

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA - PPGOL**

**USO DE ENRAIZADOR PARA MAIOR TOLERÂNCIA DO  
TOMATEIRO DE MESA A DIFERENTES FREQUÊNCIAS  
DE IRRIGAÇÃO**

Laura Bernardino Fernandes Giroldo  
Orientador: Prof. Dr. César Antônio da Silva

**MORRINHOS - GOIÁS  
2022**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA**

**USO DE ENRAIZADOR PARA MAIOR TOLERÂNCIA DO  
TOMATEIRO DE MESA A DIFERENTES FREQUÊNCIAS  
DE IRRIGAÇÃO**

Laura Bernardino Fernandes Giroldo  
Orientador: Prof. Dr. César Antônio da Silva

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos - Área de Concentração: Olericultura.

**MORRINHOS - GOIÁS  
2022**

## FICHA CATALOGRÁFICA

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

GUS86u Giroldo, Laura Bernardino Fernandes  
USO DE ENRAIZADOR PARA MAIOR TOLERÂNCIA DO  
TOMATEIRO DE MESA A DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE  
IRRIGAÇÃO / Laura Bernardino Fernandes Giroldo;  
orientador César Antônio da Silva; co-orientador  
Cícero José da SILVA. -- Morrinhos, 2022.  
66 p.

Dissertação (Mestrado em Pós graduação em  
Olericultura (PPGOL)) -- Instituto Federal Goiano,  
Campus Morrinhos, 2022.

1. gotejamento. 2. turno de rega. 3. Solanum  
Lycopersicum. 4. eficiência no uso da água. I.  
Antônio da Silva, César, orient. II. José da SILVA,  
Cícero, co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
Formulário 6/2022 - SGPGPI-MO/GPGPI-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
PRÓ REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA**

**USO DE ENRAIZADOR PARA MAIOR TOLERÂNCIA DO  
TOMATEIRO DE MESA A DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE  
IRRIGAÇÃO**

Laura Bernardino Fernandes Giroldo  
Orientador: Dr. César Antônio da Silva

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura - Área de Concentração em Sistemas de  
Produção em Olerícolas

APROVADA em 26 de Agosto de 2022

Prof. Dr. César Antônio da Silva  
Presidente da Banca  
IF Goiano – Campus Morrinhos

Prof. Dr. Cícero José da Silva  
Avaliador Interno  
IF Goiano – Campus Morrinhos

Prof. Dr. Carlos André Gonçalves  
Avaliador Externo  
ILES/ULBRA Itumbiara

Documento assinado eletronicamente por:

- Carlos André Gonçalves, Carlos André Gonçalves - Professor Avaliador de Banca - Aelbra Educação Superior Graduação e Pós-Graduação S.a (88332580002885), em 26/08/2022 18:54:47.
- Cícero Jose da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/08/2022 11:53:00.
- Cesar Antonio da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/08/2022 11:51:15.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 23/08/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 418496  
Código de Autenticação: 68b2784daa



# TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

## PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

### NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

#### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)                  | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização)       | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação)                   | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Laura Bernardino Fernandes Giroldo

Matrícula:

2020104330410042

Título do trabalho:

USO DE ENRAIZADOR PARA MAIOR TOLERÂNCIA DO TOMATEIRO DE MESA A DIFERENTES  
FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO

#### RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 10 / 11 / 2022

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

#### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Morrinhos

Local

31 / 10 / 2022

Data

LAURA BERNARDINO FERNANDES  
GIROLDO:00038263173

Assinado de forma digital por LAURA BERNARDINO  
FERNANDES GIROLDO:00038263173  
Dados: 2022.10.31 15:11:05 -03'00'

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

CESAR ANTONIO DA  
SILVA:91172071187

Assinado de forma digital por CESAR ANTONIO  
DA SILVA:91172071187  
Dados: 2022.10.31 15:24:47 -03'00'

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por permitir estudar e conceder todos os dias força de vontade e interesse em sempre progredir.

Agradeço também ao meu esposo, pelo companheirismo e apoio na minha decisão de ingresso ao Mestrado; aos meus filhos Lorenzo e Lúcio, pela paciência com a mamãe na passagem desse ciclo.

Aos familiares que apoiaram, seja cuidando dos meus filhos ou com incentivo; em especial a avó Aparecida, que ficava sempre com os meninos para que eu pudesse cuidar do experimento e ao meu tio Luís Cláudio, que me encorajou, e me levou em lavouras de tomate, emprestou livro, conseguiu as sementes de tomate para o experimento e visitou o experimento.

Aos estagiários, Valdir, Daniele, Laryssa e Felipe, que me ajudaram na implantação, condução e finalização do experimento, revezando turnos e confeccionando planilhas.

Agradeço também ao Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos-Goiás, pela oportunidade de ingresso no programa de Pós-graduação e, com isso, a possibilidade de adquirir mais conhecimentos através de professores gabaritados, em especial ao meu orientador César Antônio da Silva.

## BIOGRAFIA DA AUTORA

Laura Bernardino Fernandes Giroldo, nasceu na cidade de Morrinhos-Goiás, em 26 de janeiro de 1985, filha de Hozana do Carmo Bernardino Fernandes e Lauriano Fernandes. Cresceu em Xinguara – Pará, onde seus pais moravam e retornou a Morrinhos – Goiás para estudar em 1998. Estudou na escola Centro Educacional de Morrinhos-CEM, e finalizou o ensino médio. Após esse período fez cursinho durante dois anos, entrando na faculdade de Agronomia UEG e posteriormente, na UFG, finalizou a faculdade em 2007. Desde então, trabalha como profissional autônoma. Especializou-se em Sistemas de Produção Agrícola Sustentável, pela Universidade Federal de Viçosa – UFV, em 2011; especializou, também, em Planejamento e Gestão Ambiental pela UEG, no ano de 2016. Já atuou como professora universitária na Unicerrado em Goiatuba-Goiás, onde ministrou aulas de Sensoriamento Remoto, Ecologia e Desenvolvimento Rural para os alunos de Agronomia. Atualmente trabalha como profissional autônoma com licenciamentos ambientais, outorga de água, perícias e avaliações de imóvel rural. Iniciou o Curso de Mestrado Profissional em Olericultura, em março de 2020.

## ÍNDICE GERAL

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	v
LISTA DE TABELAS .....	vi
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIATURAS E UNIDADES .....	vii
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	13
2.1 A importância do tomateiro .....	13
2.2 Déficit hídrico no solo brasileiro.....	14
2.3 Irrigação no tomateiro .....	16
2.4 A importância do turno de rega .....	20
2.5 O uso de estimulantes de enraizamento no tomateiro .....	22
2.6 Necessidades nutricionais e resposta do tomateiro à aplicação de nutrientes .....	23
2.7 Referências Bibliográficas .....	26
3 CAPÍTULO I .....	34
RESUMO .....	34
ABSTRACT .....	34
INTRODUÇÃO .....	35
MATERIAL E MÉTODOS .....	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
CONCLUSÕES.....	59
LITERATURA CITADA .....	59

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Temperatura mínima, média e máxima diária ( $^{\circ}\text{C}$ ), umidade relativa do ar (%), interna, na casa de vegetação e evapotranspiração do tomateiro ( $\text{mm dia}^{-1}$ ), durante o período experimental. Morrinhos - GO, junho a outubro, de 2021 ..... 35
- Figura 2. Índice de clorofila (SPAD) do tomateiro, aos 30 dias (A), aos 50 dias (B) e aos 70 dias após transplântio – DAT (C), e temperatura foliar ( $^{\circ}\text{C}$ ) aos 59 dias após transplântio (D), em função de doses do enraizador Raizal® e de turnos de rega (TR), Morrinhos – GO, 2022 ..... 49
- Figura 3. Taxa de abortamento de flores do tomateiro (%) em função de doses do enraizador Raizal® e de turnos de rega (TR)..... 51
- Figura 4. Massa seca de raiz do tomateiro ( $\text{g.raiz}^{-1}$ ) em função de doses do enraizador Raizal®, em diferentes turnos de rega (TR) ..... 53
- Figura 5. Diâmetro transversal de fruto (mm) em função de doses do enraizador Raizal® no tomateiro, submetido a turnos de rega (TR) ..... 54
- Figura 6. Produtividade de tomate ( $\text{t ha}^{-1}$ ) em função de doses do enraizador Raizal®, associadas a turnos de rega (TR) ..... 55
- Figura 7. Eficiência no uso da água ( $\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ ) pelo tomateiro, em função de doses do enraizador Raizal®, em diferentes turnos de rega (TR) ..... 56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo de análises de variância da altura de plantas (AP, cm) aos 30 e 50 DAT, diâmetro de caule (DC, mm) e índice de clorofila (IC, índice SPAD) aos 30, 50 e 70 DAT, temperatura foliar (TF, °C) aos 35 e 59 DAT, taxa de abortamento de flores (TAF, %), massa seca da raiz (MSR, g raiz<sup>-1</sup>), diâmetro longitudinal de fruto (DLF, mm) e diâmetro transversal de fruto (DTF, mm), potencial de hidrogênio (pH), teor de sólidos solúveis (TSS, °brix), produtividade (PROD, t ha<sup>-1</sup>) e eficiência no uso da água (EA, m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> de fruto) do tomateiro de mesa, cv. BSDS0005, em função de turnos de rega e doses do enraizador Raizal®. Morrinhos - GO, 2022..... 42

Tabela 2. Índices de clorofila (SPAD) aos 30, 50 e 70 dias após transplântio (DAT), temperatura foliar (°C) aos 59 DAT, taxa de abortamento de flores (%), massa seca de raiz (g raiz<sup>-1</sup>), diâmetro transversal de fruto (mm), produtividade (t ha<sup>-1</sup>) e eficiência no uso da água (m<sup>3</sup> kg de fruto<sup>-1</sup>), em função de doses do enraizador Raizal® e de turnos de rega (TR). Morrinhos – GO, 2022..... 43

---

 LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIATURAS
 

---

<b>Símbolo/ sigla/abreviaturas</b>	<b>Significado</b>
AP	Altura da planta
ATP	Trifosfato de adenosina
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CTC	Capacidade de troca catiônica
DAT	Dias após transplante
DC	Diâmetro do caule
DLF	Diâmetro longitudinal de frutos
DTF	Diâmetro transversal de frutos
DR	Dose do Raizal®
EA	Eficiência no uso da água
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETc	Evapotranspiração da cultura
FDR	<i>Frequency Domain Reflectometry</i> - Reflectometria no Domínio de Frequência
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IC	Índice de clorofila
IRGA	<i>Infrared Gas Analyser</i> - Analisador de Trocas Gasosas Infravermelho
MSR	Massa seca de raiz
NF	Número de flores por subparcela
NTF	Número de frutos por subparcela
pa	Massa específica de água
pH	Potencial de hidrogênio
PROD	Produtividade
SPAD	<i>Soil Plant Analysis Development</i>
TAF	Taxa de abortamento de flores
TF	Temperatura foliar
TI	Tempo de irrigação
TNT	Tecido não tecido
TR	Turno de rega
TRD	<i>Time Domain Reflectometry</i> - Reflectometria no Domínio do Tempo
TSS	Teor de sólidos solúveis

## RESUMO

GIROLDO, LAURA BERNARDINO FERNANDES. Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos - GO, agosto de 2022. **Uso de enraizador para maior tolerância do tomateiro de mesa a diferentes frequências de irrigação.** Orientador: Dr. César Antônio da Silva.

Diante da escassez hídrica para fins de irrigação, o uso de irrigação no tomateiro com turnos de rega alternados, associado ao uso de fertilizantes que induzem enraizamento, pode propiciar maiores produtividades, com economia de água. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e produção do tomateiro (*Solanum Lycopersicum* Mill.), cultivar BSDS0005, submetido a turnos de rega e doses do enraizador “Raizal®” em ambiente protegido. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos (17°49'19"S, 49°12'11"W), no período de junho a outubro de 2021. O delineamento foi o de blocos ao acaso com três repetições, no esquema de parcelas subdivididas 3x5, sendo três turnos de rega (1, 2 e 3 dias) e cinco doses do enraizador Raizal® (0, 5, 10, 15 e 20 g planta<sup>-1</sup>). Foram utilizados vasos de 14,5 L de solo. Utilizou-se o sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes, fornecendo água para duas plantas, em linhas duplas. A irrigação foi manejada conforme a evapotranspiração em lisímetros de pesagem. Os resultados obtidos comprovam que, para produção do tomateiro de mesa, cultivar BSDS0005, o enraizador Raizal® se mostrou eficiente na dose 10 g planta<sup>-1</sup> apresentando bom desempenho na taxa de abortamento de flores (%) e produtividade (t ha<sup>-1</sup>). O turno de rega a cada dois dias propiciou melhor desempenho nos parâmetros vegetativos, na massa seca de raiz (g raiz<sup>-1</sup>), na taxa de abortamento de flores (%), produtividade (t ha<sup>-1</sup>) e melhor eficiência no uso da água.

**PALAVRAS-CHAVE:** gotejamento, turno de rega, *Solanum Lycopersicum*, eficiência no uso da água.

## ABSTRACT

GIROLDO, LAURA BERNARDINO FERNANDES. Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos - GO, August 2022. Use of rooter for greater tolerance of table tomato to different irrigation frequencies. Advisor: Dr. Cesar Antonio da Silva

Faced with water scarcity for irrigation purposes, the irrigation in tomato plants with alternating irrigation shifts, associated with the use of fertilizers that induce rooting, can provide higher yields, with water savings. The present work aimed to evaluate the growth and production of tomato (*Solanum Lycopersicum* Mill.), cultivar BSDS0005, submitted to irrigation shifts and doses of the “Raizal®” rooter in a protected environment. The experiment was carried out in a greenhouse, at Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos (17°49'19"S, 49°12'11"W), from June to October 2021. The design was a randomized block with three replications, in a 3x5 split-plot scheme, with three irrigation shifts (1, 2 and 3 days) and five doses of Raizal® rooter (0, 5, 10, 15 and 20 g plant<sup>-1</sup>). Pots of 14.5 L of soil were used. A drip irrigation system was used, with self-compensating emitters, supplying water to two plants, in double lines. Irrigation was managed according to evapotranspiration in weighing lysimeters. The results obtained prove that, for the table tomato production, cultivar BSDS0005, the Raizal® rooter was efficient at the dose of 10 g plant<sup>-1</sup>, showing good performance in the flower abortion rate (%) and productivity (t ha<sup>-1</sup>). The irrigation every two days provided better performance in the vegetative parameters, in the root dry mass (g root<sup>-1</sup>), in the flower abortion rate (%), productivity (t ha<sup>-1</sup>) and better efficiency in the water use.

**KEYWORDS:** drip, watering turn, *Solanum Lycopersicum*, water use efficiency.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O tomate (*Solanum Lycopersicum* Mill.) é um dos principais produtos hortícolas no Brasil, produzido em todas as regiões e constitui fonte rica de minerais e vitaminas (NOGUEIRA *et al.*, 2018). Por ser um dos principais produtos pertencentes à horta brasileira, com ciclo de produção relativamente curto e de alto retorno financeiro para os produtores, a produção do tomateiro é de grande importância socioeconômica (BRITO *et al.*, 2018). Refere-se a uma das hortaliças mais produzidas e consumidas entre as famílias brasileiras, tanto *in natura* quanto processada.

A produção destinada ao consumo *in natura* é cultivada em pequenas áreas, principalmente pela necessidade de mão de obra, sobretudo na colheita. O Estado de Goiás se destaca pela produtividade, com rendimento médio de 93.639 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020). Apesar de ser o maior produtor de tomate industrial do país, também se destaca na produção de tomate de mesa, desempenhando importante papel na geração de renda e pela mão de obra empregada (CONAB, 2019).

Nogueira *et al.* (2018) ressaltam que o tomate se adapta a quase todas as situações climáticas. Soares *et al.* (2013) apontam que a irrigação vem contribuindo positivamente para o plantio de tomate em regiões com regime irregular de chuvas e elevada taxa de evaporação. Na região do sul goiano, o clima seco durante os meses de março a setembro favorece o cultivo do tomateiro. Entretanto, a irrigação é utilizada como prática fundamental para suprir as necessidades hídricas das plantas e garantir o desenvolvimento ótimo da cultura, seja no campo ou ambiente protegido (EMBRAPA, 2020).

O cultivo em ambiente protegido vem expandindo por causa das dificuldades de produção nas diferentes épocas do ano (OLIVEIRA *et al.*, 2021; FRATONI *et al.*, 2016) e por permitir o controle das condições edafoclimáticas e de cultivo, como temperatura, umidade do ar, radiação solar, vento e irrigação, as quais interferem no ciclo da cultura (ALVARENGA, 2013). Assim, a irrigação controlada é essencial para a obtenção de altas produtividades, a

cultura é sensível tanto ao excesso quanto ao déficit de irrigação e o uso do gotejamento se mostra como opção economicamente viável.

Para que ocorra desenvolvimento adequado da planta é necessário a nutrição adequada, para isso é necessário um sistema radicular devidamente desenvolvido (KLUTHCOUSKI e STONE, 2003). O uso de enraizadores estimula e aumenta a formação de raízes, proporcionando melhor arquitetura radicular, principalmente em ambientes com baixa disponibilidade hídrica e nutricional (VIEIRA e SANTOS, 2005).

O desenvolvimento do sistema radicular e a demanda nutricional do tomateiro está relacionada aos estádios de desenvolvimento da cultura e à marcha de absorção de nutrientes do tomateiro, que auxiliam na tomada de decisão de recomendações de adubação/fertirrigação mais apropriada. Neste sentido, a utilização de fitohormônios enraizadores ou fertilizantes que favorecem o enraizamento é promissora, uma vez que as plantas poderão apresentar maior tolerância ao déficit hídrico e maior eficiência no uso da água e na absorção de nutrientes essenciais. Assim, o uso de doses adequadas propicia maior eficiência dos demais nutrientes aplicados, evitando o uso indiscriminado de fertilizantes e o excesso de sais no solo (FURLANI *et al.*, 2017), podendo contribuir para maiores acúmulos de nutrientes na parte aérea e maiores produtividades (PRADO *et al.*, 2011).

