



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**KLEYTON CHAGAS DE SOUSA**

**FATOR DE SENSIBILIDADE AO DÉFICIT HÍDRICO E RESPOSTA  
À IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA EM DUAS CULTIVARES DE TOMATE CEREJA**

**FORTALEZA**

**2020**

KLEYTON CHAGAS DE SOUSA

FATOR DE SENSIBILIDADE AO DÉFICIT HÍDRICO E RESPOSTA  
À IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA EM DUAS CULTIVARES DE TOMATE CEREJA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S697f Sousa, Kleyton Chagas de.  
Fator de sensibilidade ao déficit hídrico e resposta à irrigação deficitária em duas cultivares de tomate cereja / Kleyton Chagas de Sousa. – 2020.  
62 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2020.  
Orientação: Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa.
1. Eficiência no uso da água. 2. Estresse hídrico. 3. Estratégias de irrigação. 4. Lycopersicum esculentum var. cerasiforme. I. Título.

CDD 630

---

KLEYTON CHAGAS DE SOUSA

FATOR DE SENSIBILIDADE AO DÉFICIT HÍDRICO E RESPOSTA  
À IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA EM DUAS CULTIVARES DE TOMATE CEREJA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa.

Aprovada em: 29 / 09 / 2020

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa. (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva.  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Rubens Sonsol Gondim  
Embrapa Agroindústria Tropical

A Deus.

A Aline Caboclo, José Chagas e Vicente Carlos.

*(In memoriam)*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, sendo minha fonte de fé, determinação e coragem.

A meus pais Luiz Gonzaga e Francisca Maria pelo exemplo de força, determinação, coragem.

A meus avôs José Chagas e Rosa Chagas por contribuírem para minha formação pessoal, juntamente com meus pais.

A minha irmã Kleyane Chagas e a meu sobrinho Walisson Kaylan e toda a minha família e amigos pelo companheirismo, incentivo e estímulo para realização do curso.

Ao Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa pela excelente orientação e contribuição para a minha vida pessoal e profissional.

Aos professores participantes da banca examinadora Dr. Alexandre Oliveira da Silva, Dr. Rubens Sonsol Gondim, Dr. Alan Bernardes e Dr. Almiro Medeiros pela disponibilidade de tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro à pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola- PPGA.

A Escola Técnica Profissionalizante Alan Pinho Barbosa pelo uso de instalações laboratoriais e em especial a Professora Fabia.

A Kenya Nunes pela paciência e boa vontade na realização de nossos trabalhos e por sua amizade.

Ao Leonardo Lenin e Wesley Costa pelo incentivo e apoio durante o curso, e pela sua amizade.

A Valsergio Barros e Janiquele Rabelo pelos incentivos para a realização do curso, pela ajuda em campo e por momentos de descontração.

A Geovane Gomes pela colaboração na condução dos trabalhos de campo.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelas contribuições prestadas para minha formação profissional.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas,

e em especial a Márcia Batista, Clinton Gonçalves, Bruno Castelo, Bruna Aires e Adriana Cruz.

Ao Laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Agroindústria Tropical, ao Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura (NEEF), ao Laboratório de solo, água, planta do Departamento de Engenharia Agrícola e ao Laboratório de Física do solo pelo empréstimo de equipamentos utilizados na pesquisa.

A Fazenda Experimental Vale do Curu pelo acolhimento e apoio na realização dos trabalhos de campo. Em especial aos servidores e colaboradores que de alguma forma ajudaram na realização desse trabalho.

Meus agradecimentos à Universidade Federal do Ceará e aos demais colegas de curso.

“ Aquele que aprende e não coloca em prática é como aquele que ara e não semeia. ” (Saadi de Shiraz, 1951).

## RESUMO

Com a estimativa do aumento na quantidade de áreas submetidas ao estresse hídrico em várias regiões do mundo é necessário a adoção de estratégias para minimizar os efeitos adversos desse fator abiótico. A pesquisa teve como hipótese que em algumas fases da cultura do tomate cereja cultivado na região semiárida se possa aplicar déficit hídrico controlado no manejo da irrigação sem, no entanto, prejudicar a produtividade da cultura. Diante disto objetivou-se determinar os coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico e compreender as respostas desse déficit em diferentes estádios fenológicos em duas cultivares de tomate cereja cultivadas em região semiárida. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com seis tratamentos primários nas parcelas (época de indução do déficit hídrico) e dois tratamentos secundários nas subparcelas (cultivares de tomate cereja) com quatro repetições. Para efeito de épocas considerou-se as fases fenológicas do tomateiro, classificadas em vegetativa, floração, frutificação e maturação. Para o fator cultivares utilizaram-se as cultivares laranja e a vermelho. O déficit hídrico foi estabelecido como 50 % da  $ET_{Cloc}$ . As plantas foram conduzidas em sistema de cultivo orgânico de produção, com o controle fitossanitário realizado pelo monitoramento da população de insetos e aplicação de defensivos naturais. O sistema de irrigação foi do tipo localizado por gotejamento com emissores cuja vazão de  $1,6 L h^{-1}$ , espaçados em 0,30 m. Avaliaram-se as variáveis agronômicas dos frutos, o fator de sensibilidade ao déficit hídrico, produtividade da água de irrigação e variáveis fisiológicas. Os resultados da pesquisa permitiram as seguintes conclusões: O coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico em ambas as cultivares varia nos estádios fenológicos na seguinte ordem decrescente: floração, maturação, frutificação e vegetativo. Em condições de escassez de água para irrigação, a fase vegetativa é recomendada para estratégia de irrigação com déficit proporcionando menores perdas agronômicas. O período fenológico da floração é considerado o mais crítico para a aplicação de déficit hídrico em ambas as cultivares, porém mais acentuado para a cultivar laranja.

**Palavras-chave:** Eficiência no uso da água. Estresse hídrico. Estratégias de irrigação. *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*.

## ABSTRACT

With the estimated increase in the number of areas subjected to water stress in various regions of the world, it is necessary to adopt strategies to minimize the adverse effects of this abiotic factor. The research had the hypothesis that in some phases of the cultivation of cherry tomatoes grown in the semiarid region, controlled water deficit can be applied in the management of irrigation without, however, harming the productivity of the crop. In view of this, the objective was to determine the coefficients of sensitivity to the water deficit and to understand the responses of this deficit in different phenological stages in two cultivars of cherry tomatoes grown in a semiarid region. The experimental design was in randomized blocks, in a split plot scheme, with six primary treatments in the plots (time of water deficit induction) and two secondary treatments in the subplots (cherry tomato cultivars) with four replications. For the purposes of seasons, the tomato phenological phases were considered, classified as vegetative, flowering, fruiting and maturation. For the cultivar factor, orange and red cultivars were used. The water deficit was established as 50% of the  $ET_{cloc}$ . The plants were grown in an organic production system, with phytosanitary control carried out by monitoring the insect population and applying natural pesticides. The irrigation system was of the type located by drip with emitters with flow of 1.6 L h<sup>-1</sup>, spaced without 0.30 m. The agronomic variables of the fruits, the sensitivity factor to water deficit, productivity of irrigation water and physiological variables. The results of the research allowed the following conclusions: The coefficient of sensitivity to water deficit in both cultivars varies in the phenological stages in the following decreasing order: flowering, maturation, fruiting and vegetative. In conditions of scarcity of water for irrigation, the vegetative phase is recommended for deficit irrigation strategy providing less agronomic losses. The flowering phenological period is considered the most critical for the application of water deficit in both cultivars, but more pronounced for the orange cultivar.

**Keywords:** Efficiency in the use of water. Hydrical stress. Irrigation strategies. *Lycopersicum esculentum* var. *cerasiforme*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Temperaturas e umidades relativas médias durante condução do experimento.....	24
Figura 2 – Croqui experimental.....	26
Figura 3 – Valores da $E_{To}$ obtidos a partir de tanque classe A .....	28
Figura 4 – Valores da $E_{T_{loc}}$ obtidos a para tomates cerejas cultivares laranja (A) e vermelho (B) durante condução do experimento e umidades relativas médias durante condução do experimento.....	30
Figura 5 – Valores médios de $K_y$ obtidos para cultivares de tomate cereja submetidas a aplicação de 50% da $E_{T_{loc}}$ em diferentes fases fenologias.....	42
Figura 6 – Relação entre diminuição de rendimento relativo e evapotranspiração relativa do tomate cereja cultivar laranja.....	45
Figura 7 – Relação entre diminuição de rendimento relativo e evapotranspiração relativa de tomate cereja cultivar vermelho.....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estádios fenológicos do tomateiro.....	19
Tabela 2 – Atributos físicos e químicos do solo da área experimental .....	25
Tabela 3 – Característica da água de irrigação.....	25
Tabela 4 – Coeficiente da cultura ( $K_c$ ) do tomateiro.....	29
Tabela 5 – Intervalos das fases fenológicas do tomateiro cereja cultivares laranja e vermelho.....	33
Tabela 6 – Valores médios da temperatura ( $T$ , °C) e umidade relativa do ar (UR, %) máximas e mínimas durante os estádios fenológicas do tomate cereja no período de cultivo, seguidos de $\pm$ desvio padrão.....	34
Tabela 7 – Valores médios da $ET_{cloc}$ por fases fenológicas durante cultivo de tomates cerejas cultivares laranja e vermelho seguidos de $\pm$ desvio padrão.....	35
Tabela 8 – Resumo da análise de variância para as variáveis agronômicas número de fruto comerciais (NFC), número de fruto totais (NFT), massa de frutos comerciais por planta (MFC), Massa de frutos totais por planta (MFT) e Produtividade (PROD).....	36
Tabela 9 – Desdobramento da interação entre o déficit hídrico nas fases fenológicas e cultivares de tomates cerejas para número de frutos comerciais (NFC).....	37
Tabela 10 – Desdobramento da interação entre o déficit hídrico nas fases fenológicas e cultivares de tomates cerejas para número totais de frutos (NTF).....	38
Tabela 11 – Teste de médias para a variável Produtividade (PROD) analisando o efeito isolado do fator tratamento para tomates cerejas submetido a déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos.....	38
Tabela 12 – Resumo da análise de variância para as variáveis agronômicas diâmetro longitudinal dos frutos (DLF) e diâmetro transversal dos frutos (DTF).....	39

Tabela 13 – Desdobramento da interação entre o déficit hídrico nas fases fenológicas e cultivares de tomates cerejas para diâmetro longitudinal dos frutos (DLF) .....	40
Tabela 14 – Valores médios da composição dos coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky) para cultivares de tomate cereja sob déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos em região semiárida.....	41
Tabela 15 – Resumo da análise de variância para PAir para cultivares de tomate cereja sob déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos em região semiárida.....	46
Tabela 16 – Teste de médias para a variável PAir analisando o efeito isolado do fator tratamento para tomates cerejas submetido a déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos.....	47
Tabela 17 – Teste de médias para variável PAir analisando o efeito isolado do fator cultivar para tomates cerejas sob déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos .....	48
Tabela 18 – Resumo da análise de variância para os variáveis fisiológicos: fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de gás carbônico (Ci), eficiência instantânea de carboxilação (Ci/A), razão entre as concentrações de gás carbônico interno e do ambiente (Ci/Ca), eficiência instantânea no uso da água (A/E) de plantas de tomates cerejas .....	49
Tabela 19 – Desdobramento da interação entre o déficit hídrico nas fases fenológicas e cultivares de tomates cerejas para a fotossíntese.....	50
Tabela 20 – Desdobramento da interação entre o déficit hídrico nas fases fenológicas e cultivares de tomates cerejas para a condutância estomática .....	52
Tabela 21 – Desdobramento da interação entre o déficit hídrico nas fases fenológicas e cultivares de tomates cerejas para a eficiência instantânea de carboxilação .....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AS	Área sombreada pela planta
AT	Área total da planta
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CE	Condutividade elétrica
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CUD	Coefficiente de Uniformidade de Distribuição
CV	Coefficiente de variação
DAS	Dias após a semeadura
DAT	Dias após transplantio
DLF	Diâmetro longitudinal dos frutos
DTF	Diâmetro transversal dos frutos
Ea	Eficiência de aplicação
ECA	Evaporação do tanque Classe A
ETc	Evapotranspiração da cultura
ET <sub>C<sub>loc</sub></sub>	Evapotranspiração localizada
ET <sub>m</sub>	Evapotranspiração máxima da cultura obtida no tratamento sem déficit hídrico
ET <sub>o</sub>	Evapotranspiração de referência
ET <sub>r</sub>	Evapotranspiração real da cultura obtida nos tratamentos submetidos a déficit hídrico
ExpDesp.pt	Experimental designs. (portuguese)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FEVC	Fazenda Experimental Vale do Curu
Fl	Porcentagem da lâmina definida pelo tratamento
FV	Fonte de variação
GL	Grau de liberdade
Kc	Coefficiente da cultura
Kt	Coefficiente do tanque Classe A
Ky	Fator de sensibilidade ao déficit hídrico
MASS	Modern applied statistics with S. fourth edition

MFC	Massa de frutos comerciais por planta
MFNC	Massa de frutos não comerciais por planta
MFT	Massa de frutos totais por planta
NEEF	Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura
NEP	Número de emissores por planta
NFC	Número de frutos comerciais por planta
NFNC	Número de frutos não comerciais por planta
NFT	Número de frutos totais por planta
ns	Não significativo
PAir	Produtividade da água de irrigação
PAM	Porcentagem da área molhada
PAS	Porcentagem da área sombreada
pH	Potencial Hidrogeniônico
PPGEA	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
PROD	Número de frutos totais por planta
Pw	Porcentagem da área molhada ou sombreada
qa	Vazão média de cada gotejador
RAS	Relação de Adsorção de Sódio
Se	Espaçamento entre emissores
Sf	Espaçamento entre fileiras
Sp	Espaçamento entre plantas
T	Temperatura
Ti	Tempo de irrigação
UFC	Universidade Federal do Ceará
UR	Umidade relativa do ar
W	Diâmetro máximo do bulbo molhado por emissor
Ym	Rendimento máximo da cultura obtido no tratamento sem déficit hídrico
Yr	Rendimento real da cultura obtido nos tratamentos submetidos ao déficit hídrico

## LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetro
cmol <sub>c</sub>	Centimol de carga
dS	Decisiemens
g	Gramas
°C	Grau Celsius
ha	Hectare
h	Hora
kg	Kilograma
L	Litro
m	Metro
mca	Metros de columna de água
mg	Miligrama
mm	Milímetro
mmol <sub>c</sub>	Milimol de carga
%	Porcentagem
t	Tonelada

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
2	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
2.1	<b>A cultura do tomate cereja e aspectos fenológicos</b> .....	18
2.2	<b>Estresse hídrico</b> .....	20
2.3	<b>Irrigação com déficit controlado</b> .....	21
2.4	<b>Fator de sensibilidade ao déficit hídrico</b> .....	22
2.5	<b>Eficiência no uso da água</b> .....	23
3	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
3.1	<b>Caracterização da área experimental</b> .....	24
3.2	<b>Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos</b> .....	25
3.3	<b>Produções de mudas, transplântio e manejo da cultura</b> .....	27
3.4	<b>Sistema e manejo da irrigação</b> .....	28
3.5	<b>Avaliações experimentais</b> .....	31
3.5.1	<i>Variáveis agronômicas dos frutos</i> .....	31
3.5.2	<i>Coefficiente de sensibilidade ao déficit hídrico</i> .....	31
3.5.3	<i>Eficiência do uso da água</i> .....	32
3.5.4	<i>Variáveis fisiológicas: Trocas gasosas</i> .....	32
3.6	<b>Análises estatísticas</b> .....	32
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	33
4.1	<b>Demandas hídricas, climáticas e desenvolvimento fenológico</b> .....	33
4.2	<b>Variáveis agronômicas dos frutos</b> .....	36
4.3	<b>Coefficiente de sensibilidade ao déficit hídrico</b> .....	41
4.4	<b>Eficiência do uso da água</b> .....	46
4.5	<b>Variáveis fisiológicas: Trocas gasosas</b> .....	49
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	54
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	55

## 1 INTRODUÇÃO

O clima está fortemente ligado à vida dos agricultores, desempenhando papel importante no planejamento dos cultivos, na disponibilidade de água para irrigação e em políticas de alocação de água (DHANYA; RAMACHANDRAN, 2016).

