomato in greenhouse conditions. Proceedings of the 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture, Opatia, Croatia 201, p.567–570, 2011.
- Schwarz, K.; Resende, J. T. V.; Preczenhak, A.P.; Paula, J.T.; Faria, M.V.; Dias, D.M. Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. *Horticultura Brasileira*, v.31, p410-418, 2013.
- Sharp, R. E.; Davies, W. J. Solute regulation and growth by roots and shoots of water-stressed maize plants. *Planta*, v.147, p.43–49, 1989.
- Spreer, W.; Nagle, M.; Neidhart, S.; Carle, R.; Ongprasert, S.; Müller, J. Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on the quality of mango fruits (*Mangifera indica* L. cv. “Chok Anan”). *Agricultural Water Management*, v.88, p.173–180, 2007.
- Souza, J. A. R. de; Moreira, D. A.; Ferreira, P. A. Parâmetros de crescimento de tomateiros produzidos com água residuária de suinocultura. *Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal*, v.7, n.2, p.97-109, 2010.
- Reis, L. S.; Azevedo, C. A. V. de; Albuquerque, A. W.; Júnior, J. F. S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.4, p.386–391, 2013.
- Reichardt, K.; Timm, L. C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. Barueri-SP: Manole, 2004. 478p.
- Restrepo-Díaz, H.; Melgar, J. C.; Lombardini, L. (Ecophysiology of horticultural crops : an overview. *Agronomía Colombiana*, v.28, n.1, p.71–79, 2010.
- Rodrigues, G. C.; Paredes, P.; Gonçalves, J. M.; Alves, I; Pereira, L. S. Comparing sprinkler and drip irrigation systems for full and deficit irrigated maize using multicriteria analysis and simulation modelling: Ranking for water saving vs. farm economic returns. *Agricultural Water Management*, v.126, p.85-96, 2013.
- Rodrigues, R. R.; Pizetta, S. C.; Silva, N. K. C.; Pacheco, F. E. D.; Pereira, G. M. Efeitos de diferentes tensões de água no solo sobre o desenvolvimento inicial do tomateiro. *Enciclopédia Biosfera*, v.13, n.23, p.530-539, 2016.
- Rubatzky, V. E.; Yamaguchi, M. (1997). *World vegetables: principles, production and nutritive values*. 2.ed. New York: Chapman & Hall, 1997. 843p.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.
- Topcu, S.; Kirda, C.; Dasgan, Y.; Kaman, H.; Cetin, M.; Yazici, A.; Bacon, M. A. Yield response and N-fertiliser recovery of tomato grown under deficit irrigation. *European Journal of Agronomy*, v.26, n.1, p.64–70, 2007.
- Wudiri, B. B.; Henderson, D. W. Effects of water-stress on flowering and fruit-set in processing tomatoes. *Scientia Horticulturae*, v.27, p.189–198, 1985.

- WPTC - World production estimate of tomatoes for processing (in 1000 metric tonnes).
Date of last update: 21/07/2017. Disponível em: <http://www.wptc.to/releases-wptc.php>. Acesso em: 02/03/2018.
- Zegbe, J. A.; Behboudian, M. H.; Clothier, B. E. Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes, v.68, n.18, p.195–206, 2004.
- Zeist, A. R Características agronômicas e fisiológicas de tomateiro em função de porta-enxertos e métodos de enxertia. Guarapuava: UNICENTRO-PR, 2015. 88p. Dissertação Mestrado.
- Zhang, H.; Xiong, Y.; Huang, G.; Xu, X.; Huang, Q. Effects of water stress on processing tomatoes yield, quality and water use efficiency with plastic mulched drip irrigation in sandy soil of the Hetao. Irrigation District, v.179, p.205–214, 2017.
- Zheng, J.; Huang, G.; Jia, D.; Wang, J.; Mota, M.; Pereira, L. S.; Huang, Q.; Xu Xuab; Haijun Li H. 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, v.129, p.181–193, 2013.
- Zwirtes, A.; Carlesso, R.; Petry, M. T.; Kunz, J.; Reimann, G. K. Desempenho produtivo e retorno econômico da cultura do sorgo submetida à irrigação deficitária. Engenharia Agrícola, v.35, n.4, p.676-688, 2015.

2. OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste estudo é submeter a planta do tomateiro industrial a déficit hídrico de forma pontual durante diferentes estádios fenológicos da cultura, analisando o (s) efeito (s) dessa prática de manejo hídrico nas características agronômicas e produtivas.

3. CAPÍTULO I

CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DO TOMATE INDUSTRIAL PRODUZIDO SOB DÉFICIT HÍDRICO INDUZIDO DURANTE A FASE A VEGETATIVA

(Normas de acordo com a revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental)

Resumo

Entre os frutos, o tomateiro se destaca por sua importância econômica e social tanto no âmbito internacional quanto o brasileiro. A irrigação contempla os olericultores com a possibilidade de produção durante todo o ano. Ademais, esta tecnologia utilizada de forma adequada pode proporcionar ganhos consideráveis de qualidade dos frutos. O manejo com déficit hídrico deve ser adotado de forma cautelosa, visto que altas intensidades por um longo período podem acarretar consequências no desenvolvimento e crescimento vegetativo da planta. Neste sentido, buscou-se com este estudo saber em que parâmetros adequados o tomateiro obtém resposta positiva sob redução hídrica na fase vegetativa. O experimento foi conduzido na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em blocos casualizados com cinco repetições. Os tratamentos foram fatoriais em duas datas de início do déficit hídrico (10 e 20 dias após o transplantio) e quatro tensões (30, 40, 60 e 70 kPa). Os resultados mostram que houve diferença entre as datas de início e entre as tensões durante o déficit, porém com tendência de se igualar até a data da colheita. Ademais, as maiores produções foram obtidas no tratamento sem déficit hídrico e no tratamento submetido a 60 kPa com déficit iniciado aos dez dias após o transplantio.

Palavras-chaves: Manejo de irrigação, TDR, tomateiro

Abstract

Among the fruits, the tomato stands out for its economic and social importance, both internationally and in Brazil. The irrigation includes the olericultores with the possibility of production throughout the year. In addition, this technology used in a suitable way can provide considerable gains in fruit quality. Management with water deficit should be adopted cautiously, since high intensities over a long period may have consequences on the development and vegetative growth of the plant. In this sense, it was sought with this study to know which suitable parameters in which the tomato obtained a positive response under water reduction in the vegetative development. The experiment was carried out at the Agronomy School of the Federal University of Goiás, in randomized blocks with five replications. The treatments were factorial at two water deficit start dates (10 and 20 days after transplanting) and four tensions (30, 40, 60 and 70 kPa). The results show that there is a difference between the start dates and between the stresses during the deficit, but with a tendency to match until the date of harvest. In addition, the highest yields were obtained in the treatment without water deficit and in the treatment submitted to 60 kPa with deficit started at 10 days after transplanting.

Keywords: Irrigation management, TDR, tomato

3.1 Introdução

O Brasil se destaca como o nono produtor mundial de tomate industrial, tendo 28% da tomaticultura nacional cultivada no estado Goiás, que, em 2017, produziu, aproximadamente, um milhão de toneladas em 13 mil hectares de cultivo (BRASIL, 2017).

A cultura do tomate encontra no estado de Goiás condições climáticas favoráveis ao seu cultivo. O clima, de acordo com Köppen, é classificado como Aw, com duas estações bem definidas, seca e chuvosa. Todavia, a distribuição pluviométrica é heterogênea e se concentra nos meses de novembro a abril, totalizando, em média, 1.500 mm de precipitação. Silva et al. (2013) sugerem um adequado manejo nutricional, fornecimento hídrico e seleção de cultivares melhoradas e de sanidade para obtenção de melhores rendimentos industriais e, conseqüentemente, maximização do retorno econômico.

Kögler & Söffker (2017) salientam que deficiências de água durante o cultivo podem resultar em anomalias morfológicas e/ou metabólicas e causar distúrbios no desenvolvimento cultural (estresse hídrico), minimizando a eficiência produtiva e qualitativa. Os autores ainda sugerem como resposta da cultura à sensibilidade hídrica

variações no crescimento celular e na síntese de proteínas, bem como baixo acúmulo de açúcares.

Cantore et al. (2016) sugerem o déficit hídrico (DI) como uma estratégia importante, uma vez que tem a capacidade de potencializar a produtividade da água para produzir maiores rendimentos por unidade de água aplicada na horticultura. O DI é uma estratégia em que a quantidade de água fornecida à planta é mantida abaixo de sua máxima demanda, porém na quantidade em que o desenvolvimento/crescimento não sofram danos significativos. Saber quando aplicar água é essencial para a implementação bem-sucedida de DI (SAVIC et al., 2011), porque existe uma sensibilidade do tomateiro ao estresse de água (ZHENG et al., 2013) distinta em diferentes estádios do desenvolvimento fenológico.

O DI controlado durante o estágio vegetativo promove melhor desenvolvimento/crescimento do sistema radicular no tomateiro sem afetar o teor de sólidos solúveis (MAROUELLI & SILVA, 2007). Práticas de DI são um modo de gerenciar o sabor do fruto, explorando as mudanças morfológicas, fisiológicas e moleculares (plasticidade fenotípica) que ocorrem em plantas submetidas a este fator (RIPOLL et al., 2014). O déficit de água tende a mudar a divisão de fotoassimilação para a síntese de compostos antioxidantes (vitamina C) envolvidos na defesa contra espécies reativas de oxigênio, induzidas pelo estresse, e solutos compatíveis (incluindo sólidos solúveis e ácidos) envolvidos no ajuste osmótico (ALBACETE et al., 2014; OSORIO et al., 2014). Segundo Zheng et al. (2013), é notória a eficiência do DI para concentrar o sabor e os componentes nutricionais nos frutos, tanto por concentração como por efeito de acumulação.

A resposta das plantas ao DI pode ser correlacionada a um fator na acumulação de estimulação do crescimento da raiz, manutenção do alto potencial de água da folha, regulação osmótica da pressão da folha-turgor e adaptação ao estado existente da água do solo, por exemplo, redução do alongamento da folha e fechamento estomático. A falta de água reduz a pressão de turgor e, conseqüentemente, o fluxo de seiva pelos vasos condutores (TAIZ & ZEIGER, 2009).

As práticas com DI aumentam os níveis de ácido abscísico (ABA) nas plantas. Numerosos estudos mostraram que maior concentração de ABA na seiva do xilema induz o fechamento estomático parcial e reduz a expansão foliar, reduzindo, assim, o

uso da água da planta, melhorando a eficiência do seu uso (DODD, 2009; LIU et al., 2009). Sob déficit hídrico, o aumento da concentração de citocinina no xilema diminui a sensibilidade estomática ao ABA e promove abertura estomática (WILKINSON & DAVIES, 2002), enquanto uma atenuação nos níveis de citocinina eleva o fechamento estomático (DAVIES et al., 2005).