Madeira *et al.* (2019) relatam que o tomateiro apresenta alta demanda de nutrientes, como nitrogênio, enxofre, cálcio, fósforo e magnésio. Em média, para cada tonelada de frutos, são encontrados 3 kg de nitrogênio, 0,5 kg de fósforo, 5 kg de potássio; 0,8 kg de cálcio, 0,2 kg de magnésio e 0,7 kg de enxofre (SILVA *et al.*, 2006).

Dentre os nutrientes essenciais primários, o fósforo está relacionado ao estímulo do desenvolvimento do sistema radicular das plantas, elevando a absorção de água e de nutrientes, que propicia maior produtividade e melhor a qualidade dos frutos (HOFFMAN *et al.*, 2017). Apresenta ainda funções na síntese de proteínas e no processo de absorção iônica (MALAVOLTA, 2006). Assim, é fundamental o uso de fontes solúveis deste nutriente, como o fertilizante Rayzal®, que segundo o fabricante é composto por 45% de fósforo solúvel em água ( $P_2O_5$ ), 9% de nitrogênio solúvel em água (N) e 11% de óxido de potássio ( $K_2O$ ) solúvel em água, sendo de mais rápida absorção que os fertilizantes convencionais.

O Rayzal® é recomendado via fertirrigação por gotejamento, entretanto, são necessárias pesquisas para definir a melhor dose do produto em novas cultivares de tomateiro de mesa disponíveis no mercado, como a BSDS0005, e quantificar seus reais efeitos no desenvolvimento do sistema radicular. Assim, haveria a possibilidade de utilização de maiores turnos de rega em plantas de sistema radicular mais desenvolvido visando otimizar a eficiência

no uso da água. Com base nas informações apresentadas, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento e produção do tomateiro de mesa, cultivar BSDS0005, submetido a turnos de irrigação e doses do fertilizante Raizal®, em ambiente protegido.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A importância do tomateiro

O tomate pertence à família das solanáceas e está presente na mesa dos brasileiros em alguma das suas formas de consumo. Possui qualidades nutricionais para a saúde humana, por apresentar altos teores de vitaminas A e C, concentração elevada de cálcio e potássio e compostos oxidantes naturais que combatem radicais livres (SILVA, 2019; LOPES SOBRINHO, 2020). Também se destaca no agronegócio brasileiro, pela alta demanda pelos consumidores e por movimentar, anualmente, o valor aproximado de R\$ de 3,2 bilhões (BRITO *et al.*, 2018).

O Brasil encontra-se entre os 10 maiores produtores de tomate do mundo (NASCIMENTO *et al.*, 2020). A safra brasileira de tomate em 2020 teve produção total 3.997.539 toneladas com área plantada de 56.443 hectares e rendimento médio da produção totalizando 71.032 kg ha<sup>-1</sup>. O Estado de Goiás se destaca pela produtividade com rendimento médio de 93.639 kg ha<sup>-1</sup> e como maior produtor de tomate industrial do país (IBGE, 2020).

Segundo Alves Júnior *et al.* (2021), o Estado de Goiás é o maior produtor de tomate do Brasil destacando-se por contribuir com 70% da produção nacional de tomate para o processamento industrial. O cultivo do tomate concentra-se na região centro-sul do estado de Goiás, devido as condições edafoclimáticas favoráveis a essa cultura. O município de Morrinhos, por possuir duas grandes empresas processadoras de tomates, é o segundo maior produtor do estado, perdendo apenas para o município de Cristalina (BASÍLIO *et al.*, 2019).

O cultivo de tomate no Cerrado goiano ocorre durante o período da seca, e torna a irrigação essencial para a qualidade dos frutos e maior produtividade (BASÍLIO *et al.*, 2019). É importante ressaltar que em Goiás, 100% da lavoura do tomate é irrigada e quase toda produção é obtida sob irrigação pelo sistema pivô central (ALVES JÚNIOR *et al.*, 2021).

Existe grande variedade de tomates no mundo, com variadas formas e tamanhos, podendo ser oblongos, redondos, achatados, minitomates, com destaque para os híbridos que

tiveram seu uso consolidado pelos benefícios na indústria de tomate para processamento e de mesa (CONAB, 2019). Os sistemas de cultivo variam conforme a região, nível tecnológico, sua destinação final, cultivar e seu hábito de crescimento, podendo ser a céu aberto ou em ambiente protegido, com telado ou estrutura plástica para controle de variáveis meteorológicas (RODRIGUES *et al.*, 2016; ALVARENGA, 2013).

Dentre as hortaliças mais produzidas no Brasil, o tomateiro ocupa a segunda posição, ficando atrás somente da batata (PAULA JÚNIOR; VENZON, 2007). O cultivo do tomate está presente na maioria dos estados brasileiros (SILVA *et al.*, 2019), devido ao seu curto ciclo de produção e excelente retorno econômico para os produtores (SILVA, 2019). Segundo a EMBRAPA (2020), as cultivares de tomate recomendadas ao consumo *in natura* podem ser divididas em quatro grandes grupos: Cereja, Santa Cruz, Italiano e Salada, cada um com características específicas de duração de ciclo, características de mercado como firmeza e coloração e características agronômicas como resistência e ou tolerância a doenças e pragas.

Para atender a demanda do mercado brasileiro, nas diferentes épocas do ano, a cultura do tomate pode ocorrer no campo e em ambiente protegido (SANTANA *et al.*, 2010), ou através do cultivo hidropônico (GONÇALVES *et al.*, 2018). O cultivo do tomate no campo refere ao plantio convencional e a cultura em ambiente protegido exige um sistema de fertilização diferenciado, por englobar maior período para colheita e maior produtividade (TRANI *et al.*, 2015). Mesmo sendo uma técnica de cultivo protegido, o processo hidropônico ocorre sem a utilização do solo, e torna a produção menos trabalhosa, protege contra as intempéries meteorológicas e reduz a utilização de agrotóxicos (GONÇALVES *et al.*, 2018). No entanto, o sistema de cultivo hidropônico tem suas desvantagens pois exige conhecimentos técnicos e mão de obra qualificada.

O cultivo do tomateiro varia de acordo com as condições climáticas, solo, escassez ou excesso de água e processo de irrigação adotado no decorrer da duração do ciclo de produção (BRITO *et al.*, 2018). Assim, o item 2.2 descreve o déficit hídrico no solo brasileiro e seus impactos no plantio do tomate.

## 2.2 Déficit hídrico no solo brasileiro

As hortaliças em geral, possuem seu desenvolvimento influenciado pelas condições de umidade do solo, o tomate não sendo diferente (MAROUELLI; SILVA, 2006). Para obtenção de frutos de qualidade, a cultura do tomate necessita de disponibilidade de água no solo. Pois, é uma hortaliça de alta demanda hídrica, uma vez que no peso do fruto maduro a água

constitui de 93% a 95% (EMBRAPA, 2020). O déficit hídrico é o principal fator que reduz o rendimento do tomate. Suas necessidades hídricas variam entre 300 e 600 mm de água (ALVES JÚNIOR *et al.*, 2021). Assim, para obter boa produtividade e qualidade comercial de tomates é fundamental a adaptação do híbrido ao clima, incluindo boas técnicas de irrigação, manejo, calagem e adubação (TRANI *et al.*, 2015).

O cultivo do tomate depende de boa disponibilidade de água e nutrientes no solo e das condições climáticas, possibilitando alta produtividade na colheita. A produtividade e qualidade de tomates dependem tanto da umidade do solo, quanto da frequência de irrigação (BASÍLIO *et al.*, 2019). Existem diversas técnicas que contribuem para elevar a produtividade do tomate, como a adubação foliar, a fertirrigação e o cultivo protegido que visam o aumento da produtividade e qualidade.

O interior de São Paulo e a região sul de Minas Gerais se destacam pelo clima favorável ao cultivo do tomate e, também, por estarem localizados próximos a grandes centros de alto potencial de consumo (NASCIMENTO *et al.*, 2020). Dada a condição de solos e de clima em Goiás, com má distribuição anual das chuvas, a produção de tomate de mesa depende exclusivamente do uso de irrigação. O uso de técnicas que diminuem a propagação de pragas e doenças, como o cultivo em casa de vegetação é promissor, possibilitando alta qualidade do fruto (ABDALA, 2019).

As irregularidades no tempo, como excesso de chuva, geadas, ventos podem ser superadas com a adoção de ambiente protegido (ABDALA, 2019). O ambiente protegido admite melhor controle das condições edafoclimáticas, como temperatura, umidade relativa, radiação solar, vento, composição atmosférica, fornecimento de nutrientes no solo ou substrato de forma parcelada, e ainda proteção contra insetos, resultando em maiores produtividades e maiores lucros (PURQUERIO; TIVELLI, 2006). Oliveira *et al.* (2021) apontam que a finalidade do cultivo em ambiente protegido é aumentar a eficiência de irrigação, além de proteger a cultura de pragas e doenças provenientes das mudanças meteorológicas imprevisíveis.

A deficiência hídrica é fator determinante na produtividade e qualidade das hortaliças, e tanto o excesso de chuvas no verão, quanto as altas ou baixas temperaturas e ventos podem interferir na produção final (ALVARENGA, 2013). O excesso ou a baixa disponibilidade de água no solo podem prejudicar o desenvolvimento da lavoura tomateira (ABDALA, 2019). Assim, a umidade do solo próxima à umidade de capacidade de campo é essencial para a cultura do tomate (SOUZA, 2019), pois, o excesso de água pode causar o surgimento de doenças fúngicas e, conseqüentemente, o apodrecimento de frutos. No entanto, a baixa

umidade do solo favorece o abortamento de flores, impedindo o surgimento de botões florais, rachaduras nos frutos, podridão, redução no número de frutos comerciais, dentre outros prejuízos (SOUZA, 2019; RODRIGUES *et al.*, 2016).

Na produção de tomate, o déficit hídrico é fator limitante à obtenção de altas produtividades e frutos de qualidade, sendo o excesso também prejudicial (SILVA *et al.*, 2018; SANTANA *et al.*, 2011). Devido à escassez hídrica e às condições climáticas (LOPES SOBRINHO, 2020), a adoção da técnica da irrigação fornece água durante todo o ciclo do tomate, evitando prejuízos na colheita (SILVA, 2019).

Santos (2019) descreve que o clima goiano é caracterizado pelo verão chuvoso e inverno seco. Assim, as necessidades hídricas do tomateiro, que varia de 300 a 600 mm, não são atendidas durante o cultivo no período da estação seca, fazendo com que o adequado manejo da irrigação seja fundamental para o desenvolvimento e produção do tomateiro.

A obtenção de altas produções de tomate é influenciada pelo teor de água no solo durante o período de crescimento da cultura. A escassez de água nessa fase ocasiona redução de produtividade, tendo altas perdas com a redução do fornecimento de água contínuo até a primeira colheita. A escassez de água, um pouco antes e durante a floração, ocasionam a redução do número de frutos. O período de máxima demanda hídrica da cultura do tomate ocorre do início da floração até o início da maturação, período esse correspondente ao desenvolvimento do fruto (ALVARENGA, 2013). Em contrapartida, o excesso de água no solo, facilita o surgimento e a disseminação de doenças, podendo provocar rachaduras nos frutos, quedas de flores, frutos ocos e podridão apical (EMBRAPA, 2020).

No cerrado goiano, região selecionada para essa pesquisa, o cultivo de tomate ocorre principalmente na estação seca, quando são registradas grandes amplitudes térmicas, favorecendo a qualidade dos frutos (BASÍLIO *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2018). É importante manter a umidade adequada do solo, durante todo o ciclo do tomate, evitando limitar o crescimento, desenvolvimento e qualidade dos frutos (ALVES JÚNIOR *et al.*, 2021).

### 2.3 Irrigação no tomateiro

O uso de recursos naturais, como água e solo, de maneira eficiente produz alimentos saudáveis e de boa qualidade (OLIVEIRA *et al.*, 2021). A água auxilia na absorção e transporte de nutrientes do solo para o interior das células da planta, além de regular a temperatura nos tecidos, influenciando diretamente no crescimento e desenvolvimento dos vegetais.

O manejo da irrigação no cultivo do tomateiro pode interferir tanto nos aspectos nutricionais da cultura quanto na ocorrência de doenças. O uso de sistemas de irrigação que ocasionam o molhamento das folhas, como aspersão convencional e pivô central e o alto teor de água no solo favorecem a ocorrência de doenças no tomateiro (MAROUELLI *et al.*, 2012).

Santos (2019) descreve que o manejo racional de um sistema de irrigação deve determinar como, quanto e quando irrigar. Esses fatores levam em consideração o sistema de irrigação utilizado, a estimativa do conteúdo de água no solo, a fase de desenvolvimento, as variáveis meteorológicas e a evapotranspiração da cultura. Com base nesses parâmetros, é estimado o turno de rega, que é definido como o intervalo de tempo ou número de dias entre duas irrigações consecutivas.

Atualmente, a maioria dos produtores de tomates adota manejo de irrigação de forma empírica, com lâminas e turnos de rega fixos que podem causar impactos nos recursos hídricos, além de maior consumo de energia e produção de alimentos com maior risco de contaminação (LIMA *et al.*, 2017; BASÍLIO *et al.*, 2019; ALVES JÚNIOR *et al.*, 2021). Assim, a gestão da irrigação para o cultivo do tomate deve considerar a retenção de água no solo, conforme sua textura, os fatores climáticos que influenciam na evapotranspiração e as diferentes fases da cultura do tomateiro (SILVA *et al.*, 2018).

Segundo Alves Júnior *et al.* (2021), o ciclo do tomateiro possui quatro fases distintas. A primeira vai do transplante das mudas até a instalação de mudas, ou seja, início de novas brotações, e corresponde ao período de uma a duas semanas. A segunda, inicia-se por ocasião da instalação da planta até o seu florescimento, com duração de cinco a seis semanas. A terceira fase vai do florescimento até a maturação dos tomates, com duração de cinco a seis semanas. A quarta fase vai da maturação ao final da colheita, com duração de três a quatro semanas.

Lima *et al.* (2017) ressaltam que o estudo das fases do tomateiro é fundamental para a programação da fertirrigação. O conhecimento do início e término de cada fase da cultura possibilita manejo de irrigação em conjunto com a programação das adubações, fornecendo a quantidade adequada em cada estágio fenológico. Para Pereira *et al.* (2000), a quantidade de água aplicada por irrigação deve ser suficiente para elevar a umidade do solo a capacidade de campo, na profundidade de 40 cm, que corresponde à profundidade efetiva do sistema radicular. No entanto, não pode haver excesso de água causando saturação no solo, pois prejudica a oxigenação da zona radicular do tomateiro (SALVADOR, 2022).

Diferentes níveis de irrigação podem impactar a produção e qualidade comercial do tomate. Silva *et al.* (2018) constataram que as necessidades hídricas totais, após transplante,

são de 400 a 600 mm, dependendo do clima. Em experimento de Santana *et al.* (2010), em que avaliaram a produtividade de tomate do grupo italiano, submetido a diferentes níveis de irrigação, elevando umidade do solo à capacidade de campo, foi encontrada uma lâmina ótima de 581,4 mm, com produtividade de 72,63 t ha<sup>-1</sup>.

O uso de lâminas de irrigação, equivalentes à evapotranspiração da cultura, é outra técnica utilizada para aumentar a produtividade da cultura do tomate (LIMA *et al.*, 2018). Quando se utiliza lâminas de até 500 mm durante todo o ciclo produtivo, obtém maior produtividade no final do tomateiro, conforme pesquisa apresentada por Lima *et al.* (2018). Somente na menor lâmina de água, equivalente a 331,9 mm, é que a fertirrigação contribuiu positivamente no aumento da produtividade comercial, em comparação à adubação convencional. (LIMA *et al.*, 2017).

A irrigação por aspersão pode aumentar a sobrevivência e dispersão de vários patógenos pela aplicação da água na parte aérea, tendo o lado positivo quando o impacto da gota da água remove patógenos, como oídio, e desaloja esporos fúngicos e células bacterianas (LOPES *et al.*, 2006). Nos sistemas de irrigação por sulco e gotejamento, o aparecimento de várias doenças bacterianas foliares são minimizados, pois não molham a parte aérea da planta, porém ocasionam doenças causadas por patógenos no solo (MAROUELLI *et al.*, 2012).

A irrigação por gotejamento proporciona economia de água e energia, melhora a qualidade e rendimento de tomates no período da colheita, além de facilitar a aplicação de agroquímicos (SILVA *et al.*, 2019). Mesmo favorecendo maiores rendimentos com menor consumo de água, a irrigação por gotejamento é pouco utilizada no Brasil. Seu uso predomina em cultivos de tomate em casa de vegetação para consumo *in natura*, e menos utilizada em cultivos de tomate para processamento (SILVA *et al.*, 2018).

O gotejamento pode ser associado a outras técnicas, como a plasticultura, uso de cobertura morta, que proporcionam maior eficiência no uso da água. Essa técnica reduz a evaporação de água da superfície, aumenta o nível de umidade na camada superior do solo, contribui para a eliminação de ervas daninhas, além de economizar água durante a irrigação e aumentar a produtividade (SILVA *et al.*, 2019).

O sistema por gotejamento pode ser superficial ou subterrâneo. No gotejamento superficial geralmente se utiliza um emissor por planta, ou um emissor para duas plantas, no caso do cultivo em linhas duplas, podendo o emissor ser *on-line*, instalado sobre a linha, ou *in-line*, fabricado com inserção no interior do tubo polietileno. No gotejamento subterrâneo ou subsuperficial, a água é aplicada diretamente no sistema radicular, sendo o tubo gotejador enterrado. Segundo Nascimento *et al.* (2020), essa técnica favorece a redução da evaporação

de água, reduz o acúmulo de sais no perfil do solo e o surgimento de plantas infestantes, além da alta eficiência da aplicação de fertilizantes. O gotejamento subterrâneo, combinado com a fertirrigação, disponibiliza água e nutrientes nas raízes do tomateiro, não causa encharcamento no solo e não molha as folhas e frutos, e reduz a necessidade de agrotóxicos e a proliferação de doenças. Mesmo com as vantagens apresentadas pelo gotejamento subterrâneo, é importante ressaltar que em cultivos de tomate de mesa ainda prevalece o gotejamento superficial, quando o cultivo é realizado em vasos, em casa de vegetação.