Autores como Çelik *et al.* (2017) apontam que nos próximos anos há uma estimativa de crescimento no número de áreas submetidas ao estresse hídrico. E que com o passar dos tempos o manejo da irrigação focado em maximizar a produção por unidade de área passará a se concentrar em maximizar a produção por unidade de água aplicada (DAVIES *et al.*, 2011).

Com isso, deve-se buscar medidas para minimizar os efeitos adversos desse fator abiótico. Uma das formas para manter a produção das culturas de forma satisfatória é a aplicação de déficit hídrico controlado no manejo da irrigação.

As estratégias de irrigação com déficit hídrico controlado têm como princípio básico que a diminuição no rendimento das culturas não seja significativa em comparação com a economia de água obtida (CANTORE *et al.*, 2016). Como a maioria dos sistemas de irrigação possuem gasto energético, uma provável redução na demanda hídrica promoverá uma diminuição nesse consumo, o que poderá promover uma economia financeira aos produtores.

Essa estratégia pode ser adotada para diversas culturas, dentre elas, destaca-se o tomate cereja (*Lycopersicum esculentum* var. *cerasiforme*). Uma hortaliça que possui alto valor agregado e é destaque na agricultura mundial e brasileira, ocorrendo no Brasil crescimento expressivo nesse setor (GUILHERME *et al.*, 2014).

A intensidade do estresse hídrico é fator que afeta a produtividade da cultura do tomate e a qualidade do fruto (WANG *et al.*, 2011). No tomateiro, para se obter altos rendimentos, a reposição de água é necessária em quantidade adequada ao solo (BRITO *et al.*, 2015).

Os estádios fenológicos do tomateiro respondem diferencialmente ao déficit de umidade no solo, e a irrigação por déficit em períodos não críticos para a cultura pode trazer benefícios (NANGARE *et al.*, 2016).

Um dos indicadores para quantificar as respostas das culturas ao estresse hídrico é o fator de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky) no qual, quantifica a relação entre a redução do rendimento relativo e o déficit de evapotranspiração (DOORENBOS E KASSAM, 1994).

Existem valores tabelados para esse fator, elaborados pelos autores citados anteriormente, no entanto, os valores desse  $K_y$  variam de acordo com as condições climáticas da região e características das cultivares dentro das espécies, o que vem sendo observado em outros estudos com valores de  $K_y$  discordando dos valores tabelados.

Dessa forma, este trabalho possui como hipótese de que em algumas fases da cultura do tomate cereja cultivado na região semiárida se possa aplicar déficit hídrico controlado no manejo da irrigação sem, no entanto, prejudicar a produtividade.

A pesquisa tem como objetivo geral determinar os coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico e compreender as respostas desse déficit em diferentes estádios fenológicos em duas cultivares de tomate cereja cultivadas na região semiárida.

Especificamente, têm-se os seguintes objetivos: Avaliar os impactos do manejo com déficit hídrico controlado em aspectos agrônômicos nos frutos de tomates cerejas; compreender respostas fisiológicas das plantas sob déficit hídrico; avaliar a eficiência no uso da água em cultivares de tomates cerejas; e identificar os períodos fenológicos de maiores e menores sensibilidades ao déficit hídrico.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do tomate cereja e aspectos fenológicos.

A cultura do tomateiro pertencente à família das Solanáceas e possui grande importância em meio a produção de hortaliças, existindo uma diversidade de tipos, no qual podemos destacar o tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*).

É uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas, sendo considerada uma das principais culturas vegetais do mundo, desde sua descoberta, domesticação e criação, há mais de 600 anos (AL-JUHAIMI *et al.*, 2013; BERGOUGNOUX, 2014).

Existem algumas teorias sobre o centro de origem e domesticação do tomate, dentre elas a que ocorreu uma pré-domesticação na região andina, com a domesticação sendo concluída na mesoamérica, seguida de introdução no continente Europeu pelos espanhóis, daí se espalhando pelo mundo (BLANCA *et al.*, 2012).

Guilherme *et al.* (2014) afirmaram que ocorreu no Brasil um crescimento expressivo no setor de cultivo de tomate, em especial na produção de variedades híbridas, principalmente aquelas do grupo do tomate cereja. Maciel *et al.* (2016) afirmaram que as empresas produtoras de sementes estão ampliando seus portfólios de tomates cerejas, diversificando cores, formatos e número de frutos por cacho.

Alvarenga e Coelho (2013) descrevem o tomateiro como uma planta que possui maior parte do sistema radicular localizado entre 0 e 0,20 m do solo, podendo chegar até 1,5 m e porte arbustivo, desenvolvendo-se de forma rasteira, semiereta ou ereta.

O tomate cereja é uma planta autógama que apresenta flores pequenas e inflorescências curtas e simples, com flores que dispõem de uma corola de coloração pálida, anteras curtas e estigma com pouca projeção para além da ponta do cone (BEDINGER *et al.*, 2011). Suas folhas são alternadas e compostas por um folíolo terminal maior e seis a oito folíolos laterais menores, esses geralmente são compostos (ALVARENGA, 2013).

Os tomates cerejas podem apresentar hábitos de crescimento vegetativo determinado e indeterminado, os frutos possuem diâmetros médios de 1 a 4 cm, sendo os que apresentam a menor massa, em condições normais de cultivo dentro os grupos de tomates (AZEVEDO *et al.*, 2010). No entanto, o seu menor tamanho não reflete em baixo valor nutricional, uma vez que podem apresentar valores superiores em comparação com outros tipos (FIGÁS *et al.*, 2015).

O tomate é uma fonte de fibra, vitamina C, B e E, potássio, fósforo, carotenoides e compostos fenólicos (RIPOLL *et al.*, 2016).

O tomateiro é uma planta que exige umidade no solo suficiente para fornecer água a planta, e deve se manter constante durante o todo o seu ciclo, sendo que a demanda máxima de água ocorre no período de floração (MORALES, 2012). A cultura do tomate de acordo com Florido e Bao (2014) é sensível ao estresse hídrico em diferentes fases de desenvolvimento, podendo provocar alterações em níveis moleculares, morfológicos, fisiológicos.

Segundo Silva et al., (2000) as demandas hídricas, variam de 400 a 600 mm após transplântio variando de acordo com o clima.

Rocha (2009) considera a fenologia da cultura do tomate dividida em quatro fases, sendo classificadas como: crescimento vegetativo, florescimento, plena frutificação e colheita (TABELA 1). A fenologia estuda o ritmo estacional do ciclo de vida das espécies de plantas, sendo esta regulada por caracteres endógenos, fatores abióticos e bióticos (ZAMBAN, 2014).

Tabela 1. Estádios fenológicos do tomateiro.

<b>Estádios fenológicos</b>	<b>Caracterização</b>
Crescimento vegetativo	Intervalo de semeadura até o surgimento do primeiro cacho floral em 51% das plantas.
Florescimento- início da frutificação	Intervalo em que 52% das plantas apresentarem o primeiro cacho floral até 51% das plantas possuírem frutos.
Plena frutificação	Intervalo em que 52% das plantas apresentam frutos até 51% das plantas possuírem frutos em ponto de colheita.
Colheita	Intervalo em que 52% das plantas apresentam frutos em ponto de colheita até o encerramento da colheita.

Fonte: Adaptada de Rocha (2009).

Alvarenga (2004) considera o ciclo do tomateiro dividido nas seguintes fases: da semeadura ao transplântio, do transplântio ao início do florescimento, do florescimento ao início da colheita e do início ao final da colheita.

Os autores Doorenbos e Kassan (1979), por sua vez classificam os estádios fenológicos para a cultura do tomateiro como: fase de estabelecimento, vegetativa, floração, formação da colheita e maturação.

Observa-se que há classificações distintas para a cultura, porém se assemelham em quase todas as fases.

## 2.2 Estresse hídrico

Um fenômeno que marca a região semiárida do Brasil é a seca, sendo considerada um fator abiótico que limita a produção principalmente pela irregularidade de precipitações. Essa disponibilidade de água tem sido considerada um dos maiores impactos sobre a produtividade agrícola (FERRARI *et al.*, 2015), principalmente pelo efeito do déficit hídrico, que pode influenciar negativamente no crescimento e na produtividade das plantas (CUI *et al.*, 2015).

Nascimento *et al.* (2011) afirmaram que as plantas respondem de diferentes formas aos efeitos do déficit hídrico, apresentando retardo da desidratação, tolerância à desidratação e o mecanismo de escape da seca.

Segundo Moraes Filho (2013), os efeitos do estresse hídrico são demonstrados nas plantas por meio de alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, sendo que inúmeras modificações são observadas, como o acúmulo de açúcares, diminuição de pigmentos fotossintéticos, diminuição do porte da planta e área foliar.

Uma das primeiras respostas à seca é o fechamento estomático e a diminuição da taxa fotossintética, devido a diminuição da captura de CO<sub>2</sub> (LIU *et al.*, 2012), dessa forma a diminuição da produção de fotoassimilados (BENEŠOVÁ *et al.*, 2012), que reflete no ganho de biomassa. Esse processo de fechamento dos estômatos contribui para redução da área transpiratória e consequente perda excessiva de água, no entanto, afeta negativamente a fotossíntese, podendo dessa forma limitar a produção (LOPES *et al.*, 2011).

Outro efeito nas condições de estresse hídrico está relacionado às clorofilas, que quando recebem quantidades de energia elevadas e os pigmentos fotoprotetores não dissipam toda a energia na forma de calor, ocorre uma dissipação desta energia para o oxigênio, formando as espécies reativas de oxigênio, responsáveis por gerar estresse oxidativo (GILL E TUTEJA, 2010). De acordo com Batra *et al.* (2014), as espécies reativas de oxigênio provocam resultados negativos nos processos metabólicos e de crescimento.

Murtic *et al.* (2018) contribuíram em um dos seus trabalhos afirmando que o conteúdo de prolina, fenólicos totais e flavonóides também estão relacionados com a resistência ao estresse hídrico, e que seus acúmulos foram significativamente maiores nas

folhas de mudas de tomate cereja expostas ao estresse hídrico, dessa forma os aumentos da síntese dessas substâncias representam um mecanismo de tolerância à seca.

### **2.3 Irrigação com déficit controlado**

A prática da irrigação pode promover o aumento da produtividade e da qualidade do material vegetal e para se obter os melhores rendimentos é necessário conhecer os fatores que são chaves para o manejo da irrigação, dentre eles destacam-se a quantidade de água disponível, seu armazenamento no solo e a necessidade hídrica das culturas (SILVA *et al.*, 2010).

Há uma previsão de diminuição da precipitação em muitas das regiões do mundo, como consequência ocorrerá uma provável redução de produtividade das culturas, que poderá ser minimizada por novas técnicas de gerenciamento de cultivos e pela utilização de cultivares melhoradas para aumentar a resistência aos estresses abióticos (DAVIES *et al.*, 2011).

Neste contexto e levando em conta as estratégias de irrigação pode-se citar a irrigação com déficit controlado, a qual possui grande relevância para se traçar um manejo de irrigação adequado e sustentável.

A irrigação por déficit é definida por Davies *et al.* (2011) como a aplicação de água abaixo da exigência requerida para obtenção de uma colheita total, sendo considerada pelos autores como um dos meios para aumentar a produtividade da água e manter a produtividade das culturas sob escassez de hídrica.

Cano-Lamadrid *et al.* (2015) afirmam que a irrigação por déficit se caracteriza por molhar com menos água a zona radicular das plantas, e que isso pode promover melhorias na qualidade de alguns produtos, intensificando os atributos sensoriais e consequentemente levando a uma maior satisfação do consumidor.

A redução da quantidade de água também está atrelada à diminuição do consumo de energia elétrica na maioria dos sistemas que utilizam bombeamento. Gava *et al.* (2015) afirmam que a utilização do déficit hídrico controlado ou outras estratégias de irrigação podem diminuir o consumo de água e energia elétrica sem causarem prejuízos a produtividade.

Definir a época do déficit nas fases fenológicas da cultura, bem como quantificar o valor desse déficit vem sendo realizados em vários estudos como os elaborados por Ripoll *et al.* (2016) e Nangare *et al.*, (2016). Observa-se que os comportamentos das plantas variam com a espécie e suas características adaptativas aos efeitos desse fator.

Dessa forma, para de manter a atividade da agricultura irrigada de forma sustentável, deve-se buscar o emprego de técnicas que permitam o uso eficiente da água, bem como proporcionem o desenvolvimento, a produção e a qualidade das culturas, atreladas a um satisfatório rendimento econômico.

#### **2.4 Fator de sensibilidade ao déficit hídrico**

As plantas quando submetidas ao estresse hídrico respondem de maneira diferente ao rendimento obtido. A resposta do rendimento à água pode ser quantificada através do fator de resposta ao rendimento, que relaciona a diminuição relativa no rendimento ao déficit relativo de evapotranspiração (KUSÇU *et al.*, 2014).

O fator de sensibilidade ao déficit hídrico ( $K_y$ ), quantifica os efeitos do estresse pela falta de água disponível no solo em relação ao decréscimo da produtividade potencial, durante o ciclo de cultivo da cultura (SILVA *et al.*, 2014).

O método padrão da FAO para a determinação do  $K_y$  é a expressão empírica formulada por Doorenbos e Kassam (1994), que quantifica a relação entre a redução do rendimento relativo e o déficit de evapotranspiração, e quanto maior seu valor, maiores são as perdas no rendimento da cultura nas condições de estresse hídrico.

Ainda segundo os autores, o  $K_y$  pode ser classificado como baixo, com valores inferiores a 0,85; de baixo-média com valores no intervalo de 0,85 a 1,0; em média/alta com valores no intervalo de 1,0 a 1,15; e em alta com valores superior a 1,15.

O valor de  $K_y$  pode ser considerado como o coeficiente angular da equação de regressão linear, ajustada pela origem, entre a queda do rendimento relativo e o déficit relativo de evapotranspiração (BILIBIO *et al.*, 2010).

Sá (2013) cita que a utilização de  $K_y$  para planejamento, dimensionamento e operação de áreas irrigadas, proporcionam avaliar os efeitos das lâminas de irrigação correlacionadas com a sua utilização, referente ao rendimento e produção total da cultura.

