

CARLOS LUIZ VIEIRA

**Eficiência do uso da água na cultura do tomate: aspectos
produtivos, qualitativos e econômicos**

TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL

2023

CARLOS LUIZ VIEIRA

**Eficiência do uso da água na cultura do tomate: aspectos
produtivos, qualitativos e econômicos**

Dissertação apresentada à
Universidade do Estado de Mato
Grosso, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Ambiente e
Sistemas de Produção Agrícola para
obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Santino Seabra Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Renê Arnoux da Silva Campos

**TANGARÁ DA SERRA/MT - BRASIL
2023**

FICHA CATALOGRÁFICA

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

V657e Vieira, Carlos Luiz.

Eficiência do uso da água na cultura do tomate: aspectos produtivos, qualitativos e econômicos / Carlos Luiz Vieira. – Tangará da Serra, 2023.

71 f.; 30 cm.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação *Stricto Sensu* (Mestrado Acadêmico) Interdisciplinar em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Faculdade de Ciências Agrárias, Biológicas, Engenharia e da Saúde, Câmpus de Tangará da Serra, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2023.

Orientador: Dr. Santino Seabra Júnior.

Coorientador: Dr. Renê Arnoux da Silva Campos.

1. *Solanum lycopersicum* L. 2. Análise Econômica. 3. Atributos de Qualidade de Fruto. 4. Licopeno. 5. Fenóis Totais. I. Seabra Júnior, S., Dr. II. Campos, R. A. da S., Dr. III. Título. IV. Título: aspectos produtivos, qualitativos e econômicos.

CDU 635.64

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Luiz Kenji Umeno Alencar - CRB1 2037.

CARLOS LUIZ VIEIRA

**“EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NA CULTURA DO TOMATE: ASPECTOS
PRODUTIVOS, QUALITATIVOS E ECONÔMICOS”**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ambiente e sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

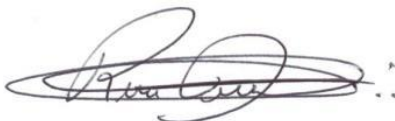
Aprovada em 20 de fevereiro de 2023.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Santino Seabra Junior
Orientador

Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT

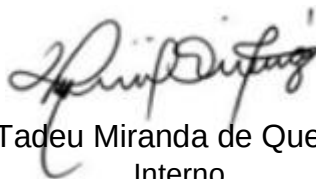


Prof. Dr. Rivanildo Dallacort
Coordenador do Mestrado em Ambiente e Sistema de Produção Agrícola-
PPGASP/UNEMAT

Atesta a participação de:

Prof. Dr. Márcio Roggia Zanuzo

Membro externo - Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT



Prof. Dr. Tadeu Miranda de Queiroz Membro
Interno

Universidade do estado de Mato Grosso – UNEMAT

**TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL
2023**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe, Cícera Ferreira da Silva, que sempre me apoiou e me deu forças para continuar. Também, atribuo esta conquista às minhas irmãs, Vanessa e Valeria, por seus carinhos, doçura e compreensão mediante minhas ausências. Dedico, ainda, aos meus amigos Marcel Coelho Cano e Luciana Santos Almeida (*in memoriam*), que sempre apoiaram os meus sonhos e projetos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Mato Grosso e ao programa de Pós-graduação *Stricto sensu* em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola (PPGASP) pela oportunidade de realizar o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos – Código de financiamento 001.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Mato Grosso (FAPEMAT) pelo financiamento do projeto, do EDITAL Nº 038/2016 INDUZIDO – FAPEMAT – AGRICULTURA FAMILIAR – PROCESSO Nº0588013/2016

Ao meu querido orientador, Prof. Dr. Santino Seabra Júnior, pela orientação, dedicação à pesquisa, humildade e, principalmente, por sua paciência; a ele, toda minha gratidão e admiração.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Renê Arnoux da Silva Campos, agradeço a companhia, tardes de conversa e conselhos.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Horticultura de Nova Mutum, por toda ajuda, apoio, amizade e aprendizado, especialmente a Rafael Rosa Rocha, Isabel de Campos, Simone Norberto, Max José Festl, José Advan Pereira Pedrosa e João Victor Freitas Menezes. Obrigado pelas risadas, apoio e companhia!

Ao Prof. Dr. Tadeu Miranda de Queiroz e a Profa. Dra. Franciely da Silva Ponce, por todo apoio e auxílio prestado.

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos.”

Theodore Roosevelt

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	9
GENERAL ABSTRACT	10
INTRODUÇÃO GERAL	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
CAPÍTULO 1 – PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE TOMATEIRO EM FUNÇÃO DO CORTE PONTUAL DA IRRIGAÇÃO	15
RESUMO	15
ABSTRACT	16
1. INTRODUÇÃO	16
2. MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1 Material vegetal e desenho experimental	18
2.2. Área e condições de cultivo de tomate.....	18
2.3. Monitoramento de variáveis ambientais.....	20
2.4. Avaliação de características agronômicas	20
2.6.1. Potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável	22
2.6.2. Vitamina C.....	22
2.7. Preparação do extrato para análise de fenólicos e atividade antioxidante	23
2.7.1. Ácidos fenólicos	24
2.7.2. Fenólicos totais	24
2.7.3. Sequestro do radical livre DPPH	24
2.8. Tempo de prateleira.....	25
2.9. Análise dos dados	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CAPÍTULO 2: Eficiência e viabilidade econômica da gestão da água na produção de tomate de mesa	52
Manuscrito preparado conforme a Revista Comunicata Scientiae.....	52
RESUMO	52
ABSTRACT.....	53
INTRODUÇÃO	54
MATERIAL E MÉTODOS	55
CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