Em conjunto com o manejo da irrigação, a adubação é prática fundamental para obtenção de boas produtividades. Para isso, a utilização da fertirrigação possibilita redução de custos, otimização da aplicação da água e fertilizantes, aumento da disponibilidade dos nutrientes, facilitando seu fracionamento (FRANTONI *et al.*, 2016; FELTRIM, 2005). Os principais fertilizantes usados na fertirrigação são: fosfato monopotássico (MKP), nitrato de amônio, fosfato monoamônico (MAP cristal), ureia, nitrato de cálcio, sulfato de potássio, cloreto de potássio branco, ácido fosfórico, nitrato de magnésio, sulfato de magnésio e micronutrientes na forma de quelatos ou sais solúveis (TRANI *et al.*, 2015). Ainda na visão de Trani *et al.* (2015), a fertirrigação exige análises periódicas da água de irrigação e do solo, devido variações no pH e risco de salinização.

O método de manejo a ser empregado na irrigação pode ser com base no monitoramento meteorológico, do solo ou da planta. No manejo com base em dados meteorológicos é estimada a quantidade de água a ser aplicada por irrigação, conforme a evapotranspiração, utilizando equipamentos como os evaporímetros (tanque Classe A), lisímetros e equações. No manejo de irrigação com base no solo é medida a umidade de capacidade de campo e monitorada a umidade atual ou tensão da água no solo, utilizando de tensiômetros, medidores eletrônicos de umidade, ou sondas de reflectometria, no domínio do tempo (TDR) ou no domínio de frequência (FDR) que se baseia na capacitância do solo, possibilitando determinar quando e quanto irrigar (SOUZA *et al.*, 2013). Por fim, no manejo baseado no monitoramento da planta, utiliza-se equipamentos como o porômetro foliar, a câmara de Scholander e o IRGA, os quais possibilitam medir taxa de transpiração, condutância estomática e abertura estomatal da planta. No campo, a utilização concomitante de dois métodos de manejo é usual e deve ser empregada visando economia de água e energia, praticidade da operação, redução de custos e melhor rendimento da cultura (MAROUELLI; LOPES; SILVA; 2005).

Atualmente, existem no mercado sensores e controladores de irrigação que permitem a obtenção instantânea da umidade do solo, que favorecem determinar o exato momento de

irrigação (WAMSER *et al.*, 2021). Para o manejo da irrigação do tomateiro, o lisímetro de pesagem quando bem projetado, calibrado e manejado mede com precisão a evapotranspiração da cultura, unindo as variáveis do ambiente que interferem no processo (CARVALHO *et al.*, 2007). No trabalho realizado por Vellame (2012), comparando o uso de lisímetro de pesagem e de lençol freático de nível constante, em ambiente protegido, o lisímetro de pesagem apresentou desempenho satisfatório para ser utilizado como equipamento padrão em medidas de evapotranspiração.

Irrigações desnecessárias podem aumentar os custos de produção, além de interferir na qualidade final do tomate (WAMSER *et al.*, 2021). Assim, para decidir quando e quanto irrigar, é necessário um adequado planejamento do manejo da irrigação, conhecendo a evapotranspiração máxima nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, considerando os fatores do clima, do solo, da cultura e de engenharia, pois o dimensionamento hidráulico do sistema pressupõe que a vazão do equipamento esteja compatível com o turno de rega, o tempo de operação do sistema de irrigação, a umidade do solo e a evapotranspiração (SANTANA *et al.*, 2011).

#### 2.4 A importância do turno de rega

A produção e a qualidade nutricional do tomate de mesa são garantidas através da quantidade e qualidade da água utilizado na cultura. Para maximizar a produção e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas, o turno de rega é tão importante quanto a qualidade da água de irrigação e a lâmina de irrigação total necessária. No entanto, frequências de irrigação que resultem em excesso ou déficit de água no solo podem inviabilizar todo o processo produtivo, podem ocasionar lixiviação de nutrientes do solo ou murcha permanente de plantas (VALERIANO *et al.*, 2017; FELTRIM, 2016). O manejo racional da irrigação visa a aplicação da quantidade correta de água no momento certo (LOPES SOBRINHO, 2020). O tomateiro possui capacidade de adaptar-se morfológicamente em solos com déficit hídrico.

. Essa adaptação dependerá do conteúdo de água no solo e das condições de crescimento radicular (FARA, 2020). A deficiência hídrica moderada pode aumentar a densidade das raízes, principalmente nas camadas mais profundas do solo. Assim, as características do sistema radicular são influenciadas pela quantidade de água e nitrogênio que a planta absorve durante todas as etapas de cultivo.

Para cada fase do ciclo produtivo do tomate há uma lâmina de irrigação real necessária, a fim de evitar danos provenientes do baixo potencial de água no solo e na folha.

Na fase de germinação, as sementes do tomateiro umidade imediatamente abaixo ou próxima à capacidade de campo. As fases de desenvolvimento e produção do tomateiro apresentam alta demanda de água, sendo fundamental turno de rega que minimiza excesso ou deficiência hídrica (VALERIANO *et al.*, 2017).

É necessário controlar com precisão a quantidade de água distribuída durante o manejo da cultura do tomate, pois o uso inadequado do sistema de irrigação pode resultar na distribuição desuniforme de nutrientes na área, caso utilize a fertirrigação. Assim, o turno de rega menores tem sido alternativa para aumentar a produtividade da cultura do tomate de mesa. O uso adequado da irrigação com turnos de rega evita a incidência de doenças, minimizar o gasto com energias e os impactos ambientais, gerando maiores ganhos de produtividade para os produtores (LIMA *et al.*, 2017).

Segundo Nascimento *et al.* (2020), o sistema de irrigação por gotejamento tem sido utilizado pelos produtores de tomate de mesa e muito utilizados pelos produtores de tomate nesses últimos anos. O uso desses métodos se justifica pela economia no uso de recursos hídricos e por proporcionar altos níveis de produtividade, principalmente para a produção de hortaliças. O sistema de gotejamento superficial permite a aplicação da água diretamente no sistema radicular da planta. Suas vantagens são identificadas pela redução da evaporação da água, melhoria na eficiência da aplicação dos fertilizantes e, especialmente, redução do acúmulo de sais na superfície e diminuição de plantas infestantes, em comparação aos sistemas por aspersão.

A irrigação localizada possibilita reduzir o volume de água aplicado para um nível equivalente à condutividade hidráulica do solo, minimizando a percolação abaixo da zona radicular efetiva (NASCIMENTO *et al.*, 2020). Esse método de irrigação traz benefícios aos produtores, pois gera economia de água e energia, melhorando a qualidade do produto.

Na visão de Feltrim (2016), a irrigação localizada por gotejamento é a mais indicada para reposição do consumo hídrico do tomateiro, podendo utilizar turnos de rega diária, sendo o sistema com linhas laterais fixas. Em comparação ao uso de irrigação por aspersão ou por superfície, o gotejamento tem como vantagens: a aplicação pontual da água no solo, com pequenas vazões, alta frequência e uniformidade de distribuição de água, garantindo maior eficiência. Apenas pequeno percentual da área de solo é molhada, possibilitando menor evaporação direta da água, que é favorecido pelo sombreamento da área molhada pela parte aérea do tomateiro. Quando aplicada via gotejamento, o não molhamento das folhagens e dos frutos evita ou minimiza o surgimento de doenças (VALERIANO *et al.*, 2017; LOPES SOBRINHO, 2020;).

O turno de rega eficiente requer informações sobre a quantidade correta de água para cada cultura e da função de produção de cada cultura referente à água. Para otimização do uso da água, existem fertilizantes com função de enraizadores que ajudam o produtor a realizar o manejo correto da água em cada etapa do processo produtivo do tomate. O próximo item aborda o uso de enraizadores na cultura do tomate.

## 2.5 O uso de estimulantes de enraizamento no tomateiro

As raízes absorvem água e nutrientes do solo, favorecendo sua transferência para a parte aérea da planta (FARA, 2020). A absorção de nutrientes pode ocorrer por fluxo de massa, difusão ou interceptação radicular, conforme o nutriente, os potenciais de água na folha e no solo e a expansão do sistema radicular no perfil do solo.

O sistema radicular do tomateiro possui raízes axiais rigorosas que se concentram nos primeiros 50 cm da superfície do solo. A raiz principal transversalmente produz raízes laterais e adventícias densas, que podem atingir 1,5m de profundidade. Sua composição abrange três zonas nitidamente diferentes: a epiderme, o córtex e o cilindro central vascular. A função da epiderme é absorver nutrientes e água, a fim de contribuir para a geração de ramificações tubulares. Esses ramos tubulares ampliam expressivamente a área superficial das raízes, que em contato direto com o solo, permitem a absorção de águas e nutrientes (ISSA, 2021).

A capacidade da planta de desenvolver extenso sistema radicular depende da sua habilidade de obter água e nutrientes minerais do solo, os quais interferem na sua capacidade competitiva. Para que haja bom desenvolvimento da cultura do tomate e essa possa gerar produtos de qualidade, é necessária boa absorção de água e nutrientes do solo. No entanto, se ocorrer qualquer obstrução que dificulte a absorção de água ou demais nutrientes aplicados em cada etapa do plantio do tomate, corre-se o risco de obter prejuízos no decorrer do desenvolvimento da cultura do tomate (ISSA, 2021).

O tomateiro tem a capacidade de se adaptar morfológicamente ao excesso ou carência de água. Porém, tudo depende da capacidade das condições de crescimento radicular e umidade do solo. A densidade radicular é maior na camada superficial do solo quando se utiliza o sistema de irrigação por gotejamento, e maior nas camadas mais profundas do solo quando se utiliza a irrigação por sulcos (FARA, 2020). A ausência de recursos hídricos permite que a raiz cresça mais profundamente em busca de água, modificando morfológicamente o comportamento da raiz principal e reduzido simultaneamente as raízes

laterais (FARA, 2020). Para evitar esse crescimento irregular das raízes, existem os enraizadores que estimulam o crescimento da raiz embrionária da planta.

Os enraizadores são hormônios sintéticos ou naturais que estimulam o crescimento radicular das plantas. São comercializados na forma líquida e sólida, em pó. Na visão de Rodrigues (2020), o uso de enraizadores representa alternativa para melhoria do desenvolvimento radicular, também, absorção da água e nutrientes do solo, favorecendo melhor fotossíntese. Fara (2020) destaca que os enraizadores favorecem o desenvolvimento do sistema radicular e o aprofundamento de sua raiz no perfil do solo, contribuindo para melhoria da absorção da água e dos nutrientes pelas plantas.

Existem diferentes formas de aplicação de enraizadores, mas tudo dependerá do hormônio que será utilizado. Se aplicado no tratamento de sementes é necessário o uso de máquinas específicas, betoneiras ou tambores rotativos excêntricos. Quando usado no sulco do plantio, o enraizador é diluído em água e aplicado por meio de pulverização. O enraizador também pode ser misturado junto ao substrato na produção de mudas (RODRIGUES, 2020).

Rizzo (2015) ressalta que o uso de enraizadores na produção de mudas de tomate melhora o enraizamento e favorece a produção mais rápida. Outra vantagem, é que a quantidade de enraizador a ser utilizada na cultura do tomate é mínima e favorece o rendimento na etapa da colheita dos frutos. Sendo assim, o uso de enraizadores ou fertilizantes com esta função é alternativa para maior eficiência no uso da água pela cultura do tomate.

## 2.6 Necessidades nutricionais e resposta do tomateiro à aplicação de nutrientes

A adição de nutrientes em solos agrícolas visa melhorar a sua disponibilidade na solução, corrigir pH e, conseqüentemente, propiciar melhor resposta das culturas (FONTES; PEREIRA, 2003). Para a correta adubação, inicialmente é necessário análise do solo, considerando o tipo do solo, sistema de manejo e irrigação (EMBRAPA, 2020).

Solos de estufas são intensamente utilizados e expostos a grandes quantidades de fertilizantes, ficando susceptíveis à salinização. Também pode ocorrer a contaminação de água subterrânea, pela ocorrência do processo de lixiviação. Diante disso, o cultivo em vasos em conjunto com a fertirrigação é alternativa que reduz esses problemas, uma vez que as adubações ficam restritas a apenas ao volume de solo nos vasos (VALÉRIE *et al.*, 2010).

Carvalho, Bastos e Alvarenga (2004) propõem que para a elaboração de um programa de adubação é necessário conhecer os teores e acúmulos de nutrientes pela cultura do tomate,

levando em consideração os estádios de desenvolvimento da planta e as novas cultivares, que apresentam aumento expressivo da produtividade, com maior oferta de nutrientes (EMBRAPA, 2020). Os novos cultivares e híbridos apresentam resistência a pragas e doenças, com adaptação a diferentes condições climáticas e maiores produtividades e, conseqüentemente, também são elevadas as suas necessidades nutricionais (FURLANI *et al.*, 2017).

Guedes *et al.* (2021) ressaltam que o potássio (K) é o nutriente mais extraído durante o processo produtivo do tomate. Portanto, são necessários fertilizantes que proporcionem melhor disponibilidade de nutrientes no solo. Em cultivo de tomate em sistema orgânico, esses autores recomendam que a adubação potássica considere, primeiramente, o teor de potássio trocável, após análise do solo e, posteriormente, um estudo sobre a quantidade de tomate que se espera alcançar no final do ciclo produtivo. A dose de adubação potássica pode variar, no entanto, Guedes *et al.* (2021) sugerem que doses de aproximadamente 600 kg ha<sup>-1</sup> contribuem para maior produtividade total e melhor qualidade dos frutos.

Gargantini e Garcia (1963), em seu trabalho pioneiro sobre a absorção de nutrientes pela variedade Santa Cruz, concluem que o tomate absorve na ordem decrescente os seguintes nutrientes: potássio, nitrogênio, cálcio, enxofre, fósforo e magnésio. Afirmam que o potássio, nitrogênio, magnésio e enxofre são absorvidos até os 120 dias da cultura, enquanto o fósforo e cálcio é absorvido até o final do ciclo. Resultados diferentes foram obtidos por Fayad *et al.* (2002), quanto a exigência quantitativa de nutrientes para a cultivar Santa Clara e o híbrido EF-50. Purquerio *et al.* (2016) obtiveram outros resultados para o híbrido “Dominador”. Furlandi *et al.* (2017) concluíram que um consenso sobre o acúmulo de nutrientes do tomateiro ainda não é possível, diante das diferentes cultivares, porém o estudo contínuo propiciará o melhor entendimento da demanda nutricional em cada etapa do crescimento.

Oliveira (2007) descreve que o tomateiro exige altas doses de adubação, pois a planta possui baixa eficiência de absorção, sendo necessário grande quantidade de nutrientes prontamente disponíveis para absorção. Para Alvarez *et al.* (2002), as novas cultivares de tomate apresentam baixa eficiência em absorver o fósforo, e é diferente quando se compara com o potássio.

Em solos altamente intemperizados, como os latossolos, a forma lábil e não lábil dos fosfatos estabelece a relação entre a absorção pela planta e microrganismos, na forma lábil, ou sua adsorção aos coloides do solo, ficando retidos na forma não lábil (FROSI *et al.*, 2018). Os microrganismos, principalmente bactérias e fungos apresentam dois mecanismos de liberação de fósforo para a solução do solo: solubilização do fósforo inorgânico e de mineralização do

fósforo orgânico. O tomateiro absorve os seguintes elementos na ordem decrescente: potássio, nitrogênio, cálcio, enxofre, fósforo e magnésio. Santos *et al.* (2008) concluíram que na perspectiva da fertilidade do solo, o fósforo é dividido de acordo com a facilidade com que repõe a solução do solo, independente da sua natureza química, sendo necessário maiores cuidados entre os nutrientes fornecidos à planta, ou pela pobreza dos solos ou pela sua rápida adsorção pelos colóides do solo (HOFFMAN *et al.*, 2017).

O fósforo como nutriente essencial primário tem elevada importância. Araújo (2018) descreve que o fósforo é um nutriente que não se renova no ambiente, portanto é fundamental o seu manejo. Em solos com menos teor disponível de fósforo, recomenda-se o uso de fósforo orgânico. Em solos intemperizados é recomendável até 80% de fósforo para necessidade da planta (ARAÚJO, 2018). Mueller *et al.* (2015) descrevem que o fósforo disponível para as plantas é encontrado em baixas concentrações na solução de solos com baixo pH e elevados teores de argila. Também, deve levar em consideração a mineralogia existente no solo, principalmente em solos de origem basáltica, em que predominam óxido de Ferro (Fe) e Alumínio (Al).

O fósforo tem função importante na fotossíntese, no armazenamento, na respiração e na transferência de energia. Assim, por integrar muitas proteínas, o fósforo promove rápido crescimento das raízes, melhora a qualidade dos tomates, uma vez que é vital na formação de sementes. É recomendada a adubação fosfatada em duas etapas: a primeira que refere a dois terços da dose, deve ser aplicada no plantio; e a segunda, que corresponde a um terço restante, deve ser aplicada entre duas e três semanas após o transplante das mudas (MUELLER *et al.*, 2018).

Quando ofertado em doses adequadas, há respostas no sistema radicular e na parte aérea, sendo que, quando da sua falta é necessária à adição de fertilizante fosfatado no substrato, porque, geralmente provoca menor desenvolvimento vegetativo e produção, devido ao atraso no florescimento e a redução no número de sementes e frutos, além de estimular a senescência precoce (SARAIVA *et al.*, 2011; MALAVOLTA, 2006). Hoffman *et al.* (2017) descrevem que o fósforo favorece o sistema radicular das plantas, aumentando a absorção de água e nutrientes, e melhora a qualidade e o rendimento dos produtos colhidos. Araújo (2018) ressalta que, quando aplicado em quantidades adequadas, o fósforo favorece a maturação precoce, proporciona melhor desenvolvimento das raízes, além de atuar na respiração e absorção iônica de outros elementos.