Istanbulluoglu (2009) sugere que o cálculo de  $K_y$  para cada estágio específico das fases fenológicas pode ajudar a individualizar os períodos mais críticos da cultura à água.

É recomendado para se obter resultados com maiores precisões utilizar valores específicos de  $K_y$  para diferentes locais e cultivares, assim como coeficientes de cultivos específicos para cada cultura e local com vistas a melhorar o planejamento e manejo da irrigação (KHEIRA, 2009).

Deve-se salientar que os efeitos da água sobre o rendimento não podem ser considerados independentes de outros fatores agrônômicos, pois esses influenciam no grau com o qual o rendimento real se aproxima do rendimento máximo (POSSE, 2008).

## 2.5 Eficiência no uso da água

Um dos principais fatores na produção de alimentos é a água, e com isso é necessário utilizá-la racionalmente, adotando um manejo e sistema de irrigação adequado e garantindo, dessa forma, o uso eficiente da água (GALLON *et al.*, 2015).

A eficiência no uso da água é definida por Zhang *et al.* (2017) como a razão entre a fotossíntese e a transpiração no nível fisiológico, porém para as avaliações agrônômicas, é mais facilmente expressa como a razão entre a biomassa produzida pela planta e a água consumida durante o seu ciclo.

Segundo Mukherjee *et al.* (2010), a eficiência do uso da água é um indicador que retrata o efetivo uso dos recursos hídricos na produção das culturas agrícolas, sendo que ocorrendo limitação de água para a produção, esse indicador desempenhará importante fator na determinação das práticas de gerenciamento de irrigação.

Uma das formas de calcular a eficiência do uso da água é por meio da produtividade da água e da produtividade da água de irrigação (PEREIRA *et al.*, 2009). A primeira é expressa como a relação entre a produtividade obtida pela cultura e a quantidade de água utilizada. A segunda se mantém a mesma relação, mas a quantidade de água considerada é somente a utilizada na irrigação. Os produtores que possuem limitação na quantidade de água para a irrigação, devem lançar mão de estratégias para diminuir a quantidade desse recurso para aumentar a eficiência do uso da água. Essas estratégias variam desde a diminuição da área de cultivo a eficiência de sistema de irrigação (MARTIN *et al.*, 2012).

Na cultura do tomateiro para diferentes níveis de reposição de água no solo a maior eficiência do uso da água é verificada quando se aplica menores valores de lâmina de água, como relata Santana *et al.* (2010).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

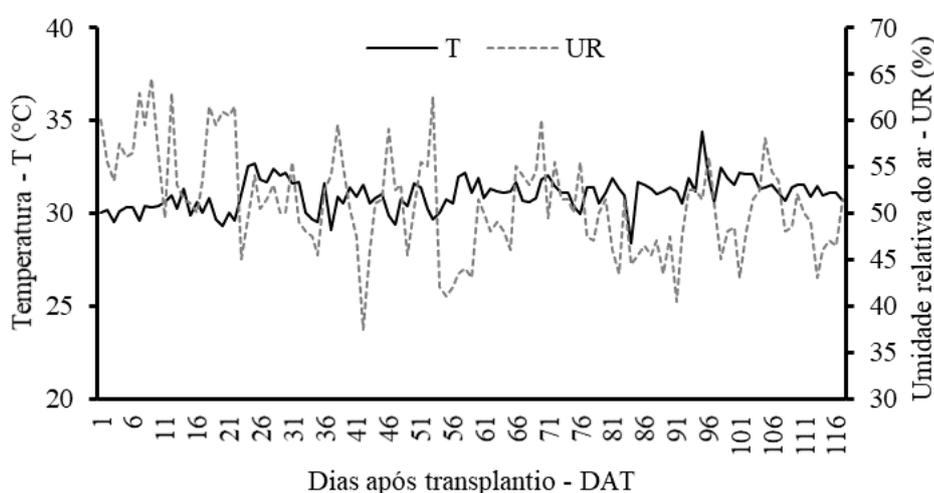
#### 3.1 Caracterização da área do experimento

O experimento foi conduzido em céu aberto em uma área de 286 m<sup>2</sup> na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC) pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada no município de Pentecoste - CE, durante o período de junho a dezembro de 2019.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSw'h', quente e semiárido, com chuvas irregulares distribuídas de fevereiro a maio.

Dados climatológicos foram obtidos da Estação Agrometeorológica da FEVC, localizada próximo à área do experimento. A temperatura e a umidade relativa média foi de  $31,0 \pm 0,9$  °C e  $51,1 \pm 5,4\%$  respectivamente, durante o ciclo de cultivo. Na Figura 1 se visualizam as temperaturas e umidades relativas médias diárias durante o período do experimento.

Figura 1 – Temperaturas (T) e umidades relativas (UR) médias diárias durante condução do experimento



Fonte: Dados da pesquisa.

O solo da área é classificado como Neossolo Flúvico com textura franca. Os atributos físicos e químicos do solo (TABELA 2) foram determinados no Laboratório de Solos/Água da UFC por meio de amostras coletadas na camada de 0 – 0,20 m. De acordo com

Cavalcanti *et al.* (2008), os atributos físicos e químicos do solo enquadram-se para o cultivo do tomateiro.

Tabela 2 – Atributos físicos e químicos do solo da área experimental

Prof. (m)	Composição granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )					Classe textural	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )
	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Argila natural		
0-0,2	52	319	432	197	160	Franca	1,25
pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	PST (%)	V (%)	MO (g kg <sup>-1</sup> )	P <sub>Assimilável</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )
7,0	0,38	9,54	1,05	2,00	90	16,45	37
Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )							
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T
11,2	1,60	0,31	0,57	1,49	0,10	13,70	15,2

Fonte: Laboratório de solos/água – Funceme (2019).

A fonte de água era proveniente do Rio Curu, cuja Tabela 3 contém atributos qualitativos da água utilizada para a irrigação. A condutividade elétrica da água de irrigação apresentou-se inferior a salinidade limiar para a cultura do tomateiro que é de 2,5 dS m<sup>-1</sup> (MAAS E HOFFMANN, 1977), sendo recomendada para o cultivo. De acordo com Ayers e Westcot (1991) a água de irrigação utilizada não apresenta riscos de provocar problemas de infiltração no solo em decorrência da sodicidade da água. A classificação da água de irrigação segundo Richards (1954) é C3S1.

Tabela 3 – Atributos da água de irrigação

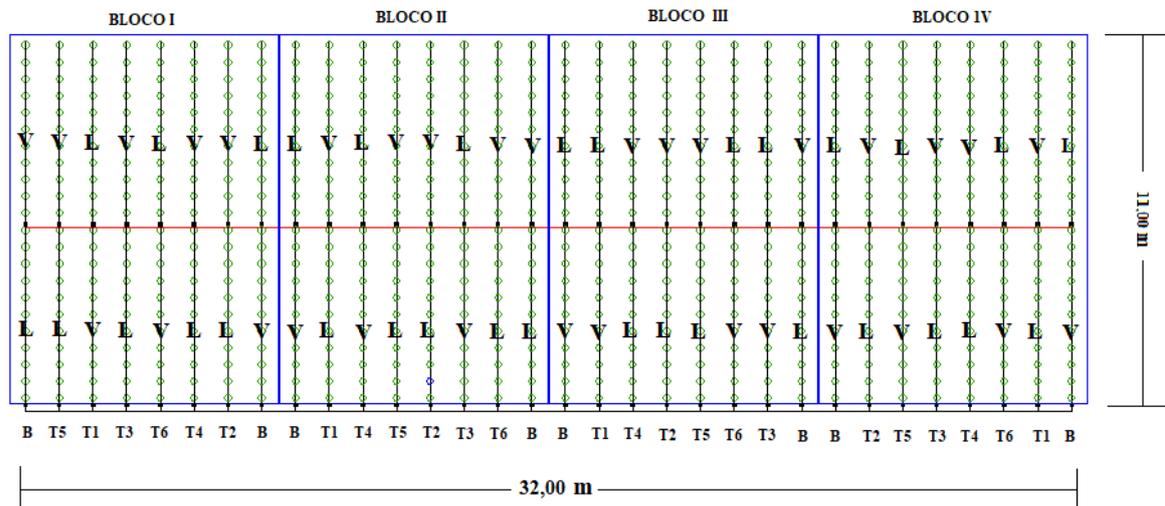
Cátions (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )					Ânions (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )					CE (dS m <sup>-1</sup> )	RAS	pH
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Σ	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Σ	0,75	1,60	6,8
2,0	2,6	3,4	0,2	8,2	7,8	0,0	0,2	0,0	8,0			

Fonte: Laboratório de solos/água – Funceme (2019).

### 3.2 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos

O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com seis tratamentos primários nas parcelas e dois tratamentos secundários nas subparcelas e quatro repetições (FIGURA 2).

Figura 2 – Croqui experimental



## LEGENDA:

○ PLANTAS  
 — LINHAS DE IRRIGAÇÃO  
 ■ REGISTRO  
 ■ BLOCO EXPERIMENTAL  
 — DIVISÃO DAS PARCELAS EM SUBPARCELAS  
 L - CULTIVAR LARANJA

V - CULTIVAR VERMELHA  
 B - BORDADURA  
 T1 - SEM INDUÇÃO DE DÉFICIT HÍDRICO  
 T2 - INDUÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO NO ESTÁDIO VEGETATIVO  
 T3 - INDUÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO NO ESTÁDIO DE FLORAÇÃO

T4 - INDUÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO NO ESTÁDIO DE FRUTIFICAÇÃO  
 T5 - INDUÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO NO ESTÁDIO DE MATURACÃO  
 T6 - INDUÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO EM TODOS OS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS

Fonte: Dados da pesquisa.

Os tratamentos primários foram constituídos por épocas de indução do déficit hídrico, sendo dispostos da seguinte forma: indução do déficit hídrico no estágio vegetativo, indução do déficit hídrico no estágio de floração, indução do déficit hídrico no estágio de frutificação, indução do déficit hídrico no estágio de maturação, indução do déficit hídrico em todos os estádios fenológicos, e um tratamento testemunha sem indução do déficit hídrico durante todo o ciclo. O déficit hídrico foi estabelecido como 50 % da  $ET_{C_{loc}}$  aplicada no tratamento sem déficit. Ao se encerrar a fase fenológica, o valor da  $ET_{C_{loc}}$  era restabelecido para 100%  $ET_{C_{loc}}$  de acordo com o tratamento aplicado.

Para determinação das fases fenológica utilizou-se caracterização visual (ROCHA, 2009) considerando a fase vegetativa como o intervalo de semeadura até o surgimento do primeiro cacho floral em 51% das plantas; fase de floração o intervalo em que 52% das plantas apresentarem o primeiro cacho floral até 51% das plantas possuírem frutos; fase de frutificação o intervalo em que 52% das plantas apresentam frutos até 51% das plantas possuírem frutos em ponto de colheita; e fase de maturação como o intervalo em que 52% das plantas apresentam frutos em ponto de colheita até o encerramento da colheita.

Os tratamentos secundários constituíram-se de duas cultivares de tomate cereja (vermelho e laranja).

A parcela experimental e as subparcelas possuem respectivamente, uma área de 11,0 e 5,5 m<sup>2</sup>, sendo que cada subparcela foi composta por 11 plantas, destas consideradas úteis as cinco plantas centrais, sendo as restantes consideradas bordaduras.

### **3.3 Produção de mudas, transplântio e manejo da cultura**

Sementes de tomate cereja das cultivares laranja e vermelho foram semeadas em bandejas de isopor com 162 células (volume de 31 cm<sup>3</sup>) preenchidas com substrato contendo 90% de esterco bovino e 10% de vermiculita. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação coberta com tela sombrite de 50%, as quais permaneceram por 32 dias após a semeadura (DAS), apresentando nesta data de três a quatro folhas definitivas. Aos 16 DAS realizou-se desbaste das mudas deixando uma planta por célula.

Em seguida foram transplantadas (32 DAS) para a área experimental, com espaçamento de 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre linhas. O solo que recebeu as mudas estava devidamente preparado com a retirada de plantas invasoras e revolvimento na profundidade de 0,30 m com auxílio de uma grade niveladora. Realizou-se a confecção de canteiros com o uso de um terraceador, com posterior incorporação de 2,0 kg m<sup>-1</sup> de esterco bovino, seguindo recomendação de Souza (2010).

As plantas de tomate cereja cultivar vermelho possuem hábito indeterminado de crescimento, sendo realizada sua condução com duas hastes e com tutoramento vertical. As podas para eliminação de ramos ladrões iniciaram-se 26 dias após o transplântio (DAT), ocorrendo semanalmente após esse período. O tomate cereja da cultivar laranja possui hábito de crescimento determinado, não sendo necessário realizar seu tutoramento. Em ambas as cultivares realizou-se amontoa aos 26 DAT e adubação de cobertura aos 50 DAT com esterco bovino.

As plantas foram conduzidas em sistema de cultivo orgânico de produção. O controle fitossanitário foi realizado pelo monitoramento da população de insetos por meio de armadilhas adesivas e aplicação semanal de defensivo natural à base de Azadirathina extraído do Neem Indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) na concentração de 0,01% diluído em água com pH 6,8. Aos 10 e 25 DAT realizaram-se capinas manuais a fim de controlar plantas daninhas.

### 3.4 Sistema e manejo da irrigação

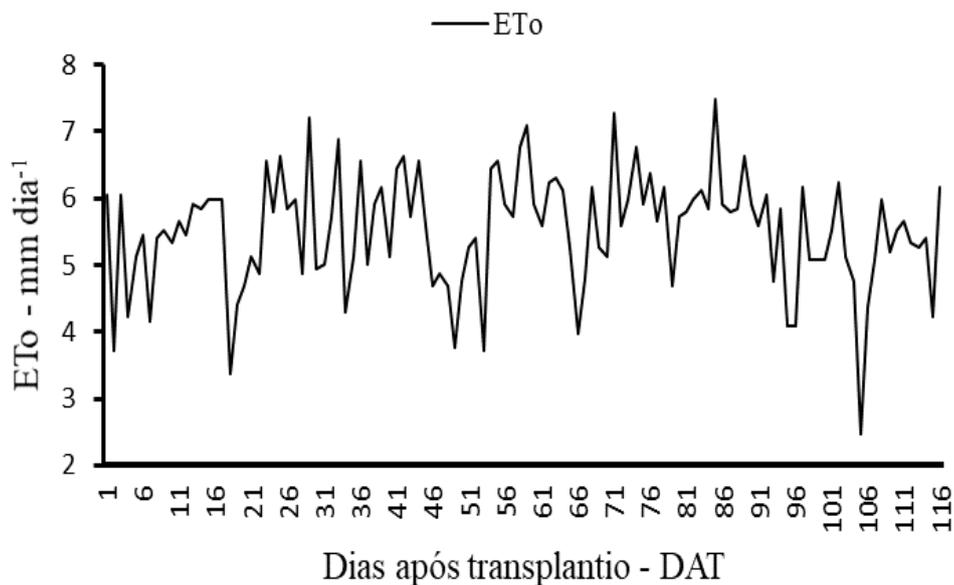
O sistema de irrigação utilizado foi do tipo localizado por fita gotejadora, com diâmetro de 16 mm, vazão de  $1,6 \text{ L h}^{-1}$ , pressão de serviço de 10 mca e espaçamento entre emissores de 0,30 m. O sistema apresentou coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de 97,7% obtido por metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975) e eficiência do sistema de 92,8 % obtido por metodologia seguida por Gomes (2013).