RESUMO GERAL

Boas práticas de irrigação trazem benefícios como economia de água e energia, mas também afetam o rendimento e a qualidade dos frutos de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.). Na cultura do tomate, a irrigação pode ter um efeito positivo no teor de sólidos solúveis, bem como uma pequena redução no rendimento. Para tanto, este trabalho foi dividido em dois artigos: o primeiro avaliou o efeito do corte de irrigação nas características produtivas e qualitativas de frutos de tomateiro de mesa como forma de manejo mais sustentável do uso da água. O segundo artigo avaliou a eficiência e viabilidade econômica da gestão de água no cultivo de tomates de mesa manejados sob diferentes cortes de irrigação. O trabalho foi realizado na área experimental de Horticultura da Universidade do Estado de Mato Grosso, câmpus de Nova Mutum – MT, no período de agosto a dezembro de 2021. Foi utilizado o híbrido de tomate tipo italiano Fascínio (Feltrin®) e houve quatro aplicações tratamentos de irrigação (sem corte, irrigado até 100, 105 e 110 Dias Após a Semeadura – DAS). O experimento foi conduzido em ambiente protegido do tipo arco, coberto com filme agrícola de 150 micras. A produtividade não foi afetada pelo corte de irrigação; no entanto, a restrição hídrica proporcionou maior concentração de sólidos solúveis, licopeno, vitamina C, compostos fenólicos e antioxidantes, principalmente nas colheitas tardias. Os frutos submetidos ao corte de irrigação aos 105 DAS apresentaram a menor perda de massa. O custo operacional efetivo e custo operacional total tiveram pouca influência do custo da água utilizada para a irrigação. Quanto aos parâmetros econômicos, o tratamento sem corte de irrigação proporcionou maior produção total e comercial, o que refletiu nos parâmetros econômicos de renda bruta, lucro operacional, índice de lucratividade, margem bruta, ponto de nivelamento e nivelamento de preço. Todos os cortes de irrigação foram rentáveis, no entanto o corte aos 110 DAS apresentou menor vantagem econômica em comparação com os demais.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L. Análise econômica. Atributos de qualidade de fruto. Licopeno. Fenóis totais. Déficit hídrico.

GENERAL ABSTRACT

Good irrigation practices bring benefits such as water and energy savings, but it also affects the yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits. In the tomato crop, irrigation can have a positive effect on the soluble solids content, as well as a small reduction in yield. Therefore, this work was divided into two articles: the first one evaluated the effect of cutting irrigation on the productive and qualitative characteristics of table tomato fruits as a more sustainable way of managing water use. The second article evaluated the efficiency and economic viability of water management in the cultivation of table tomatoes managed under different irrigation cuts. The work was carried out in the Horticulture experimental area of the State University of Mato Grosso, Campus from Nova Mutum - MT, from August to December 2021. The Italian tomato hybrid Fascínio (Feltrin®) was used and there were four applications irrigation treatments (without cutting, irrigated up to 100, 105 and 110 Days After Sowing – DAS). The experiment was carried out in an arc-type protected environment, covered with a 150-micron agricultural film. Yield was not affected by cutting irrigation; however, water restriction provided a higher concentration of soluble solids, lycopene, vitamin C, phenolic compounds and antioxidants, especially in late harvests. Fruits subjected to irrigation cutoff at 105 DAS showed the lowest weight loss. Effective operating cost and total operating cost had little influence on the cost of water used for irrigation. As for the economic parameters, the treatment without cutting irrigation provided greater total and commercial production, which was reflected in the economic parameters of gross income, operating profit, profitability index, gross margin, leveling point and price leveling. All irrigation cuts were profitable, however the cut at 110 DAS showed less economic advantage compared to the others.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L. Economic analysis. Fruit quality attributes. Lycopene. Total phenols. Water deficit.

INTRODUÇÃO GERAL

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas em todo o mundo, sendo que, em 2021, foram produzidas, aproximadamente, 186.821 milhões de toneladas, numa área de 5.052 milhões de hectares. No ranking dos países de maiores produtores de tomate, o Brasil se encontra em 9º lugar, com uma produção de 3.917.967 mil toneladas numa área de 55,6 mil hectares (FAO, 2021).

Atualmente, o segmento de tomate de mesa responde por cerca de 63% da produção total de tomate, sendo distribuída por várias regiões do país e destaca-se por seu alto valor agregado, geração de trabalho e renda aos agricultores familiares (SOLDATELI *et al.*, 2020).

O tomateiro é uma cultura de cultivo irrigado e depende da disponibilidade de água para viabilizar o cultivo, para ofertar frutos e suprir essa demanda crescente de mercado, isso podendo ser limitado pela falta de água. O tomateiro é exigente em recursos hídricos, podendo chegar a 184 litros de água para produzir 1kg de tomate (NEDERHOFF; STANGHELLINI, 2010).

A circunstância atual de mudanças climáticas prevê limitação no fornecimento de água em breve; mas, grande parte do mundo já sofre com a escassez hídrica. Essas áreas se sobrepõem amplamente às áreas das principais regiões produtoras de tomate. Sendo essencial desenvolver cultivos que visem preservação dos recursos hídricos e minimização dos custos de produção (TAKÁCS *et al.*, 2020).

Nas próximas décadas, estima-se que aumente o número de áreas com baixa disponibilidade hídrica. Nesse contexto, medidas devem ser buscadas para minimizar os efeitos adversos desse fator abiótico. Uma das formas de manter a produção de tomate satisfatória é a aplicação do déficit controlado no manejo da irrigação que considera os estádios fenológicos de planta (ÇELIK *et al.*, 2017; SOLDATELI *et al.*, 2020). A intensidade do estresse hídrico, no entanto, é um fator que afeta a produtividade da cultura do tomate e a qualidade dos frutos (SOLDATELI *et al.*, 2020).

Desta maneira, o cultivo com déficit hídrico torna-se cada vez mais importante, por ser uma técnica agrícola que permite produzir com rendimento e qualidade satisfatórios e, como consequência dessa prática, tem-se a economia dos recursos hídricos e a redução do custo de produção (CUI *et al.*, 2019). O método de corte de irrigação é uma estratégia de gestão da água, pela qual as culturas são expostas a

um nível de estresse hídrico durante um determinado período ou durante toda fase de crescimento (SHAO *et al.*, 2015; CUI *et al.*, 2019).