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar qualitativamente o tomate industrial cultivado sob déficit hídrico induzido, aplicado durante o estágio vegetativo.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (estufa) no estado de Goiás, Brasil. Suas coordenadas são 16° 32'12" S latitude e 49° 21'14" W longitude com 730 metros de altitude. A média anual da temperatura do ar é de 25 °C e da umidade relativa é 53%.

O híbrido cultivado foi o N-901, com características excelentes para o cultivo e o processamento, tais como enfolhamento, frutos com maturação concentrada, elevada firmeza, cor intensa, com SS em torno de 5,2% a 5,7% e alta produtividade (NUNHEMS TECH SHEET, 2018). As mudas foram transplantadas para vasos de 0,50 x 0,30 m (altura x diâmetro), sendo utilizados apenas 0,028 m³ de sua capacidade total, com um substrato composto pela mistura de 2 x 1 x 1 de solo de barranco, areia média e composto orgânico, respectivamente. As condições climáticas foram controladas a uma temperatura de 25°C e 48% de umidade relativa do ar (ALVARENGA, 2013).

O experimento consistiu em induzir o tomateiro industrial ao DI controlado durante a fase vegetativa, sendo duas épocas de início, 10 e 20 dias após transplântio (DAT), finalizando aos 35 DAT. Foram consideradas quatro irrigações relativas à variação do potencial matricial de água no solo 30, 40, 60 e 70 kPa. Assim que o tratamento de 30 kPa alcançava o referido valor, eram feitas irrigações até que ele retornasse à capacidade de campo. Para os demais tratamentos, ao alcançar seus determinados valores, eram feitas irrigações até retornarem a 30 kPa. O delineamento foi de blocos casualizados, com esquema fatorial 2 x 4, com 3 blocos e 5 repetições.

O controle de ervas daninhas foi feito manualmente. O controle de mosca branca foi feito com o inseticida Evidence 700 Wg (10g diluídos em 10 litros d'água) em aplicações a cada sete dias, iniciando aos 10 DAT até aos 50 DAT. Para o cálculo da

adubação, foi utilizada a análise química do solo, e a recomendação, feita de acordo com a quinta aproximação. A recomendação de N, P₂O₅, e K₂O foi de 50, 300 e de 50 kg ha⁻¹, respectivamente, fazendo adubação de plantio e duas adubações de cobertura aos com 30 e 60 DAT. Após o início do florescimento, foram feitas semanalmente adubações foliares com CaB₂.

O monitoramento da umidade do solo foi baseado na sua constante dielétrica, com uso do Time Domain Reflectometer (TDR), modelo EC-5, instalado a 20 cm de profundidade. Os dados eram armazenados pelo armazenador de dados digital Em 50. A tensão de água no solo foi obtida com o uso da curva de retenção de água no solo. Para calibrar os sensores, utilizou-se o método gravimétrico, sendo feita a leitura da umidade em diferentes teores de água, corrigindo a leitura de cada sensor por gravimetria com a umidade obtida.

3.2.1 Parâmetros agronômicos

Foi avaliada a altura das plantas com uma fita métrica a cada dez dias até que ela se estabilizasse. Os diâmetros de caules foram averiguados com um paquímetro.

A área foliar (AF) foi obtida através do aparelho ISCANER. As análises de área foliar eram feitas uma vez por semana até o início do estágio reprodutivo do tomateiro.

A massa seca da raiz (MSR), massa seca da haste (MSH) e a massa seca dos frutos (MSF) foram estabelecidas pelo método da estufa, tendo as amostras sido expostas a uma temperatura de 65 °C por um período de 72 horas.

Para determinação da produtividade, foi averiguada a quantidade de frutos de cada parcela, que, posteriormente, eram pesados em uma balança analítica. Após a etapa de contagem e pesagem, foram feitos cálculos para obter a produtividade em toneladas por hectare (t ha⁻¹).

3.2.2 Parâmetros de qualidade do fruto

Os frutos foram levados para o laboratório, onde foram selecionados de acordo com características específicas (tamanho, firmeza e danos) para cada análise, em seguida, foram separados em lotes e feitas as seguintes avaliações:

- *Massa fresca (MF)*: determinada logo após a colheita, tendo os frutos sido pesados em balança semianalítica da marca Marte Slim, com precisão de +- 0,01 g, sendo os resultados expressos em gramas.

- *Firmeza (FIRM)*: medida pela técnica de aplanção, conforme descrito por Calbo e Nery (1995), sendo o valor expresso em Newton (N).

- *Teor de Sólidos Solúveis*: determinado em refratômetro de campo e os resultados expressos em °Brix.

- *Acidez Titulável (AT)*: determinada por titulação com NaOH 0,1N, usando o azul de timol como indicador. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico.

3.2.3 Análise do uso eficiente da água

A eficiência no uso da água foi aferida conforme proposto por Zheng et al. (2013), pela relação entre quilogramas (kg) de fruto por milímetros (mm) de água produzidos, dada pela equação (1):

$$EUA = \frac{Y_a}{IWU} \quad (1)$$

Em que Y_a é o rendimento total de frutos de tomateiro (kg ha^{-1}) e IWU é o uso sazonal da água de irrigação (mm), visto que o experimento foi controlado evitando escoamento superficial e percolação profunda.

3.2.4 Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias foram analisadas pelo teste Tukey, e as tensões, analisadas por análise de regressão, a 5% de significância.

3.3 Resultados e Discussão

Durante o experimento, a temperatura média no interior da casa de vegetação foi de 21.54 °C, as temperaturas mínimas variaram entre 13.29 e 23.99 °C e as máximas entre 24.23 e 30.69 °C, Figura 1, resultando numa amplitude térmica de 6.64 °C entre a média das temperaturas mínimas e máximas.

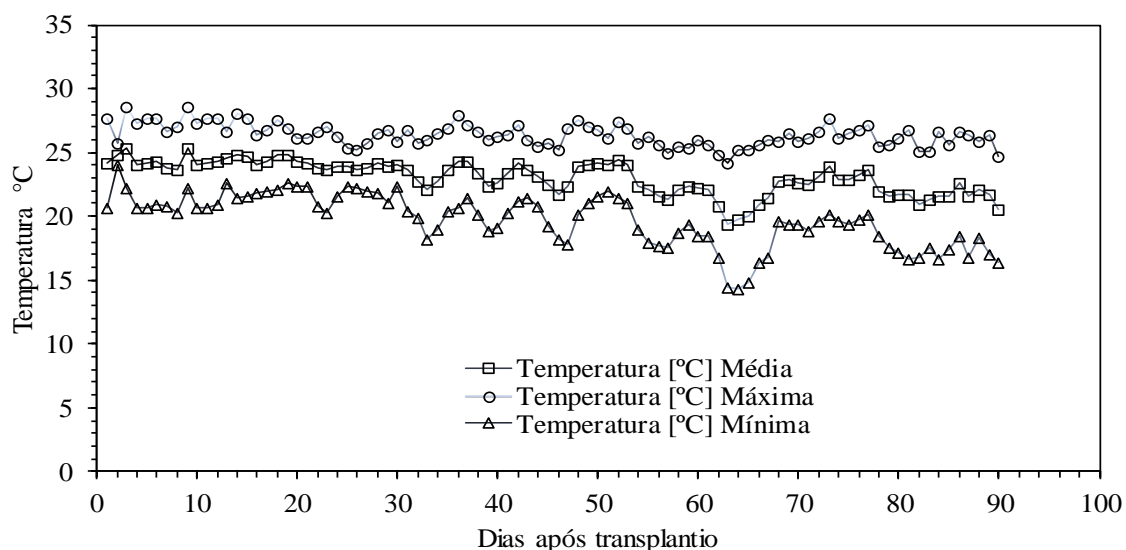


Figura 1. Temperaturas (°C) mínimas, médias e máximas do ar no interior da casa de vegetação durante o cultivo do tomateiro.

Os valores da umidade relativa do ar no microclima do interior da estufa estão apresentados na Figura 2. A umidade relativa média foi 53.04%. A menor umidade relativa do ar observada foi de 41.5% e a maior, de 61.07%.

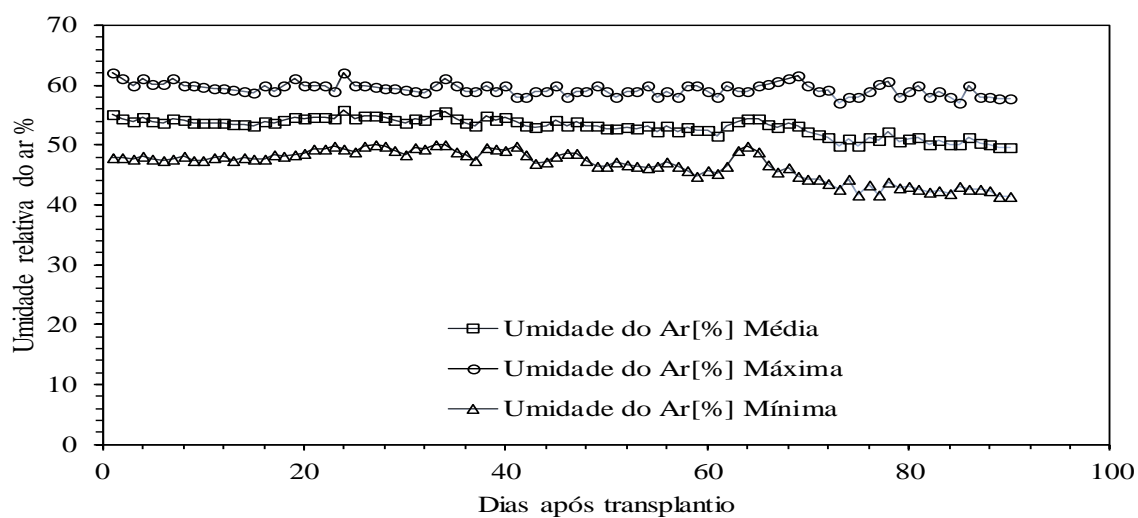


Figura 2. Umidades relativas do ar (%) mínimas, médias e máximas no interior da casa de vegetação durante o cultivo do tomateiro.

As lâminas totais aplicadas durante o ciclo do tomateiro neste estudo, quando a submissão do DI ocorreu a partir dos 10 DAT, foram de 594,89; 590 e 588,78 mm para as tensões 40, 60 e 70 kPa, respectivamente. Já com o DI imposto a partir dos 20 DAT, as lâminas foram 636,85; 633,93 e de 628,46 mm para as tensões 40, 60 e 70 kPa, respectivamente. Enquanto para o tratamento sem DI, a lâmina total foi 688,57 mm.