As irrigações foram realizadas diariamente e fracionadas em duas aplicações conforme a lâmina requerida pela cultura, e tendo como base a evaporação de um Tanque Classe A, instalado próximo à área do experimento. As 08:00 horas aplicou-se 70% da lâmina requerida e as 15:00 o restante da lâmina de água.

Até os 10 DAT, a irrigação foi realizada com base na lâmina requerida pela cultura para garantir o estabelecimento das mudas em todas as parcelas experimentais. A partir desse período aplicaram-se os diferentes tratamentos estabelecidos.

A determinação da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) foi efetuada pelo produto da evaporação do tanque (ECA) pelo coeficiente do tanque (Kt). A Figura 3 apresenta os valores da  $ET_o$  durante o período experimental.

Figura 3 – Valores da  $ET_o$  obtidos a partir de tanque classe A



Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores de Kc para o tomate cereja nos diferentes estádios fenológicos seguiram os obtidos por Doorenbos e Kassan (1994) (TABELA 4).

Tabela 4 – Coeficiente da cultura (Kc) do tomateiro

Estádios	Kc
Inicial	0,5
Vegetativo	0,8
Floração	1,25
Frutificação	0,9
Maturação	0,65

Adaptada de Doorenbos e Kassan (1994).

A evapotranspiração da cultura (ETc) foi obtida pelo produto do valor da ETo com o coeficiente da cultura (Kc).

Estimou-se correção da ETc para sistema localizado pela seguinte equação:

$$ET_{cloc} = ET_c \times 0,1 \times \sqrt{P_w} \quad (1)$$

Sendo:

ETc – evapotranspiração potencial da cultura, em mm dia<sup>-1</sup>;

Pw – porcentagem da área molhada ou sombreada, prevalecendo o maior valor em (%).

Para determinação da porcentagem de área molhada ou sombreada foram utilizadas as equações:

$$PAM = NEP \times \frac{Se \times W}{Sp \times Sf} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

PAM – porcentagem da área molhada, em (%);

Se – espaçamento entre emissores, em m;

Sp – espaçamento entre plantas, em m;

Sf – espaçamento entre fileiras, em m;

W – diâmetro máximo do bulbo molhado por emissor (m<sup>2</sup>);

NEP – número de emissores por planta.

$$PAS = \frac{AS}{AT} \times 100 \quad (3)$$

Sendo:

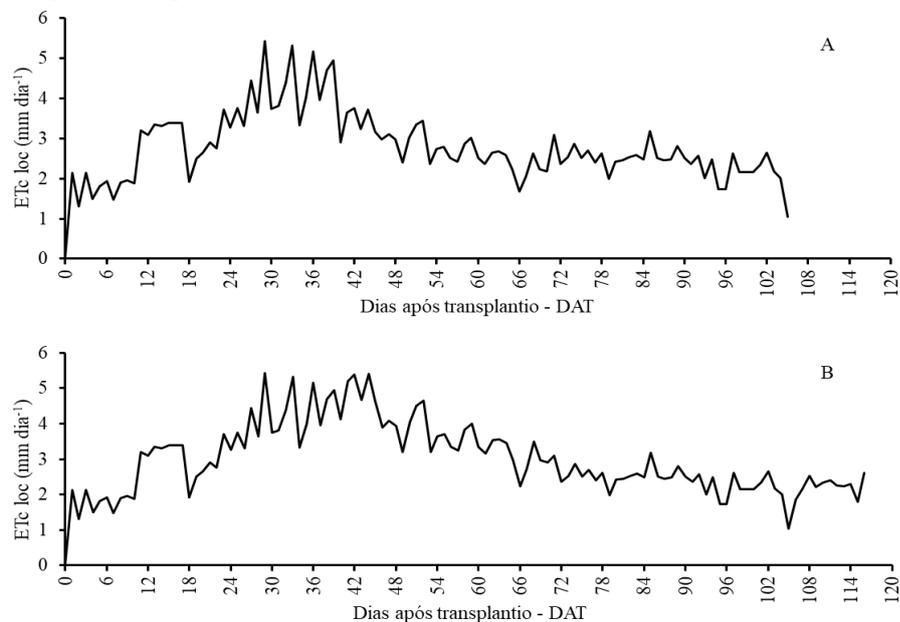
PAS – porcentagem da área sombreada, em (%);

AS – área sombreada pela planta, em m<sup>2</sup>;

AT – área total da planta, em m<sup>2</sup>;

Na Figura 4 se visualizam os valores da ET<sub>c</sub> corrigida para sistemas localizados de irrigação obtidos para as cultivares laranja (FIGURA 4- A) e vermelho (FIGURA 4 - B).

Figura 4 – Valores da ET<sub>cloc</sub> obtidos para tomate cereja cultivares laranja (A) e vermelho (B) durante a condução do experimento.



Fonte: Dados da pesquisa.

O tempo de irrigação foi calculado pela seguinte equação:

$$Ti = \frac{ET_{cloc} \times Se \times Sf \times Fl \times 60}{NEP \times Ea \times qa} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

Ti – tempo de irrigação, em minutos;

ET<sub>cloc</sub> – evapotranspiração localizada, em mm dia<sup>-1</sup>.

Se – espaçamento entre emissores, em m;

Sf – espaçamento entre linhas laterais, em m;

Fl – porcentagem da lâmina definida pelo tratamento, adimensional;

Ea – eficiência de aplicação, adimensional;

qa – vazão média de cada gotejador, L h<sup>-1</sup>.

NEP – número de emissores por planta.

### 3.5 Avaliações experimentais

#### 3.5.1 Variáveis agronômicas dos frutos

Após colheita dos frutos foram avaliadas as seguintes variáveis agronômicas: Diâmetro longitudinal dos frutos (DLF, mm); Diâmetro transversal dos frutos (DTF, mm); Massa de frutos comerciais por planta (MFC - g planta<sup>-1</sup>); Massa de frutos totais por planta (MFT - g planta<sup>-1</sup>); Número de frutos comerciais por planta (NFC); Número de frutos totais por planta (NFT); Produtividade (PROD - t ha<sup>-1</sup>)

A mensuração das variáveis DLF e DTF deu-se com auxílio de paquímetro digital. Já para a obtenção da MFC e MFT usou-se balança digital. A produtividade foi estimada pelo produto entre a MFC e número de plantas do estande (20.000 plantas ha<sup>-1</sup>).

#### 3.5.2 Coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky)

Foi quantificada pelo fator Ky (DOORENBOS; KASSAM, 1994), que relaciona a queda de rendimento relativo [1-(Yr/Ym)] com déficit de evapotranspiração relativa [1- (ETr/ETm)]. Matematicamente, o Ky é descrito como:

$$Ky = \left[ 1 - \left( \frac{Yr}{Ym} \right) \right] / \left[ 1 - \left( \frac{ETr}{ETm} \right) \right] \quad (5)$$

Em que:

Yr - rendimento real da cultura obtido nos tratamentos submetidos ao déficit hídrico;

Ym - rendimento máximo da cultura obtido no tratamento sem déficit hídrico;

ETr - evapotranspiração real da cultura obtida nos tratamentos submetidos a déficit hídrico;

ETm - evapotranspiração máxima da cultura obtida no tratamento sem déficit hídrico.

### 3.5.3 Eficiência no uso da água

A eficiência no uso da água foi obtida por meio da produtividade da água de irrigação (PAir) na qual é calculada pela relação entre o valor da produtividade total dos frutos comerciais ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e a quantidade de água aplicada na irrigação ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ), em cada tratamento ao final do ciclo (PEREIRA *et al.*, 2009).

### 3.5.4 Variáveis fisiológicas: Trocas gasosas

Aos sete dias após a fase de maturação, por meio de um analisador de gás por infravermelho – IRGA modelo LI6400XT (LI-COR) os seguintes variáveis fisiológicas foram avaliados: Concentração interna de gás carbônico ( $C_i$ -ppm); Taxa de transpiração foliar ( $E$ - $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); Condutância estomática ( $g_s$ - $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); Taxa fotossintética líquida ( $A$ - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); Razão entre as concentrações de gás carbônico interno e do ambiente ( $C_i/C_a$ ); Eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ); Eficiência instantânea no Uso da Água ( $A/E$ ).

As leituras com o aparelho ocorreram aos 60 DAT e 77 DAT para as cultivares laranja e vermelho, respectivamente. Utilizou-se para as leituras o terceiro par de folhas definitivas totalmente desenvolvida, luz actínia constante de  $1000 \mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , concentração de  $\text{CO}_2$  ambiente média de  $388 \mu\text{mol mol}^{-1}$  e temperatura do ambiente de  $37,04^\circ \text{C} \pm 1,1$ . As leituras foram realizadas entre o intervalo das 8:00 as 11:00 horas da manhã.

## 3.6 Análises estatísticas

Os coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico foram classificados segundo metodologia preconizada pela Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO, pelos Boletins 33 (DOORENBOS; KASSAM, 1979) e 66 (STEDUTO *et al.*, 2012).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de normalidade dos resíduos pelo teste Shapiro-Wilk e homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett, em seguida realizou-se análise de variância pelo teste F, ocorrendo efeito significativo comparou-se as médias pelo teste de Tukey. As variáveis massa de frutos comerciais e produtividade passaram por transformação de Box Cox antes da realização da análise de variância.

Utilizaram-se para as análises estatísticas, os pacotes ExpDesp.pt (FERREIRA *et al.*, 2018) e MASS (VENABLES; RIPLEY, 2002) através do software R versão 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Demandas hídricas, climáticas e desenvolvimento fenológico

A quantidade de água que as culturas consomem é necessária para o eficiente gerenciamento do manejo da irrigação (HANSON; MAY, 2006). Dessa forma, calculou-se a quantidade demandada de água para os tratamentos.

Os volumes de água aplicados no tomateiro cereja ‘laranja’ foram de 95,24; 87,18; 86,05; 88,12; 74,90 e 50,54 L planta<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>, o que correspondeu a uma lâmina de irrigação de 325,58; 291,89; 266,96; 263,46; 269,88 e 230,34 mm ciclo<sup>-1</sup>, para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6, respectivamente.

Para o tomateiro cereja ‘vermelho’ aplicou-se o volume de água de 113,23; 105,17; 94,19; 104,15; 95,71 e 59,53 L planta<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>, o que correspondeu a uma lâmina de irrigação de 350,27; 325,34; 291,36; 319,79; 267,99 e 175,13 mm ciclo<sup>-1</sup>, para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6, respectivamente.

A cultivar vermelho necessita de maiores quantidades de água por ciclo de cultivo, representando um valor 15,9; 17,1; 8,6; 15,4. 21,7 e 15,1% a mais de volume de água por planta (L planta<sup>-1</sup>) em comparação aos volumes requeridos pelos mesmos tratamentos para a cultivar laranja.

A variações encontradas nos volumes de irrigação entres as cultivares pode ser explicada pelo fato da duração dos estádios fenológicos e duração do ciclo, que se apresentaram de formas distintas em algumas fases para as cultivares estudadas. A Tabela 5 apresenta o intervalo de cada estágio fenológico para as duas cultivares.

Tabela 5 – Intervalos das fases fenológicas do tomateiro cereja cultivares laranja e vermelho

Estádios fenológicos	Intervalos (DAT)	
	Cultivar laranja	Cultivar vermelho
Vegetativo	11 - 26	11 - 26
Floração	27 - 39	27 - 53
Frutificação	40 - 53	54 - 70
Maturação	53 - 105	71 - 116

Fonte: Dados da pesquisa.

O período de produção das mudas (semeadura ao transplante) abrangeu 32 dias. Considerando o período do transplante até a colheita final, o ciclo de cultivo foi de 105 e 116 dias para as cultivares laranja e vermelho, respectivamente. A fase vegetativa em ambas cultivares durou 11 dias, já para as fases de floração, frutificação e maturação duraram respectivamente 12, 13 e 52 dias para a cultivar laranja e de 26, 16 e 45 dias para a cultivar vermelho. Essas diferenças de duração das fases fenológicas se deram pelas diferenças no hábito de crescimentos das cultivares. A duração do ciclo de cultivo está dentro da faixa para a cultura que variam de 95 a 125 dias (MAROUELLI *et al.*, 2012).

As fases fenológicas do tomateiro estão diretamente ligadas as temperaturas e umidades relativas do ar, de acordo com Caliman *et al.* (2005), são fatores que afetam a produtividade desta cultura.

Segundo Naika, *et al.* (2006), a temperatura ótima está na faixa de 21 a 24 °C para as maiorias das variedades, sendo que essas podem variar entre 10 °C e 38 °C, temperaturas inferiores e superiores a essas danificam os tecidos celulares.

A Tabela 6 apresenta os valores médios da temperatura e da umidade relativa do ar máximas e mínimas durante os estádios fenológicos dos tomates cerejas no período experimental.

Tabela 6 – Valores médios da temperatura (T, °C) e umidade relativa do ar (UR, %) máximas e mínimas durante os estádios fenológicas do tomate cereja no período de cultivo, seguidos de  $\pm$  desvio padrão

Estádios fenológicos	Cultivar laranja		Cultivar vermelho	
	T °C			
	máxima	mínima	Máxima	Mínima
Vegetativo	37,33 $\pm$ 0,95	24,19 $\pm$ 2,12	37,33 $\pm$ 0,95	24,19 $\pm$ 2,12
Floração	38,34 $\pm$ 1,15	23,61 $\pm$ 2,90	38,54 $\pm$ 1,09	23,00 $\pm$ 1,67
Frutificação	38,73 $\pm$ 1,03	22,43 $\pm$ 0,65	39,11 $\pm$ 0,54	23,44 $\pm$ 1,03
Maturação	39,12 $\pm$ 1,39	23,47 $\pm$ 1,04	39,14 $\pm$ 1,47	23,45 $\pm$ 0,94
Estádios Fenológicos	UR %			
	máxima	mínima	Máxima	Mínima
Vegetativo	61,13 $\pm$ 9,05	48,44 $\pm$ 5,40	61,13 $\pm$ 9,05	48,44 $\pm$ 5,40
Floração	56,85 $\pm$ 5,46	46,23 $\pm$ 3,06	55,78 $\pm$ 7,11	46,37 $\pm$ 4,81
Frutificação	54,79 $\pm$ 8,44	46,50 $\pm$ 6,14	56,71 $\pm$ 7,91	41,18 $\pm$ 4,53
Maturação	55,09 $\pm$ 6,38	42,85 $\pm$ 4,69	54,41 $\pm$ 5,02	43,70 $\pm$ 4,28

Fonte: Dados da pesquisa.

Observou-se que as faixas de temperatura estão fora da zona ótima de produção, no entanto estão dentro dos limites aceitáveis. A fase de floração é umas das mais afetadas pela temperatura, para essa fase as temperaturas médias obtidas foram de 30,97 e 30,77 °C para as cultivares laranja e vermelho, respectivamente, ou seja, dentro dos valores aceitáveis.