Além da produtividade, a resposta da qualidade do fruto do tomateiro ao estresse hídrico é uma grande preocupação. Muitos estudos mostraram que alguns indicadores de qualidade (teor de sólidos totais e solúveis e vitamina C) melhoram de certa forma sob certos níveis de estresse hídrico. O aumento dos sólidos solúveis (açúcares, aminoácidos e ácidos orgânicos), são os principais constituintes que se acumulam no tomate, podendo beneficiar a qualidade do produto (OZBAHCE; TARI, 2010; ZHANG *et al.*, 2017; TAKÁCS *et al.*, 2020).

Além disso, plantas que crescem em condições de estresse hídrico respondem aumentando a produção de compostos antioxidantes, como flavonoides, compostos fenólicos, vitamina C e carotenoides. Por outro lado, em condições de estresse abiótico, a produtividade pode sofrer significativamente, sendo o estresse hídrico um fator determinante, causado tanto pelo excesso quanto pela falta de água (BACALLAO; FUNDORA, 2014; KLUNKLIN; ALVARES, 2017).

Outro fator importante a considerar são os custos associados à implementação de um sistema de cultivo protegido levando em consideração a precificação da água, tendo em vista que a gestão das empresas nem sempre incorpora o custo da água no preço dos produtos (PARWEEN *et al.*, 2021).

Faz-se necessário criar subsídios com relação aos custos de produção que incluam a precificação da água para que possa auxiliar na tomada de decisão do horticultor quanto que material genético utilizar para uma dada época, espécie ou região, considerando a gestão de custo da água (SUCHOFF *et al.*, 2018).

No sentido de agregar novas tecnologias ao cultivo do tomateiro, as quais possibilitem a redução dos recursos hídricos e minimização dos custos de produção, além de manter a produtividade e qualidade de frutos, faz-se necessário estudo mais aprofundado quanto à viabilidade produtiva da utilização de cortes de irrigação na cultura do tomate de mesa.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de cortes de irrigação pontuais sobre fatores produtivos, qualitativos e econômicos, de plantas de tomateiro de mesa, de forma a determinar qual o melhor momento para a suspensão do fornecimento de água.

Para tanto, esta dissertação foi sistematizada em dois artigos, cujos temas são: Otimização da produtividade e qualidade de frutos de tomateiro a partir do corte

pontual da irrigação; eficiência e viabilidade econômica da gestão de água na produção de tomate de mesa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACALLAO, M. F.; FUNDORA, L. B. Tolerancia a estrés por déficit hídrico en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). **Cultivos Tropicales**, 2014, 35.3: 70-88.

ÇELIK, Ö.; AYAN, A.; ATAÇ, Ç. Enzymatic and non-enzymatic comparison of two different industrial tomato (*Solanum lycopersicum*) varieties against drought stress. **Botanical Studies**, 2017, 58.1: 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40529-017-0186-6>.

CUI, J.; SHAO, G.; LU, J.; KEABETSWE, L.; HOOGENBOOM, G. Yield, quality and drought sensitivity of tomato to water deficit during different growth stages. **Scientia agrícola**, v. 77, 2019. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0390>.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production quantities of Tomatoes by country. 2021. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/es/#compare>>. Acesso em: 10 ago. 2022.

KLUNKLIN, W.; SAVAGE, G. Effect on quality characteristics of tomatoes grown under well-watered and drought stress conditions. **Foods**, 2017, 6.8: 56. <https://doi.org/10.3390/foods6080056>.

NEDERHOFF, E.; STANGHELLINI, C. Water use efficiency of tomatoes. **Practical Hydroponics and Greenhouses**, 2010, 115: 52-59. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.484066941930798>.

OZBAHCE, A.; TARI, A. F. Effects of different emitter space and water stress on yield and quality of processing tomato under semi-arid climate conditions. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 9, p. 1405-1410, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.04.008>.

PARWEEN, F.; KUMARI, P.; SINGH, A. Irrigation water pricing policies and water resources management. **Water Policy**, 2021, 23.1: 130-141. <https://doi.org/10.2166/wp.2020.147>.

SHAO, G. C.; DENG, S.; LIU, N.; WANG, M. H.; SHE, D. L. Fruit quality and yield of tomato as influenced by rain shelters and deficit irrigation. **J. Agric. Sci. Technol** 17, 691–704 (2015). <https://doi.org/10.2166/wp.2020.147>.

SOLDATELI, F. J.; BATISTA, C. B.; GODOY, F.; MELLO, A. C.; DOS SANTOS SOARES, F.; BERGMANN, M. D.; ETHUR, L. Z. Crescimento e produtividade de cultivares de tomate cereja cultivadas em substratos orgânicos. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2020. p. 1-10. 10.5747/ca.2020.v16.n1.a342.

SUCHOFF, D. H.; SCHULTHEIS, J. R.; KLEINHENZ, M. D.; LOUWS, F. J.; GUNTER, C. C. Rootstock improves high-tunnel tomato water use efficiency. **HortTechnology**, 2018, 28.3: 344-353. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04015-18>

TAKÁCS, S.; PÉK, Z.; CSÁNYI, D.; DAOOD, H. G.; SZUVANDZSIEV, P.; PALOTÁS, G.; HELYES, L. Influence of water stress levels on the yield and lycopene content of tomato. **Water**, 2020, 12.8: 2165. <https://doi.org/10.3390/w12082165>.