Os valores de quadrado médio para as tensões de água no solo, épocas em que as plantas foram submetidas ao déficit hídrico e suas interações estão apresentados nas Tabelas 1 e 2. Observando o efeito das tensões, as variáveis massa seca da raiz, massa seca dos frutos, altura de planta e área foliar foram significativas estatisticamente a 5% de probabilidade, já as variáveis acidez titulável e sólidos solúveis foram significativas a 1% de probabilidade. As diferentes épocas de submissão de déficit hídrico assim como a interação entre os fatores não promoveram diferença estatisticamente significativa.

Tabela 1

Quadrado médio e significância da análise de variância para efeito de tensão de água no solo (Ψ), época de submissão do déficit hídrico (Épo) e suas interações com altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF), massa seca da raiz (MSR), massa seca da haste (MSH) e massa seca de fruto (MSFR).

FV	GL	AP (cm)	DC (mm)	AF (cm ²)	MSR (kg)	MSH (kg)	MSFR (kg)
Ψ	3	179.74*	0.004 ^{ns}	1380.05*	5.22 ^{ns}	253.23*	1.77*
Épo	1	7.37 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	10.37 ^{ns}	31.72 ^{ns}	75.58 ^{ns}	0.01 ^{ns}
$\Psi \times \text{Épo}$	3	51.88 ^{ns}	0.01 ^{ns}	140.20 ^{ns}	11.86 ^{ns}	71.85 ^{ns}	0.06 ^{ns}
Bloco	2	8.07	0.09	925.02	65.11	5840.11	0.75
Resíduo	14	46.67	0.01	249.50	56.73	51.70	0.46
Total	23	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	10,37	6,51	16,05	22,15	7,63	18,57

CV: Coeficiente de variação; FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; ^{ns}, * e ** não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 2

Quadrado médio e significância da análise de variância para efeito de tensão de água no solo (Ψ), época de submissão do déficit hídrico (Épo) e suas interações com número de frutos por planta (NF/pl), firmeza dos frutos (FIRM), produtividade (PROD), eficiência no uso da água (EUA), acidez titulável (AT) e sólidos solúveis (SS) de tomate industrial cultivado em ambiente protegido.

FV	GL	NF/pl	FIRM (N)	PROD (t ha ⁻¹)	EUA (kg mm ⁻¹)	AT (%)	SS (°Brix)
Ψ	3	14.54 ^{ns}	1.05 ^{ns}	453,82 ^{ns}	349.29 ^{ns}	0,0045 ^{**}	0.23 ^{**}
Épo	1	23.34 ^{ns}	2.27 ^{ns}	66.10 ^{ns}	814.56 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.04 ^{ns}
Ψ x Épo	3	7.84 ^{ns}	1.82 ^{ns}	77.24 ^{ns}	293.90 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.07 ^{ns}
Bloco	2	117.78	2.81	4956.43	12213.57	0.0001	0.01
Resíduo	14	9.81	0.89	212.39	489.62	0.0001	0.03
Total	23	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	21.83	17.23	18.74	17.97	2.87	3.72

CV: Coeficiente de variação; FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; ^{ns}, * e ^{**} não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Sirigu et al. (2006) trabalharam com avaliação da resposta da qualidade dos frutos do tomate ao manejo da água e do nitrogênio sob irrigação parcial alternativa da zona radicular e relataram que o déficit hídrico melhorou o teor de MSFR e SS de tomate. Al-Yahyai, et al. (2010) também observaram aumento no SS dos frutos quando estudaram tomates em crescimento sob condições de campo salino e o papel dos fertilizantes, notando que a presença de sal reduzia a absorção de água pelas plantas e, conseqüentemente, pelos frutos. Os resultados encontrados por estes autores confirmam aqueles encontrados neste estudo para SS e MSFR.

Médias e diferença mínima significativa (DMS) de algumas variáveis fundamentais neste estudo estão apresentadas na Tabela 3. Como se pode observar, tais variáveis não foram diferentes estatisticamente entre si, ou seja, não tiveram efeito sobre a fonte de variação épocas, nas quais as plantas foram submetidas ao DI.

Tabela 3

Médias das variáveis para as diferentes épocas de submissão do déficit hídrico.

Época	AP cm	DC mm	AF cm ²	MSR g	PROD t ha ⁻¹	AT %	SS °Brix	EUA kg mm ⁻¹
10	65.29 a	1.23 a	65.29 a	35.14 a	79.41 a	3.92 a	5.02 a	128.3 a
20	66.40 a	1.23 a	66.40 a	32.84 a	76.09 a	3.86 a	4.94 a	117.8 a
DMS	5.98	0.07	13.83	6.59	12.76	0.09	0.16	19.37

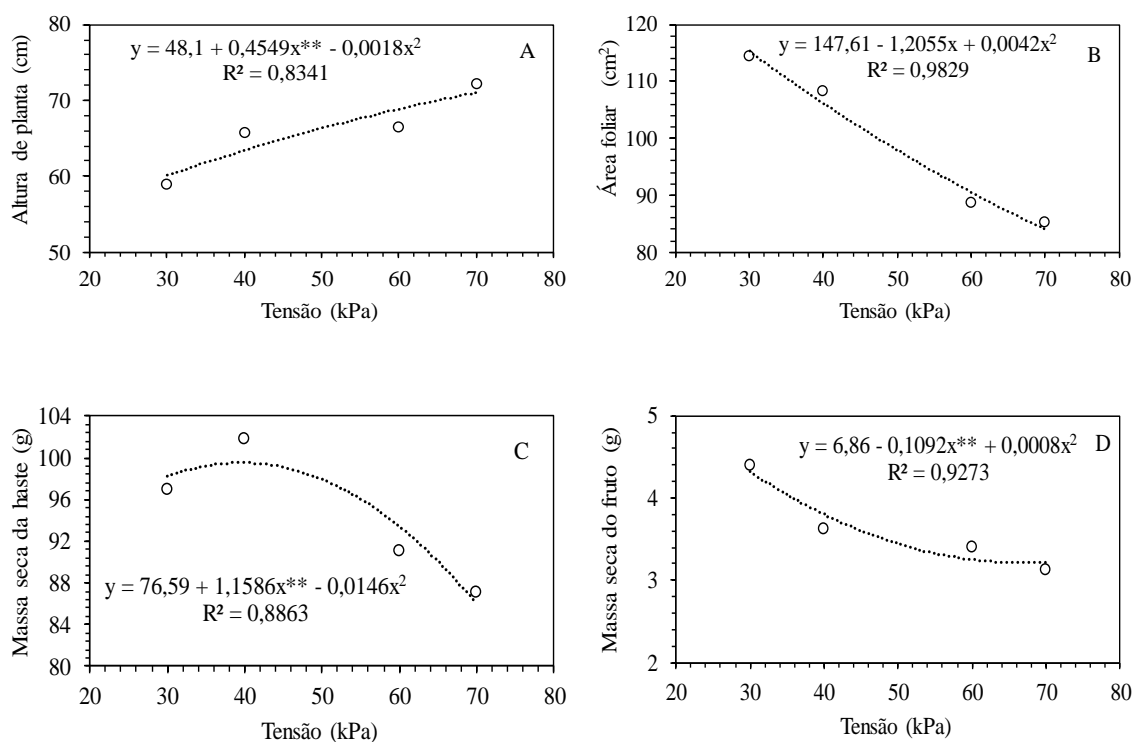
Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme a Tabela 3, a produtividade foi 79,41 e 76,09 t ha⁻¹ para as épocas 10 e 20 DAT, respectivamente. Reis et al. (2013) encontraram valor superior, com média de 123 t ha⁻¹. Malash et al. (2008) relataram variação de 49,1 a 79,4 t ha⁻¹ para campos de irrigação por gotejamento no Egito e Wang et al. (2011) relataram um intervalo de

41,83 a 68,47 t ha⁻¹ para tomate em estufa solar sob diferentes quantidades de lâminas d'água para a irrigação.

A Tabela 3 mostra que a EUA não foi estatisticamente significativa a 5% de probabilidade. Machado & Oliveira (2005) também não observaram diferença significativa da irrigação nos valores da EUA para o tomateiro. Por se tratar de uma razão, a EUA pode ser maximizada diminuindo o volume de água aplicada. Carvalho et al. (2011) também ressaltam que o aumento na disponibilidade de água no solo tende a aportar decréscimos na EUA.

As médias das variáveis estatisticamente significativas neste estudo estão apresentadas na Figura 3. Sendo assim, é possível observar os comportamentos específicos de cada variável para determinadas tensões de água no solo. Contudo, na Figura. 3, nota-se que os valores de coeficiente de determinação estão dentro dos ideais, certificando que os resultados estão diretamente ligados às tensões de água no solo.



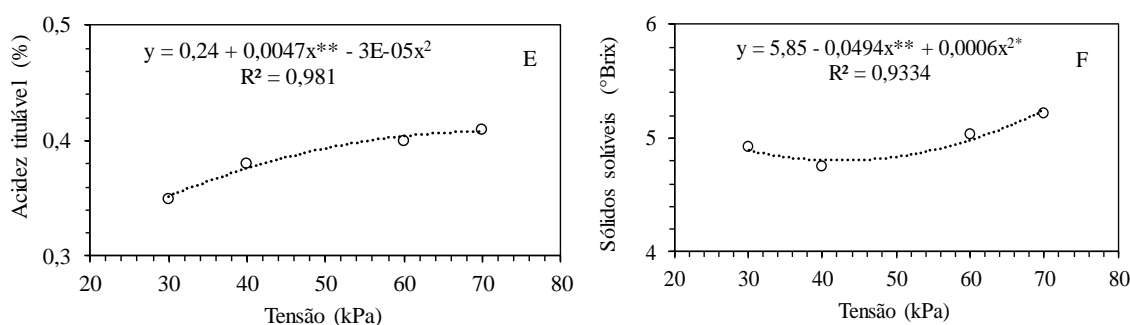


Figura 3. Médias de altura de planta (A), área foliar (B), massa seca da haste (C), massa seca do fruto (D), acidez titulável (E) e sólidos solúveis (F) de tomate industrial cultivado em ambiente protegido, referente a cada tensão de água no solo.

Conforme a Figura 3A, as plantas atingiram maiores alturas com a tensão de 70 kPa e menores, com a tensão de 30 kPa, 71,04 e 60,11 cm, respectivamente. Nangare et al. (2016) observaram comportamento oposto e destacam que, quanto menor a restrição hídrica para o tomateiro, maior foi a AP. Soares et al. (2011) ressaltam que, quando aplicaram DI na fase vegetativa, as médias de AP foram menores. Porém, as médias das AP nos estudos destes autores ficaram próximas às deste estudo.