Hoffman *et al.* (2017) em trabalho com produção de mudas de tomate em substrato enriquecido com superfosfato simples, verificaram resposta crescente, do número de folhas e

ao diâmetro de coleto na oferta da dose de 20 kg m<sup>-3</sup> de superfosfato simples. Para altura da planta (AP), massas de matéria seca de parte aérea e raízes foi verificado resposta quadrática em função das doses de superfosfato, obtendo os maiores índices nas doses de 15,76 e 15,0 kg m<sup>-3</sup> de superfosfato simples, respectivamente. Concluíram que a dose de 12,5 kg de SFS m<sup>-3</sup> no substrato propiciou melhor qualidade das mudas de tomate Santa Clara.

Mueller *et al.* (2010) em experimento avaliando as doses de fósforo na cultura do tomate, constataram efeito significativo com produtividade de 86,2, 77,8 e 54,9 t ha<sup>-1</sup> para a produtividade total, comercial e extra AA, respectivamente, conseguindo a máxima eficiência econômica utilizando a dose de 850,9 kg ha<sup>-1</sup>. Assim, concluíram que as doses utilizadas apresentaram o máximo de produtividade dentro do que foi planejado para o experimento com diferentes doses de fósforo no tomateiro. Além dos fatores genéticos, fitotécnicos e climáticos, a nutrição da planta é de fundamental importância para a obtenção de resultados satisfatórios.

## 2.7 Referências Bibliográficas

ABDALA, L. **Manejos de irrigação associados a doses de hidrogel na produção do tomateiro de mesa**. 2019. 72 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Olericultura). Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, Goiás, 2019.

ALVARENGA, M.A.R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. Lavras: UFL. 2013. 455 p.

ALVAREZ, V.F.C.; DUETE, R.R.C.; MURAOKA, T.; DUETE, W.L.C.; ABREU JUNIOR, C.H. Utilização de fósforo do solo e do fertilizante por tomateiro. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 167-172, 2002.

ALVES JÚNIOR, J.; SENA, C.C.R.; DOMINGOS, M.VH.; KNAPP, F.M.; ALMEIDA, F. P.; BATTISTI, R.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A.W.P. Diagnosis of irrigation management in the industrial tomato crop in Goiás, Brazil. **Chemical Engineering Transactions**, v. 87, 2021. DOI: 10.3303/CET2187070

ARAÚJO, V.R. **Eficiência de adubação fosfatada no cultivo do tomateiro**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 2018. 61p. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas. Botucatu-SP, 2018.

BASÍLIO, E.E.; GOLYNSKI, A.; GOLYNSKI, A.A.; SILVA, C.J. da; OLIVEIRA, D.S.de; DIAS, R.F. Intervalos de irrigação no cultivo de tomateiro para processamento. **Irriga**, Botucatu, v. 24, n. 4, p. 676-692, 2019.

BRITO, A. de M.; FERNANDES, G.ST.; NETO, A.M.; LIMA, E. de A.; CHAVES, D.V. Influência da luminosidade no teor de clorofila do tomateiro “SWEET HEAVEN” sob diferentes doses de bioestimulante. *In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC*, 2018. **Anais** [...]. Maceió-Al., 75ª Semana Oficial da Engenharia e da Agronomia, 2018. Disponível em: <[https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/agronomia/140\\_idlntdcdt%E2%80%98hsdddbc.pdf](https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/agronomia/140_idlntdcdt%E2%80%98hsdddbc.pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2022

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B.; GUERRA, J.G.M.; CRUZ, F.A.; SOUZA, A.P. Instalação, calibração e funcionamento de um lisímetro de pesagem. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 363-372, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000300005>

CARVALHO, J.G.; BASTOS, A.R.R.; ALVARENGA, M.A.R. **Nutrição mineral e adubação**. *In: ALVARENGA, M.A.R. (ed.). Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia*. Lavras: Editora UFLA, 2004. p. 61-120.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense. **Compêndio de estudos Conab**, v. 21, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab/item/12529-compendio-de-estudos-da-conab-v-21-tomate-analise-dos-indicadores-da-producao-e-comercializacao-no-mercado-mundial-brasileiro-e-catarinense>. Acesso: 09 nov. 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura do tomate**. Fazenda Tamanduá, Brasília/Anápolis. Disponível em <<https://www.embrapa.br/hortaliças/tomate-de-mesa/como-plantar>>. Acesso em: 09 nov. 2020.

FARA, S.J. **Efeito do intervalo de irrigação no desenvolvimento e produção da cultura do tomate de mesa**. 2020. 80 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Campus de Viçosa, 2020.

FAYAD, J.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, F.L. FERREIRA A, F.A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**. v. 20, n.1, p. 90-94, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362002000100017>.

FELTRIM, A.L. Manejo da irrigação por gotejamento. *In: Sistema de produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina*. Florianópolis, SC: Epagri, 2016. 149 p.

FELTRIM, D.M; POTT, C.A; FURLANI, P.R; CARVALHO, C.R.L. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.4, p.17-24, 2005.

FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D; CRUZ, M.C.P. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Jaboticabal-SP: Potafos, 1993. 487 p.

FRATONI, M.M.J.; FRATONI M.S.M.; SANDRA M.J.; MOSSINI, F.H.; SAMPAIO, M.L.; CONSTANTINO, L.V.; ALMEIDA, L.H.C.; FREGONEZI, G.A.F.; TAKAHASHI H, W. Fertirrigação por gotejamento com doses de K na fase reprodutiva do tomateiro tipo

italiano. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 34, n. 1, p. 110-113, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160000100016>

FROSI, G.; SCHWENGBER, A.A.; SOUZA, C.P.de; ECKERT, D.J.; FINK, J.R. Fósforo e potássio disponível no solo após o cultivo de tomate cereja. *In.*: XII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo. 15 a 17 de abril, de 2018, Xanxerê. **Anais [...]**. Chapecó-SC: Argos, 2018. Disponível em: <[http://sbcs-nrs.org.br/rsbcs/anais/index.php?secao=trabalhos&acao=view&id\\_trabalho=537](http://sbcs-nrs.org.br/rsbcs/anais/index.php?secao=trabalhos&acao=view&id_trabalho=537)> Acesso: 15 fev. 2022

FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G. Nutrição mineral do tomate para mesa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 219, p. 27-34, 2003.

FURLANI, P.; PURQUERIO, L.F.; IVERSEN, DA S.B.F. Marcha de absorção e extração de nutrientes pelo tomateiro (Nutrient accumulation and extraction by tomato plant). **Revista Tomate Brasil**. 1. p. 36-38, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/317551720\\_Marcha\\_de\\_absorcao\\_e\\_extracao\\_de\\_nutrientes\\_pelo\\_tomateiro\\_Nutrient\\_accumulation\\_and\\_extraction\\_by\\_tomato\\_plant](https://www.researchgate.net/publication/317551720_Marcha_de_absorcao_e_extracao_de_nutrientes_pelo_tomateiro_Nutrient_accumulation_and_extraction_by_tomato_plant). Acesso em: 18/01/2021.

GARGANTINI, H., GARCIA, H.B. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. Campinas: Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, 1963. **Boletim científico**. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051963000100064>

GONÇALVES, D.C.; FERNANDES, C.H.S.; TEJO, D.P.; VIDAL, T.C.M. Cultivo do tomate cereja sob sistema Hidropônico: influência do turno de Rega. **Uniciências**, v. 22, n. 1, p. 20-23, 2018.

GUEDES, E.; SABNTOS, R. F.; GUEDES, C. R.; SOUZA, E. P. de; CARDOSO, A. I. I. Fontes de potássio para produção e qualidade de tomate cultivado em sistema orgânico em ambiente protegido. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, e 484101422169, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22169>

HOFFMAN, A.; COLOMBO, J.N.; KRAUSE, M.R.; HADDADE, R.I.; MATIELLO, H.N. Produção de mudas de tomate em substrato comercial enriquecido com superfosfato simples. **Agrotrópica**, Ilhéus, v.29, n.3, p.251-258, 2017. Disponível em DOI: 10.21757/0103-3816.2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em <[https://biblioteca.ibge.gov.br/periódicos/periódicos/2415/epag\\_2020\\_set.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/periódicos/periódicos/2415/epag_2020_set.pdf)>. Acesso em: 09 nov. 2020.

ISSA, C.G.C. **Desenvolvimento inicial de plantas de tomateiro em resposta a bioestimulantes**. 2021. 34p. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Olericultura). Morrinhos, Goiás, 2021.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. Principais fatores que interferem no crescimento radicular das culturas anuais, com ênfase no Potássio. **Informações Agronômicas**, n.103, p.05-09, 2003.

LIMA, T.P.de; FILHO, R.R.G.; CADORE, R.; FREITAS, D.S.; CARVALHO, C.M.de; NETTO, A.O. de A. Lâminas de irrigação e formas de adubação na produção de tomate e mesa. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 1, p. 18-25, 2017. DOI: dx.doi.org/10.25066/agrotec.v38i1.30503

LOPES, C.A; MAROUELLI, W.A; CAFÉ FILHO, A.C. Associação da irrigação com doenças de hortaliças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 14, p. 151-179, 2006.

LOPES SOBRINHO, O.P. **Desenvolvimento, produtividade e qualidade de frutos de tomateiro submetido a doses e fontes de fósforo e lâminas de irrigação**. 2020. 173 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Agrárias/Agronomia). Instituto Federal Goiano - Campus de Rio Verde, Rio Verde, 2020.

MADEIRA, N.R.; LIMA, C.E.P.; MELO, R.A.C. e; FONTENELLE, M.R.; SILVA, J. da; MICHEREFF FILHO, M.; GUEDES, I.M.R. **Cultivo do tomateiro em sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH)**. Brasília-DF: Embrapa, 2019.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres. 2006. 638 p.

MAROUELLI, W.A.; LAGE, D.A. da C.; MACEDO, T.C. de; BARRETO, Y.C.; BRAGA, M.B. Avaliação de sistemas de irrigação e estratégias de manejo na produção orgânica de tomate de mesa. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, suplemento - CD Rom, 2012.

Disponível em:

<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/938985/1/A5356T7495Comp.pdf>>.

Acesso em: 24/11/2020.

MAROUELLI, W.A; LOPES, C.A; SILVA, W.L.C. 2005. Incidência de murcha-bacteriana em tomate para processamento industrial sob irrigação por gotejamento e aspersão. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 320-323, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000200032>

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região de Cerrado. **Horticultura Brasileira**. v. 24, p. 342-346, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362006000300014>

MUELLER, S; FELTRIM, A. L.; SUZUKI, S.; WAMSER, A.F.; VALMORBIDA, J. Avaliação de doses de fósforo na cultura do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, 2010. Disponível em:

<[http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV\\_4/A2944\\_T4354\\_Comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV_4/A2944_T4354_Comp.pdf)>.

Acesso em: 24 nov. 2020.

MUELLER, S.; SUZUKI, A.; WAMSER, A.F.; VALMORBIDA, J.; FELTRIM, A.L.; BECKER, W.F. Modos de aplicação de fósforo para duas cultivares de tomate. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 356-361, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000300013>

MUELLER, S.; SUZUKI, A.; WAMSER, A.F.; VALMORBIDA, J.; FELTRIM, A.L.; BECKER, W.F. Parcelamento de adubação fosfatada no plantio e em cobertura do tomateiro. **Agropecuária Catarinense**, v. 31, n. 2, p. 54-57, 2018.

NASCIMENTO, J. M. S. do; SILVA, A.C.C. da; DIOTTO, A.V.; LIMA, L.A.; OLIVEIRA, M.C. de. Irrigação por gotejamento subsuperficial e pulsos na produção de tomate de mesa. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 65903-65916, 2020.

NOGUEIRA, B.B.; IGLESIAS, L.; MESQUISTA, J.V.; NAKATANI, M.C.; PUTTI, F.F. Índice SPAD em plantas de tomateiro cultivado em fibra de coco e submetido a pulsos de fertirrigação. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. v. 12, n.1, p. 1-6, 2018.

OLIVEIRA, H.F.E.de; CAMPOS, H. de M.; MESQUITA, M.; MACHADO, R.L.; VALE, L.S.R.; SIQUEIRA, A.P.S.; FERRAREZI, R.S. Horticultural performance of greenhouse Cherry tomatoes irrigated automatically based on soil moisture sensor readings. **Journal Water**, 2662, p.1-13, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13192662>.

OLIVEIRA, A.R.de. **Avaliação de linhagens de tomateiro rasteiro quanto a eficiência na absorção de nutrientes e resposta à adubação**. 2007. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Brasília: Universidade de Brasília, 2007.

PAULA JÚNIOR, T.J.; VENZON, M. **101 culturas**: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 800 p.

PEREIRA, G.M.; SILVA, E.L. da.; CARVALHO, J. de A.; VILELA, L.A.A.; FARIA, M.A.de. **Manejo de irrigação das principais culturas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 89 p.

PRADO, R.M; SANTOS, V.H.G; GONDIM, A.R.DE O; ALVES, A.U; FILHO, A.B.C; MARCUS CORREIA, M.A.R. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. **Ciências Agrárias**. v. 32, n. 1, p. 19-30, 2011.

PURQUERIO, L.F.V.; TIVELLI, S.W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. Instituto Agrônomo de Campinas. Centro de Horticultura, cp. 28, 13001-970, Campinas-SP, 2006.

PURQUERIO, L.F.V.; SANTOS, F.F.B.E.; FACTOR, T.L. Nutrient Uptake by Tomatoes ‘Dominador’ ‘Serato’ Grown in São Paulo State, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 1123, n. 5, p. 35-40, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1123.5>

RIZZO, A.N. Enraizadores otimizam produção de mudas de tomate. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/enraizadores-otimizam-producao-de-mudas-de-tomate/>> Acesso: 25 out. 2022

RODRIGUES, I.G. Mudas de tomate: enraizadores beneficiam o sistema produtivo. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/mudas-de-tomate-enraizadores-beneficiam-o-sistema-produtivo/>> Acesso em: 25 out 2022.

RODRIGEUS, R.R.; PIZETTA, S.C.; SILVA, N.K.C.; PACHECO, F.E.D.; PEREIRA, G.M. Efeito de diferentes tensões de água no solo sobre o desenvolvimento inicial do tomateiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 26, p. 530-539. 2016.

SALVADOR, M. **A água para a cultura do tomate**. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Vitória-ES: Incaper, 2022. 5 p.

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**, v. 15, n. 4, p. 443-454, 2010. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2010v15n4p443>.

SANTANA, M.J.; PEREIRA, U.C.; BEIRIGO, J.D.C.; SOUZA, S.S.; CAMPOS, T.M.; VIEIRA, T.A. Crop coefficient for irrigated tomato. **Irriga**, v. 16 n. 1, 2011. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2011v16n1p11>.

SANTOS, A. de P. **Déficit hídrico induzido em diferentes fases fenológicas no cultivo do tomate industrial**. 2019. 69 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado). Instituto Federal Goiano, Campus Ceres-Goiás, 2019.

SANTOS, D.R.; GATIBONI L, C.; KAMINSKII, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200049>

SARAIVA, K.R.; NASCIMENTO, R.S.; SALES, A.L.; ARAÚJO, H. F.; FERNANDES, C.N.V.F.; LIMA A.D. Produção de mudas de mamoeiro sob doses de adubação fosfatada utilizando como fonte superfosfato simples. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 5, n. 4, p. 376-383, 2011. DOI: 10.7127/RBAI.V5N400065

SILVA, A.C.C. da.; NASCIMENTO, J.M.S.do; DIOTTO, A.V.; LIMA, L.A.; OLIVEIRA, M.C.de. Produtividade em tomateiro sob duas lâminas de irrigação e mulching. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 3, p. 5664, 2019.

SILVA, J.B.C. da; GIORDANO, L. de B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. da S.; FRANÇA, H. F.; BÔAS, G.L.V; et al. **Cultivo de tomate para industrialização**. Embrapa Hortaliças. 2006. (Sistemas de Produção, 1 - 2 ed). Disponível em: <[https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial\\_2ed/adubacao.htm](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/adubacao.htm)>. Acesso em: 26 out. 2022.

SILVA, R.M. da. **Uso de fontes e doses de boro na cultura do tomate industrial irrigado**. 2019. 7 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado). Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2019.

SILVA, V.L. da; OLIVEIRA, A.C. de; FARIAS, G.A.; SILVA, W.V. da; SILVA, L.P. da. Doses de NPK em tomateiro cv. Marmande e seu desempenho a campo no Cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 1, p. 54-59, 2018.

SOARES, L.A. dos A.; BRITO, M.E.B.; SILVA, E.C.B. da; SÁ, F.V. da S.; ARAÚJO, T.T. de. Componentes de produção do tomateiro sob lâminas de irrigação nas fases fenológicas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 84-90, 2013. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2261/1743>>

SOUZA, C.F.; PIRES, R.C.M.; MIRANDA, D.B. de; VARALLO, A.C.T. Calibração de sondas FDR e TDR para a estimativa da umidade em dois tipos de solo. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 597-606, 2013.

SOUZA, D. **Desenvolvimento e produção do tomateiro BRS NAGAI em função de lâminas de irrigação e doses de hidrogel**. 2019. 28 p. Monografia (Graduação em Agronomia). Instituto Federal Goiano, Campus de Morrinhos, Morrinhos, Goiás, 2019.

TRANI, P.E.; KARIYA, E.A.; HANAI, S.M.; ANBO, R.H.; BASSETO JÚNIOR, O.B.; PURQUERIO, L.F.V.; TRANI, A.L. **Calagem e adubação do tomate de mesa**. Campinas-SP, Instituto Agrônômico, 2015. 35 p. online.

VALERIANO, T.T.B.; SANTANA, M.J.; SOUZA, S.S.de; PEREIRA, U. da C.; CAMPOS, T.M. Lâmina ótima econômica para o tomateiro irrigado. **Revista Inova Ciência & Tecnologia**. v. 3, n. 2, p. 13-19, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/415>>

VALÉRIE, G.; WIM, B.; EWELINA, H.; CARMONATORRES, C.; WANG, H.; VAN DE, P.A.; CÓNDROR, G.A.; DORAI, S.M.; VAN, M.U.H.E.; REMBIALKOWSKA, E.; VAN, B. A. Differences in N uptake and fruit quality between organically and conventionally grown greenhouse tomatoes. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, n. 4, p. 797-806, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1051/agro/2010025>.