ZHANG, H.; XIONG, Y.; HUANG, G.; XU, X.; HUANG, Q. Effects of water stress on processing tomatoes yield, quality and water use efficiency with plastic mulched drip irrigation in sandy soil of the Hetao Irrigation District. **Agricultural Water Management**, 2017, 179: 205-214. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.07.022>

CAPÍTULO 1 – PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE TOMATEIRO EM FUNÇÃO DO CORTE PONTUAL DA IRRIGAÇÃO

(Agricultural Water Management)

RESUMO

O estresse por irrigação é uma estratégia utilizada para aumentar os teores de compostos funcionais no tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.); poucos estudos estão relacionados a essa temática, necessitando elucidar a relação entre o aumento de teores de compostos, associados ao alto desempenho produtivo da cultura como estratégia na redução do uso da água. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito do corte de irrigação nas características produtivas e qualitativas de frutos de tomateiro de mesa como forma de manejo mais sustentável do uso da água. O experimento foi desenvolvido em Nova Mutum – MT, Brasil, onde foi cultivado o híbrido de tomate Fascínio (Feltrin®) em ambiente protegido e submetido a irrigação contínua e três períodos de corte de irrigação, aos 110, 105 e 100 dias após a semeadura. Mensurou-se os dados climáticos do ambiente de cultivo, as características agronômicas, análise de biomassa das plantas, características físico-químicas e bioquímicas dos frutos e perda de massa após o armazenamento. O cultivo de tomates com corte de irrigação ao longo da maturação é uma opção viável, pois não reduziu a produtividade total ($\bar{x}$ 90,96 t/ha). A restrição hídrica proporcionou maiores concentrações de sólidos solúveis ($\bar{x}$ 4,58 ° Brix), licopeno ($\bar{x}$ 1,87 mg 100 g⁻¹), vitamina C ($\bar{x}$ 29,15 mg 100 g⁻¹) e compostos fenólicos ($\bar{x}$ 7,55 mg 100 g⁻¹), além do aumento na atividade antioxidante, principalmente em colheitas tardias. Além disso, o corte de irrigação reduz o uso de água na cultura, tornando-se uma opção atraente para reduzir o efeito ambiental da atividade.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L. Irrigação deficitária. Horticultura tropical. Licopeno. Sólidos e solúveis.

ABSTRACT

Irrigation stress is a strategy used to increase the levels of functional compounds in tomato (*Solanum lycopersicum* L.); few studies are related to this theme, needing to elucidate the relationship between the increase in compound contents, associated with the high productive performance of the crop as a strategy to reduce water use. Thus, the objective was to evaluate the effect of cutting irrigation on the productive and qualitative characteristics of table tomato fruits as a more sustainable way of managing water use. The experiment was carried out in Nova Mutum – MT, Brazil, where the Fascínio tomato hybrid (Feltrin®) was cultivated in a protected environment and subjected to continuous irrigation and three irrigation cut-off periods, at 110, 105 and 100 days after sowing. The climatic data of the cultivation environment, agronomic characteristics, plant biomass analysis, physical-chemical and biochemical characteristics of the fruits and mass loss after storage were measured. The cultivation of tomatoes with irrigation cut during maturation is a viable option, as it did not reduce the total productivity ($\bar{x}$ 90.96 t/ha). Water restriction provided higher concentrations of soluble solids ($\bar{x}$ 4.58 ° Brix), lycopene ($\bar{x}$ 1.87 mg 100 g⁻¹), vitamin C ($\bar{x}$ 29.15 mg 100 g⁻¹) and phenolic compounds ($\bar{x}$ 7.55 mg 100 g⁻¹), in addition to an increase in antioxidant activity, especially in late harvests. Furthermore, cutting irrigation reduces the use of water in the crop, making it an attractive option to reduce the environmental effect of the activity.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L. Deficient irrigation. Tropical Horticulture. Lycopene. Solids and solubles.

1. INTRODUÇÃO

O tomate *Solanum lycopersicum* L. é uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas no mundo, com elevada importância econômica e social, gerando emprego e renda. No ano de 2019, foram cultivados mais de 48 milhões de hectares com tomate (FAOSTAT, 2022). Além da importância econômica, os frutos de tomate são componentes de uma dieta saudável, sendo fonte de diversos compostos funcionais como antioxidantes principalmente vitamina C, flavonoides e carotenoides (SEABRA JÚNIOR *et al.*, 2022).

No entanto, a qualidade dos frutos de tomate é influenciada por diversos fatores intrínsecos à planta e extrínsecos que devem ser manejados cuidadosamente por se tratar de uma cultura com elevado custo de implantação e condução.

No cultivo de tomate industrial, é realizado o corte de irrigação para melhorar os aspectos qualitativos dos frutos, tais como: o aumento dos sólidos solúveis, pH e acidez (HU *et al.*, 2020). Esse tipo de manejo ainda não tem sido adotado para o cultivo de tomate de mesa; no entanto, é uma tática que pode auxiliar tanto na redução do consumo de água como na melhoria das características funcionais dos frutos de tomate.

O consumo de água pela agricultura é uma das grandes preocupações ambientais da atualidade. Isso porque a demanda por alimentos tem crescido a cada ano devido ao aumento populacional, enquanto, por outro lado, os recursos hídricos estão cada vez mais escassos (LU *et al.*, 2019). Estima-se que 70 a 80% da água doce consumida no mundo seja utilizada na agricultura (DAVIES; BENNETT, 2015). Tal fato é preocupante principalmente devido às mudanças climáticas ocorridas nas últimas décadas. Dessa forma, o manejo de irrigação do tomateiro, pode contribuir ainda para a produção mais sustentável da cultura. A irrigação deficitária ou corte de irrigação no cultivo de tomateiro pode ser uma estratégia tanto de redução de consumo da água, quanto de melhoria no aumento da qualidade dos frutos de tomateiro (LU *et al.*, 2019).