Fato inverso foi a resposta da planta quanto à área foliar, visto que o valor máximo, 106,55 cm² foi com a tensão de 30 kPa, já o valor mínimo, 96,12 cm², foi com a tensão de 70 kPa (Figura 3B). Sendo assim, o DI estimulou maior crescimento das plantas, porém redução na área foliar. Resultados semelhantes foram encontrados por Pires et al. (2009) que verificaram maior AF quando as plantas de tomateiro foram cultivadas em condições adequadas de umidade do solo. Silva et al. (2010) trabalharam com pimentão e encontraram resultados para AF semelhantes aos deste estudo.

Pode-se observar na Figura 3C que a MSH na tensão de 30 kPa foi de 98,19 g e na tensão de 40 kPa, foi de 99,53g, mas nas tensões de 60 e 70 kPa, houve redução para 93,42 e 85,99 g, respectivamente. Conforme explicitam Dellai et al. (2005), a AF está relacionada com a interceptação de radiação solar, a fotossíntese e o acúmulo de fitomassa. A redução na AF é consequência do DI, uma vez que a expansão depende do potencial hídrico (TORRECILLAS et al., 1996). Sendo assim, justifica-se a resposta das plantas em relação à perda de MSH sob maiores DI, pois quanto menor a AF, consequentemente, menor é a MSH, independentemente do ganho na AP.

Com relação à MSF, na Figura 3D nota-se comportamento descendente em consequência do aumento da tensão de água no solo. Todavia, as menores tensões galgaram maiores médias de MSF. A tensão de 30 kPa foi a que propiciou o pico de MSF, sendo a média de 4,32 g, e a tensão de 70 kPa obteve a menor média, 3,22 g. Schwarz et al. (2013), em diversos híbridos comerciais testados, encontraram teor de matéria seca entre 4 a 5.2%, percentagem menor que as encontradas nesta pesquisa. Para a indústria, são necessários frutos com maior teor de massa seca, por proporcionarem maior rendimento, conforme ressaltam Raupp et al. (2007).

Com base na Figura 3E, a AT logrou valores médios adequados para os parâmetros exigidos pelas indústrias de processamento. As tensões de 30, 40, 60 e 70 kPa obtiveram valores de 0,35; 0,38; 0,40 e 0,41%, respectivamente. Tomates que apresentam valores abaixo de 0,35% requerem aumento no tempo e temperatura no processamento para evitar a proliferação de microrganismos nos produtos processados (SILVA & GORDANO, 2000). Paula et al. (2015) obtiveram médias de AT entre 0,35 e 0,62% quando trabalharam com os híbridos AP-529 e Tinto. Shirahige et al. (2010) adquiriram valores médios de AT, que variaram de 0,41% a 0,34%, ambas cultivares do grupo Santa Cruz, e valores médios variando de 0,36% a 0,28% para cultivares de grupo italiano.

Notório é o comportamento do SS em relação às tensões (Figura 3F). Houve insignificante redução no SS entre as tensões 30 e 40 kPa, de 4,89 para 4,80, respectivamente. No entanto, com as tensões de 60 e 70 kPa, as médias foram gradativamente elevadas para 4,98 e 5,25 °Brix, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Zhai et al. (2016). Já Zheng et al. (2013) encontraram valores médios para SS entre 3,6 a 5,0 °Brix com os limiares de potencial matricial do solo de 10 e 50 kPa.

Yang et al. (2017) pesquisaram a resposta da qualidade dos frutos do tomate ao manejo da água e do nitrogênio sob irrigação parcial alternativa da zona radicular e ressaltam que o DI aumentou o teor de SS. De acordo com Patane & Tringale. (2011), a adoção de estratégias DI em que uma redução de 50% na ETc foi aplicada durante a temporada de crescimento total ou parcial para economizar água ajudou a minimizar as perdas e a manter alta qualidade do fruto. Albert et al. (2016) obtiveram resultados

semelhantes aos deste estudo, visto que a prática de DI no tomateiro elevou a concentração de SS.

Pelos resultados alcançados neste estudo, fica explícito que o uso do DI no estágio vegetativo do tomateiro reduz o volume de lâmina total aplicada durante seu ciclo, além de promover maior concentração de SS nos frutos e manter a AT nos padrões das indústrias de processamento. Importante ressaltar que algumas indústrias utilizam sistema de premiação, considerando os teores de SS. De acordo com Giordano & Silva. (2000), frutos com SS entre 4,8 e 5,21 °Brix têm acréscimo de 5% no valor pago ao produtor, sendo maior que 5,21, o acréscimo é de 10%. Assim, as médias encontradas neste trabalho acarretariam ganho no preço do fruto em 5% para as tensões de 30, 40 e 60 kPa, enquanto na tensão de 70 kPa, o ganho seria de 10%. Logo, a estratégia de DI alavanca a receita para os agricultores que cultivarem o tomateiro com este manejo de irrigação.

3.4 Conclusão

A prática do manejo da irrigação com a adoção do DI no momento certo e na tensão de água no solo adequada é eficaz para a obtenção de aumento na concentração de SS nos frutos e, conseqüentemente, elevação no potencial de rendimento de polpa nas indústrias de processamento.

Além do mais, o tomateiro quando submetido ao DI no estágio vegetativo consegue se recuperar/revigorar do estresse hídrico sem comprometer a produtividade e a qualidade dos frutos.

3.5 Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg), pelo auxílio bolsa estudantil. À VIVAT, pela doação das mudas do tomateiro N-901. E em especial ao Instituto Federal Goiano, Campus Ceres e à Universidade Federal de Goiás, por todo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

3.6 Referências bibliográficas

- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. (1997). Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International. 16.ed. Washington: AOAC, 1018p.
- Albacete, A.; Martínez-Andújar, C.; Pérez-Alfocea, F. Hormonal and metabolic regulation of source–sink relations under salinity and drought: from plant survival to crop yield stability. *Biotechnology Advances*, v.32, p.12–30, 2014.
- Albert, E.; Segura, V.; Gricourt, J.; Bonnefoi, J.; Derivot, L.; Causse, M. Association mapping reveals the genetic architecture of tomato response to water deficit: focus on major fruit quality traits. *Journal of Experimental Botany*, v.67, n.22, p.6413–6430, 2016.
- Al-Harbi, A. R.; Al-Omran, A. M.; Alenazi, M. M.; Wahb-Allah, M. A. Salinity and deficit irrigation influence tomato growth, yield and water use efficiency at different developmental stages. *Internatinal Journal Agric. Biol.*, v.17, p.241–250, 2015.
- Alvarenga, R. A. M. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. 2.ed. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.
- Al-Yahyai, R.; Al-Ismaily, S.; Al-Rawahy, S. A. Growing Tomatoes under Saline Field Conditions and the Role of Fertilizers. A Monograph on Management of Saltaffected Soils and Water for Sustainable Agriculture, Sultan Qaboos University, Sultanate of Oman, v.34, p.83–88, 2010.
- Borguini, R. G.; Silva, M. V. Características físico-químicas e sensoriais do tomate (*Lycopersicon esculentum*) produzido por cultivo orgânico em comparação ao convencional. *Revista Alimentos e Nutrição, Araraquara*, v.16, n.4, p.355-361, 2005.
- BRASIL. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, v.20, n.1, p.1-81, 2017.
- Calbo, A. G.; Nery, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v.3, n.1, p.14-18, 1995.
- Cantore, V.; Lechkar, O.; Karabulut, E.; Sellami, M. H.; Albrizio, R.; Boari, F.; Stellacci, A. M.; Todorovic, M. Combined effect of deficit irrigation and strobilurin application on yield, fruit quality and water use efficiency of “cherry” tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Agricultural Water Management*, v.167, p.53-61, 2016.
- Carvalho, J. F.; Montenegro, A. A. D. A.; Soares, T. M.; Silva, Ê. F. D. F.; Montenegro, S. M. G. L. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.256–263, 2011.
- Davies, W. J.; Kudoyarova, G.; Hartung, W. Long-distance ABA signaling and its relation to other signaling pathways in the detection of soil drying and the mediation of the plant’s response to drought. *J. Plant Growth Regul*, v.24, p.285-295, 2005.

- Dellai, J.; Trentin, G.; Bisognin, D. A.; Streck, N. A. Filocrono em diferentes densidades de plantas de batata. *Ciência Rural*, v.35, n.6, p.1269-1274, 2005.
- Dodd, I. C. Rhizosphere manipulations to maximize 'crop per drop' during deficit irrigation. *Journal of Experimental Botany*, v.60, p.2454–2459, 2009.
- FAO. (2007). FAOSTAT data, FAO statistical databases 2007. FAOSTAT., www.fao.org.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A Computer Statistical Analysis System. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- Frizzone, J. A. Planejamento da Irrigação com Uso de Técnicas de Otimização. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.1, p.24-49, 2007.
- Giordano, L. B.; Silva, J. B. C.; Barbosa, V. Colheita. In: Silva, J. B. C. da; Giordano, L. de B. (Org.). *Tomate para processamento industrial*. Brasília, DF: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia: EMBRAPA-CNPq, 2000. p.128-135.
- Kögler, F.; Söffker, D. Water (stress) models and deficit irrigation: System-theoretical description and causality mapping. *Ecological Modelling*, v.361, p.135-156, 2017.
- Yang, H.; Cao, H.; Hao, X.; Guo, L.; Li, H.; Wu, X. Evaluation of tomato fruit quality response to water and nitrogen management under alternate partial root-zone irrigation. *Int J Agric & Biol Eng*, v.10(5): 85–94, 2017.
- Liu, F. L.; Andersen, M. N.; Jensen, C. R. Capacity of the 'BallBerry' model for predicting stomatal conductance and water use efficiency of potato leaves under different irrigation regimes. *Scientia Horticulturae*, v.122, p.346–354, 2009.
- Lutz, Instituto Adolfo. Óleos e Gorduras. In: Zenebon, O.; Pascuet, N. S.; Tiglea, P. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Cap.16, p.589–625.
- Machado, R. M. A.; Oliveira, M. D. R. G. Tomato root distribution, yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths. *Irrigation Science*, v.24, p.15–24, 2005.
- Malash, N. M.; Flowers, T. J.; Ragab, R. Effect of irrigation methods, management and salinity of irrigation water on tomato yield, soil moisture and salinity distribution. *Irrigation Science*, v.26, p.313–323, 2008.
- Marouelli, W. A.; Silva, W. L. C. Water tension thresholds for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. *Irrig. Sci.*, v.25, p.411–418, 2007.
- Nangare, D. D.; Singh, Y.; Kumary, P. S.; Minhas, P. S. Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.171, p.73-79, 2016.
- Nunhems Tech Sheet 901. Tomate híbrido – Processamento. Disponível em: http://www.nunhems.com.br/www/NunhemsInternet.nsf/id/BR_PT_Home. Acesso em: 30 abr.2018.