VELLAME, L.M.; COELHO FILHO, M.A.; FERREIRA, C.E.; FRAGA JÚNIOR, E.F. Lisímetro de pesagem e de lençol freático de nível constante para uso ambiente proibido. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 153-159, 2012. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237123860022>>.

VIEIRA, E.L.; SANTOS, C.M.G. Estimulante vegetal no crescimento e desenvolvimento inicial do sistema radicular do algodoeiro em rizotrons. In: “V” CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2005.

WAMSER, A.F.; FELTRIM, A.L.; VALMORBIDA, J.; MONTEIRO, F.P.; LINS JUNIOR, J.C.; HAHN, L.; MALLMANN, G.; SERAFIN, T.M. Manejo autônomo da irrigação do tomateiro utilizando sensores Irrigás® de solo. **Agropecuária Catarinense**, v. 34, n. 2, p. 55-59, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.52945/rac.v34i2.1090>

### 3 CAPÍTULO I

(Normas conforme a Comunicata Scientiae Horticultural Journal)

#### **Desempenho do tomateiro de mesa a turnos de rega associados a doses de enraizador**

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento e produção do tomateiro de mesa, cultivar BSDS0005, a turnos de irrigação e doses do enraizador Raizal®, em ambiente protegido. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, no Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, no período de junho a outubro de 2021. O delineamento foi o de blocos ao acaso com três repetições, no esquema de parcelas subdivididas 3x5, sendo três turnos de rega (1, 2 e 3 dias) nas parcelas e cinco doses do enraizador Raizal® (0, 5, 10, 15 e 20 g planta<sup>-1</sup>) nas subparcelas. Foram utilizados vasos de 14,5 L de solo dispostos em fileiras duplas 0,4 m entre vasos, 0,45 m entre fileiras simples e 1,15 m entre fileiras duplas. Utilizou-se o sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes de 2 L h<sup>-1</sup>. A irrigação foi manejada repondo 100% da evapotranspiração da cultura em cada um dos turnos de irrigação. Os resultados obtidos comprovam que o enraizador Raizal® se mostrou eficiente na dose 10 g planta<sup>-1</sup> apresentando melhor desempenho na taxa de abortamento de flores e na produtividade. O turno de rega a cada dois dias mostrou melhor desempenho nos parâmetros massa seca de raiz (18,14 g raiz<sup>-1</sup>), taxa de abortamento de flores (57,41%), produtividade, e melhor eficiência no uso da água (0,077 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> de fruto).

Palavras-chave: Gotejamento. Irrigação. Evapotranspiração. *Solanum lycopersicum*

#### **Table tomato performance in irrigation shifts associated with Raizal® rooting doses**

**Abstract:** The objective of this work was to evaluate the development and production of table tomato, cultivar BSDS0005, with irrigation shifts and Raizal® rooting doses, in a protected environment. The experiment was carried out in a greenhouse, at Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, from June to October 2021. The design was a randomized block design with three replications, in a 3x5 split-plot scheme, with three irrigation shifts. (1, 2 and 3 days) and five

doses of Raizal® rooting agent (0, 5, 10, 15 and 20 g plant<sup>-1</sup>). Pots of 14.5 L of soil were used, arranged in double rows 0.4 m between pots, 0.45 m between single rows and 1.15 m between double rows. A drip irrigation system was used, with self-compensating emitters of 2 L h<sup>-1</sup>. The irrigation was managed by replacing 100% of crop evapotranspiration in each irrigation shift. The results obtained show that the Raizal® rooter proved to be efficient at the 10 g dose, presenting good performance in the flower abortion rate and productivity. The irrigation every two days showed better performance in the root dry mass (18.14 g root<sup>-1</sup>), flower abortion rate, productivity, and better water use efficiency (0.077 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> of fruit).

**Keywords:** Drip. Irrigation. Evapotranspiration. Tomato.

## INTRODUÇÃO

O tomateiro pode ser cultivado em diferentes ambientes protegidos ou não, (Lopes Sobrinho, 2020). Em ambiente protegido proporciona o controle preciso das condições de cultivo (Abdala, 2019). No entanto, o manejo da irrigação ocorre muitas vezes de forma empírica, prejudicando o rendimento da cultura e dos recursos hídricos (Lima *et al.*, 2017; Alves Júnior *et al.*, 2021).

O déficit hídrico em determinadas regiões, em alguns meses do ano ou fases da cultura, prejudica a produtividade do tomateiro (Silva *et al.*, 2018). Quando a sua maior demanda hídrica ocorre nas fases de floração e frutificação, pode ocasionar redução na quantidade de frutos por planta. Nesse sentido, é fundamental que se faça um manejo adequado de irrigação, com adubação e turnos de rega que atentam cada fase do tomateiro (Rodrigues *et al.*, 2016). O uso eficiente da água contribui para qualidade nutricional do tomate.

Existem diversas técnicas que contribuem para a produtividade e qualidade dos frutos tomate, como o uso do enraizadores, a adubação foliar, a fertirrigação e o cultivo em ambiente protegido (Rodrigues *et al.*, 2016). Os enraizadores são hormônios sintéticos ou naturais que estimulam o crescimento da raiz embrionária da planta. A fertirrigação se desenvolve através do uso de diversos fertilizantes

não fosfatados, nitrogenados e potássicos, visando economia de água, fertilizantes e energia (Silva et al., 2018).

Dentre os sistemas de irrigação, o gotejamento é o mais adequado para a cultura do tomateiro de mesa, pois além da economia de água e energia, minimiza doenças da parte aérea, gerando melhor rendimento e qualidade na colheita do tomate, além de facilitar a aplicação de produtos agroquímicos (Silva et al., 2019).

Apesar da necessidade de irrigações frequentes no tomateiro, é fundamental avaliar seu desempenho a diferentes turnos de rega, associados ou não ao uso de fertilizante enraizador (Marouelli & Silva, 2006). A adoção de turnos de rega diferenciados possibilita ao agricultor melhor manejo de água, levando em consideração as condições climáticas e o solo em que será desenvolvida a cultura do tomate.

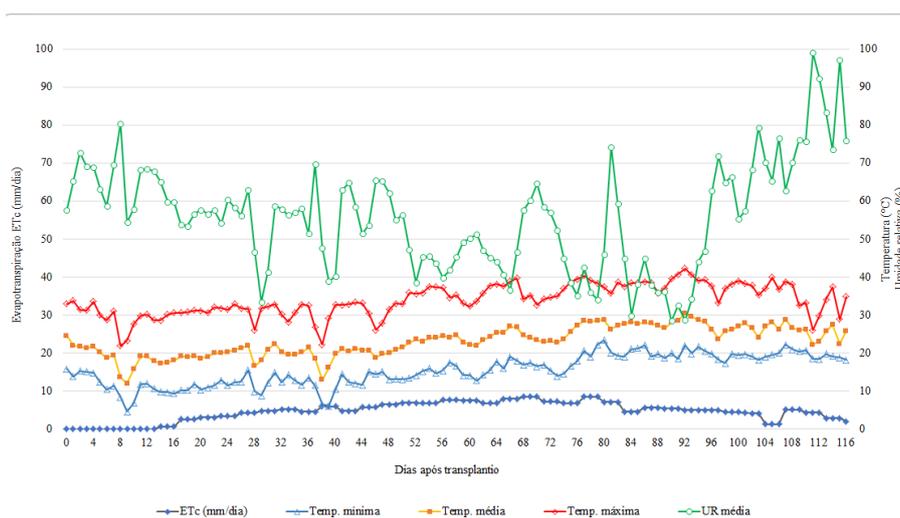
Essa pesquisa parte da hipótese de que o uso do enraizador Raizal® associado a maiores turnos de rega no cultivo do tomateiro, podem propiciar maior eficiência no uso da água. Com base nas informações apresentadas, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o desenvolvimento e produção do tomateiro de mesa, cultivar BSDS0005, submetido a turnos de irrigação e doses do enraizador Raizal®, em ambiente protegido.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação situada a 17°49'19" sul, 49°12'11" oeste com, aproximadamente, 885 m de altitude, no Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, Goiás. A casa de vegetação possui dimensões de 25 m x 7 m, com cobertura plástica de 150 micra de espessura e laterais com tela

antiafídica. Conforme Becker *et al.* (2018), o sistema Köppen-Geiger classifica o clima da região como Aw, tropical semiúmido, com verão chuvoso e inverno seco.

A temperatura e umidade relativa (Figura 1) foram monitoradas por meio de termo-higrômetro digital instalado no centro da casa de vegetação, a 2 metros de altura, sendo os dados registrados a cada 15 minutos. A temperatura máxima diária foi de 42,3° C, aos 92 dias após transplântio (DAT), e a mínima diária, de 4,6°C, aos 09 DAT, tendo a umidade relativa do ar oscilado entre 28 e 97%, durante o ciclo do tomateiro. A evapotranspiração do tomateiro foi obtida por meio de lisímetros de pesagem, em balança eletrônica com capacidade de 40 kg e precisão de 2 gramas, totalizando a evapotranspiração de 552 mm durante o ciclo.



**Figura 1.** Temperatura mínima, média e máxima diária (°C), umidade relativa do ar (%), interna, na casa de vegetação, e evapotranspiração do tomateiro (mm dia<sup>-1</sup>), durante o período experimental. Morrinhos - GO, junho a outubro, de 2021.

O solo utilizado no experimento foi classificado como de textura argilosa (44% areia, 8% silte e 48% argila), com valores iniciais dos atributos químicos de: Ca<sup>2+</sup> = 2,2 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1,3 cmolc dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 104 mg dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmolc dm<sup>-3</sup>;

H+Al = 1,7 cmolc dm<sup>-3</sup>; P = 31,0 mg dm<sup>-3</sup>; S = 3,0 mg dm<sup>-3</sup>; Zn = 2,8 mg dm<sup>-3</sup>; B = 0,2 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 6,4 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 68,0 mg dm<sup>-3</sup> e Mn = 37,0 mg dm<sup>-3</sup>; CTC = 5,47 cmolc dm<sup>-3</sup>; Saturação de Bases = 68,0%; matéria orgânica = 10,0 g kg<sup>-1</sup>; pHCaCl2 = 5,7.

O solo foi corrigido 30 dias antes do transplântio. A dose para correção do solo e adubação de plantio foi calculada por vaso, baseada no critério de número de plantas, considerando-se a população de 26.315 plantas por hectare.

Conforme recomendação do Boletim IAC 215 (TRANI *et al.*, 2015), foram necessários por planta, na adubação de plantio: 37,4 g de calcário, 5,6 g de ureia, 9,5 g cloreto de potássio, 97,8 g de Yorin e 1.140 g de esterco bovino, misturados ao solo por meio de tambor giratório. As adubações de cobertura aconteceram no 7º DAT, no 44º DAT e no 77º DAT, seguindo as recomendações do boletim IAC.

Após correção e adubação do solo, os vasos com capacidade de 14,5 L cada e dimensões de 33 cm altura, 29 cm de diâmetro na borda superior e 17 cm de diâmetro na base, foram preenchidos, colocando tecido de TNT no fundo, evitando vazamento de solo.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições em esquema de parcelas subdivididas 3x5, o esquema subdividido foi implementado por facilitar a implementação da irrigação automatizada, sendo três turnos de rega nas parcelas (1, 2 e 3 dias) e cinco doses do enraizador nas subparcelas (0, 5, 10, 15 e 20 g planta<sup>-1</sup>). Cada subparcela foi constituída de quatro plantas.

As sementes da cultivar BS DS0005, de crescimento determinado, meia estaca, e frutos longa vida, foram adquiridas através da empresa Blue Seeds. As mudas foram produzidas em viveiro comercial. Aos 35 dias após semeadura foi realizado

o transplântio nos vasos, os quais foram dispostos em linhas duplas, no espaçamento 0,4 m entre vasos, 0,45 m entre fileiras simples e 1,15 m entre fileiras duplas.

A irrigação foi por gotejamento, com emissores autocompensantes, utilizando adaptadores de duas saídas, microtubos e estaca gotejadoras, fornecendo água para duas plantas, com vazão média de 1,008 L h<sup>-1</sup> por planta. A uniformidade de irrigação foi medida antes da instalação do experimento que apresentou Coeficiente de Uniformidade de Christiansen igual a 93,53%.

Do transplântio das mudas aos 14 DAT, as irrigações foram diárias. A partir de então, até a colheita final com 116 DAT, foi feita a diferenciação dos turnos de rega (1, 2 e 3 dias). As necessidades hídricas das plantas foram determinadas em função da variação de massa diária de 10 lisímetros, e através dos quais determinou-se a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>, mm dia<sup>-1</sup>) (Eq. 01) e os tempos de irrigação (T<sub>i</sub>, min) (Eq. 02). Sendo os tempos de irrigação e os turnos de regas realizados através de controlador de irrigação Rain Bird.

$$ET_c = \frac{Ma}{\left(\rho a \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot TR\right)} \quad \text{Eq. 1}$$

$$T_i = 60 \cdot \frac{ET_c \cdot A}{q_{planta}} \quad \text{Eq. 2}$$

Em que:

ET<sub>c</sub> - é a evapotranspiração real da cultura (mm dia<sup>-1</sup>);

Ma - é a massa de água evapotranspirada, entre duas irrigações consecutivas

ρa - massa específica da água (ρa = 1,0 kg L<sup>-1</sup>);

D - diâmetro (m) da borda superior do vaso, ao nível do solo (D = 0,29 m);

TR - turno de rega (dia);

T<sub>i</sub> - é o tempo de irrigação (min);

A - é a área de solo nos vasos, que transfere água para a atmosfera (m<sup>2</sup>);

q<sub>planta</sub> - é a vazão média dos emissores (L h<sup>-1</sup>), aplicada por planta, obtida em ensaio de uniformidade de irrigação.

Após pesagem dos vasos lisímetros, era feita a reposição de água, até atingir a massa do teor de umidade na capacidade de campo. A umidade de capacidade de campo foi estimada em  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , após secagem de amostras de solo coletadas a partir de lisímetros adicionais.

A primeira adubação de cobertura aconteceu aos 7 DAT, posteriormente aos 44 e 77 DAT, conforme recomendação técnica do boletim IAC 215 (Trani *et al.*, 2015), utilizando as mesmas fontes de nutrientes da adubação de plantio. As fertirrigações com o Raizal® foram realizadas aos 14 e 50 DAT, em cinco doses distintas: 0,0 (testemunha); 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 g planta<sup>-1</sup>.

As plantas foram tutoradas utilizando esticadores de eucalipto tratado, arame liso a 2,2 m de altura, fitilhos e estacas de bambu para suportar o peso das plantas de tomate. Para o controle de pragas e doenças foi utilizado o manejo padrão para a cultura do tomate conforme a incidência. Foram realizadas cinco colheitas, sendo a primeira colheita aos 86 DAT e, a última, aos 130 DAT.

Os parâmetros avaliados foram: altura de plantas (AP, cm) aos 30 e 50 dias após transplantio (DAT), diâmetro de caule (DC, mm) e índice de clorofila (IC, índice SPAD) aos 30, 50 e 70 dias após transplantio (DAT), temperatura foliar (TF, °C) aos 35 e aos 59 dias após transplantio (DAT), taxa de abortamento de flores (TAF, %), massa seca da raiz (MSR, g planta<sup>-1</sup>), diâmetro longitudinal de fruto (DLF, mm) e diâmetro transversal de fruto (DTF, mm), potencial de hidrogênio (pH), teor de sólidos solúveis (TSS, °brix), produtividade (PROD, t ha<sup>-1</sup>) e a eficiência no uso da água (EA, m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> de fruto).

O índice relativo de clorofila (índice SPAD – *Soil Plant Analysis Development*) foi obtido com medidor portátil SPAD, sendo avaliadas 3 folhas por planta, situadas no ápice, no terço médio e inferior das plantas, totalizando 12 leituras por

subparcela. O diâmetro de caule, diâmetro longitudinal e transversal dos frutos foram mensurados por meio de paquímetro digital, de precisão 0,1 mm. A temperatura foliar foi medida no período matutino, às 13 horas, com termômetro de infravermelho portátil, posicionado acima do dossel de cada planta. A leitura foi realizada abordando três folhas de cada planta; após as leituras, calculou-se a média da temperatura foliar.

Após a contagem de flores e de frutos obteve-se a taxa de abortamento de flores. O cálculo foi feito através da diferença do número de frutos e de flores e o valor convertido em percentagem, utilizando a seguinte fórmula:

$$TAF = \left[ 1 - \left( \frac{NFT}{NF} \right) \right] \cdot 100 \quad \text{Eq. 3}$$

Em que: TAF - taxa de abortamento de flores (%);

NFT - número total de frutos por subparcela;

NF - número de flores por subparcela.

O pH do fruto foi obtido a partir do suco de 6 frutos maduros por subparcela, sendo dois de cada tamanho (pequenos, médios e grandes), processados em centrífuga, sendo analisado em pHmetro de bancada. Com base na metodologia do Instituto Adolfo Lutz (Zenebon *et al.*, 2008), o teor de sólidos solúveis foi avaliado em refratômetro digital, sendo o mesmo calibrado com água destilada. Foram colocadas aproximadamente 2 gotas do suco no prisma do refratômetro, para leitura do índice de refração, em brix (Zenebon, Pascuet, Tiglia, 2008).

A massa seca de raiz foi obtida após a finalização do experimento, retirando as raízes dos vasos, que passaram por lavagem, escurimento do excesso de água,

armazenadas em sacos de papel e encaminhadas para estufa de circulação de ar forçado, com temperatura de 65°C, por quatro dias.

A produtividade foi calculada em função do peso de frutos comerciais, em gramas de tomate por planta, contabilizadas todas as colheitas e multiplicado pela população de plantas por hectare, convertendo o resultado em toneladas por hectare.

A eficiência no uso da água ( $\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ ) foi obtida estimando-se o volume de água aplicado por planta durante o ciclo ( $0,03463 \text{ m}^3 \text{ planta}$ ) conforme a planilha do excel de ETc, em função da vazão média por planta e do tempo total de irrigação. Finalmente, dividiu-se o volume de água aplicado pela produção de frutos comerciais ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) por subparcela.