Contudo, o sucesso do corte de irrigação no tomateiro depende do estágio fenológico da cultura, pois quando utilizado em estágios críticos de desenvolvimento como florescimento e frutificação ou mesmo no vegetativo pode acarretar na redução drástica da produtividade e até mesmo do tamanho dos frutos (KUMAR *et al.*, 2015; KHAPTE *et al.*, 2019). Sendo assim, faz-se necessário estudos que auxiliem na tomada de decisão assertiva do produtor, visando a redução do consumo de água no cultivo do tomateiro, melhoria nos aspectos qualitativos sem impactar na produtividade da cultura.

Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito do corte de irrigação nas características produtivas e qualitativas de frutos de tomateiro de mesa como forma de manejo mais sustentável do uso da água.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal e desenho experimental

Para realização do experimento, foi utilizado o híbrido de tomate Fascínio (Feltrin®), cujo hábito de crescimento é determinado com ciclo de 80 a 110 dias e fruto do tipo saladete com peso variando entre 160 a 180 g, tendo destaque no mercado (mundial ou brasileiro) de consumo *in natura*.

As plantas foram cultivadas no solo em casa de vegetação tipo arco e submetidas a três períodos de corte de irrigação, aos 110, 105 e 100 dias após a semeadura e as plantas controle sem corte de irrigação. A determinação do início do corte de irrigação foi quando a planta apresentou frutos em estágio de amadurecimento 1 (verde maduro) (SKOLIK *et al.*, 2019), quando as plantas completaram 100 dias após a semeadura.

O ensaio foi instalado no delineamento experimental de blocos casualizados, em quatro repetições e oito plantas por parcela, totalizando 128 plantas. As parcelas experimentais compostas por 8 plantas foram dispostas no espaçamento 1,2 x 0,40 m² em linha simples, totalizando quatro blocos ou (repetições).

2.2. Área e condições de cultivo de tomate

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade do Estado do Mato Grosso, Câmpus de Nova Mutum – MT, localizada nas coordenadas: latitude sul 13° 05' 04" e longitude oeste 56° 05' 16". O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2013), o clima é do tipo Aw, tropical, segundo classificação climática de Köppen. A precipitação média anual varia de 1.850 mm a 2.400 mm, com estações secas (maio a setembro) e chuvosas (outubro a abril) bem definidas e temperatura média de 26° C (ALVARES *et al.*, 2013).

O experimento foi conduzido em ambiente protegido do tipo arco, com pé-direito de 3 m de altura, 7 m de largura e 21 m de comprimento, sendo o fechamento lateral realizado com tela Sombrite® de coloração preta com 50% de sombreamento coberto com filme agrícola de polietileno transparente difusor de luz de 150 µm.

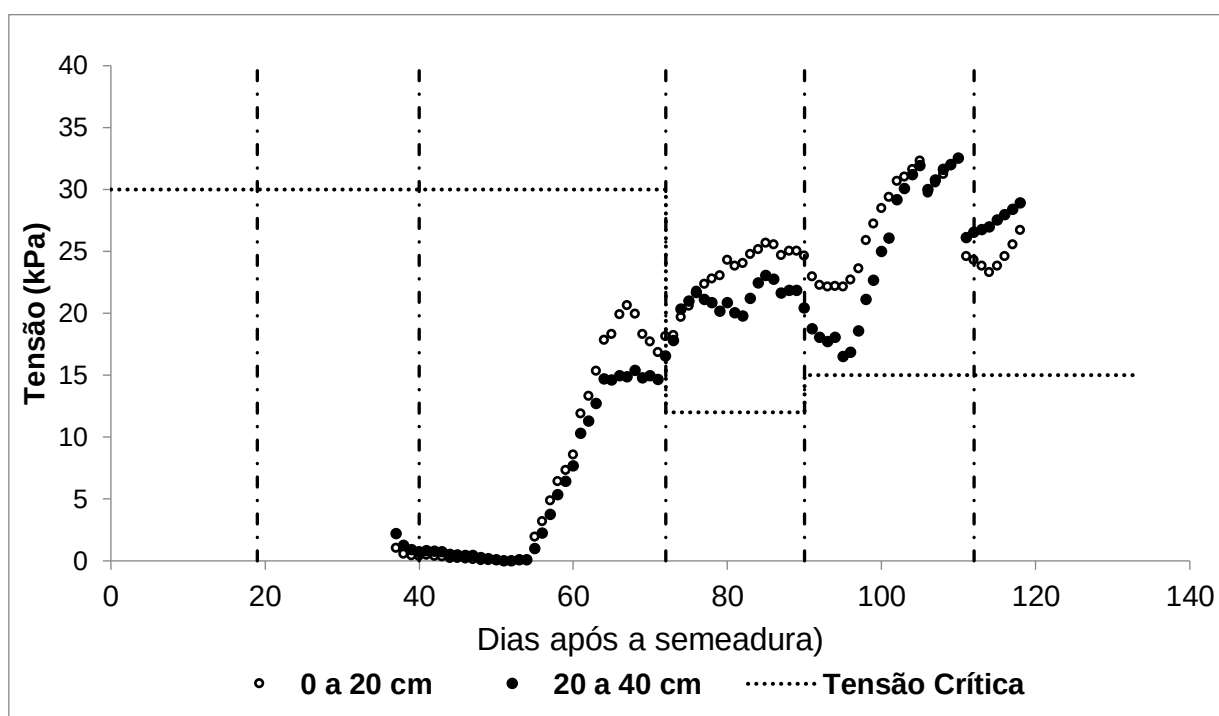
O cultivo foi realizado de agosto a dezembro de 2021 a partir de mudas produzidas em viveiro, semeadas em bandejas tipo 128/6, preenchidas com substrato comercial Vivato®. A semeadura foi realizada no dia 07 de agosto e o transplante das mudas foi realizado aos 19 Dias Após a Semeadura (DAS).

Utilizou-se de sistema de irrigação por gotejamento autocompensantes, (Rain Bird®, Tubo Gotejador Raindrop 8 mm, vazão nominal a 1,0 bar: 1,23 L/h para 8 mm).