- Osorio, S.; Ruan, Y. L.; Fernie, A. R. An update on source-to-sink carbon partitioning in tomato. *Frontiers in Plant Science*, v.5, p.516, 2014.
- Patane, C., S.; Tringali, O. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Scientia Horticultura*, v.129, p.590–596, 2011.
- Paula, J. T.; Resende, J. T. V.; Faria, M. V.; Figueiredo, A. S. T.; Schwarz, K.; Neumann, E. R. Características físico-químicas e compostos bioativos em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação. *Horticultura Brasileira*, v.33, p.434-440, 2015.
- Pires, R. C. M.; Furlani, P. R.; Sakai, E.; Lourenção, A. L.; Silva, E. A.; Torre Neto, A.; Melo, A. M. T. Desenvolvimento e produtividade do tomateiro sob diferentes frequências de irrigação em estufa. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.27, n.2, p.228-234, 2009.
- Raupp, D. S.; Gabriel, L. S.; Vezzano, A. F.; Daros, P. Á.; Chrestani, F.; Gardingo, J. R.; Borsato, A. V. Tomate longa vida desidratado em diferentes temperaturas de secagem. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v.29, n.1, p.33-39, 2007.
- Reis, L. S.; Azevedo, C. A. V.; Albuquerque, A. W.; Júnior, J. F. S. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.4, p.386–391, 2013.
- Ripoll, J.; Urban, L.; Staudt, M.; Lopez-Lauri, F.; Bidet, L. P. R.; Bertin, N. Water shortage and quality of fleshy fruits, making the most of the unavoidable. *Journal of Experimental Botany*, v.65, p.4097–4117, 2014.
- Savic, S. R.; Stikic, Z.; Jovanovic, B.; Vucelic-Radovic, M.; Paukovic, S. Deficit irrigation strategies for production of tomato in greenhouse conditions. *Proceedings of the 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture*, Opatia, Croatia 201, p.567–570, 2011.
- Schwarz, K.; Resende, J. T. V.; Preczenhak, A. P.; Paula, J. T.; Faria, M. V.; Dias, D. M. Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. *Horticultura Brasileira*, v.31, p.410-418, 2013.
- Silva, J. B. C.; Giordano, L. B. Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, p.8-11, 2000.
- Silva, P. I. B.; Negreiros, M. Z.; Moura, K. K. C. F.; Freitas, F. C. L.; Nunes, G. H. S.; Silva, P. S. L.; Grangeiro, L. C. Crescimento de pimentão em diferentes arranjos espaciais. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.45, n.2, p.132-139, 2010.
- Silva, J. M.; Ferreira, R. S.; Melo, A. S.; Suassuna, J. F.; Dutra, A. F.; Gomes, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.1, p.40-46, 2013.
- Sirigu, A.; Mameli, M. G.; Chessa, F.; Meloni, S. Effect of partial root zone drying on growth, yield and fruit quality in greenhouse tomato cultivation. *International*

Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate. *Advances in Soil and Soilless Cultivation* 747, p.219–226, 2006.

Shirahige, F. H.; Melo, A. M. T.; Purquerio, L. F. V.; Carvalho, C. R. L.; Melo, P. C. T. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. *Horticultura Brasileira*, v.28, p.292-298, 2010.

Soares, L. A. A.; Lima, G. S.; Brito, M. E. B.; Araújo, T. T.; Sá, F. V. S. Taxas de crescimento do tomateiro sob lâminas de irrigação em ambiente protegido. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.6, p.210-217, 2011.

Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

Torrecillas, A.; Alarcon, J. J.; Domingo, R.; Planesa, J.; Sanchez-Blanco, M. J. (1996). Strategies for drought resistance in leaves of two almond cultivars. *Plant Science*, v.118, p.135-143, 1996.

Wang, F.; Kang, S.; Du, T.; Li, F.; Qiu, R. Determination of comprehensive quality index for tomato and its response to different irrigation treatments. *Agricultural Water Management*, v.98, p.1228–1238, 2011.

Wilkinson, S.; Davies, W. J. ABA-based chemical signalling: The co-ordination of responses to stress in plants. *PlantCellEnviron*, v.25, p.195–210, 2002.

Zhai, Y.; Yang, Q.; Wu, Y. Soil salt distribution and tomato response to saline water irrigation under straw mulching. *Plos ONE*, v.11, n.11, p.1–17, 2016.

Zheng, J.; Huang, G.; Jia, D.; Wang, J.; Mota, M.; Pereira, L.S.; Huang, Q.; Xu Xuab; Haijun Li, H. 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*, v.129, p.181-193, 2013.

4. CAPÍTULO 2

TÍTULO: RESPOSTAS PRODUTIVAS E QUALITATIVAS DO TOMATE INDUSTRIAL SUBMETIDO A DÉFICIT HÍDRICO NA FASE REPRODUTIVA

(Normas de acordo com a revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental)

Resumo

A cultura do tomateiro galga um status de destaque socioeconômico no mundo. No Brasil, o Estado do Goiás é referência na produção desta olerícola. A irrigação exercida com manejo de déficit hídrico vem sendo bastante utilizada visando ao aumento da receita e à melhoria da qualidade dos frutos. Neste segmento, este estudo visou a transparecer quais os critérios adequados para seu uso, intercalando qualidade e produção. O experimento foi conduzido na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, sendo o delineamento de blocos ao acaso com cinco repetições e esquema fatorial contido por dois momentos de entrada do déficit hídrico: o primeiro momento foi no início da mudança de coloração dos frutos e o segundo momento dez dias após o início da mudança na coloração dos frutos, nas tensões 30, 40, 60 e 70 kPa. Com base nos resultados, foi possível identificar que, entre os tratamentos, aquele com tensão 60 kPa logrou padrões excelentes de qualidade com baixa redução da produtividade e ainda com um considerável apoucamento na lâmina d'água total.

Palavras-chave: Irrigação, lâmina d'água, EUA

Abstract

The cultivation of tomatoes has a socioeconomic status in the world. In Brazil the State is a reference for the product of this herring. Irrigation with water deficit management has been greatly increased, with increased economic capacity and fruit quality. This tracking this study aimed at transparency which the scientific informed for your use intercalando quality and production. The experiment was conducted at the School of Agronomy of the Federal University of Goiás, with a randomized block design with five replications and a factorial scheme contained by two moments of entry of the water deficit, in which the first moment was at the beginning of the change in the color of the fruits and the second time ten days after the beginning of the change in color of the fruits (this coinciding at 35 and 45 before harvest), and four tensions 30, 40, 60 and 70 kPa. Through the results it was possible to identify that, among the treatments, the 60 kPa tension achieved excellent quality standards with low productivity reduction, and with a considerable reduction in the total water depth.

Keywords: Irrigation, water blade, EUA

4.1 Introdução

O tomate industrial (*Solanum lycopersicum*) está entre as olerícolas de maior importância econômica e social do Brasil. O levantamento da produção agrícola do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) aponta o estado de Goiás como o maior produtor de tomate industrial, com, aproximadamente, um milhão de toneladas em 13 mil hectares. As condições climáticas em Goiás são adversas, sendo necessário integrar estratégias como irrigação para que o tomateiro exerça todo seu potencial produtivo e qualitativo.

A irrigação pode ser implementada pelo manejo de água multimodo. Frizzone (2007) o explana como irrigação total, irrigação suplementar, irrigação com déficit hídrico (DI) e irrigação de salvamento. Na prática de DI, a água é fornecida à planta em níveis abaixo de sua demanda hídrica total. A cultura do tomateiro é muito sensível ao DI logo após o transplante, durante a floração e na formação do fruto (STEDUTO et al., 2012). Durante o período de floração, o DI ocasiona o abortamento de flores (JENSEN et al., 2010). Já durante o período de formação e maturação dos frutos, ocorre redução do seu peso, mas melhora sua qualidade (BIRHANU e TILAHUM, 2010; ZHENG et al., 2013).

Apesar da sensibilidade do tomateiro ao DI, a planta se adapta a este fator pelo ajuste osmótico, isto é, pela redução do potencial osmótico celular pelo acúmulo de solutos compatíveis, gerando, assim, tolerância. Diversas moléculas estão associadas a

este mecanismo, incluindo vários tipos de açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos, além de alguns íons (GRANT, 2012). Associam-se a isto alterações na síntese da clorofila, alterações funcionais e estruturais em cloroplastos e distúrbios nos processos de acumulação, transporte e distribuição de assimilados (ANJUM et al., 2011). O acúmulo de solutos compatíveis pode ser utilizado para o reconhecimento da resistência ao estresse hídrico (LISAR et al., 2012).

Conforme relatado por Marouelli et al. (2012), para galgar maior uniformidade na maturação e aumentar o teor de sólidos solúveis (SS) em tomateiro, as irrigações devem ser feitas adotando DI com tensões de água no solo em torno de 50 kPa e encerradas vários dias antes da colheita dos frutos. Todavia o SS é essencial para o rendimento de polpa nas indústrias de processamento, sendo que cada °Brix a mais possibilita cerca de 20% a mais de rendimento.

O objetivo deste estudo foi avaliar as respostas quantitativas e qualitativas do tomateiro industrial submetido ao déficit hídrico na fase reprodutiva.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (estufa) no estado de Goiás, Brasil. As coordenadas geográficas são 16° 32'12'' S e 49° 21'14'' W com 730 metros de altitude. O Estado tem temperatura do ar média anual de 25 °C e umidade relativa de 53%. O tomateiro é sensível a altas temperaturas, e para seu ótimo desenvolvimento e produção adequada, são essenciais temperaturas médias diárias entre 18 °C e 25 °C e noturnas entre 10 °C e 20 °C (ZEIST, 2015).

O uso do híbrido N-901 foi decorrente de suas características quantitativas e qualitativas relacionadas ao excelente enfolhamento, frutos com maturação concentrada, elevada firmeza, cor intensa com SS em torno de 5.2 a 5.7, alta produtividade, alta resistência às doenças, como murcha de verticílio, murcha de fusário e pinta bacteriana, e resistência intermediária a nematoides (NUNHEMS TECH SHEET, , 2018). As mudas foram transplantadas para vasos de 0.50 x 0.30 m (altura x diâmetro), sendo utilizados apenas 0.028 m³ de sua capacidade total, com substrato composto pela mistura de 2 x 1 x 1 de solo de barranco, areia média e composto orgânico. As condições climáticas foram controladas conforme sugerido por Alvarenga (2013), temperatura do ar 25 °C e umidade relativa do ar de 48%.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados e esquema fatorial de 2x4, sendo duas épocas de submissão do DI nas plantas, em que o primeiro momento foi no início da mudança de coloração dos frutos e o segundo momento dez dias após o início da mudança na coloração dos frutos, e quatro tensões de água no solo (30, 40, 60 e 70 kPa). No tratamento com tensão de 30 kPa, as irrigações eram feitas até que a tensão atingisse 10 kPa. As irrigações para os outros tratamentos eram feitas até que a tensão atingisse 30 kPa.