Uma redução na produtividade das duas cultivares foi esperada por apresentarem valores de temperaturas máximas superiores a 35 °C, sabendo-se que o tomateiro submetido a temperaturas acima de 35°C diminuem a fecundação das flores, assim como temperaturas mínimas noturnas abaixo de 21 °C podem provocar o aborto de frutos (CASTRO *et al.*, 2008; NAIKA *et al.*, 2006).

Os valores médios de umidade relativa do ar estão dentro da faixa da cultura que variam de 50 a 70% (GUIMARÃES *et al.*, 2007).

Quando se analisam os valores médios da  $ET_{cloc}$  por fases fenológicas (TABELA 7) observa-se que as maiores taxas evaporativas são na fase de floração para ambas as cultivares de tomate cereja, o que reflete em uma fase fenológica que requer maior demanda hídrica. Por sua vez, a fase de maturação possui menores valores de  $ET_{cloc}$  chegando a representar 44,6 e 45,9% menores demandas em relação a fase de floração. Essas variações se dão pelos coeficientes de cultivos específicos para cada fase e por variações da demanda atmosférica que exercem influência no processo evapotranspirativo como o a velocidade do vento e a umidade relativa do ar (FARAHANI *et al.*, 2008).

Tabela 7 – Valores médios da  $ET_{cloc}$  por fases fenológicas durante cultivo de tomates cerejas cultivares laranja e vermelho seguidos de  $\pm$  desvio padrão

Estádios fenológicos	Cultivar laranja	Cultivar vermelho
	$ET_{cloc}$ (mm dia <sup>-1</sup> )	
Vegetativo	3,12 $\pm$ 0,47	3,12 $\pm$ 0,47
Floração	4,37 $\pm$ 0,69	4,36 $\pm$ 0,68
Frutificação	3,14 $\pm$ 0,43	3,30 $\pm$ 0,44
Maturação	2,42 $\pm$ 0,37	2,36 $\pm$ 0,37

Fonte: Dados da pesquisa.

## 4.2 Variáveis agronômicas dos frutos

Observou-se que de acordo com a Tabela 8 não houve efeito significativo na interação entre os fatores déficits hídricos nas fases fenológicas e os fatores cultivares ( $p > 0.05$ ) para as variáveis avaliadas, exceto para o número de frutos comerciais ( $p < 0.05$ ) e número de frutos totais ( $p < 0.01$ ). No entanto observando o efeito isolado, ocorreu diferenças significativas ( $p < 0.01$ ) nas variáveis massa dos frutos comerciais, massa dos frutos totais e produtividade para o fator tratamento.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância para as variáveis agronômicas número de fruto comerciais (NFC), número de fruto totais (NFT), massa de frutos comerciais por planta (MFC), Massa de frutos totais por planta (MFT) e Produtividade (PROD)

F.V	G.L	Quadrado médio				
		NFC (frutos planta <sup>-1</sup> )	NFT (frutos planta <sup>-1</sup> )	MFC <sub>t</sub> (g planta <sup>-1</sup> )	MFT (g planta <sup>-1</sup> )	PROD <sub>t</sub> (t ha <sup>-1</sup> )
Bloco	3	34,8	18,5	1,3905x10 <sup>10</sup>	27259	2222,4
Tratamento (a)	5	1090,7*	917,6*	8,1463x10 <sup>10***</sup>	48578***	13024,9***
Resíduo (a)	15	270,5	256,9	2,4345x10 <sup>9</sup>	5450	389,4
Cultivares (b)	1	10281,4**	8010,9***	1,8141x10 <sup>8</sup> ns	47107 <sup>ns</sup>	29,1 <sup>ns</sup>
a x b	5	762,4*	1000,3**	5,0531x10 <sup>9</sup> ns	4771 <sup>ns</sup>	805,7 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	18	208,4	231,3	7,2773x10 <sup>9</sup>	13277	1164,7
CV % (a)		15,77	12,94	14,33	10,59	14,33
CV % (b)		13,84	12,28	24,79	16,53	24,79

F.V. - Fontes de Variação; C.V. (a) - Coeficiente de Variação da parcela; C.V. (b) - Coeficiente de Variação da subparcela; G.L. - Graus de Liberdade; \*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; \*\*\* Significativo pelo teste F a 0,1%; ns = não significativo; t- Transformação de Box Cox.

A variável número de frutos comerciais responderam ao déficit nas fases fenológicas e a cultivares de tomates cerejas (TABELA 9), de modo que a maior média registrada foi para a cultivar vermelho sem aplicação de déficit hídrico com valor de 148,46 frutos planta<sup>-1</sup>. Com a aplicação do déficit na fase vegetativa para a cultivar vermelha não houve diferenças significativas em relação ao tratamento controle. A menor

média registrada foi para a cultivar vermelho com 93,67 frutos planta<sup>-1</sup>, que não deferiu estatisticamente da aplicação do déficit hídrico nas fases de floração, frutificação e maturação.

Tabela 9 – Desdobramento da interação entre o déficit hídrico nas fases fenológicas e cultivares de tomates cerejas para número de frutos comerciais (NFC)

Tratamentos	NFC (frutos planta <sup>-1</sup> )	
	Cultivar laranja	Cultivar vermelho
T1	93,31 bA	148,46 aA
T2	93,22 bA	140,86 aAB
T3	88,83 bA	112,44 aBC
T4	82,74 bA	111,04 aBC
T5	87,84 aA	107,22 aC
T6	92,11 aA	93,67 aC
CV %	4,56	17,74

Médias seguidas por letras maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para a cultivar laranja a maior média foi registrada para o tratamento controle, não deferindo estatisticamente das demais imposições de déficit hídrico nas fases fenológicas. A cultivar vermelho apresentou melhores desempenho em todos os tratamentos em comparação com a cultivar laranja, exceto para os tratamentos com imposição de déficit em todas as fases fenológica e na maturação, na qual apresentaram-se como estatisticamente iguais para ambas as cultivares.

Para a variável NTF (TABELA 10) a cultivar laranja não apresentou diferenças estatísticas nas médias entre os tratamentos. Já a cultivar vermelho o tratamento sem déficit hídrico apresentou o melhor desempenho com 168,31 frutos planta<sup>-1</sup> não deferindo estatisticamente da aplicação do déficit no estádio de vegetativo. Ocorreram para essa cultivar uma redução de 20,84; 23,53; 26,92 e 33,65% no número totais de frutos respectivamente para a aplicação do déficit nas fases de floração, frutificação, maturação e em todos os estádios fenológicos em comparação com as condições ideais de fornecimento de água.

Tabela 10 – Desdobramento da interação entre o déficit hídrico nas fases fenológicas e cultivares de tomates cerejas para número totais de frutos (NTF)

Tratamentos	NTF (frutos planta <sup>-1</sup> )	
	Cultivar laranja	Cultivar vermelho
T1	109,87 bA	168,31 aA
T2	112,34 bA	155,58 aAB
T3	116,58 aA	133,22 aBC
T4	101,41 bA	128,71 aBC
T5	109,47 aA	123,00 aBC
T6	115,77 aA	111,66 aC
CV %	4,95	15,50

Médias seguidas por letras maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A produtividade dos tomates cerejas não foram afetadas pelas cultivares utilizadas, mas as imposições do déficit nos estádios fenológicos provocaram diferenças estatísticas (TABELA 11). Os menores rendimentos obtidos foram para a aplicação do déficit em todos os estádios fenológicos e no período de floração. Já as plantas em condições de controle obtiveram os maiores rendimentos de frutos seguido da aplicação de déficit na fase de vegetativa.

Tabela 11 – Teste de médias para a variável Produtividade (PROD) analisando o efeito isolado do fator tratamento para tomates cerejas submetido a déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos

Tratamentos	PROD (t ha <sup>-1</sup> )
T1	13,92a
T2	12,80ab
T3	9,71c
T4	12,16b
T5	11,46b
T6	9,20c
CV%	15,70

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para a irrigação deficitária dos tomates cerejas levando em conta a produtividade dos frutos os dados sugerem que a diminuição da quantidade de água na fase vegetativa pode promover economia de água para os produtores com pequena diminuição na produção.

Na Tabela 12 percebe-se que ocorreu efeito significativo na interação entre o fator déficits hídricos nas fases fenológicas e o fator cultivares ( $p > 0.001$ ) para a variável diâmetro longitudinal dos frutos. A variável diâmetro transversal dos frutos apresentou efeitos significativos isolados entre os fatores estudados, nos tratamentos ( $p < 0.01$ ) e nas cultivares ( $p < 0.001$ ).

Tabela 12 – Resumo da análise de variância para as variáveis agrônômicas diâmetro longitudinal dos frutos (DLF) e diâmetro transversal dos frutos (DTF)

F.V	G.L	Quadrado médio	
		DTF (mm)	DLF (mm)
Bloco	3	0,989	0,696
Tratamento (a)	5	4,091 **	4,226 ***
Resíduo (a)	15	0,833	0,421
Cultivares (b)	1	264,80 ***	279,37 ***
a x b	5	0,82 ns	2,96 ***
Resíduo (b)	18	0,67	0,36
CV % (a)		3,88	2,71
CV % (b)		3,47	2,50

F.V. - Fontes de Variação; C.V. (a) - Coeficiente de Variação da parcela; C.V. (b) - Coeficiente de Variação da subparcela; G.L. - Graus de Liberdade; \*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; \*\*\* Significativo pelo teste F a 0,1% e ns = não significativo.

O maior valor médio do DLF obtido foi 26,87 mm para a cultivar laranja sob déficit aplicado na fase de frutificação dos frutos, não deferindo dos demais tratamentos dentro dessa cultivar (TABELA 13). Já para a cultivar vermelho o maior valor médio registrado foi de 23,52 mm para o tratamento sob déficit hídrico na fase vegetativa, deferindo das demais imposições de déficits significativamente.

O déficit hídrico na fase de floração e durante todo o ciclo de cultivo para a cultivar vermelho apresentaram as menores médias e representaram uma redução de 12,12 e 16,32 % no diâmetro longitudinal máximo obtido para essa cultivar (TABELA 13).

Comparando o DLF entre as duas cultivares a cultivar laranja estatisticamente apresentou valores superiores em um mesmo nível de tratamento. Os valores médios para as cultivares laranja e vermelho respectivamente para o comprimento transversal foram de 25,87 e 21,17 mm com diferenças significativas entre as duas.

Tabela 13 – Desdobramento da interação entre o déficit hídrico nas fases fenológicas e cultivares de tomates cerejas para diâmetro longitudinal dos frutos

Tratamentos	DLF (mm)	
	Cultivar laranja	Cultivar vermelho
T1	26,34 aA	21,72 bB
T2	26,53 aA	23,52 bA
T3	26,11 aA	20,67 bBC
T4	26,87 aA	21,32 bB
T5	25,79 aA	21,85 bB
T6	26,06 aA	19,68 bC
CV%	1,45	5,99

Médias seguidas por letras maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

De acordo com Fernandes *et.al.* (2007) ambas as cultivares apresentaram formato dos frutos oblongo, por esses apresentarem o diâmetro longitudinal maior que o diâmetro transversal do fruto. Ainda segundo os autores essas cultivares são classificadas como de frutos pequenos.

Os diâmetros transversais e longitudinais dos frutos são influenciados pela divisão e alongamento celular na formação e desenvolvimento do fruto (COSTA *et al.*, 2018). Esses processos celulares estão diretamente ligados ao fornecimento de água para as plantas, a cultivar laranja mesmo com restrições hídricas consegue manter de forma eficiente o seu diâmetro de condições ideais com relação a demanda hídrica da planta. A cultivar vermelha mostra que a fase de floração se apresenta como crítica para essa característica estudada, bem como o estresse durante todo as fases de cultivo, influenciando negativamente nos aspectos da formação dos frutos.

### 4.3 Coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky)

O coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky) é usado para indicar a sensibilidade das plantas ao déficit hídrico em qualquer fase do seu ciclo (AZEVEDO *et al.*, 2016) ou no ciclo completo. A resposta da produção ao déficit hídrico é uma ferramenta importante para o planejamento da produção, um valor Ky maior reflete em maiores perdas no rendimento da cultura provocada pelo déficit hídrico ( PEJIC *et al.*, 2017).

Os valores Yr, Ym,  $(1 - Yr/Ym)$ ,  $(1 - ETr/ETm)$  e os coeficientes de sensibilidade Ky médios calculados para os tratamentos sob déficit hídrico nos estádios fenológicos dos tomates cerejas estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Valores médios da composição dos coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky) para cultivares de tomate cereja sob déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos em região semiárida

Cultivar laranja						
Tratamentos	Yr	Ym	(ETr/ETm)	[1-(Yr/Ym)]	[1-(ETr/ETm)]	Ky
T2	12,83	13,96	0,50	0,08	0,50	0,16
T3	8,96	13,96	0,50	0,36	0,50	0,73
T4	12,57	13,96	0,50	0,10	0,50	0,20
T5	12,06	13,96	0,50	0,14	0,50	0,28
T6	8,68	13,96	0,50	0,38	0,50	0,76

Cultivar vermelho						
Tratamentos	Yr	Ym	(ETr/ETm)	[1-(Yr/Ym)]	[1-(ETr/ETm)]	Ky
T2	12,77	13,87	0,50	0,08	0,50	0,16
T3	10,46	13,87	0,50	0,25	0,50	0,49
T4	11,75	13,87	0,50	0,15	0,50	0,31
T5	10,86	13,87	0,50	0,21	0,50	0,43
T6	9,73	13,87	0,50	0,30	0,50	0,59

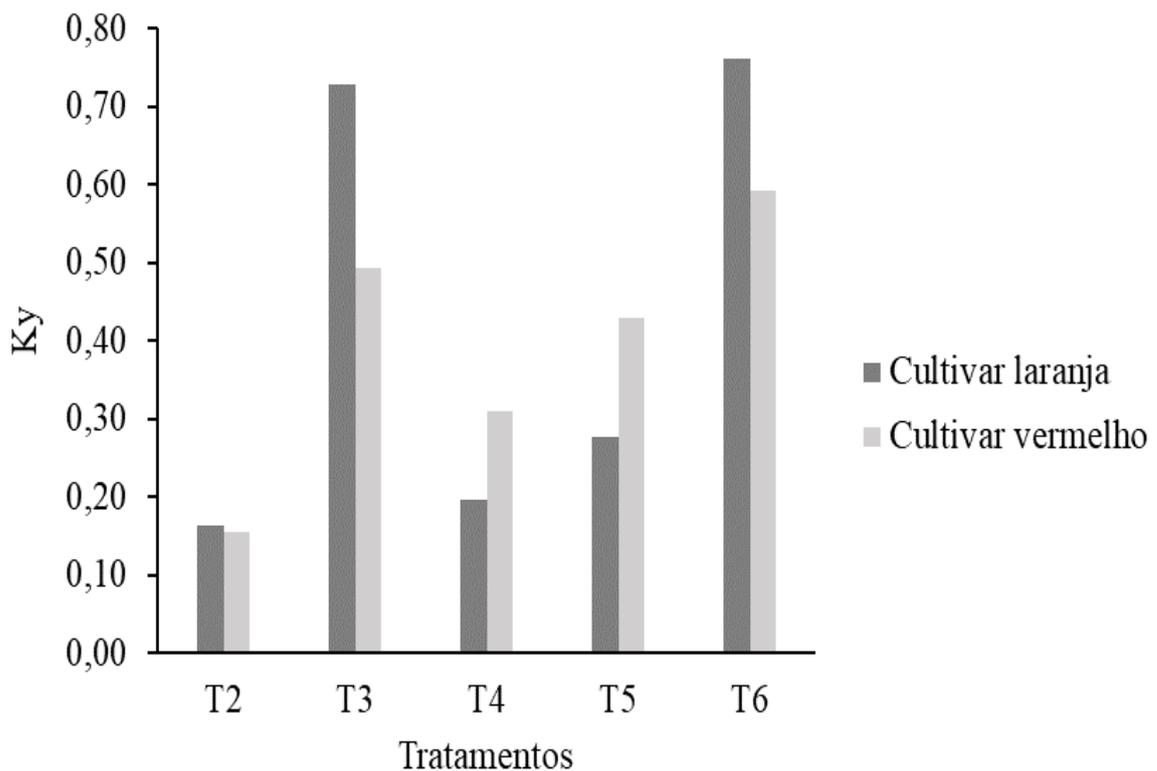
Yr - rendimento real; Ym - rendimento máximo; (ETr/ETm) - razão entre a evapotranspiração real e máxima;  $[1 - (Yr/Ym)]$  - déficits de produtividade;  $[1 - (ETr/ETm)]$  - déficits de evapotranspiração

Observa-se que nas condições climatológicas em que a pesquisa foi desenvolvida em ambas as cultivares os maiores valores de Ky obtidos foram para os tratamentos que sofreram déficit hídrico em todas os estádios fenológicas (T6).