Tensiômetros foram instalados nos blocos (repetição) do experimento, ficando cada tratamento com uma bateria de dois tensiômetros: um instalado com a profundidade de 0 a 20 cm; e o outro com 20 a 40 cm de profundidade da cápsula em relação à superfície do solo. Os tensiômetros foram instalados entre as plantas e, principalmente, entre a posição de dois emissores.

Os tensiômetros foram instalados 37 DAS, quando as plantas já se encontravam na fase de desenvolvimento vegetativo, sendo realizado o monitoramento até a fase de início de maturação dos frutos aos 118 DAS (Figura 1).

Figura 1. Tensão de água no solo durante a condução do experimento e sob os tratamentos sem e com cortes de irrigação realizados ao 100, 105 e 110 dias após a semeadura.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A adubação de plantio ocorreu com base na análise química do solo, que apresentou: pH (água) = 7,2; P = 106 mg/dm³; K = 245 cmg/dm³; Al = 0,0 cmol/dm³; Ca = 5,2 cmol/dm³; Mg = 1,9 cmol/dm³; H + Al = 1,3 cmol/dm³; B = 1,3 mg.dm³; Zn = 24,4 mg/dm³; SB (Soma de Bases) = 7,7 cmol/dm³; t (CTC efetiva/CTC a pH 7,0) =

7,7 cmol/dm³; T = 9,0 cmol/dm³; V = 86%; m (Sat. de Al) = 0% e matéria orgânica - M.O. (Walkley-Black) = 22,82 g/dm³. A adubação de plantio foi incorporada no sulco, utilizando ureia (200 kg ha⁻¹ de N), cloreto de potássio (400 kg ha⁻¹ de K₂O) e superfosfato simples (300 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e a adubação de cobertura foi realizada via fertirrigação, com aplicações a cada 3 dias, utilizando sulfato de amônio e nitrato de potássio (RIBEIRO, GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

O controle de pragas e doenças foi realizado de acordo com as recomendações convencionais para a cultura. O tutoramento foi realizado pela técnica denominada “*Florida weave*”, pela qual as plantas são conduzidas verticalmente entre fitilhos dispostos horizontalmente nos dois lados das linhas e elevados à medida que as hastes crescem. As colheitas foram realizadas semanalmente durante um período compreendido entre 27 de novembro a 18 dezembro (quando os frutos estavam com mais de 90% de cor vermelha intensa).

2.3. Monitoramento de variáveis ambientais

A temperatura do ar foi avaliada com a utilização do termohigrômetro digital HM-02, instalado no centro da casa de vegetação. Já a temperatura do solo, foi coletada utilizando termômetro digital HM-600 tipo espeto, inserido no solo a uma profundidade de 10 centímetros, a temperatura da folha e fruto foram avaliadas com termômetro digital infravermelho com mira laser, com coletas as 13:00 h para temperatura do ar, solo, folha e fruto.

2.4. Avaliação de características agronômicas

Quando os tomates atingiram o sexto estágio de amadurecimento (mais de 90% de cor vermelha intensa) (SKOLIK *et al.*, 2019), seis plantas centrais de cada parcela foram escolhidas para realizar as avaliações das características de produção. Com a utilização de um paquímetro, cada fruto teve seu diâmetro mensurado em milímetros para classificação do calibre, também foi realizada a pesagem individual em balança semianalítica, além disso, foi contabilizado o número total de frutos.

Os resultados das análises foram utilizados para determinar: produtividade total (t ha⁻¹); produtividade comercial (t ha⁻¹); produtividade total de frutos por planta (kg planta⁻¹); produção comercial (kg planta⁻¹). A classificação dos frutos foi feita de acordo

com seu calibre, menor que 40 mm (PP), 40-50 mm pequeno (P), 50-60 mm médio (M), 60-70 mm grande (G) e 70 > extra (GG). Foi aplicada uma análise de dados categorizados, com base nas frequências (%) de frutos de tomateiro comercializáveis ou apresentando algum tipo de dano, segundo a metodologia de Vieira (2003).

2.5. Determinação de biomassa da planta

A determinação de biomassa da planta foi realizada por análise destrutiva das plantas de tomateiro, pela qual foi mensurada a massa seca das folhas em (g planta^{-1}); massa seca dos caules em (g planta^{-1}), números de frutos verdes e massa seca dos frutos verdes (g planta^{-1}) na qual a quarta planta de cada tratamento foi cortada rente à base no final do ciclo produtivo aos 133 (DAS). As plantas colhidas foram levadas ao laboratório e separadas em folhas, caules e frutos.

As folhas frescas foram imediatamente pesadas e depois armazenadas em sacos de papel Kraft identificados. Os caules foram picados e armazenados em sacos de papel Kraft identificados, o material foi seco em estufas de ventilação forçada a 65 °C por 72 horas e posteriormente foram pesados em balança de precisão, cujo procedimento foi repetido até atingirem o peso constante.

Os frutos que se encontravam na planta que não estava no ponto para colheita foram contados e pesados, 100 g dos frutos foram armazenados em recipientes identificados, o material foi seco em estufas de ventilação forçada até atingir o peso constante a 65 °C por 72.

2.6. Análises físico-química e bioquímica

Os atributos físico-químicos e bioquímicos seguiram delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial (4 x 4), sendo quatro manejos de irrigação (sem corte, corte aos 110, 105 e 100 DAS) e quatro datas de colheita (112, 119, 126, 133 DAS).

As avaliações foram realizadas em cada colheita: 112, 119, 126 e 133 DAS. Durante as colheitas, os frutos foram separados por parcela, sendo cinco frutos maduros (estágio 6 de maturação) de tamanho e peso padronizados, acondicionados em embalagens identificadas, e imediatamente enviados ao laboratório, onde foram higienizados por imersão em água clorada e água destilada.