O sistema de irrigação empregado foi por gotejamento, composto por gotejadores autocompensantes, mangueira de polietileno com 16mm de diâmetro, registros de esfera, registro de gaveta, filtro de disco para limpeza, manômetro e motobomba de 2.5 cv. Para o manejo, foram adotados cabos TDR (Time Domain Reflectometer), que foram calibrados conforme a umidade do solo. Foi determinada a curva de retenção de água no solo, que foi utilizada como referencial para cálculos de lâminas d'água para as irrigações.

4.2.1 Análise agronômicas

A altura de planta (AP) foi medida com uma fita métrica, sendo coletados os valores no estágio reprodutivo, momento em que as plantas atingiram suas estaturas máximas.

Os diâmetros de caule (DC) foram obtidos com auxílio de um paquímetro digital, sendo as medidas feitas quando do término do desenvolvimento vegetativo.

Foram averiguados o número de flores (NFLO), que eram contadas em cada tratamento, e o número de fruto (NFRU).

No momento da colheita, foram quantificados os frutos maduros (FRUM).

Foi averiguada a quantidade de frutos de cada parcela, posteriormente, pesados numa balança analítica. Após a etapa de contagem e pesagem, foram feitos cálculos para obter a produtividade, dada em toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$).

4.2.2 Análise qualitativos

Firmeza (FIRM): Foi medida pela técnica de aplanção, conforme descrito por Calbo e Nery (1995), sendo o valor expresso em Newton (N).

Teor de Sólidos Solúveis: determinado em refratômetro de campo, e os resultados foram expressos em °Brix (Lutz, 2008).

Acidez Titulável (AT): foi determinada por titulação com NaOH 0,1N, usando o azul de timol como indicador. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico.

4.2.3 Análise do uso eficiente da água

A eficiência no uso da água se deu conforme proposto por Zheng et al. (2013), pela relação entre massa do fruto (kg) por milímetros (mm) de água, dada pela equação (1):

$$EUA = \frac{Ya}{IWU} \quad (1)$$

Em que Y_a é o rendimento total de frutos de tomateiro (kg ha^{-1}) e IWU é o uso sazonal da água de irrigação (mm), pois o experimento foi controlado, evitando escoamento superficial e percolação profunda.

4.2.4 Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias foram analisadas pelo teste Tukey e as tensões, por análise de regressão a 5% de significância.

4.3 Resultados e Discussão

As temperaturas no microclima do interior da casa de vegetação variaram entre 24.91 e 31.02 °C, enquanto a umidade relativa do ar se manteve entre 42,07 e 60.37% (Figura 1).

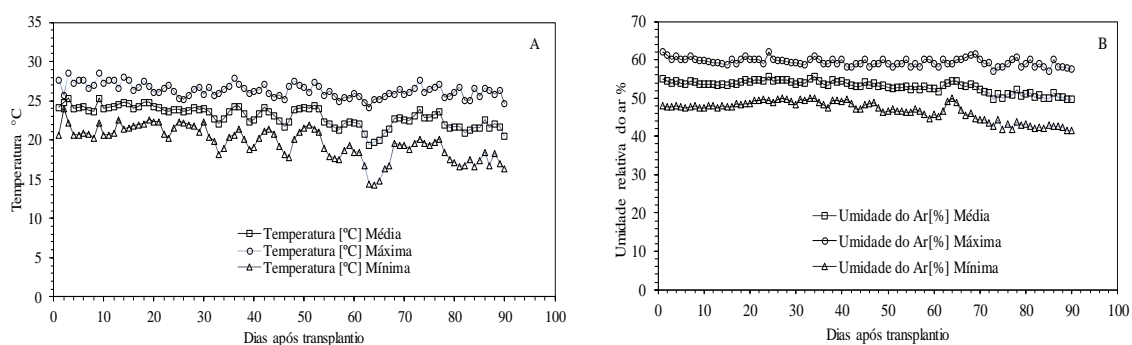


Figura 1. Temperaturas do ar (°C) mínimas, médias e máximas (A), umidade relativa do ar (%) mínima, médias e máxima (B) no interior da casa de vegetação durante o cultivo do tomateiro.

Os volumes de água aplicados em cada tratamento deste estudo durante o ciclo do tomateiro, quando a submissão do DI ocorreu nos 35 dias antes da colheita (DAC), foram de 626,35; 622,85 e 617,46 mm para as tensões 40, 60 e 70 kPa, respectivamente. Já com o DI imposto aos 45 DAC, as lâminas foram de 584,39; 579,50 e de 578,28 mm para as tensões 40, 60 e 70 kPa, na mesma sequência. Para o tratamento sem DI, o volume total de água foi de 688,57 mm.

Os valores de quadrado médio para as tensões de água no solo, épocas em que as plantas foram submetidas ao déficit hídrico e suas interações, estão apresentados nas Tabelas 1 e 2. Observando o efeito das tensões, as variáveis altura de planta, diâmetro de caule, número de flores por planta, número de frutos por planta, frutos maduros, acidez titulável, sólidos solúveis, produtividade e eficiência no uso da água foram significativas estatisticamente a 1% de probabilidade. Por outro lado, épocas proporcionaram diferenças significativas a 1% nas variáveis números de frutos por planta e produtividade. A variável produtividade ainda obteve significância de 5% para interações dos fatores tensão e época.

Tabela 1

Quadrado médio e significância da análise de variância para efeitos de diferentes tensões de água no solo em duas épocas distintas no cultivo do tomateiro.

FV	GL	AP (cm)	DC (mm)	NFLO/pl	NFRU/pl	FIRM (N)
Ψ	3	150.74**	0.012**	6.68**	5.065**	0.0287 ^{ns}
Épo	1	2.33 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.035 ^{ns}	3.13**	0.0002 ^{ns}
Ψ x Épo	3	0.44 ^{ns}	0.0004 ^{ns}	0.013 ^{ns}	0.402 ^{ns}	0.0032 ^{ns}
Bloco	2	0.00003	0.000904	0.005929	0.24	0.0471
Resíduo	14	2.51	0.000190	0.188177	0.135	0.0199
Total	23	-	-	-	-	-
CV (%)	-	1.65	1.28	6.50	4.18	18,34

CV: Coeficiente de variação; FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; ^{ns}, * e ** não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 2

Quadrado médio e significância da análise de variância para efeitos de diferentes tensões de água no solo em duas épocas distintas no cultivo do tomateiro.

FV	GL	FRUM	AT (%)	SS (°Brix)	PROD (t ha ⁻¹)	EUA (kg mm ⁻¹)
Ψ	3	435386.66**	0.006**	6.09**	4440.05**	8260.48**
Épo	1	5644.51 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.16 ^{ns}	504.26**	341.49*
Ψ x Épo	3	2668.86 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.05 ^{ns}	80.22*	128.37 ^{ns}
Bloco	2	13872.78	0.0001	0.26	7.55	17.73
Resíduo	14	15923.31	0.0001	0.09	19.49	50.94
Total	23	-	-	-	-	-
CV (%)	-	21.47	3,08	4,60	4,53	4,72

CV: Coeficiente de variação; FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; ^{ns}, * e ** não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Patanè & Cosentino (2010) e Patanè, Triangali & Sortino (2011) observaram que a AT não foi influenciada pelos regimes de irrigação, tendo obtido maiores valores de ácido cítrico em frutos de tomate submetidos ao déficit hídrico. Campagnol et al. (2014) não encontraram diferenças significativas de acidez titulável em função de níveis de reposição da ETc (60% a 140%).

Entre as variáveis analisadas, podem-se destacar algumas através das médias e das diferenças mínimas significativas (DMS) (Tabela 3). É importante ressaltar que NFRU e EUA obtiveram diferença estatisticamente significativa a 5%, mas as médias de AP, DC, NFLO, FRUM, AT e SS não apresentaram diferença estatisticamente significativa, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3

Teste de Tukey para diferentes épocas de submissão do déficit hídrico em tomate industrial.

Época	AP (mm)	DC (mm)	NFLO/ pl	NFRU /pl	FRUM /pl	AT (%)	SS (°Brix)	EUA (kg mm ⁻¹)
35	95.4 a	1.08 a	6.72 a	9.14 b	603.1 a	3.67 a	6.60 a	154.9 b
45	95.9 a	1.07 a	6.64 a	8.42 a	572.5 a	3.68 a	6.44 a	147.3 a
DMS	1,39	0,01	0,40	0,32	110,49	0,09	0,26	6,25

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para AP do tomate industrial, ocorreu melhor resposta aos 45 DAC, entretanto para esta mesma época, foram apresentados resultados inferiores para NFRU/pl,

causando influência na produtividade. As médias de NFRU/pl alcançaram valores de 9,14 e 8,42 aos 35 e 45 DAC, respectivamente.

Os valores médios para EUA foram de 154,9 kg mm⁻¹ para a época 35 DAC e de 147,3 kg mm⁻¹ para a época 45 DAC. Na época de 35 DAC, houve menor consumo de água pela planta. Entretanto, quando se tem uma redução na EUA, Silva et al. (2013) indicam que, ao irrigar o tomateiro com condições abaixo do recomendado, ocorre tendência de limitar rigorosamente a produção.

As médias para AP, DC, NFLO/pl e NFRU/pl em função das diferentes tensões de água no solo estão apresentadas na Figura 1, que mostra o comportamento detalhado destas variáveis específicas.