Na realização das análises estatísticas, as variáveis foram submetidas à análise de variância. Os dados referentes aos turnos de irrigação foram comparados por meio de teste de Tukey e as doses do raizal® comparadas por meio de equações de regressão, através do software estatístico SISVAR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância (ANOVA) apresenta os quadrados médios de tratamentos para cada parâmetro avaliado (Tabela 1). Houve significância dos turnos de rega nas variáveis de temperatura foliar, aos 59 DAT ( $P = 0,001$ ), e na eficiência no uso da água ( $P = 0,03$ ). Para as doses do enraizador Raizal®, as variáveis que apresentaram significância foram o índice de clorofila, aos 50 DAT ( $P = 0,000$ ) e 70 DAT ( $P = 0,000$ ), temperatura foliar 59 DAT ( $P = 0,001$ ), taxa de abortamento de flores ( $P = 0,006$ ), massa seca de raiz ( $P = 0,0000$ ) e diâmetro transversal de fruto ( $P = 0,0000$ ).

No desdobramento da interação de turno de rega (TR) x dose do raizal® (DR), observou-se significância nas variáveis: índices de clorofila aos 30 DAT ( $P = 0,0000$ ), 50 DAT ( $P = 0,0000$ ) e 70 DAT ( $P = 0,0000$ ), temperatura foliar aos 59 DAT ( $P = 0,0000$ ), taxa de abortamento de flores ( $P = 0,0000$ ), massa seca da raiz ( $P = 0,0000$ ), produtividade ( $P = 0,003$ ) e eficiência no uso da água ( $P = 0,0000$ ).

**Tabela 1.** Resumo de análises de variância da altura de plantas (AP, cm) aos 30 e 50 DAT, diâmetro de caule (DC, mm) e índice de clorofila (IC, índice SPAD) aos 30, 50 e 70 DAT, temperatura foliar (TF, °C) aos 35 e 59 DAT, taxa de abortamento de flores (TAF, %), massa seca de raiz (MSR, g raiz<sup>-1</sup>), diâmetro longitudinal do fruto (DLF, mm) e diâmetro transversal do fruto (DTF, mm), potencial de hidrogênio (pH), teor de sólidos solúveis (TSS, °brix), produtividade (PROD, t ha<sup>-1</sup>) e a eficiência no uso da água (EA, m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> de fruto), do tomateiro de mesa, cv. BSDS0005, em função de turnos de rega e doses do enraizador Raizal®. Morrinhos – GO, 2022.

Parâmetros avaliados	Fonte de variação				CV <sub>TR</sub> (%)	CV <sub>DR</sub> (%)	Média geral
	Bloco	Turno de rega (TR)	Dose de Raizal® (DR)	DR x TR			
Quadrados médios							
AP 30 DAT	159,19 <sup>NS</sup>	32,69 <sup>NS</sup>	23,07 <sup>NS</sup>	16,45 <sup>NS</sup>	18,77	6,45	49,59
AP 50 DAT	281,30 <sup>NS</sup>	8,019 <sup>NS</sup>	11,30 <sup>NS</sup>	31,80 <sup>NS</sup>	11,82	4,68	95,41
DC 30 DAT	0,492 <sup>NS</sup>	0,728 <sup>NS</sup>	0,297 <sup>NS</sup>	0,276 <sup>NS</sup>	14,43	5,27	6,80
DC 50 DAT	0,310 <sup>NS</sup>	2,419 <sup>NS</sup>	0,093 <sup>NS</sup>	0,134 <sup>NS</sup>	11,01	6,17	9,58
DC 70 DAT	0,863 <sup>NS</sup>	0,027 <sup>NS</sup>	0,571 <sup>NS</sup>	1,159 <sup>NS</sup>	11,70	8,31	10,92
IC 30 DAT	73,04 <sup>NS</sup>	35,91 <sup>NS</sup>	16,22 <sup>NS</sup>	201,16 <sup>**</sup>	10,15	7,05	70,85
IC 50 DAT	10,60 <sup>NS</sup>	6,862 <sup>NS</sup>	72,02 <sup>**</sup>	69,36 <sup>**</sup>	13,21	5,36	60,00
IC 70 DAT	75,70 <sup>NS</sup>	107,67 <sup>NS</sup>	148,37 <sup>**</sup>	117,48 <sup>**</sup>	18,20	5,14	61,92
TF 35 DAT	7,434 <sup>NS</sup>	12,66 <sup>NS</sup>	1,680 <sup>NS</sup>	2,156 <sup>NS</sup>	6,80	4,00	28,63
TF 59 DAT	0,539 <sup>NS</sup>	26,32 <sup>**</sup>	1,405 <sup>**</sup>	3,602 <sup>**</sup>	2,38	1,64	29,20
TAF	466,87 <sup>NS</sup>	234,75 <sup>NS</sup>	106,45 <sup>**</sup>	232,30 <sup>**</sup>	11,36	7,76	61,37
MSR	56,23 <sup>NS</sup>	101,53 <sup>NS</sup>	174,16 <sup>**</sup>	95,13 <sup>**</sup>	33,07	12,26	15,22
DLF	7,451 <sup>NS</sup>	28,19 <sup>NS</sup>	12,85 <sup>NS</sup>	9,149 <sup>NS</sup>	18,72	10,06	38,67
DTF	2,458 <sup>NS</sup>	70,10 <sup>NS</sup>	81,63 <sup>**</sup>	15,26 <sup>NS</sup>	10,83	9,33	45,49
pH	0,903 <sup>NS</sup>	0,735 <sup>NS</sup>	0,774 <sup>NS</sup>	0,787 <sup>NS</sup>	24,14	21,10	4,07
TSS	1,139 <sup>NS</sup>	1,699 <sup>NS</sup>	0,387 <sup>NS</sup>	0,337 <sup>NS</sup>	36,96	13,60	6,25
PROD	9,131 <sup>NS</sup>	46,35 <sup>NS</sup>	12,85 <sup>NS</sup>	25,87 <sup>**</sup>	35,48	24,58	10,29
EA	0,0002 <sup>NS</sup>	0,0070 <sup>*</sup>	0,0005 <sup>NS</sup>	0,0020 <sup>**</sup>	29,86	20,00	0,099

<sup>S</sup> não significativo; \* significativo a 5% de probabilidade; e \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; CV - coeficiente de variação.

O índice relativo de clorofila aos 30 DAT foi influenciado pela interação dos turnos de rega e doses do enraizador Raizal® ( $P = < 0,001$ ). Conforme o aumento da dose do enraizador, as plantas irrigadas todos os dias apresentaram maiores índices de clorofila. O maior índice SPAD (SPAD = 81,59) foi observado no turno de rega de 3 dias (TR3), na ausência do enraizador e o menor (SPAD= 61,27), no turno

diário de irrigação (TR1) com dose de 10 g planta<sup>-1</sup> do enraizador Raizal® (Tabela 2).

**Tabela 2.** Índices de clorofila (índice SPAD) aos 30, 50 e 70 dias após transplântio (DAT), temperatura foliar (°C) aos 59 DAT, taxa de abortamento de flores (%), massa seca da raiz (g raiz<sup>-1</sup>), diâmetro transversal de fruto (mm), produtividade (t ha<sup>-1</sup>) e eficiência no uso da água (m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> de fruto), em função de doses do enraizador Raizal® e de turnos de rega (TR). Morrinhos – GO, 2022.

Característica avaliada	Turnos de Regas	Doses de enraizador Raizal® (%)					Média
		0	5	10	15	20	
Índice de clorofila 30 DAT (spad)	TR1	64,63b	69,43ab	61,27b	72,77a	77,44a	69,10
	TR2	68,89b	68,02b	80,31a	68,40a	71,39ab	71,40
	TR3	81,59a	79,79a	70,91ab	65,49a	62,44b	72,05
DMS: 11,34	Média:	71,70	72,41	70,83	68,89	70,42	70,85
Índice de clorofila 50 DAT (spad)	TR1	54,61ab	58,15a	56,72a	68,20a	62,32a	60,00
	TR2	63,74a	64,82a	58,01a	57,40b	59,40a	60,67
	TR3	52,11b	57,29a	57,79a	63,55ab	65,87a	59,32
DMS: 10,22	Média:	56,82	60,09	57,51	63,05	62,53	60,00
Índice de clorofila 70 DAT (spad)	TR1	69,55a	51,07a	67,02a	70,36a	58,76b	63,35
	TR2	56,84ab	59,84a	64,46a	63,44a	73,35a	63,58
	TR3	52,37b	56,78a	64,53a	60,46a	60,02ab	58,83
DMS: 13,92	Média:	59,58	55,89	65,34	64,75	64,04	61,92
Temperatura foliar 59 DAT (°C)	TR1	31,84b	28,88a	30,85b	31,39b	30,61b	30,72
	TR2	28,25a	28,21a	27,88a	28,16a	30,72b	28,65
	TR3	27,69a	28,77a	28,57a	28,40a	27,80a	28,25
DMS: 1,09	Média:	29,26	28,62	29,10	29,32	29,71	29,20
Taxa de abortamento de flores (%)	TR1	71,40b	58,53a	79,40b	69,37a	47,92a	65,32
	TR2	54,80a	55,74a	52,03a	63,25a	61,20b	57,41
	TR3	61,02ab	64,28a	54,50a	65,64a	51,52b	61,39
DMS: 10,87	Média:	62,42	59,52	61,98	66,08	56,88	61,37
Massa seca raiz (g raiz <sup>-1</sup> )	TR1	7,92b	12,98ab	15,38b	7,64b	27,99a	14,39
	TR2	16,65a	14,02a	26,32a	17,80a	15,88b	18,14
	TR3	8,31b	7,49b	20,38ab	16,52a	12,98b	13,14
DMS: 6,40	Média:	10,96	11,50	20,70	13,99	18,95	15,22
Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	TR1	10,30a	8,35a	5,94b	6,91b	10,78a	8,46
	TR2	11,47a	11,10a	12,66a	13,42a	11,16a	11,96
	TR3	7,59a	7,65a	13,06a	16,26a	7,67a	10,44
DMS: 5,74	Média:	9,79	9,04	10,55	12,20	9,87	10,29
Eficiência no uso da água (m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> de fruto)	TR1	0,123a	0,110a	0,147b	0,137b	0,087a	0,121
	TR2	0,080a	0,087a	0,070a	0,070a	0,080a	0,077
	TR3	0,120a	0,120a	0,070a	0,063a	0,123a	0,099
DMS: 0,04572	Média:	0,10777	0,10555	0,09555	0,09000	0,09666	0,09911

Para cada característica avaliada, médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância. DMS - Diferença Mínima Significativa; TR1, TR2 e TR3 - Turnos de rega de 1, 2 e 3, respectivamente.

O índice relativo de clorofila aos 50 DAT foi inferior ao obtido aos 30 DAT, sobretudo nas menores doses do enraizador Raizal®. A maior queda no índice se

deu no TR3 na dose testemunha, provavelmente pelo déficit hídrico nesse turno de irrigação e a translocação do nitrogênio na planta, que segundo Almeida (2011) é redistribuído via floema a partir das folhas mais velhas, ocasionando decréscimo no teor de clorofila aos 50 dias. O maior índice SPAD (SPAD = 68,20), aos 50 dias, foi observado no TR1 com dose de 15 g do enraizador Raizal® e o menor (SPAD = 52,11), no TR3 sem adição do enraizador.

O índice relativo de clorofila aos 70 dias apresentou valores similares aos obtidos em 50 DAT, sendo exceção os turnos de rega de 1 e 2 dias associados a doses de 10 e 15 g planta<sup>-1</sup> de Raizal, os quais apresentaram aumento do teor de clorofila, em comparação aos 50 dias. O maior índice SPAD (SPAD = 73,35), aos 70 dias foi observado no TR2 na dose de 20 g planta<sup>-1</sup> do enraizador Raizal®, e o menor (SPAD = 51,07), no TR1 com dose de 5 g planta<sup>-1</sup> do enraizador Raizal®.

A temperatura foliar (°C), aos 59 DAT, foi influenciada pelos turnos de rega, apresentando, em média, menores temperaturas nos turnos de 2 e 3 dias. A maior temperatura foliar (31,84°C) observada no TR1, na ausência do enraizador, possivelmente se deve à avaliação de temperatura ter sido realizada em data de manejo da irrigação, e as plantas do TR1 receberam menor lâmina (1/3 da lâmina total). Consequentemente, estas podem ter apresentado maior estresse hídrico no horário das medições e, portanto, maior temperatura no dossel.

A taxa de abortamento de flores (%) foi influenciada pelo turno de rega, e o TR2 apresentou a menor porcentagem de abortamento de flores em quase todas as doses aplicadas, com exceção da dose de 20 g planta<sup>-1</sup> do enraizador, e o TR1 se destacou, com a menor taxa de abortamento de flores. Pelo teste de Tukey, as maiores taxas de abortamento de flores (79,40% e 71,40%) ocorreram em doses de 10 e 0,0 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente, ambas no turno diário de irrigação,

podendo estar associadas ao elevado teor de umidade de capacidade de campo (50%), sendo mais prejudicial no turno de rega de 1 dia, com menor desenvolvimento do sistema radicular, devido ao encharcamento do solo na base dos vasos e, conseqüentemente, a menor absorção de fósforo e menor polinização de flores observada nesses tratamentos. A alta umidade do solo associada ao alto teor de argila podem ter afetado a taxa de abortamento e conseqüentemente outros parâmetros como a produtividade, visto que geram efeitos prejudiciais ao tomateiro Barros, 2019).

Para a massa seca de raiz ( $\text{g raiz}^{-1}$ ), o efeito observado na taxa de abortamento de flores se repetiu, e o TR2 apresentou a maior massa seca de raiz em quase todas as doses analisadas, com exceção da dose de  $20 \text{ g planta}^{-1}$  do enraizador Raizal®, e o TR1 se destacou. A maior massa seca de raiz ( $27,99 \text{ g planta}^{-1}$ ) ocorreu no TR1, na dose de  $10 \text{ g planta}^{-1}$  do enraizador Raizal® e as menores massas de raízes observadas no turno de irrigação de 3 dias, sobretudo nas doses de  $0,0$  e  $5,0 \text{ g planta}^{-1}$  do Raizal®.

Quanto à produtividade ( $\text{t ha}^{-1}$ ), observa-se que TR2 e TR3 foram superiores ao TR1, com maiores produtividades observadas nas doses de  $10$  e  $15 \text{ g planta}^{-1}$  do enraizador Raizal® ( $P = 0,12$ ). A maior produtividade  $16,26 \text{ t ha}^{-1}$  foi obtida no TR3 na dose de  $15 \text{ g planta}^{-1}$  do enraizador Raizal® e a menor produtividade  $5,94 \text{ t ha}^{-1}$  no TR1, aplicando  $10 \text{ g planta}^{-1}$  (Tabela 2).

A eficiência no uso da água ( $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$  de fruto) foi melhor nos manejos de irrigação TR2 e TR3, nas doses de  $10$  e  $15 \text{ g planta}^{-1}$  do enraizador, sendo necessários menores volumes de água por quilograma de frutos produzidos. Foram necessários nestes tratamentos de  $63$  a  $70$  litros de água para produzir  $1,0 \text{ kg}$  de tomate. A maior eficiência ( $0,063 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  de fruto) se deu no TR3, na dose

de 15 g planta<sup>-1</sup>, e a menor eficiência (1,147 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>) no TR1 com adição de 10 g planta<sup>-1</sup> do fertilizante Raizal®.

Ocorreram alterações do índice relativo de clorofila, que aos 30 DAT era ascendente, apresentando redução aos 50 e 70 DAT na maioria dos tratamentos, provavelmente pela translocação de nitrogênio presente nas folhas, visto que iniciou a fase reprodutiva, demandando altas quantidades de nutrientes. Essas mudanças no índice SPAD estão provavelmente relacionadas a possível deficiência de nitrogênio foliar, mesmo tendo ocorrido a adubação de cobertura aos 44 DAT, não surtindo efeito imediato e demandando tempo para a devida absorção e translocação de nutrientes absorvidos nos processos bioquímicos e metabólicos. De acordo com Nogueira *et al.* (2018), o período até 70 DAT é de alta demanda de nutrientes para a planta de tomate, por se encontrar em um período de pleno desenvolvimento vegetativo, consumindo grandes quantidades de nitrogênio e determinando o seu potencial produtivo.

Em média, o aumento de 1,92% no índice de clorofila na fase de 50 a 70 dias, demonstra resposta positiva das plantas à adubação nitrogenada. Nota-se que as plantas que sofreram maior decréscimo no índice de clorofila foram na ausência do enraizador, sobretudo no turno de irrigação de 3 dias. É menos evidente o decréscimo à medida que aumenta a dose do enraizador Raizal®, em virtude da presença de nitrogênio em sua composição, minimizando a deficiência do nutriente. O índice SPAD está intimamente relacionado ao teor de clorofilas e a concentração de clorofilas com o teor de nitrogênio foliar, visto que 70% do nitrogênio foliar se encontra nos cloroplastos. Devido a isso, a redução no teor de nitrogênio afeta direta e proporcionalmente o índice relativo de clorofila (Ferreira *et al.*, 2006; Paixão *et al.*, 2020).

As menores temperaturas foliares aos 59 DAT, obtidas em maiores turnos de rega, são coerentes com os resultados obtidos por Lage (2018), e turnos de irrigação maiores apresentaram menores valores de temperatura foliar, pela adaptação das plantas. Em altas temperaturas, a planta tende a realizar o fechamento estomático, para evitar a perda de água para o meio externo, com posicionamento foliar que minimize a incidência de radiação. Por consequência do menor índice de radiação solar sobre o limbo foliar, menor é a temperatura foliar. Verifica-se que no turno de rega menor, a planta possui maior capacidade de reposição hídrica do que nos turnos de rega maiores, por isso, ela permanece por maior tempo com os estômatos abertos e recebendo maior radiação sobre o tecido foliar, o que, conseqüentemente, eleva a temperatura foliar (Almeida *et al.*, 2020; Valeriano *et al.*, 2020).