As amostras foram, então, trituradas em um multiprocessador Philips Walita Juicer RI1858, e separadas em triplicatas. Para a avaliação do teor de sólidos solúveis – SS (Brix°), foram usadas amostra frescas, já para a realização das análises de pH e Acidez titulável, Vitamina C, Carotenoides, Flavonoides, Ácidos fenólicos, fenólicos totais, Sequestro do radical livre DPPH, ABTS e Poder redutor (FRAP) foram usadas amostras congeladas.

2.6.1. Potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável

O pH e a acidez titulável foram determinados em pHmetro de bancada segundo Zenebon; Pascuet; Tiglea, (2008). Uma amostra foi descongelada em temperatura ambiente e uma alíquota (20 ml) de polpa foi diluída em 100 mL de água destilada isenta de CO₂. Para a acidez livre, a solução foi titulada com NaOH 0,1 M até pH 8,2. O teor de ácidos orgânicos foi determinado segundo a fórmula:

$$AT = \frac{V \times F \times M \times PM}{10 \times P \times n}$$

O qual AT = acidez titulável em %; V = volume da solução de NaOH gasto na titulação em mL; M = molaridade da solução de NaOH; P = massa da amostra em g ou volume pipetado em mL; PM = peso molecular do ácido málico; n = número de H ionizáveis (2); F= fator de correção da solução de NaOH.

2.6.2. Vitamina C

A determinação da vitamina C foi realizada segundo procedimentos descritos por Aoac *et al.* (1997), a partir de amostra descongela em temperatura ambiente. Uma alíquota (20 mL) do material foi diluída em 50 mL de ácido oxálico 1%, cuja mistura foi titulada com solução de 2,6-diclorofenolindofenol de sódio (DCFI) 0,02% até coloração rósea. O teor de vitamina C foi obtido segundo a fórmula:

$$AA = \frac{100 \times n'}{\frac{n}{5} \times P}$$

O qual AA = teor de ácido ascórbico em mg 100g⁻¹; n'= volume de DCFI em ml gasto na titulação da amostra; n = volume de DCFI gasto na padronização; P = volume da mostra (mL) gasto na titulação.

2.6.3. Carotenoides

A determinação da clorofila *a*, clorofila *b*, licopeno e β-caroteno foi realizada segundo Nagata; Yamashita, (1992), onde uma alíquota (1 mL) da polpa foi misturada com 4 mL de acetona, 6 mL de hexano e agitada por 20 s. Imediatamente após a separação das fases, o sobrenadante foi coletado e em espectrofotômetro foi realizada a leitura das absorbâncias a 663 nm, 645 nm, 505 nm e 453 nm em cubetas de vidro. Os teores de carotenoides (mg 100 g⁻¹ m.f.) foram obtidos pelas fórmulas:

$$C_{CHA} = 0.999A_{663} - 0.0989A_{645}$$

$$C_{CHB} = -0.328A_{663} + 1.77A_{645}$$

$$C_{LYC} = -0.0458A_{663} + 0.204A_{645} + 0.372A_{505} - 0.0806A_{453}$$

$$C_{CAR} = 0.216A_{663} - 1.22A_{645} - 0.304A_{505} + 0,452A_{453}$$

2.6.4 Flavonoides

A determinação de flavonoides foi realizada segundo Popova *et al.* (2004), na qual uma alíquota (2 mL) da amostra foi misturada com 2 mL de metanol acidificado [metanol 70% e ácido acético 10% (85:15)], agitada em vórtex por 30 s e sonicada por 3 min.

A extração foi repetida e, à mistura, foi adicionado 1 mL de cloreto de alumínio 5%. O material foi deixado em repouso durante 30 min e depois centrifugado a 4000 RPM por 20 min. Em espectrofotômetro, a leitura da absorbância foi feita a 425 nanômetros. Uma curva padrão de quercetina (0-20 μM) foi utilizada para calibrar o ensaio. Os resultados foram expressos em mg de quercetina equivalente por 100 g de fruto (mg QE 100g⁻¹).

2.7. Preparação do extrato para análise de fenólicos e atividade antioxidante

Uma alíquota (3,5 mL) da polpa foi misturada com 5 mL de metanol, agitada vigorosamente em vórtex por 30 s e sonicada por 3 min. A extração foi repetida e o

material foi centrifugado a 4000 rpm por 20 min. O sobrenadante foi coletado e armazenado a -20°C até o momento das análises.

2.7.1. Ácidos fenólicos

A determinação dos ácidos fenólicos foi procedida segundo Mazza *et al.* (1999). Uma alíquota (500 µL) do extrato foi misturada com 4,55 ml de HCl 2%. A mistura foi deixada em repouso por 15 min. Em espectrofotômetro, a leitura da absorbância foi realizada a 320 nm em cubeta de quartzo. Uma curva padrão de ácido cafeico (0-580 µM) foi utilizada para calibrar o ensaio. Os resultados foram expressos em mg de ácido cafeico equivalente por 100 g do fruto (mg CAE 100 g⁻¹).

2.7.2. Fenólicos totais

A determinação de fenólicos totais foi realizada segundo Singleton; Orthofer; Lamuela-Raventós (1999). Uma alíquota do extrato (500 µL) foi misturada com 500 µL água destilada, 500 µL de Folin Ciocalteu 10% e 2,5 mL de carbonato de sódio 20%. A mistura foi agitada em vórtex e deixada em repouso por 1h. Em espectrofotômetro, a leitura da absorbância foi feita a 760 nm. Uma curva padrão de ácido gálico (0-560 µM) foi utilizada para calibrar a análise.

Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico equivalente por 100 g de fruto (mg GAE 100 g⁻¹).