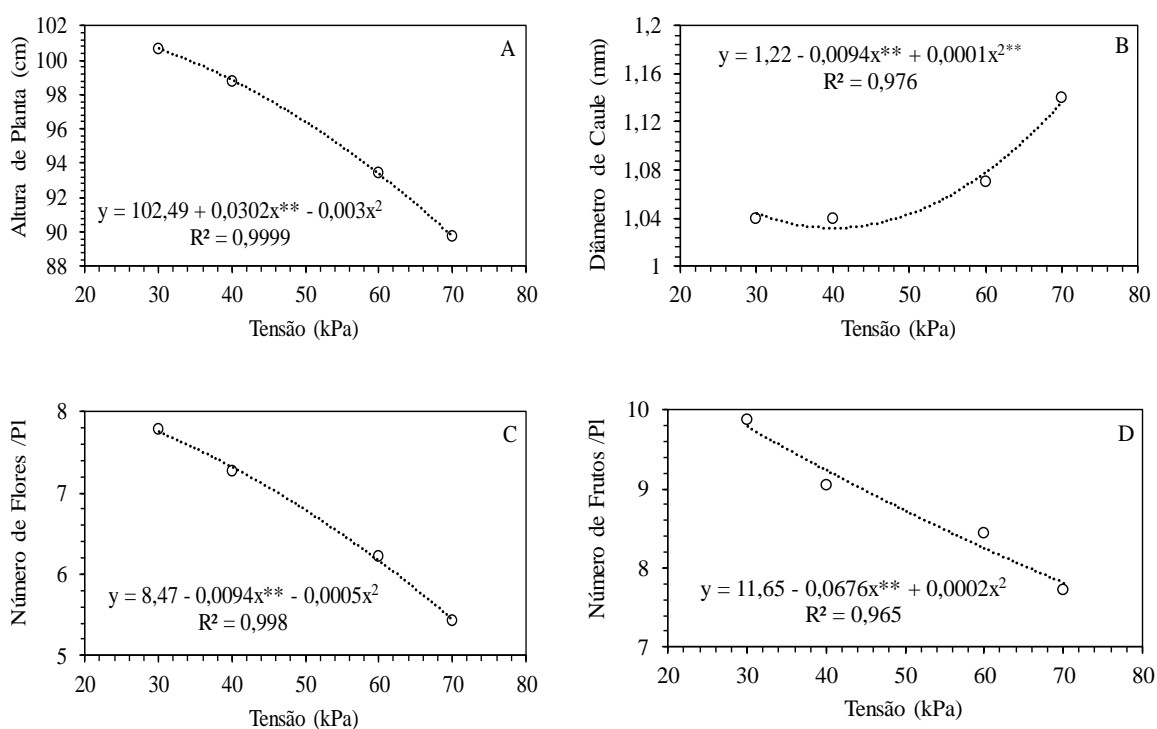


Figura 2. Médias de altura de planta (A), diâmetro de caule (B), número de flores (C) e número de frutos (D) de tomate industrial cultivado em ambiente protegido para cada tensão de água no solo.

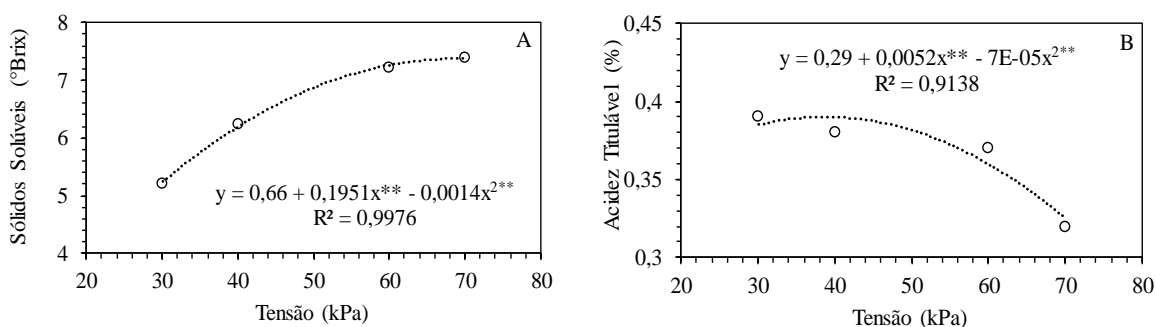
A maior média para AP foi observada com a tensão de 30 kPa, Figura 1^a, 100, 67 cm, entretanto foi nesta mesma tensão que se obteve menor diâmetro de caule, 1,04 mm. AP obteve comportamento descendente, pois conforme aumentava a tensão de água no solo, seu valor decaía, tendo atingido o mínimo com 70 kPa, 89,75 cm, e apresentado o maior valor no DC. Soares et al. (2012), ao avaliarem em ambiente

protegido distintas taxas de reposição da evapotranspiração, observaram que, conforme ocorria o aumento da reposição hídrica, a AP decrescia linearmente. Morales et al. (2015), em ambiente protegido, avaliando a reposição da irrigação no intervalo de 25 a 100% do teor de umidade na capacidade de campo, verificaram efeito linear crescente na AP. Brito et al. (2015) verificaram efeito linear decrescente para AP durante a fase vegetativa e crescente durante a fase de floração e frutificação.

Comparando o comportamento de AP e DC, é explícito que quanto maior a estatura da planta, menor a expansão do diâmetro do caule. Ao analisar AP e DC, Santana et al. (2010) e Silva (2017) observaram que, independentemente da época de avaliação, o déficit hídrico proporcionou menores resultados para o tomateiro.

Observando a Figura 1B, nota-se pequena queda na média do DC entre a tensão de 30 e 40 kPa, de 1,05 para 1,04 mm, entretanto, ocorre um expressivo aumento para a tensão de 70 kPa, que foi para 1,14 mm. Brito et al. (2015) verificaram para DC que, independentemente da fase vegetativa, ocorria efeito linear crescente à medida que eram aumentados os níveis de reposição da Irrigação em tomateiros (60 a 120% Etc).

Pode-se notar nas Figuras 1C e 1D que, para NFLO/pl e NFRU/pl, foram obtidos melhores valores aplicando uma tensão de 30 kPa para ambas as variáveis avaliadas. Entretanto, conforme era aplicada uma tensão maior (40, 60 e 70 kPa), ocorria um decréscimo no NFLO/pl e NFRU/pl. Silva (2017), ao avaliar diferentes taxas de reposição hídrica, observou acréscimo no número de folhas no segundo ano de avaliação até atingir uma taxa de 100% de reposição da evapotranspiração. Conforme mostra a Figura 3C, este estudo está de acordo com Silva (2017), que encontrou acréscimo do número de flores com menor reposição da evapotranspiração.



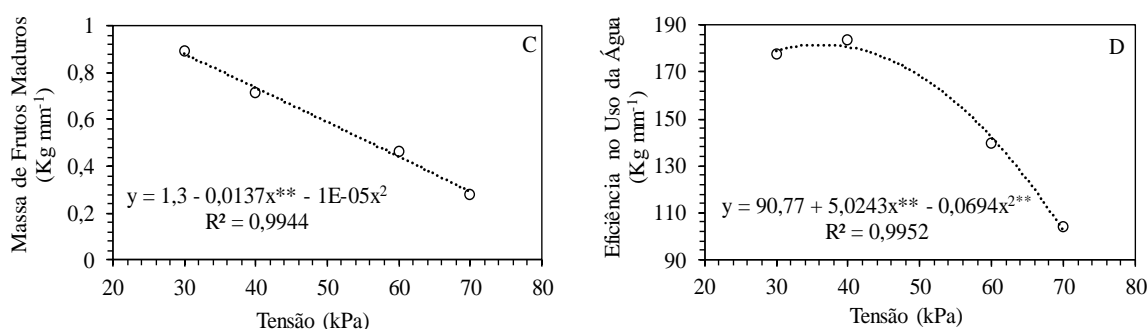


Figura 3. Médias de sólidos solúveis (A), acidez titulável (B), massa de frutos maduros (C) e eficiência no uso da água (D) de tomate industrial em função de tensões de água no solo.

O aumento da tensão de água no solo promoveu comportamento crescente no SS conforme pode ser observado na Figura 4^a. Com a tensão de 30 kPa, a média foi de 5,23 °Brix, a menor entre as tensões. Por outro lado, a tensão de 70 kPa proporcionou média de 7,37 °Brix. Restrepo-Díaz et al. (2010) ressaltam que a irrigação com déficit melhora a qualidade do fruto, elevando o teor de sólidos solúveis. A baixa diluição resultante da diminuição dos níveis de água nos frutos deve resultar no acúmulo dos assimilados, melhorando, assim, os parâmetros de qualidade (NANGARE et al., 2016). Da mesma forma, outros pesquisadores relataram que o rendimento está inversamente relacionado ao SST, deste modo, o DI influencia positivamente os parâmetros de qualidade (HELYES et al., 2012; KUSCU et al., 2014).

Comportamento inverso do SS sob as tensões foi da AT, pois a elevação da tensão de água no solo propiciou redução nas médias desta variável, conforme se nota na Figura 4B. O pico das médias ocorreu na tensão de 30 kPa, de 0,39%, a menor média foi de 0,32% na tensão de 70 kPa. A tensão 60 kPa ficou com média intermediária, 0,36%. Todavia o DI influencia na resposta da planta em relação à produção e à qualidade dos frutos. Mattedi et al. (2011) afirmam que frutos de tomateiro com acidez superior a 0,32% são considerados de excelente qualidade. Neste estudo, os resultados obtidos para AT estavam próximos daqueles relatados por Loos et al. (2009), que variaram entre 0,32 a 0,39%, sendo os frutos considerados de boa qualidade quanto à acidez.

Na Figura 4C, observa-se que o aumento da tensão de água no solo provoca ligeira influência nos FRUM, pois as menores médias foram de 0,291; 0,442 e de 0,736

kg para as tensões 70, 60 e 40 kPa, respectivamente. Ademais, a maior média, 0,880 kg, foi atingida com 30 kPa. Ferreira (2017) pesquisou o crescimento, produção e qualidade de frutos de tomateiro em cultivo adensado com uso de paclobutrazol e alcançou média de 62,04 t há⁻¹ de frutos maduros, sendo esta média superior à máxima encontrada neste estudo, de 36 t há⁻¹.

Efeito notório do DI sobre a EUA é explícito na Figura 4D. Conforme o tomateiro era submetido a maiores déficits hídrico, conseqüentemente a EUA sofria redução. Além disso, Santana et al. (2010) ressaltam que o incremento na disponibilidade de água pode acarretar redução na EUA, fato ocorrido no seu estudo. A tensão 30 kPa promoveu média 179,02 kg mm⁻¹, já para a tensão 70 kPa, a média foi de 102,32 kg mm⁻¹. Além do mais, com 40 e 60 kPa, as médias foram de 180,67 e 142,33 kg mm⁻¹, respectivamente.

As médias do desdobramento da produtividade para efeitos da interação de tensão x época estão apresentadas na Tabela 4, que mostra o comportamento das tensões dentro de cada época.

Tabela 4

Desdobramento da produtividade para tomateiro submetido ao déficit hídrico.

Tensão	Época	
	35	45
30	124.073333 aA	124.073333 aA
40	118.520000 aA	111.170000 aB
60	95.556667 bA	78.370000 aB
70	70.370000 bA	58.236667 aB

Letras minúsculas iguais não diferem entre linhas e letras maiúsculas iguais não diferem entre colunas estatisticamente a 5% de probabilidade.