Segundo Santos (2019), temperaturas acima de 30°C provocam uma série de reações bioquímicas que resultam no abortamento de flores e tamanho de fruto reduzido. Com número reduzido de sementes e temperaturas acima de 34°C, há efeitos extremos nas estruturas reprodutivas. O excesso e o déficit de umidade propiciam o abortamento das flores, polinização e absorção de nutrientes, impactando diretamente na capacidade produtiva e nos parâmetros de qualidade do fruto (Reis *et al.*, 2013; Abdala, 2019; Silva, 2019).

O parâmetro massa seca de raiz (MSR) se sobressaiu no manejo de irrigação a cada dois dias, em comparação aos demais turnos de rega. A única exceção se deu na dose de 20 g planta<sup>-1</sup> do enraizador, e o TR1 se destacou em relação aos turnos TR2 e TR3, que apresentaram menores quantidades de raízes. Campos (2019) encontrou resultados contrários aos deste trabalho, ao relatar que o fornecimento hídrico diário pode, dependendo da cultivar, induzir menor

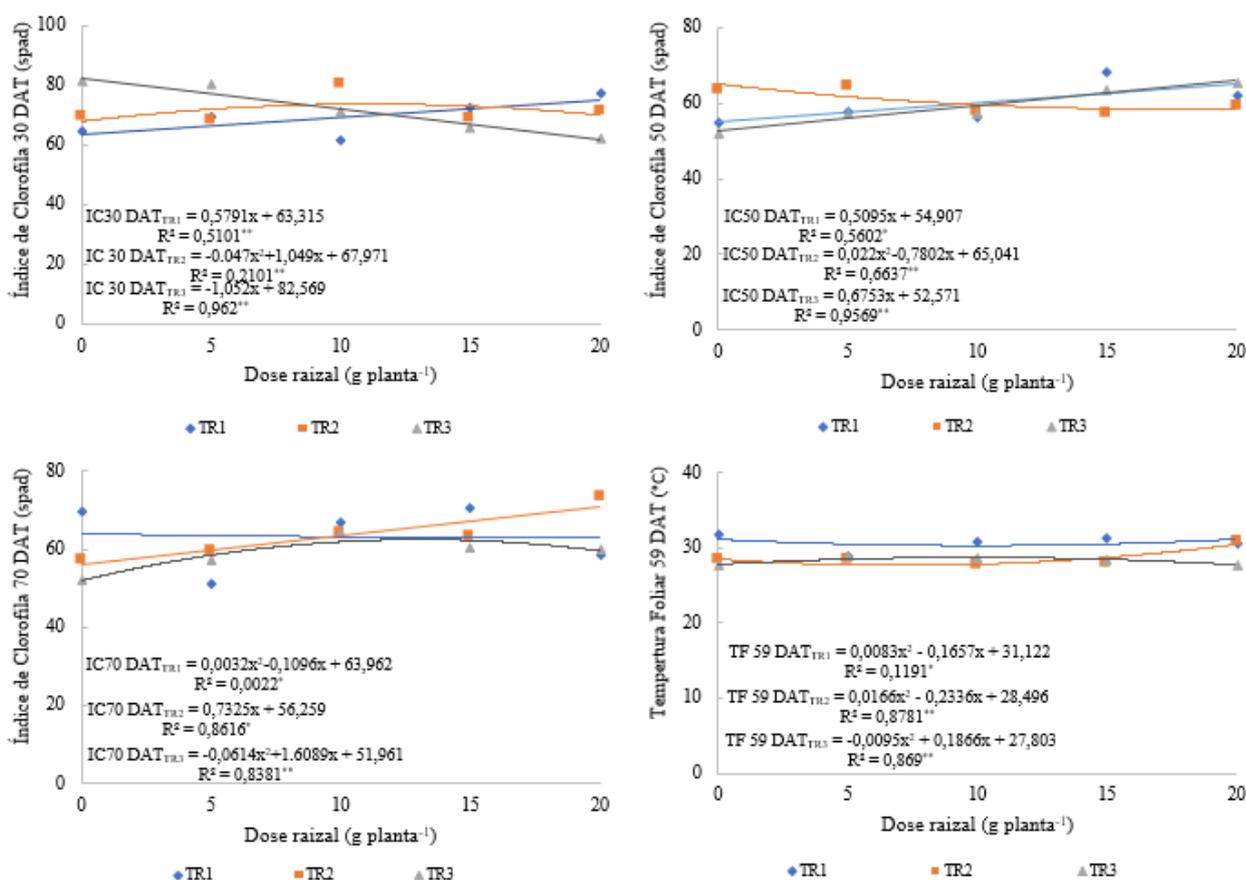
desenvolvimento de raízes, visto que não se faz necessário o sistema radicular se expandir para suprir as necessidades hídricas. Quando as plantas são submetidas a período de estresse hídrico, elas podem acionar mecanismos adaptativos e de tolerância, e aumentar suas chances de sobrevivência. O déficit/estresse hídrico promove o envio de fotoassimilados às raízes, que são utilizados para que a mesma consiga atingir camadas mais profundas do solo e suprir as necessidades hídricas e nutricionais, produzindo maior massa de raízes (Xu *et al.*, 2015; Brito *et al.*, 2015).

A produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) foi, em média, superior nos turnos de irrigação TR2 e TR3. Esse resultado foi coerente ao obtido por Basílio *et al.* (2019), e os turnos de rega de até cinco dias se mostraram superiores ao turno de rega diário. Essa resposta varia conforme a cultivar utilizada, havendo cultivares mais sensíveis ao déficit e excesso hídrico, porém, é consenso para a cultura do tomate que tanto a falta quanto o excesso de água causam perdas na produtividade (Santos, 2019). O contrário também foi observado em estudos como o de Zheng *et al.* (2013), Santiago *et al.* (2018) e Du *et al.* (2018), e foi identificado efeito linear crescente, conforme o acréscimo da lâmina de irrigação, aumentando a produtividade do tomateiro. Conforme Wang *et al.* (2015), o déficit de irrigação, apesar de causar perdas na produtividade, aumenta a concentração de sólidos solúveis no fruto.

A maior eficiência no uso da água ( $\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$  de fruto) nos turnos de rega maiores, está dentro do esperado, corroborando com os trabalhos de Monte *et al.* (2009), Basílio *et al.* (2019), Almeida *et al.* (2021) e Silva *et al.* (2021), que encontraram resultados semelhantes. Visto que este parâmetro é uma razão, que é reduzida a eficiência com o aumento do aporte hídrico fornecido dentro da

faixa ideal para a cultura, e limitar a irrigação abaixo do recomendado, causa perdas drásticas na produção (Carvalho *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2013; Santos, 2019).

Ao analisar o índice relativo de clorofila em função das doses do enraizador, é possível observar respostas diferentes conforme o turno de rega. Aos 30 DAT, o TR1 apresentou resposta linear ascendente, conforme o acréscimo da dose do enraizador Raizal®, desempenho este que se manteve aos 50 DAT. Todavia, aos 70 DAT o índice relativo de clorofila apresentou incrementos decrescentes a partir da dose de 15 g planta de Raizal®, com resposta quadrática nos turnos de rega de 1 e 3 dias (Figura 2 A,B,C).



**Figura 2.** Índice de clorofila (SPAD) do tomateiro, aos 30 dias (A), aos 50 dias (B) e aos 70 dias após o transplante – DAT (C), e temperatura foliar (°C) aos 59 dias

após transplântio (D), em função de doses do enraizador Raizal® e de turnos de rega (TR). Morrinhos – GO, 2022

Já, no turno de irrigação em dias alternados (TR2), o índice de clorofila diferenciou conforme aplicação do fertilizante Raizal®: aos 30 DAT, manteve-se estável, independente da dose do enraizador; aos 50 DAT, apresentou queda no índice de clorofila, com o aumento das doses. Porém, aos 70 DAT apresentou resposta linear crescente, da menor para a maior dose de Raizal®.

Na frequência de irrigação a cada três dias (TR3), o índice de clorofila se mostrou distinto: aos 30 DAT apresentou resposta linear descendente ao acréscimo da dose do enraizador. Mas, aos 50 e 70 DAT esse desempenho não se manteve, apresentando crescimento do índice relativo de clorofila à medida que aumentou a dose do enraizador Raizal®.

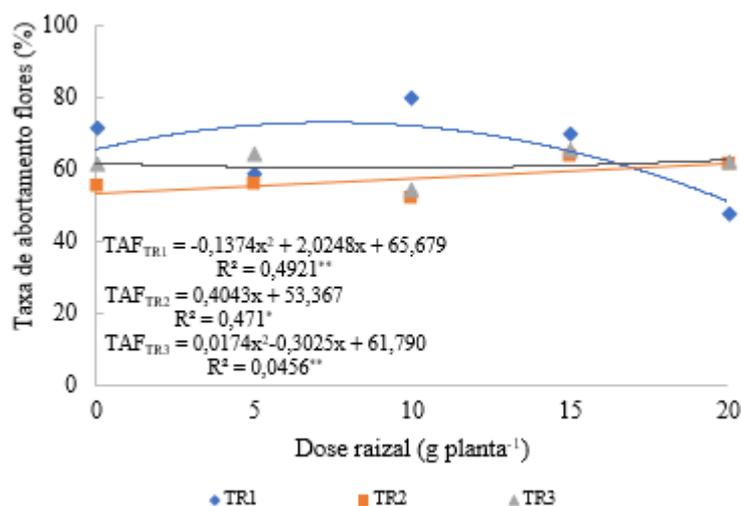
Quanto à temperatura foliar aos 59 DAT, é possível observar que para o TR1, a temperatura se manteve acima dos 30°C, possivelmente pelo menor desenvolvimento radicular, em razão da alta umidade do solo nos vasos, e menor absorção de nutrientes, como o potássio, com função na abertura e fechamento de estômatos. Conseqüentemente, não há verticalização necessária das folhas para menor incidência de radiação e menor temperatura. Para TR2, houve inicialmente a redução da temperatura até a dose de 7,03 g planta<sup>-1</sup>, voltando-se a elevar na dose de 20 g planta<sup>-1</sup> do enraizador Raizal®, efeito este inverso ao observado no TR3, que demonstrou acréscimo até a dose estimada em 9,82 g planta<sup>-1</sup>, com redução da temperatura foliar na dose 20 g planta<sup>-1</sup>. Os turnos TR2 e TR3 apresentaram temperaturas foliares menores que 30°C nas quatro menores

doses. A única exceção é o tratamento TR2, aplicando 20 g planta<sup>-1</sup>, que atingiu temperatura semelhante ao TR1 (Figura 2D).

Apesar da redução nos índices de clorofila aos 50 DAT, por uma possível demora na disponibilização dos nutrientes aplicados em cobertura, o índice se mostrou responsivo ao acréscimo das doses do enraizador Raizal®. O comportamento nas equações de TR1 e TR3, aos 70 DAT se dá, segundo Godoy *et al.* (2008), por causa do aporte de nutrientes e fotoassimilados para as flores e ao início do desenvolvimento dos frutos, concomitantemente com o crescimento vegetativo.

A faixa de temperatura foliar de 10-30°C é o ideal para a maioria das plantas, inclusive o tomate. Porém, para a cultura do tomate, aos 30°C tem início o estresse térmico de maneira atenuada, tornando-se mais drásticos os danos quando atinge a temperatura de 34°C, causando danos ao fotossistema, com redução da taxa de crescimento, distúrbios na floração e diminuição da capacidade produtiva, justificando a baixa produtividade em ambientes de temperaturas elevadas (Tardieu, 2013; Silva *et al.*, 2020).

A taxa de abortamento de flores (%) apresentou distintos desempenhos conforme o turno de rega e a dose de enraizador Raizal®. O TR1 apresentou, inicialmente, acréscimo no abortamento de flores até a dose estimada em 7,36 g planta<sup>-1</sup>, com redução a partir de então, até a dose de 20 g planta<sup>-1</sup>. Já nos turnos TR2 e TR3, a taxa de abortamento apresentou incrementos crescentes em função do aumento da dose do enraizador (Figura 3).



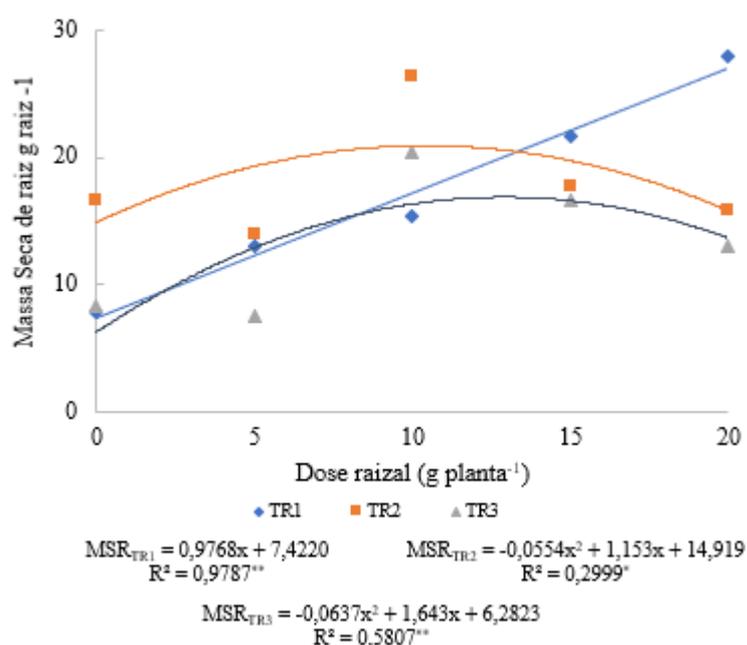
**Figura 3.** Taxa de abortamento de flores do tomateiro (%) em função de doses do enraizador Raizal® e de turnos de rega (TR).

A taxa de abortamento de flores está intimamente ligada à temperatura foliar. É possível notar isso ao interpretar os dados da Tabela 2 e comparar as linhas de tendência nas Figuras 2D e 3, ou seja, em que a temperatura foi crescente, a taxa de abortamento também aumentou, com exceção de fatores atenuantes, como na dose de 20 g planta<sup>-1</sup> na curva TR1, e o enraizador Raizal® proporcionou menor taxa de abortamento, provavelmente pela alta concentração de raízes, como pode ser visualizado na Tabela 2. Constata-se acréscimo no fornecimento de K, proporcionado pelo enraizante, visto que o nutriente auxilia na translocação, auxiliando no aporte de nutrientes demandados pelas flores (Branquinho & Decian, 2020).

A interação da temperatura foliar x taxa de abortamento de flores é conhecida. A capacidade produtiva de uma cultivar só pode ser atingida em condições ideais de temperatura, estando sujeita à interação com o ambiente. O estresse térmico influencia nos mecanismos bioquímicos, acelerando a produção de etileno, que faz aumentar a taxa de abortamento de flores, proporcionando reduções de até 42% no número de botões florais e de 26% no número de frutos

de algumas espécies (Wheeler & Braun, 2013; Silva *et al.*, 2020). Lima (2020) observou taxa de abortamento de 14% das flores de feijoeiro comum, quando submetidas a quatro dias de estresse térmico, na temperatura de 28°C (noturna) e 33°C (diurna). Tonhati (2018) observou que em condições de estresse térmico temperatura de 25-30,5°C (noturna) e 25-38,9°C (diurna) plantas de tomate apresentaram número total de frutos 12% maior e um incremento de 18% no número de frutos comerciais quando utilizado bioestimulante.

Os turnos de rega e as doses de enraizador Raizal® influenciaram a massa seca de raiz (MSR, g raiz<sup>-1</sup>). No TR1, a MSR apresentou aumento à medida que elevou as doses do enraizador, atingindo valor máximo com aplicação de 20 g planta<sup>-1</sup>. Já nos turnos TR2 e TR3, a equação do 2º grau foi a que melhor se ajustou aos dados, e a MSR atingiu valores máximos em doses estimadas em 10,4 e 12,8 g planta<sup>-1</sup> do Raizal®, respectivamente, decrescendo nas doses de 15 e 20 g planta<sup>-1</sup> (Figura 4).

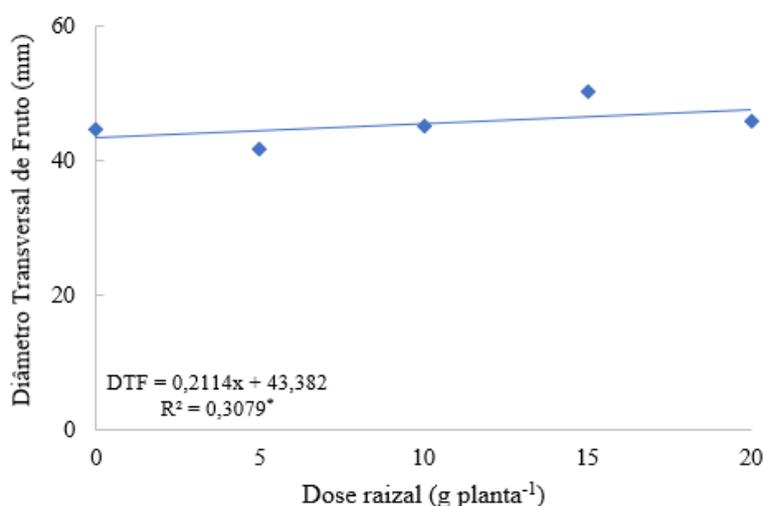


**Figura 4.** Massa seca de raiz do tomateiro (g raiz<sup>-1</sup>) em função de doses do enraizador Raizal®, em diferentes turnos de rega (TR).

É provável que o suprimento extra de nitrogênio fornecido pelo enraizador tenha promovido maior crescimento das raízes, por causa da função do nutriente com biossíntese e sinalização hormonal, principalmente das auxinas que induzem o crescimento das raízes. Além disso, o nitrogênio atua no controle da arquitetura radicular, principalmente no crescimento de raízes laterais (Lucio, 2019).

O efeito diferente do TR1 se deve a maior disponibilidade de água, visto que nutrientes de alta mobilidade como o nitrogênio, é absorvido por fluxo de massa, sendo o N mantido na solução do solo. Conforme Lucio (2019), o movimento do nitrogênio no solo ocorre de zonas de maior potencial de água para zonas de menor potencial, próximas à raiz.