Considerando fases específicas no desenvolvimento do tomate cereja, as plantas submetidas ao estresse hídrico durante o período de floração (T3) obtiveram maiores valores

de  $K_y$ , assim como o estresse aplicado na fase vegetativa (T2) registra menores valores em relação as demais fases. Esses comportamentos são externados para as duas cultivares (FIGURA 5).

Figura 5 – Valores médios de  $K_y$  obtidos para cultivares de tomate cereja submetidas a aplicação de 50% da  $ET_{C_{loc}}$  em diferentes fases fenologias



Fonte: Dados da pesquisa.

Em ambas as cultivares observou-se em ordem crescente de valores de  $K_y$  na indução dos déficits nos estágios vegetativo (T2), frutificação (T4), maturação (T5), florescimento (T3) e em todos os estádios fenológicos (T6).

Comparando os valores de  $K_y$  entre as cultivares para um mesmo tratamento observou-se que para a cultivar laranja a aplicação de 50% da  $ET_{C_{loc}}$  na fase de floração (T3) e em todos os estádios fenológicos (T6) provocou valores de  $K_y$  superiores em relação a cultivar vermelho, o que acarreta maior sensibilidade e conseqüentemente diminuição no rendimento para essas condições.

A fase de floração para ambas as cultivares é a que requer maior demanda hídrica por apresentar valores de  $K_c$  maiores em relação as outras fases. No entanto correlacionar o

coeficiente de cultivo mais elevado com valores  $K_y$  maiores podem promover uma interpretação errônea dos dados, já que para a fase de maturação os valores de coeficiente de cultivo são menores que os das fases vegetativas e frutificação, e os resultados mostraram que o valor de  $K_y$  para o estresse aplicado na fase de maturação foram maiores em comparação com essas fases.

Com a aplicação de 50% da  $ET_{Cloc}$  na fase de frutificação (T4) e maturação (T5) a cultivar vermelho mostrou-se maior sensibilidade em relação a cultivar laranja. Na fase vegetativa os valores de  $K_y$  foram iguais para ambas as cultivares.

O Boletim 66 da FAO (STEDUTO *et al.*, 2012), mostra que as culturas podem ser classificadas quanto a sensibilidade ao déficit hídrico como muito sensível ( $K_y > 1$ ), proporcionalmente sensível ( $K_y = 1$ ) e pouco sensível ( $K_y < 1$ ). Já o Boletim FAO 33 (DOORENBOS; KASSAM, 1979) mostrou que a colheita pode ser classificada como possuindo sensibilidade baixa ( $K_y < 0,85$ ), sensibilidade intermediário - baixa ( $0,85 < K_y < 1,00$ ), sensibilidade intermediário-alto ( $1,00 < K_y < 1,15$ ) e sensibilidade alta ( $K_y > 1,15$ ).

Os valores de  $K_y$  obtidos para as cultivares em todos os tratamentos foram inferiores a 1,0 o que indicam dessa forma que são pouco sensíveis ao déficit hídrico conforme a classificação do boletim FAO 66. Levando em conta a classificação do boletim FAO 33 possuem sensibilidade baixa.

Carvalho *et al.*, (2016) afirma que espécies de plantas que apresentam valores de  $K_y < 1$  possuem adaptabilidade ao déficit hídrico. Esse comportamento foi observado para ambas as cultivares com o déficit hídrico aplicado nas fases fenológicas. Subentende-se que os decréscimos na produtividade são inferiores a restrição do déficit evapotranspirativo nos tratamentos, com a consequente diminuição da quantidade de água aplicada.

Os valores de  $K_y$  encontrados para os tomates cerejas diferem dos apresentados por Doorenbos e Kassam (1979) para a cultura do tomate de forma geral, em que apresentam valores de 0,4; 1,1; 0,8; 0,4; 1,05 respectivamente para as fases vegetativas, floração, frutificação, maturação e durante todas as fases fenológicas.

Patane *et al.* (2010), calculou para a cultura do tomate cultivada na região semiárida do mediterrâneo um valor de  $K_y$  de 0,76 para rendimento comercializável dos frutos com a aplicação de estresse hídrico durante todo o ciclo com base em 50% da  $ET_{Cloc}$ . Este valor foi igual ao encontrado nesse estudo para a cultivar laranja, e próximo ao da cultivar vermelho ( $K_y = 0,56$ ) ambas produzidas com o mesmo déficit e em condições semiáridas.

Gatta *et al.* (2007), reportou o valor de  $K_y = 0,55$  para a cultura do tomate bem próximo ao encontrado para a cultivar vermelho nesse estudo ( $K_y = 0,56$ ).

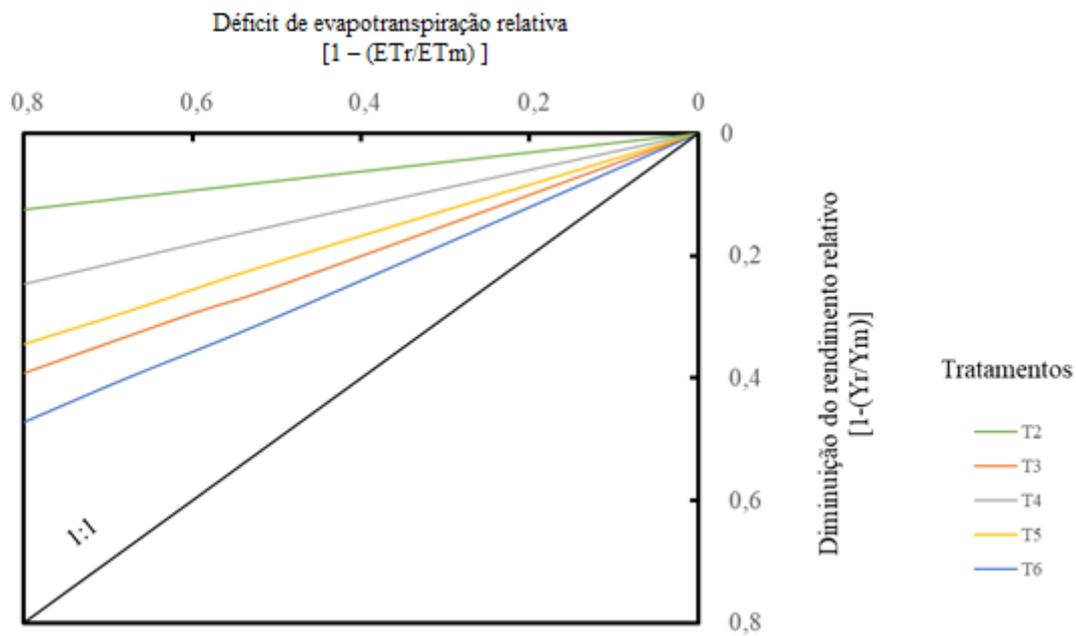
Para a cultura do melão cultivado na região nordeste do Brasil os autores Azevedo *et al.* (2016) obtiveram valores de  $K_y$  para diferentes lâminas de irrigação ( 75%, 50% e 25% ETc ) 48%, 39% e 9% inferiores aos limite de sensibilidade indicado para diferentes fases da cultura conforme dados apresentados por Doorenbos e Kassam (1979).

A cultura do feijão-caupi cultivadas na região nordeste do Brasil, quando comparado com os valores de  $K_y$  para o feijão comum observou-se valores diferentes com a referência do manual da FAO 33. Os autores Cordeiro *et al.* (1998), citam que o déficit hídrico nos estádios de floração e vegetativo, tiveram pouco efeito sobre o rendimento da cultura, apresentando valores de  $K_y$  igual a 0,34 na fase de floração e  $K_y = 0,35$  na fase vegetativa, comparados com os estabelecidos pela FAO 33 apresentaram diferenças marcantes com valores para floração de  $K_y = 1,1$  e para o estágio vegetativo  $K_y = 0,2$ .

Essas diferenças nos valores de  $K_y$  podem se dar pelo fato dos locais de cultivos serem distintos, assim como pelo fato que a cultura do tomateiro possui diferentes variedades e tipos de tomates. Imark (2015) reforça que os valores de  $K_y$  assim como as funções da produção das cultivares agrícolas variam para diferentes culturas e para a mesma cultura com estágio de crescimento, condições climáticas e de água no solo. O autor ainda pontua que a quantificação do  $K_y$  para diferentes condições climáticas e práticas de gestão local são necessárias para um planejamento e avaliação robusta da produção agrícola correlacionada ao uso da água.

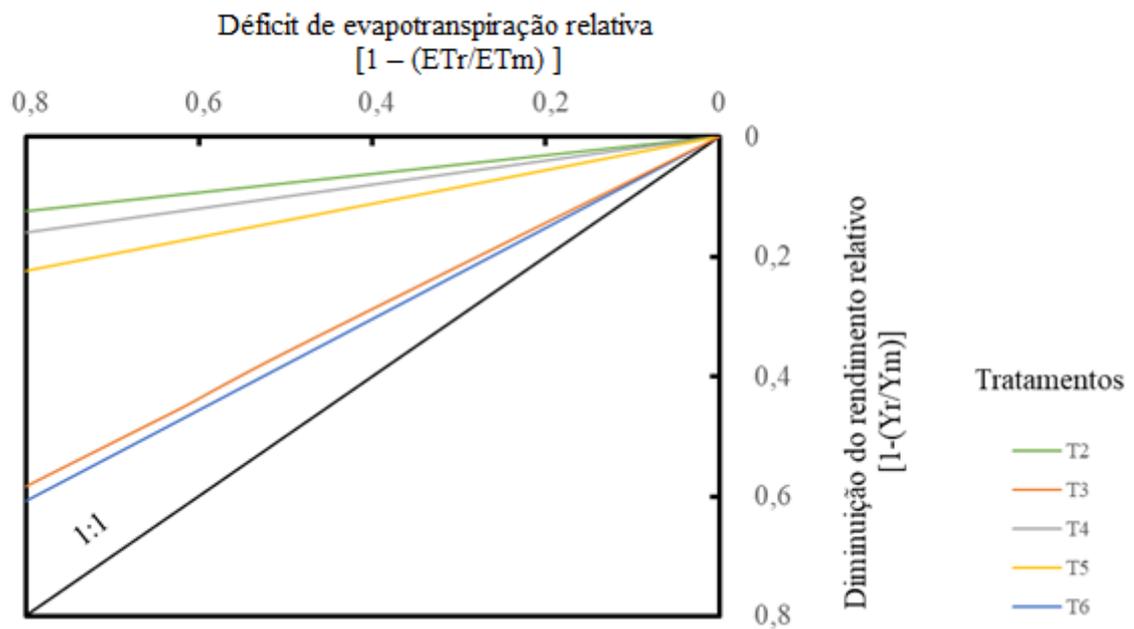
Estimou-se o comportamento do efeito do déficit hídrico sobre o rendimento das cultivares laranja (FIGURA 6) e vermelho (FIGURA 7) para as diferentes fases fenológicas e para todo o ciclo. Sabendo-se os valores de  $K_y$  são considerados como o coeficiente angular de uma equação de regressão, ajustada pela origem, entre a queda do rendimento relativo e o déficit relativo de evapotranspiração (BILIBIO *et al.*, 2010).

Figura 6 – Relação entre diminuição de rendimento relativo e evapotranspiração relativa do tomate cereja cultivar laranja



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 7 – Relação entre diminuição de rendimento relativo e evapotranspiração relativa de tomate cereja cultivar vermelho



Fonte: Dados da pesquisa.

#### 4.4 Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água foi obtida por meio da produtividade da água de irrigação (PAir). Observou-se que não houve efeito significativo na interação entre os tratamentos e cultivares ( $p > 0.05$ ), no entanto ocorreu efeito significativo nos tratamentos ( $p < 0.001$ ) e nas cultivares ( $p < 0.01$ ) isoladamente (TABELA 15).

Tabela 15 – Resumo da análise de variância para PAir para cultivares de tomate cereja sob déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos em região semiárida

FV	GL	Quadrado médio
		PAir (kg m <sup>-3</sup> )
Bloco	3	1,6864
Tratamento (a)	5	7,4857***
Resíduo (a)	15	0,3042
Cultivares (b)	1	13,7067**
a x b	5	1,7583 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	18	1,2560
CV % (a)		8,18
CV % (b)		16,63

FV: Fontes de variação; CV (a): Coeficiente de variação da parcela; CV (b): Coeficiente de variação da subparcela; GL: Graus de Liberdade; \* Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; \*\*\* Significativo pelo teste F a 0,1% e <sup>ns</sup> não significativo.

Para os efeitos isolados entre os tratamentos, o maior valor de PAir ocorreu no tratamento T6, com déficit hídrico de 50% da  $ET_{c_{loc}}$  durante todas as fases fenológicas, cujo valor médio foi de 8,38 kg m<sup>-3</sup>. O menor valor foi obtido quando esse mesmo nível de estresse foi aplicado na fase de floração, com PAir de 5,38 kg m<sup>-3</sup>. Os demais tratamentos apresentaram valores médios próximos ao tratamento sem déficit hídrico (6,73 kg m<sup>-3</sup>) e estatisticamente não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (TABELA 16).

Considerando-se as restrições hídricas nas fases fenológicas, somente com a aplicação de déficit na fase de floração, houve diferenças significativas das demais fases. Em estudo similar, Kusçu *et al.* (2014) obtiveram para a cultura do tomateiro em ambiente subúmido valores que não mostraram diferenças significativas com a redução da quantidade

de água aplicada na irrigação durante as quatro fases da cultura. No entanto, os autores observaram que para o déficit na fase de floração houve redução substancial da eficiência do uso da água para o tomateiro.