Observando a Tabela 4, é possível identificar que, para as tensões de 30 e 40 kPa, as épocas de submissão do DI não obtiveram entre si diferença estatisticamente a 5% de probabilidade. Entretanto, ambas as épocas foram diferentes significativamente a 5%, nas tensões de 60 e 70 kPa.

Analisando mais a fundo a Tabela 4, observa-se que as maiores médias para produtividade, independentemente da época, ocorreram com menores tensões, ou seja, menores DI proporcionam maior rendimento desta variável. Agbana et al. (2017), em seu estudo, chegaram à conclusão de que a irrigação entre 50 e 100% da evapotranspiração em solo condicionado promove maior número de frutos e

produtividade. Fato este confirmado por Djurovic et al (2016), que, por sua vez, relataram que a irrigação deficitária limitou a produtividade. Du et al. (2017) ressaltaram que a maior produtividade na cultura do tomateiro foi justamente com aplicação da lâmina de irrigação igual a 75% da evapotranspiração.

O déficit de irrigação geralmente causa redução nos rendimentos de tomate segundo Jensen et al. (2010). Sob condições estressantes, os rendimentos não foram nem a metade daqueles alcançados com irrigação total nos estudos feitos por Patanè & Cosentino (2010).

4.4 Conclusão

A técnica de irrigação com DI causa ligeiramente acréscimo na concentração de SS nos frutos do tomateiro. Todavia, as maiores tensões (60 e 70 kPa) promoveram este fato de forma significativa, proporcionando considerável ganho na qualidade destes frutos e, conseqüentemente, elevação do seu valor econômico no mercado consumidor.

Melhorar a qualidade do fruto e economizar água nas irrigações se torna realidade com o manejo adequado do déficit hídrico.

4.5 Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg), pelo auxílio bolsa estudantil. À VIVAT, pela doação das mudas do tomateiro N-901. E em especial ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, e à Universidade Federal de Goiás, por todo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

4.6 Referências Bibliográficas

- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. (1997). Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International. 16.ed. Washington: AOAC, 1018p.
- Agbana, G. H. D.; Dongli, S.; Zhipeng, L.; Elshaikh, N. A.; Guangcheng, S.; Timm, L. C. Effects of deficit irrigation and biochar addition on the growth, yield and quality of tomato. *Scientia Horticulturae*, v.222, p.90-101, 2017.
- Alvarenga, R. A. M. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. 2.ed. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.

- Anjum, S. A. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, Lesotho, v.6, n.9, p.2026-2032, 2011.
- Birhanu, K.; Tilahun, K. Fruit yield and quality of drip-irrigated tomato under deficit irrigation. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, v.10, n.2, p.2139– 2151, 2010.
- Brito, M.E.B.; Soares, L.A. A.; Lima, G.S.; Sá, F.V. S.; Araújo, T.T.; Silva, E.C.B. Crescimento e formação de fitomassa do tomateiro sob estresse hídrico nas fases fenológicas. *Irriga, Botucatu*, v.20, n.1, p.139-153, 2015.
- Calbo, A. G.; Nery, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.3, n.1, p.14-18, 1995.
- Campagnol, R.; Abrahão, C.; Mello, S.C.; Oviedo, V. R. S. C.; Minami, K. Impactos do nível de irrigação e da cobertura do solo na cultura do tomateiro. *Irriga, Botucatu*, v.19, n.3, p.345-357, 2014.
- Djurovic, N.; Cosic, M.; Stricevic, R.; Savic, S.; Domazet, M. Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of tomato. *Scientia Horticulturae*, v.201, p.271-278, 2016.
- Du, Y.; Cao, H.; Liu, S.; Gu, X.; Cao, Y. Response of yield, quality, water and nitrogen use efficiency of tomato to different levels of water and nitrogen under drip irrigation in Northwestern China. *Journal of Integrative Agriculture*, v.16, n.5, p.1153-1161, 2017.
- Ferreira, N. C.; Vendruscolo, E. P.; SeleguinI, A.; Dourado, W. S.; Benett, C. G. S.; Nascimento, A. R. Growth, yield and quality of tomato fruits in narrow cultivation with the use of paclobutrazo. *Revista Colombiana de Ciências Hortícolas*, v.11, p.72-79, 2017.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A Computer Statistical Analysis System. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- Frizzone, J. A. Planejamento da Irrigação com Uso de Técnicas de Otimização. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.1, p.24-49, 2007.
- Grant, O. M. Understanding and exploiting the impact of drought stress on plant physiology. In: Ahmad, P.; Prasad, M. N. V. *Abiotic Stress Responses in Plants*. New York: Springer, 2012. Chapter 6, p. 89-104.
- Helyes, L.; Lugasi, A.; Pék, Z. Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. *Turk. J. Agric. For.*, v.36, p.702–709, 2012.
- IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 10 de fevereiro de 2018.
- Jensen, C. R.; Battilani, A.; Plauborg, F.; Psarras, G.; Chartzoulakis, K.; Janowiak, F.; Stikic, R.; Jovanovic, Z.; Li, G.; Qi, X.; Liu, F.; Jacobsen, S. E.; Andersen, M. N. Deficit irrigation based on drought tolerance and root signalling in potatoes and tomatoes. *Agricultural Water Management*, v.98, n.3, p.403–413, 2010.
- Kuscu, H.; Turhan, A.; Ozmen, N.; Aydinol, P.; Demir, A.O. (2014). Optimizing levels of water and nitrogen applied through drip irrigation for yield, quality, and

- waterproductivity of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Hortic. Environ. Biotechnol.*, v.55, n.2, p.103–114, 2014.
- Lisar, S. Y. S.; Motafakkerzad, R.; Hossain, M. M.; Rahman, I. M. M. Water Stress in Plants: Causes, Effects and responses. In: Rahman, I. M. M.; Hasegawa, H. Water stress. Intech, 2012, p.1-14.
- Loos, R. A.; Caliman, F. R. B.; Silva, D. J. H. Enxertia, produção e qualidade de tomateiros cultivados em ambiente protegido. *Ciência Rural*, v.39, p.982-985, 2009.
- Lutz, Instituto Adolfo. Óleos e Gorduras. In: Zenebon, O.; Pascuet, N. S.; Tiglea, P. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Cap.16, p.589–625.
- Marouelli, W. A.; Silva, H. R. da; Silva, W. L. de C. e. Irrigação do tomateiro para processamento. Brasília: Embrapa, 2012. 22p. (Embrapa, Circular Técnica 102).
- Mattedi, A. P.; Guimarães, M. A.; Silva, D. J. H.; Caliman, F. R. B.; Marim, B. G. Qualidade dos frutos de genótipos de tomateiro do banco de germoplasma de hortaliças da Universidade Federal de Viçosa. *Revista Ceres*, v.58, p.525-530, 2011.
- Monte, J. A.; Pacheco, A. D. S.; Carvalho, D. F. de; Pimentel, C. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. *Horticultura Brasileira*, v.27, p.222–227, 2009.
- Morales, R.G.F.; Resende, L.V.; Bordini, I.C.; Galvão, A.G.; Rezende, F.C. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. *Scientia Agraria*, Curitiba, v.16, n.1, p.09-17, 2015.
- Nangare, D. D.; Yogeshwar, S. P.; Suresh, K. P. S. Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. *Agricultural Water Management*, v.171, p.73–79, 2016.
- Nunhems Tech Sheet 901. Tomate híbrido – Processamento. Disponível em: <http://www.nunhems.com.br/www/NunhemsInternet.nsf/id/BR_PT_Home>. Acesso em: 30 abr.2018.
- Patanè, 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, p.131-138, 2010.
- Patanè, C.; Tringali, S.; Sortino, O. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.129, n.4, p.590-596, 2011.
- Santana, M. J.; Vieira, T. A.; Barreto, A. C.; Cruz, O. C. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. *Irriga, Botucatu*, v.15, n.4, p.443-454, 2010.
- Silva, J. M.; Ferreira, R. S.; Melo, A.S.; Suassuna, J. F.; Dutra, A. F.; Gomes, J.P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.17, n.1, p.40-46, 2013.
- Silva, C. J. Necessidade hídrica e produção do tomateiro para processamento industrial em resposta a manejos e épocas de suspensão da irrigação. Piracicaba: Universidade

de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017. 157p. Tese Doutorado.

- Soares, L. A. A.; Lima, G. S.; Brito, M. E. B.; Sá, F. V. S.; Silva, E. C. B.; Araújo, T. T. (2012). Cultivo do tomateiro na fase vegetativa sob diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.8, n.2, p.38-45, 2012.
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., Raes, D. Crop yield response to water. Italy-Rome: FAO Irrigation and Drainage paper 66, 2012. 500p.
- Restrepo-Díaz, H.; Melgar, J. C. Lombardini, L. Ecophysiology of horticultural crops : an overview. *Agromía Colombiana*, v.28, n.1, p.71–79, 2010.
- Zeist, A. R. Características agronômicas e fisiológicas de tomateiro em função de porta-enxertos e métodos de enxertia. Guarapuava: UNICENTRO-PR, 2015. 88p. Dissertação Mestrado.
- Zheng, J.; Huang, G.; Jia, D.; Wang, J.; Mota, M.; Pereira, L. S.; Huang, Q.; Xu Xuab; Haijun Li H. 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*, v.129, p.181–193, 2013.

5. CONCLUSÃO GERAL

Todas as variáveis analisadas obtiveram interferência dos tratamentos e dos parâmetros observados neste estudo. Assim, a data de início do déficit hídrico, tanto quanto sua intensidade, e a interação entre esses dois fatores interferem nas características agronômicas e na produção do tomateiro.

O tomateiro quando submetido ao déficit hídrico passa por um processo de readaptação das condições induzidas. Importante ressaltar que o período para readaptação se prolonga conforme se eleva a intensidade do déficit.

Com exceção da tensão da água no solo de 60 kPa, não foi observada diferença na produção entre a data de início do déficit hídrico, sendo que a maior produção foi observada no tratamento sem déficit hídrico, não se diferenciando do tratamento que iniciou o déficit aos 10 DAT e foi submetido a 60 kPa.

Por apresentarem maiores produções, o tratamento sem déficit hídrico e o tratamento submetido a 60 kPa com déficit iniciado aos 10 dias após o transplante apresentaram maior eficiência do uso da água.

Concluiu-se ainda que maiores tensões de água no solo promovem ligeira elevação na concentração de sólidos solúveis nos frutos do tomateiro e, conseqüentemente, melhorias na qualidade dos tomates. Este fato possibilita considerável ganho no rendimento de polpa nas indústrias de processamento.