O diâmetro transversal de fruto (mm) respondeu positivamente ao enraizador Raizal®, apresentando acréscimo à medida que aumentou a dose do enraizador (Figura 5).

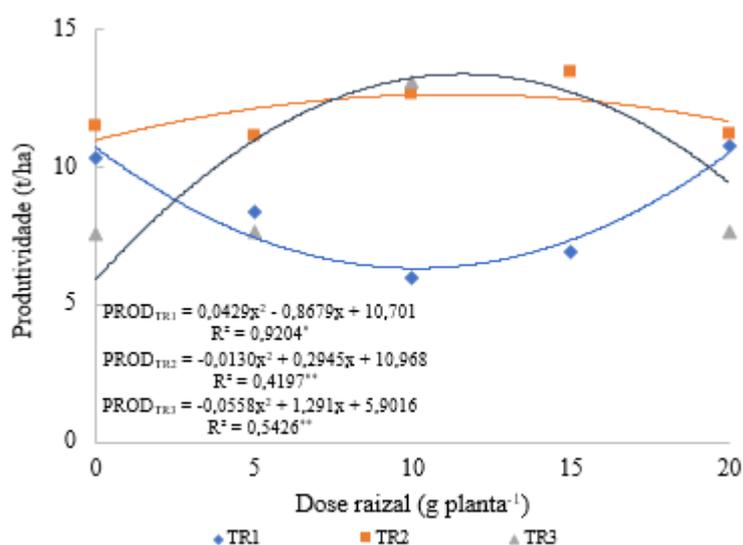


**Figura 5.** Diâmetro transversal do fruto (mm) em função de doses do enraizador Raizal® no tomateiro, submetido a diferentes turnos de rega.

A resposta à adição de doses crescentes do enraizador Raizal® ocorreu pela maior disponibilidade de macronutrientes, como o nitrogênio – N, que favoreceu

o desenvolvimento de raízes e a taxa fotossintética; o fósforo – P, altamente relacionado com a transformação energética na planta e a formação de ATP (trifosfato de adenosina); e o potássio K, que atua no transporte de açúcares, ácidos orgânicos e formação dos frutos (Peres *et al.*, 2020).

Houve efeito do enraizador na produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ), em cada turno de rega. No turno diário de irrigação (TR1), houve decréscimo na produtividade até a dose de 10  $g\ planta^{-1}$ , respondendo positivamente nas maiores doses, atingindo a maior produtividade na dose 20  $g\ planta^{-1}$  do enraizador Raizal®. Nos turnos de irrigação TR2 e TR3, a produtividade respondeu positivamente ao enraizador, atingindo doses ótimas de 11,3 e 11,5  $g\ planta^{-1}$  obtidas com derivada das equações, respectivamente, através das equações, deixando de ser responsivo nas doses de 15 e 20  $g\ planta^{-1}$ , com declínio da produtividade após atingir a dose ótima (Figura 6).



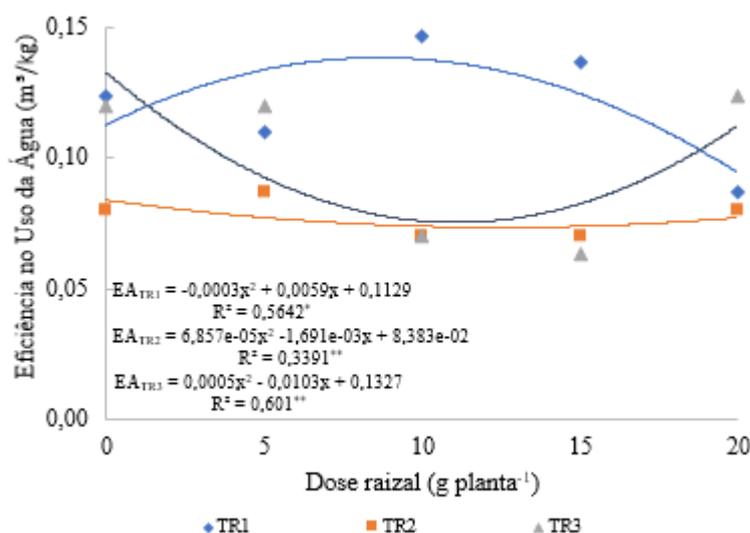
**Figura 6.** Produtividade de tomate ( $t\ ha^{-1}$ ) em função de doses do enraizador Raizal®, associadas a turnos de rega (TR).

A maior produtividade na dose de 10  $g\ planta^{-1}$ , nos turnos de rega de 2 e 3 dias se deve principalmente ao maior desenvolvimento das raízes nestes

tratamentos, possibilitando a absorção de nutrientes de maior volume de solo, com maior proveito do enraizador Raizal®. O TR3 e TR2 apresentaram melhores resultados em virtude de seu maior sistema radicular, e maiores intervalos de tempo entre as irrigações, induziram o crescimento radicular na busca por absorção de água, que fez diferença na absorção de nutrientes durante períodos drenos da fase reprodutiva, proporcionando às plantas maior área efetiva de raízes.

Outro fator que afetou o desempenho produtivo da cultivar foi a temperatura foliar e taxa de abortamento de flores, visto que os turnos TR3 e TR2 apresentaram menores índices desses fatores, principalmente nas doses 10 e 15 g planta<sup>-1</sup> do enraizador Raizal®, que conseqüentemente foram as doses com maior produtividade. Basílio *et al.* (2019) encontrou resultados semelhantes para o tomateiro, em que a maior produtividade obtida ocorreu nos turnos de rega de 3 a 7 dias em função da cultivar, gerando acréscimos de 32% na produtividade em relação ao turno de rega diário.

Quanto à eficiência no uso da água (m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>) os turnos de rega apresentaram efeitos diferenciados: o TR1 demandou maior volume de água por quilograma de frutos, até a dose de 10 g planta<sup>-1</sup> do enraizador Raizal®, sendo mais eficiente nas doses de 15 e 20 g planta<sup>-1</sup>. O TR2 se manteve estável a equação de eficiência no uso da água, enquanto o TR3 teve ótima eficiência estimada em 10,3 g planta<sup>-1</sup> do enraizador Raizal®, com requerimento de menor consumo de água por quilo de fruto produzido (m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>) (Figura 7).



**Figura 7.** Eficiência no uso da água ( $m^3 kg^{-1}$ ) pelo tomateiro, em função de doses do enraizador Raizal®, em diferentes turnos de rega (TR).

Quanto à eficiência no uso da água, o TR2 foi em média, mais eficiente que os demais turnos de rega. Contudo, o TR1 se mostrou mais eficiente na dose  $20 g planta^{-1}$ , pois requer menor volume de água por kg de frutos e o TR3 teve maior eficiência na dose  $10 g planta^{-1}$ , dentre as cinco doses de enraizador Raizal® que foram experimentadas. A eficiência no uso da água foi similar à observada por Santos *et al.* (2020), ao comprovarem que a lâmina hídrica ideal nem sempre será a que resulta maior produtividade, mas a que consome menor volume de água por quilograma de frutos produzido. Devido a irrigação constante no TR1, provavelmente houve maiores perdas diárias de água por evaporação direta, resultando em menor eficiência, em comparação ao TR2 e TR3. Por outro lado, o uso do enraizador e o maior intervalo de tempo entre irrigações no TR3, conforme Wang *et al.* (2015), possibilitou maior eficiência no uso da água nos tratamentos de maior massa de raízes.

## CONCLUSÕES

Os parâmetros vegetativos do tomateiro não tiveram resposta significativa aos turnos de irrigação e adição do enraizador, com exceção do índice de clorofila.

A irrigação a cada dois dias se mostrou mais eficiente para o tomateiro de mesa, cultivar BSDS0005, com melhor resposta dos parâmetros produtivos analisados e melhor eficiência no uso da água.

Associado a turnos de rega de 2 e 3 dias, o uso do enraizador Raizal® foi promissor na dose 10 g planta<sup>-1</sup>, apresentando bom desenvolvimento de raízes do tomateiro e melhor desempenho dos parâmetros produtivos.

### LITERATURA CITADA

Abdala, L. 2019. *Manejos de irrigação associados a doses de hidrogel na produção do tomateiro de mesa*. 72 f. (Dissertação de Mestrado Profissional em Olericultura). Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos-Goiás, Brasil.

Alves Júnior, J., Sena, C.C.R., Domingos, M.Vh., Knapp, F.M., Almeida, F. P., Battisti, R., Casaroli, D., Evangelista, A.W.P. 2021. Diagnosis of Irrigation Management in the Industrial Tomato Crop in Goiás, Brazil. *Chemical Engineering Transactions*, 87: 415-420. DOI: 10.3303/CET2187070

Almeida, R.F. de. 2011. Adubação nitrogenada de tomateiros. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável*, 6: 25-30.

Almeida, V.G., Sousa, C.M., Santos, S.G.F., Sarti, J.K., Silva, D.P., Pereira, W. 2020. Trocas gasosas de cafeeiros (*Coffea arabica*) em altas temperaturas no Cerrado goiano. *Research, Society and Development*, 9, e4779119973.

Basílio, E.E., Golynski, A., Golynski, A.A., Silva, C.J.Da, Oliveira, D.S.De, Dias, R.F. 2019. Intervalos de irrigação no cultivo de tomateiro para processamento. *Irriga*, 24: 676-692.

Barros, T.H.S. 2019. *Imagens termais: detecção espacial de estresse hídrico nas plantas e suas relações fisiológicas com a produção agrícola*. 148 f. (Tese de Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, Escola superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Brasil.

Branquinho, I.C.F., Decian, L.D. 2020. *Época de aplicação foliar de K e Mg na cultura da soja e seus efeitos nos teores de óleo, proteína e produtividade*. 24 f. (Trabalho de Conclusão de Curso: Bacharelado em Agronomia). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Brasil.

Brito, M.E.B., Soares, L.A.A., Lima, G.S., Sá, F.V.S., Araújo, T.T., Silva, E.C.B. 2015. Crescimento e formação de fitomassa do tomateiro sob estresse hídrico nas fases fenológicas. *Irriga*, 20:139-153.

Campos, H.M. 2019. Automação da irrigação no cultivo de tomate cereja (*solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) sob conteúdos volumétricos de água no solo. 60 f. (Dissertação de Mestrado em Irrigação no Cerrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Ceres, Brasil.

Carvalho, J.F., Montenegro, A.A.D.A., Soares, T.M., Silva, Ê.F.D.F., Montenegro, S.M.G.L. 2011. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15: 256–263.

Du, Y.D., Niu, W.Q., Gu, X.B., Zhang, Q., Cui, B.J. 2018. Water- and nitrogen-saving potentials in tomato production: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 210: 296-303.

Ferreira, M. M. M., Ferreira, G. B., Fontes, P. C. R., Dantas, J. P. 2006. Índice spad e teor de clorofila no limbo foliar do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. *Revista Ceres*, 53: 83-92.

Guedes, E., Santos, R. F., Guedes, C. R., Souza, E. P. De, Cardoso, A. I. I. 2021. Fontes de potássio para produção e qualidade de tomate cultivado em sistema orgânico em ambiente protegido. *Research, Society and Development*, 10: e484101422169. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22169>

Godoy, L.J.G., Santos, T.S., Bôas, R.L.V., Leite-Junior, J.B. 2008. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32: 217-226.

Lage, G.G.A. 2018. Características fisiológicas e produtivas de bananeira 'prata-anã' submetida a intervalos de irrigação e altura de emissores. 27 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi, Distrito de Ceraíma, Bahia, Brasil.

Lima, T.P.de, Gomes Filho, R.R., Cadores, R., Freitas, D.S., Carvalho, C.M.de, Netto, A.O. De A. 2017. Lâminas de irrigação e formas de adubação na produção de tomate de mesa. *Revista Agropecuária Técnica*, 38: 18-25.

Lima B.C. 2020. *Atenuação do estresse por alta temperatura durante o estágio reprodutivo do feijoeiro-comum, em função da inoculação de Bacillus subtilis*. 85 f. (Dissertação de Mestrado em Agronomia). Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, Brasil.

Lopes Sobrinho, O.P. 2020. Desenvolvimento, produtividade e qualidade de frutos de tomateiro submetido a doses e fontes de fósforo e lâminas de irrigação. 178 f.

(Dissertação Mestrado em Ciência Agrárias-Agronomia). Instituto Federal Goiano, Campus de Rio Verde-Goiás, Brasil.

Lúcio, J.C.B. 2019. *Auxinas dependem de peróxido de hidrogênio nas respostas das raízes de tomateiro a deficiência de nitrogênio*. 54 p. (Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus – Jaboticabal, Brasil.

Marouelli, W.; Silva, W.L.C. 2006. Irrigação por gotejamento industrial durante o estágio de frutificação, na região do Cerrado. *Horticultura Brasileira*, 24: 342-346.

Monte, J.A., Pacheco, A.S., Carvalho, D.F., Pimentel, C. 2009. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 2: 9-15.

Nogueira, B.B., Iglesias, L., Mesquista, J.V., Nakatani, M.C., Putti, F.F. 2018. Índice SPAD em plantas de tomateiro cultivado em fibra de coco e submetido a pulsos de fertirrigação. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, 12: 1-6.

Paixão, C.F.C., Vidal, V.M., Gomes, L.F., Lira, L.C., Soares, J.A.B., Moraes, G.S., Fernandes, O.F., Batista, M.C., Cunha, F.N., Santos, L.N.S., Teixeira, M.B., Soares, F.A.L. 2020. Crescimento de plantas e qualidade de frutos de tomate tipo sweet grape sob efeitos de doses de nitrogênio e reposições hídricas. *Research, Society and Development*, 9: e917974784.

Peres, L.A.C., Terra, N.F., Rezende, C.F.A. 2020. Productivity of industrial tomato submitted to organo-mineral fertilization in cover. *Brazilian Journal of Development*, 6: 10586-10599.

Reis, L.S., Azevedo, C.A.V., Albuquerque, A.W., Júnior, J.F.S. 2013. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17: 386–391.

Rodrigues, R.R., Pizetta, S.C., Silva, N.K.C., Pacheco, F.E.D., Pereira, G.M. 2016. Efeito de diferentes tensões de água no solo sobre o desenvolvimento inicial do tomateiro. *Enciclopédia Biosfera*, 13: 530-539.

Santiago, E.J.P., Oliveira, G.M., Leitão, M.M.V.B.R., Rocha, R.D.C., Pereira, A.V.A. 2018. Qualidade do tomate cereja cultivado sob lâminas de irrigação em ambiente protegido e campo aberto. *Agrometeoros*, 26: 213-221.

Santos, A.de.P. 2019. *Déficit hídrico induzido em diferentes fases fenológicas no cultivo do tomate industrial*. 69 f. (Dissertação de Mestrado em Irrigação no Cerrado). Instituto Federal Goiano, Campus Ceres-Goiás, Brasil.

Silva, A.O., Almeida A.V.R., Silva, V.B., Rabello, I.S. 2021. Eficiência do uso da água em cultivares de tomate irrigados no semiárido. *Water Resources and Irrigation Management*, 10: 25-37.

Silva, D.A., Pinto-Maglio, C.A.F., Oliveira, E.C., Reis, R.L.M., Carbonell, S.A.M., Chiorato, A.F. 2020. Influence of high temperature on the reproductive biology of dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientia Agricola*, 77: 1-9.

Silva, J.M., Ferreira, R.S., Melo, A.S., Suassuna, J.F., Dutra, A.F., Gomes, J.P. 2013. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17: 40-46.

Silva, C.J., Pontes, N.C., Golynski, A., Braga, M.B., Quezado-Duval, A.M., Silva, N.E.P. 2018. Performance of processing tomatoes under different supply levels of crop evapotranspiration. *Horticultura Brasileira* 36: 299-305. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620180303>

Silva, R.M.da. 2019. *Uso de fontes e doses de boro na cultura do tomate industrial irrigado*. 67 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado). Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, Brasil.

Silva, A.C.C., Nascimento, J.M.S.do., Diotto, A.V., Lima, L.A., Oliveira, M.C.de. 2019. Produtividade em tomateiro sob duas lâminas de irrigação e mulching. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 14: e5664.

Tardieu, F. 2013. Plant response to 61eficit61ental conditions: assessing potencial production, water demand and negative effects of water 61eficit. *Frontiers in physiology*, 4: 1-7.

Tonhati, R. 2018. L-prolina no alívio do estresse térmico em tomateiro cultivado em ambiente protegido. 51 f. (Dissertação de Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Brasil.

Trani, P.E., Kariya, E.A., Hanai, S.M., Anbo, R.H., Basseto Júnior, O.B., Purquerio, L.F.V., Trani, A.L. 2015. *Calagem e adubação do tomate de mesa*. 35 f. Instituto Agrônomo, Campinas-SP, Brasil.

Valeriano, T.T.B., Borges, R.M., Silva-Neto, O.F., Silva, K.A. 2020. Turnos de rega e adubações foliares com produtos comerciais de fontes de micronutrientes na cultura do feijoeiro. *Revista Inova Ciência & Tecnologia*, 5: 5-11.

Wang, C., Gu, F., Chen, J., Yang, H., Jiang, J., Du, T., Zhang, J. 2015. Assessing the response of yield and comprehensive fruit quality of tomato grown in greenhouse to deficit irrigation and nitrogen application strategies. *Agricultural Water Management*, 161: 9–19.

Wheeler, T., Braun. J.V. 2013. Climate change impacts on global food security. *Science*, 341: 508-513.

Xu, W., Cui, K., Xu, A., Nie, L., Huang, J., Peng, S. 2015. Drought stress condition increases root to shoot ratio via alteration of carbohydrate partitioning and enzymatic activity in rice seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37: 1–11.

Zenebon, O.; Pascuet, N. S.; Tiglia, P. (Coordenadores). 2008. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed., 1 ed. digital. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, Brasil. 1020 p.

Zheng, J., Huang, G., Jia, D., Wang, J., Mota, M., Pereira, L.S., Huang, Q., Xu, X., Liu, H. 2013. Responses of drip irrigated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) yield, quality and water productivity to various soil matric potential thresholds in an arid region of Northwest China. *Agricultural Water Management*, 129: 181-193.