Tabela 16 – Teste de médias para a variável PAir analisando o efeito isolado do fator tratamento para tomates cerejas submetido a déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos

Tratamentos	PAir (kg m <sup>-3</sup> )
T1	6,73b
T2	6,72b
T3	5,38c
T4	6,39b
T5	6,86b
T6	8,38a
CV %	14,35

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Santana *et al.* (2010) concluíram que, para a cultura do tomateiro, quanto menor a quantidade de água aplicada nas lâminas de irrigação, maior é a eficiência do uso da água. Sá *et al.* (2005), por sua vez, demonstraram a ocorrência de resposta linear crescente com o aumento da tensão de água no solo para a eficiência no uso da água. Dessa forma comparando-se os tratamentos T1 e T6, observa-se o mesmo comportamento demonstrado pelos autores, o que explica a melhor eficiência para o tratamento T6. No entanto, quando essa redução hídrica é aplicada em fases fenológicas não se observa o mesmo efeito, tendo em vista que em ambas as cultivares as plantas submetidas a déficit na fase de floração receberam menor lâmina de água em comparação com tratamentos sob déficit no estágio vegetativo e frutificação e obtiveram uma PAir inferior. Isso demonstra a sensibilidade do efeito da água de irrigação nos diferentes estádios fenológicos em relação a aplicação de lâminas constantes durante todo o ciclo.

De acordo com Alvarenga (2000), na fase de floração e de crescimento dos frutos ocorre a demanda máxima de água pelo tomateiro. Logo, essa máxima demanda sob déficit provavelmente provocou redução da produtividade sem, no entanto, ocorrer uma diminuição elevada no volume de água aplicada, o que provocou menor valor de PAir. A floração do tomateiro caracteriza-se como uma fase que ocorre processos complexos que são afetados por

fatores ambientais em que podem prejudicar a iniciação da inflorescência, o número de flores formadas e seu desenvolvimento quando não estão nas condições ideais (ZAMBAN, 2014).

Para o tratamento secundário que consistiu nas cultivares, observou-se que isoladamente a cultivar laranja apresentou desempenho superior a cultivar vermelho em relação a PAir (TABELA 17). Esse resultado pode ser reflexo da quantidade demandada de água para a cultivar laranja ser menor que para a vermelho e conseguir manter bons níveis de produtividade.

Tabela 17 – Teste de médias para variável PAir analisando o efeito isolado do fator cultivar para tomate cereja sob déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos

Cultivares	PAir (kg m <sup>-3</sup> )
Laranja	7,27a
Vermelho	6,21b
CV %	10,83

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Outros autores obtiveram diferentes eficiências no uso da água para a cultura do tomateiro como Silva *et al.* (2019), na qual para uma lâmina de 100% da ET<sub>Cloc</sub> para a cultura do tomate cereja cultivar vermelho produzido em região semiárida obteve uma eficiência do uso da água de 2,87 kg m<sup>-3</sup>, valor esse inferior ao obtido pelo mesmo tratamento e cultivar para este estudo (6,12 kg m<sup>-3</sup>).

As variações nos valores encontrados podem se dar pelas condições climáticas da região de cultivo, o tipo de solo, o manejo adotado na cultura, a qualidade da água de irrigação, entre outros fatores inerentes à produção.

#### 4.5 Variáveis fisiológicas: Trocas gasosas

As variáveis fisiológicas trocas gasosas foram obtidas quando as cultivares encontravam-se na fase fenológica de maturação, sabe-se que os valores obtidos possuem caráter pontual e mostram o estado momentâneo das condições que as plantas se encontravam.

Como a disposição dos tratamentos primários constituíram-se na indução do déficit hídrico nas fases fenológicas da cultura e que alguns tratamentos receberam o déficit somente na fase específica e as demais permaneceram normais, tem-se desta forma com os dados obtidos se a resquícios de alterações fisiológicas nas trocas gasosas das fases anteriores a maturação, bem como para esse estágio e para o déficit em todas as fases fenológicas e plantas controle. A Tabela 18 mostra o resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas de trocas gasosas.

Tabela 18 – Resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas: fotossíntese (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de gás carbônico (Ci), eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci), razão entre as concentrações de gás carbônico interno e do ambiente (Ci/Ca), eficiência instantânea no uso da água (A/E) de plantas de tomates cerejas

F.V	G.L	Quadrado médio						
		A	gs	E	Ci	A/Ci	Ci/Ca	A/E
Bloco	3	3,55	0,01	1,25	703,4	$9,1 \times 10^{-4}$	0,0061	0,14
Trat. (a)	5	62,30***	0,17***	1,25 <sup>ns</sup>	141,7 <sup>ns</sup>	$9,4 \times 10^{-5}$ ***	0,0011 <sup>ns</sup>	0,48**
Res. (a)	15	2,07	0,01	0,73	108,0	$5,3 \times 10^{-5}$	0,0008	0,09
Cult.(b)	1	879,97***	0,74***	50,55***	17895,7***	0,017***	0,0833***	5,62***
a x b	5	15,02**	0,06**	1,36 <sup>ns</sup>	152,8 <sup>ns</sup>	$2,3 \times 10^{-4}$ **	0,0012 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
Res. (b)	18	2,34	0,01	1,36	171,0	$5,31 \times 10^{-5}$	0,0013	0,09
CV %		9,61	15,07	11,96	3,65	13,45	3,85	14,07
(a)								
CV %		10,23	19,07	16,32	4,60	13,55	5,06	14,71
(b)								

FV: Fontes de variação; CV (a): Coeficiente de variação da parcela; CV (b): Coeficiente de variação da subparcela; GL: Graus de Liberdade; \* Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; \*\*\* Significativo pelo teste F a 0,1% e <sup>ns</sup> não significativo.

De acordo com a tabela ocorreu efeito significativo na interação entre o fator déficit hídrico na fase fenológica e o fator cultivares ( $p < 0.01$ ) para as variáveis fotossíntese, condutância estomática e eficiência instantânea de carboxilação. Observou-se efeito isolado no fator primário para variável eficiência instantânea no uso da água ( $p < 0.01$ ), bem como para o fator secundário na variável transpiração, concentração interna de gás carbônico, razão entre as concentrações de gás carbônico interno e do ambiente e na eficiência instantânea no uso da água ( $p < 0.001$ ).

A fotossíntese líquida é um indicador da eficiência da taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  pelas plantas através dos estômatos (POPOV *et al.*, 2003). Para a fotossíntese líquida mensurados na fase de maturação dos frutos a cultivar laranja apresentou maiores taxas em relação a vermelho em todos os níveis de tratamento, com o valor máximo médio de  $25,85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o tratamento em que as plantas sofreram déficit hídrico na fase de floração. O menor valor obtido foi para a cultivar vermelho e tratamento com imposição no déficit hídrico na fase de frutificação, com uma redução de 73,03% do valor máximo obtido (TABELA 19).

Tabela 19 – Desdobramento da interação entre o déficit hídrico nas fases fenológicas e cultivares de tomates cerejas para fotossíntese

Tratamentos	A ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	
	Cultivar laranja	Cultivar vermelho
T1	21,36 aB	12,24 bAB
T2	17,82 aCD	9,37 bBC
T3	25,85aA	13,36 bA
T4	16,98 aCD	7,49 bC
T5	14,84 aD	10,78 bAB
T6	18,61 aBC	10,84 bAB
CV %	20,14	19,43

Médias seguidas por letras maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Em ambas as cultivares ocorreu ganho fotossintético na fase de maturação para as plantas que sofreram estresse durante a fase de floração isso demonstra que houve recuperação da fotossíntese líquida e provavelmente as taxas mais elevadas se deram pela alteração na

relação fonte e drenos dos fotoassimilados, já que para essas condições foi reduzida a quantidades de frutos produzidos e conseqüentemente o número de drenos.

No tratamento T5 no qual as plantas encontravam-se sob déficit hídrico na fase de maturação e correspondeu a fase de registro das trocas gasosas observou-se que na cultivar laranja as menores taxas de fotossintética foram registradas durante essa fase. Na cultivar vermelho apesar do déficit está sendo aplicado da mesma forma que para a cultivar laranja as plantas parecem não se recuperarem totalmente do déficit aplicado na fase de frutificação, tendo em vista que apresentaram uma menor taxa fotossintética com diferenças significativas dentre as demais fases fenológicas quando o déficit se deu na frutificação.

Para as duas cultivares as plantas que sofreram déficit hídrico durante todas as fases fenológicas e que não sofreram déficit hídrico em nenhuma das fases apresentaram na fase de maturação valores estatisticamente iguais de fotossíntese líquida, quando comparadas entre si, o que sugere uma adaptação fisiológica das plantas aos efeitos do estresse hídrico e demonstra o reflexo da baixa sensibilidade ao déficit hídrico, discutida nos valores de  $K_y$  obtidos anteriormente.

Segundo Tatabaga *et al.* (2014), na maioria das vezes a diminuição na fotossíntese líquida é atribuída ao fechamento estomático, o qual provoca à redução do fluxo normal  $CO_2$  pelos estômatos em direção ao sítio de carboxilação (TATABAGA *et al.*, 2014; BOSCO *et al.*, 2009). No entanto esse fechamento estomático é uma resposta benéfica para as plantas sob estresse hídrico, garantindo a manutenção da turgescência celular (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Rabelo (2017) relatou em condições similares de cultivo para plantas de tomate cereja cultivar vermelho com uma disponibilidade hídrica de 100% e 50% da  $ET_{c\ loc}$  valores médios de fotossíntese de 15,10 e 11,30  $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$  respectivamente, o que representaram valores 23% e 4% superiores ao encontrados para os tratamentos similares nesse trabalho.

A maior taxa de condutância estomática registradas na fase de maturação foi para a cultivar laranja sem a aplicação de déficit hídrico nas fases fenológicas com valor médio de 0,99  $mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ , o menor valor médio registrado ocorreu para a cultivar vermelho submetida a déficit na fase de frutificação com 0,24  $mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ .

Dentre os tratamentos para a cultivar vermelho somente ocorreu diferenças estatísticas entre o T4 com os demais, isso mostra que as plantas não se recuperaram fisiologicamente do estresse provocado na fase de frutificação, e que na fase de maturação em que estava ocorrendo o déficit no momento da coleta de dados, não provocou danos significativos ao processo de condutância estomática. Já para a cultivar laranja tanto o estresse na fase de maturação como os que ocorreram na fase vegetativa, floração e frutificação

provocaram reduções na condutância estomática no momento da coleta, mostrando que apesar dos valores serem superiores aos da cultivar vermelho sofreram alterações negativas na condutância estomática (TABELA 20).

Tabela 20 – Desdobramento da interação entre o déficit hídrico nas fases fenológicas e cultivares de tomates cerejas para condutância estomática

Tratamentos	gs (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	
	Cultivar laranja	Cultivar vermelho
T1	0,99 aA	0,58 bA
T2	0,66 aBC	0,31 bAB
T3	0,55 aC	0,45 bAB
T4	0,51 aC	0,24 bC
T5	0,57 aC	0,59 aA
T6	0,85 aAB	0,48 bAB
CV %	27,84	32,21

Médias seguidas por letras maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

De acordo com Zhou e Yu (2010), as plantas controlam sua abertura estomática para regular perdas para a atmosfera, mitigando o efeito do déficit hídrico, dessa forma a condutância estomática é reduzida. Observou-se que para a cultivar vermelho apesar da imposição do déficit na fase de maturação não ocorreu limitações na condutância estomática, o que não aconteceu com a cultivar laranja que obteve valores inferiores e significativos em relação a plantas controle.

O comportamento da eficiência de carboxilação foi semelhante ao comportamento da fotossíntese líquida com valores máximos para o tratamento em que as plantas sofreram déficit hídrico na fase de floração com valor médio de 0,0975. O menor valor obtido foi para a cultivar vermelho e tratamento com imposição no déficit hídrico na fase de frutificação com valor médio de 0,0225. O tratamento sob déficit na coleta (déficit na fase de maturação) para cultivar laranja obteve a menor média, mas não diferiu estatisticamente do déficit aplicado na fase vegetativa e frutificação. Para a cultivar vermelho as plantas sob estresse no momento da coleta apresentaram valores próximo ao tratamento controle (TABELA 21).

Segundo Marek (2018) a eficiência de carboxilação refere-se à atividade da enzima Rubisco (ribulose 1, 5-difosfato carboxilase), essa possui papel importante nas

relações fotossintéticas. Provavelmente essa eficiência de carboxilação tenha compensado a taxas de condutância estomáticas menores do tratamento T3 e mantido uma elevada taxa fotossintética comparadas com as demais.

Tabela 21 – Desdobramento da interação entre o déficit hídrico nas fases fenológicas e cultivares de tomates cerejas para eficiência instantânea de carboxilação

Tratamentos	<i>A/Ci</i>	
	Cultivar laranja	Cultivar vermelho
T1	0,0825 aAB	0,04 bA
T2	0,0675 aBCD	0,03 bAB
T3	0,0975 aA	0,045 bA
T4	0,0625 aCD	0,0225 bB
T5	0,055 aD	0,035 bAB
T6	0,0725 aBC	0,0375 bAB
CV %	20,58	19,73

Médias seguidas por letras maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Em quase todos as variáveis fisiológicas de troca gasosa a cultivar laranja apresentou taxas mais elevadas, isso pode ser explicada pelo hábito de crescimento das cultivares. A cultivar laranja e as suas fases fenológicas são bem definidas e ao encerrar uma inicia-se a outra, já para a cultivar vermelho apesar de ser divididas em fases fenológicas essa classificação não é clara pois a planta continua a crescer e produzir novos ramos, flores e frutos independente da fase fenológica que se encontra. Isso pode se dar pelo hábito de crescimento dessa cultivar ser indeterminado e requerer dessa forma maior quantidades de fotoassimilados, conseqüentemente maior gasto energético.

## 5 CONCLUSÃO

O coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico em ambas as cultivares varia nos estádios fenológicos na seguinte ordem decrescente: floração, maturação, frutificação e vegetativo. Portanto, com limitações de água para irrigação a fase vegetativa é recomendada para estratégia de irrigação com déficit com  $K_y = 0,16$ .

O período fenológico da floração é considerado o mais crítico para a aplicação de déficit hídrico em ambas as cultivares, porém mais acentuado para a cultivar laranja, não sendo recomendado para aplicação de irrigação deficitária.

A estratégia de déficit hídrico em todos os estádios fenológicos ao longo do ciclo de cultivo, pode inviabilizar o cultivo em razão das perdas de produtividade chegarem entre 30 e 38% para as cultivares vermelho e laranja, respectivamente.

Os dados fisiológicos de trocas gasosas mesurados na fase de maturação possibilitam observar a ocorrência dos efeitos da aplicação do déficit hídrico nas fases anteriores a essa, principalmente, na fotossíntese líquida e condutância estomática. A cultivar laranja apresenta melhor desempenho nas trocas gasosas.

## REFERÊNCIAS

- AL-JUHAIMI, F.; GHAFOR, K.; BABIKER, E. E. Gum arabic coating effects on the physico-chemical properties and kinetics of color change of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits during storage. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, [s.l.], v. 11, n. 2, p. 142-148, maio. 2013.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004.
- ALVARENGA, M. A. R.; COELHO, F. S. Valor nutricional. *In*: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa de vegetação e hidroponia. 2. ed. Revista e ampliação. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. p. 23-30.
- ALVARENGA, M.A.R. **Cultura do tomateiro**. Lavras: UFLA, 2000.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991.
- AZEVEDO, B. M.; BOMFIM, G. V.; JOAQUIM RAIMUNDO DO NASCIMENTO NETO, J. R. N. N.; VINÍCIUS DE ARAÚJO VIANA, T. A. V.; VASCONCELOS, D. V. Irrigation depths and yield response factor in the productive phase of yellow melon. **Revista Brasileira de fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 38, n. 4, jul./ago. 2016.
- AZEVEDO, V. F.; ABOUD, A. C. S.; CARMO, M. G. F. Row spacing and pruning regimes on organically grown cherry tomato. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 389-394, out./dez. 2010.
- BATRA, N. G.; SHARMA, V.; KUMARI, N. Drought-induced changes in chlorophyll fluorescence, photosynthetic pigments, and thylakoid membrane proteins of *Vigna radiata*. **Journal Plant Interactions**, London, v. 9, n. 1, p. 712-721, dez. 2014.
- BEDINGER, P. A et al. Interspecific reproductive barriers in the tomato clade: opportunities to decipher mechanisms of reproductive isolation. **Sexual Plant Reproduction**, Bethesda, v. 24, n. 3, p. 171-187, set. 2011.
- BENEŠOVÁ, M. HOLÁ, D.; FISCHER, L.; JEDELSKÝ, P. L.; HNILIČKA, F.; WILHELMOVÁ, N.; ROTHOVÁ, O.; KOČOVÁ, M.; PROCHÁZKOVÁ, D.; HONNEROVÁ, J.; FRIDRICHOVÁ, L.; HNILIČKOVÁ, H. The physiology and proteomics of drought tolerance in Maize: Early stomatal closure as a cause of lower tolerance to short-term dehydration? **Plos One**, California, v. 7, n. 6, p. 1-17, jun. 2012.
- BERGOUX, V. The history of tomato: From domestication to biopharming. **Biotechnology Advances**, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 170-189, jan. 2014.
- BILIBIO, C. C.; JACINTO, A. C.; MARTINS, M.; REZENDE, F. C.; FREITAS, E. A.; GOMES, L. A. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a

diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 730-735, jul. 2010.

BLANCA J, CAÑIZARES J, CORDERA L, PASCUAL L, DIEZ MJ, NUEZ F. Variation revealed by SNP genotyping and morphology provides insight into the origin of the tomato. **Plos One**, California, v. 7, n. 10, p. 1-17, out. 2012.

BOSCO, M. R. O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, p. 296-302. 2009.

BRITO, M. E. B; SOARES, L. A. A; LIMA, G. S.; SÁ, F.V.S.; TAMIRES TAVARES DE 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, jan./mar. 2015.

CALIMAN, F.R.B.; SILVA, D.J.H.; FONTES, P.C.R.; STRINGHETA, P.C.; MOREIRA, G.R.; CARDOSO, A.A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 255-259, abr./jun. 2005.

CANO-LAMADRID, M.; GIRÓN, L.; PLEITE, R.; BURLÓ, F.; CORELL, M.; MORIANO, A. Quality attributes of table olives as affected by regulated deficit irrigation. **LWT. Food Science and Technology**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 19–26, jun. 2015.

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**, Amsterdam, v. 167, p. 53-61, mar. 2016.

CARVALHO, D. F; NETO, D. H. O.; FELIX, L. F.; GUERRA, J. G. M.; SALVADOR, C. A. Yield, water use efficiency, and yield response factor in carrot crop under different irrigation depths. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 7, p. 1145-1150, jul. 2016.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal (fisiologia de cultivos)**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2008.

CAVALCANTI, F. J. A. et al.; **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco, 2008.

ÇELIK, Ö.; AYAN, A.; ATAK, Ç. Enzymatic and non-enzymatic comparison of two different industrial tomato (*Solanum lycopersicum*) varieties against drought stress. **Botanical Studies**, Londres, v.58, n. 32, p. 1-16, ago. 2017.

CORDEIRO, L. G.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, J. J. A.; MIRANDA, E. P. Fator de sensibilidade ao déficit hídrico da cultura do feijão caupi (*vigna unguiculata* (L.) walp.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 153-157, mai./ago. 1998.

CUI, Y.; TIAN, Z.; ZHANG, X.U.; MUHAMMAD, A.; HAN, H.; JIANG, D.; CAO, W.; DAI, T. Effect of water deficit during vegetative growth periods on post-anthesis photosynthetic

capacity and grain yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **Acta Physiologiae Plantarum**, Kraków, v. 37, p. 1-10, out. 2015.

DAVIES, W. J.; J. ZHANG, J.; YANG; DODD, I.C. Novel crop science to improve yield and resource use efficiency in water-limited agriculture. **Journal of Agricultural Science**, Canada, v. 149, p. 123–131, fev. 2011.

DHANYA, P.; RAMACHANDRAN, A. Farmers' perceptions of climate change and the proposed agriculture adaptation strategies in a semi arid region of south India. **Journal of Integrative Environmental Sciences**, Londres, v. 13, n. 1, p. 1-18, jan. 2016.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979.

FARAHANI, H. J.; OWEIS, T. Y.; IZZI, G. Crop coefficient for drip-irrigated cotton in a Mediterranean environment. **Irrigation Science**, Berlin, v.26, p. 375-383, jan. 2008.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em sementeiras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 67-77, fev. 2015.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. (2018). **ExpDes.pt**: pacote experimental designs. (portuguese). R package Version 1.2.0. Disponível em <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>.

FIGÁS, M.; PROHENS, J.; RAIGÓN, M.; FITA, A.; GARCÍA-MARTÍNEZ, M.; CASANOVA, C.; SOLER, S. Characterization of composition traits related to organoleptic and functional quality for the differentiation, selection and enhancement of local varieties of tomato from different cultivar groups. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 187, p. 517–524, nov. 2015.

FLORIDO, M.; BAO, L. Tolerancia a estrés por déficit hídrico en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). **Cultivos Tropicales**, La Habana, v. 35, n. 3, p. 70-88, jul. /set. 2014.

GALLON, J. F; ISAIAS, G.; BASEGGIO, N; OLIVEIRA, F. G.; MENEGOTTO, M. L. A. **Irrigação por gotejamento**: uso da água com tecnologia para a produção. *In*: Simpósio Internacional de Inovação em Cadeias Produtivas do Agronegócio, 1, 2015, Caxias do Sul. Os caminhos da inovação no agronegócio e a mobilidade internacional. Caxias do Sul: UCS, 2015. p. 1-11.

GATTA, G.; GIULIANI, M.M.; MONTELEONE, M.; NARDELLA, E.; DE CARO, A. **Deficit irrigation scheduling in processing tomato**. *In*: Lamaddalena, N., Bogliotti, C., Todorovic, M., Scardigno, A. (ed.), *Water Saving in Mediterranean Agriculture and Future Research Needs*, vol. 1. CIHEAM, Bari, p. 277–289. 2007.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; JOSE, J. V.; FRAGA JUNIOR, E. F.; PERBONI, A. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 6, p. 349-359, nov./dez. 2015.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 48, p. 909-930, dez. 2010.

GOMES, H. P. **Sistemas de irrigação: eficiência energética**. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013.

GUILHERME, D. O.; PINHO, L.; CAVALCANTI, T. F. M.; COSTA, C. A.; ALMEIDA, A. C. Análise sensorial e físico-química em frutos de tomate cereja orgânicos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 181-186, jan./mar. 2014.

GUIMARÃES, M. A.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FLORES, M. P.; ELSAYED, A. Y. A. M. **Exigências climáticas da cultura do tomateiro**. In: SILVA, D. J. H.; VALE, F. X. R. (ed.). Tomate: Tecnologia de produção. 2007, p. 85-99p.

HANSON, B. R., MAY, D. M. Crop evapotranspiration of processing tomato in the San Joaquin Valley of California, USA. **Irrigation Science**, California, v. 24, p. 211–221, nov. 2006.

IRMAK, S.; M. ASCE. Interannual Variation in Long-Term Center Pivot-Irrigated Maize Evapotranspiration and Various Water Productivity Response Indices. In: Grain Yield, Actual and Basal Evapotranspiration, Irrigation-Yield Production Functions, Evapotranspiration-Yield Production Functions, and Yield Response Factors. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 14, n. 5, maio. 2015.

ISTANBULLUOGLU, A. Effects of irrigation regimes on yield and water productivity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Mediterranean climatic conditions. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, n. 12, p. 1792-1798, dez. 2009.

JUNIOR, J. A. B.; COSTA, R. N. T.; LIMA, S. C. R. V.; IÑGUEZ, L. M.; SOUSA, P. G. R. Fornecimento relativo de irrigação como estratégia de gestão do distrito de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 5, p. 1756-1762, ago. 2017

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation desing**. Glendora: Rain Bird Sprinklers Manufacturing Corp., 1975, 133p.

KHEIRA, A. A. A. Macromanagement of deficit-irrigated peanut with sprinkler irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, n. 10, p. 1409–1420, out. 2009.

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

LIU, M.; QI, H.; ZHANG, Z. P.; SONG, Z. W.; KOU, T. J.; ZHANG, W. J.; YU, J. L. Response of photosynthesis and chlorophyll fluorescence to drought stress in two maize cultivars. **African Journal of Agricultural Research**, Ilha Vitoria, v. 7, n. 34, p. 4751-4760, jun. 2012.

LOPES, M. S.; ARAUS, J. L.; VAN HEERDEN, P. D.; FOYER, C. H. Enhancing drought

tolerance in C4 crops. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, n. 9, p. 3135-3153, maio. 2011.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - Current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, [s.l.]. v. 103, p. 115-134, 1977.

MACIEL G. M; FERNANDES M. A. R; MELO O. D; OLIVEIRA C. S. Potencial agrônômico de híbridos de minitomate com hábito de crescimento determinado e indeterminado. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 34, n.1, p. 144-148, jan./mar. 2016.

MAREK, J. **Efeitos fisiológicos e metabólicos em tomateiro por estrobilurinas e carboxamidas**. 2018. 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2018.

MAROUELLI, W.A; SILVA, H. R; SILVA, W. L. C. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012.

MARTIN, J.; CARLESSO, R.; AIRES, N.; GATTO, J. S.; DUBOU, V.; FRIES, H. M.; RUDOLF, R. B. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 192-205, 2012.

MORAES FILHO, L. F. C. **Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)**: uma revisão bibliográfica. 2013. 51 f. Monografia (Bacharelado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e veterinária, Universidade de Brasília- UnB, Brasília, 2013.

MORALES, R. G. F. **Resistência ao déficit hídrico em famílias de tomateiro derivados de *Solanum pennellii***. 94 f. Tese (doutorado Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras – Lavras, 2012.

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

MURTIC, S.; OLJACA, R.; KOLESKA, I.; KARIC, L.; TODOROVIC, V. Response of cherry tomato seedlings to liquid fertiliser application under water stress. **Horticultural Science**, Prague, v. 45, n. 1, p. 22-28, jul. 2018.

NAIKA, S.; JEUDE J. V. L.; GOFFAU, M.; HILMI, M.; DAM, B. V. **A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA, 2006.

NANGARE, D. D.; SINGH, Y.; KUMAR, P. SURESH; 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, jun. 2016.

NASCIMENTO, S.; BASTOS, E.; ARAÚJO, E.; FREIRE FILHO, F.; SILVA, E. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 853-860, jun. 2011.

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, out. 2010.

PEJIC, B.; ADAMAIC, D.; MAKSIMOVIC, L.; MACKIS, K. Effect of drip irrigation on yield, evapotranspiration and water use efficiency of sweet basil (*ocimum basilicum* L.). **Ratarstvo i povrtarstvo**, Servia, v. 54, n. 3, p. 124-129, jan. 2017.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. **Coping with Water Scarcity. Addressing the Challenges**. Dordrecht: Springer, 2009.

POPOV, E. G.; TALANOV, A. V.; KURETS, V. K.; DROZDOV, S. N. Effect of temperature on diurnal changes in CO<sub>2</sub> Exchange in intact cucumber plants. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 50, n. 2, p. 178-182, 2003.

POSSE, R. P. **Determinação dos coeficientes da cultura (kc), de produtividade (ky), da área foliar e efeito da lâmina de irrigação, do turno de rega e da adubação**. 2008. 211 f. Tese (Doutorado em produção vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Campos dos Goytacazes, 2008.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. URL <http://www.R-project.org/>.

RABELO, J. S. **Respostas do tomate cereja irrigado utilizando cobertura do solo com bagana de carnaúba**. 2017. 57 f. Dissertação (mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and Improvement of saline end alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory Staff, 1954.

RIPOLL, J.; URBAN, L.; BRUNEL, B.; BERTIN, N. Water deficit effects on tomato quality depend on fruit developmental stage and genotype. **Journal of Plant Physiology**, Amsterdam, v. 190, p. 26-35, jan. 2016.

ROCHA, M. Q. **Crescimento, Fenologia e Rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico**. 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção Agrícola Familiar) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

SÁ, F. C. R. **Desenvolvimento e coeficiente de resposta (ky) do tomateiro (*lycopersicon esculentum* mill.) sob déficit hídrico no noroeste fluminense**. 2013. 48 f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Campos dos Goytacazes, 2013.

SÁ, N. S. A.; PEREIRA, G. M.; ALVARENGA, M.A.R.; MATTIOLI, W.; CARVALHO, J. A. Comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 341-347, jul./set. 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, out./dez. 2010.
- SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; FARIAS, C. A. S.; AMORIM, A. V.; CARVALHO, L. C. C.; FILHO, J. V. P. Coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico para a cultura do girassol nas condições do semiárido cearense. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 38-51, jan./fev. 2014.
- SILVA, B. A.; RABELO, J. S.; COSTA, R. N. T.; SILVA, A. O.; ALMEIDA, A. V. R. Response of the cherry tomato to watering and ground cover under organic cultivation. **Australian Journal of Crop Science**, Austrália, v. 13, n. 02, p. 214-220, fev. 2019.
- SILVA, E. L. et al. **Manejo de irrigação das principais culturas**. UFLA: FAEPE, 2000.
- SILVA, V. G. F. Productive characteristics and water use efficiency in cotton plants under different irrigation strategies. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. v. 14, n. 5, p. 451-457, maio. 2010.
- SOUZA, J. L. **Sistema orgânico de produção de tomate**. In: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Tomate. Vitória, ES: Incaper, 2010.p. 35-67.
- STEDUTO, P.; HSIAO, T.C.; FERERES, E.; RAES, D. **Crop yield response to water**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- TATAGIBA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 138-149, abr. 2014.
- VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern applied statistics with S. fourth edition**. New York: Springer, 2002.
- 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**, Amsterdam, v. 98, p. 1228–1238, abr. 2011.
- ZAMBAN, D. T. **Fenologia e efeito da utilização de doses de boro e cálcio sobre a produção de tomate italiano em duas épocas de cultivo**. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Educação Superior Norte, Universidade federal de santa maria-Frederico Westphalen, 2014.
- 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. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 179, p. 205-214, jan. 2017.
- ZHOU, Q.; YU, B. Changes in content of free, conjugated and bound polyamines and osmotic

adjustment in adaptation of vetiver grass to water deficit. **Plant Physiology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 48, p. 417–425, jun. 2010.