2.7.3. Sequestro do radical livre DPPH

O sequestro do radical DPPH foi determinado segundo Brand-Williams; Cuvelier; Berset (1995). Uma alíquota (100 µL) do filtrado foi misturada com 3,9 mL da solução metanólica de DPPH 60 µM. A mistura foi deixada em repouso por 1 h. Em espectrofotômetro, a leitura da absorbância foi feita a 515 nm. O sequestro do radical DPPH foi obtido segundo a fórmula:

$$\text{Sequestro DPPH (\%)} = \frac{Abs_i - Abs_a}{Abs_i} \times 100$$

No qual Abs_i é a absorbância inicial da solução DPPH 60 µM; Abs_a é a absorbância da mistura após 60 min de incubação. Uma curva de calibração de Trolox (0-2 mM)

foi utilizada para calibrar o ensaio. Os resultados foram expressos em mg de Trolox equivalente por 100 g do fruto (mg TE 100g⁻¹).

2.7.4. Sequestro do radical ABTS

O sequestro do radical ABTS foi determinado segundo Re *et al.* (1999). Uma alíquota do filtrado (30 µL) foi misturada com 3 ml da solução etanólica do radical ABTS 70 µM. A mistura foi deixada em repouso por 6 min e em espectrofotômetro, a leitura da absorbância foi feita a 734 nm. O sequestro do radical ABTS foi obtido segundo a fórmula:

$$\text{Sequestro ABTS (\%)} = \frac{Abs_i - Abs_a}{abs_i} \times 100$$

Na qual Abs_i = absorbância inicial da solução ABTS 70 µM; Abs_a = absorbância da amostra após 6 min de incubação com o extrato. Uma curva de Trolox (0-2 mM) foi utilizada para calibrar o ensaio. Os resultados foram expressos em mg de Trolox equivalente por g de fruto (mg TE g⁻¹).

2.7.5. Poder redutor (FRAP)

O poder redutor do ferro (FRAP) foi determinado segundo Benzie; Strain, (1996). Uma alíquota (30 µL) de filtrado foi misturada com 900 µL do reagente FRAP previamente aquecido a 37°C e 90 µL de água destilada. Após 1 h, a absorbância foi medida a 595 nm em espectrofotômetro. Uma curva de FeSO₄ (0-2 mM) foi utilizada para calibrar o ensaio. Os resultados foram expressos em mmol de ferro II por kg de fruto (mmol Fe²⁺ kg⁻¹).

2.8. Tempo de prateleira

O estudo seguiu o delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial (4 x 9), sendo três períodos de corte de irrigação, aos 110, 105 e 100 dias após a semeadura e as plantas controle sem corte de irrigação, *versus* os tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 e 24 dias pós-colheita), com três repetições.

Para determinar o tempo de prateleira (*shelf-life*) dos frutos, eles foram escolhidos e classificados, sendo utilizados apenas frutos de tamanho médio (50 a 60 mm). Os frutos foram esterilizados com hipoclorito a 0,1% e armazenados em condições de laboratório não refrigeradas (25 °C e umidade relativa de 60%).

A perda de massa (%) foi determinada por meio da diferença entre a massa inicial do fruto e a massa obtida em cada avaliação, analisadas a cada três dias, durante 24 dias de armazenamento.

Para avaliação visual, foi utilizada escala de notas para cada fruto de acordo com o procedimento descrito por Artés *et al.* (1998) sendo: (0) extremamente fraca; (1) fraca; (2) razoável (limite para consumo); (3) boa (limite de comercialização); (4) muito boa; (5) excelente. Esta avaliação foi realizada a cada três dias juntamente com a perda de massa.

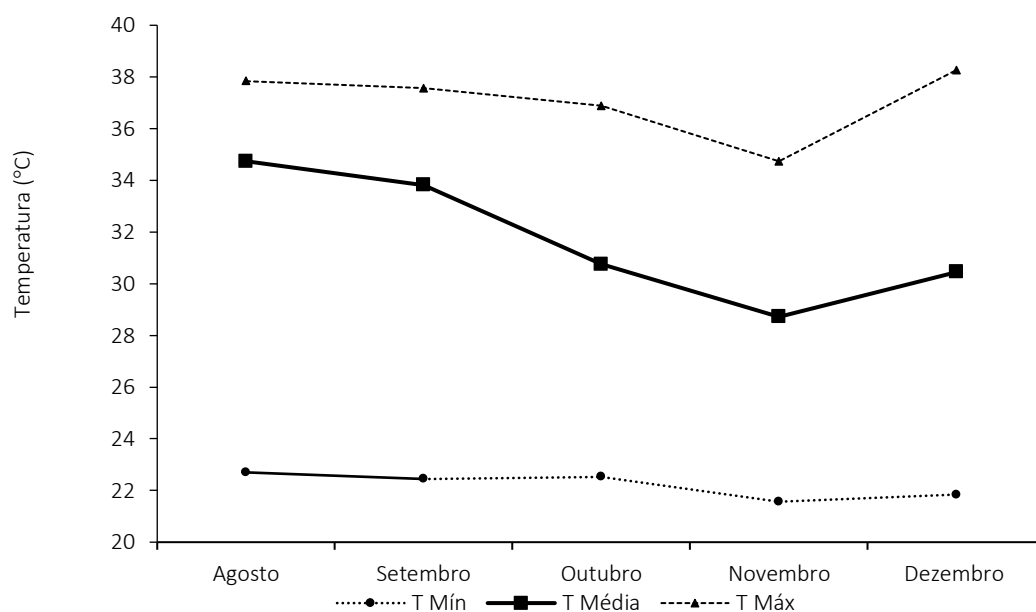
2.9. Análise dos dados

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e a análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott com $p \leq (0,05)$, com auxílio do Software SISVAR® Pt-BR versão 5.8 (FERREIRA, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento, as médias de temperatura máxima, média e mínima variaram durante os meses, sendo registradas temperaturas próximas a 22°C de temperatura mínima durante todo o período (Figura 2). As amplitudes térmicas entre as temperaturas mínimas e máxima variaram cerca de 15°C, sendo valores elevados para a cultura. A média máxima permaneceu próxima a 38°C, sendo verificado que, durante o mês de novembro, registraram-se as menores temperaturas dentro do ambiente de cultivo.

Figura 2. Temperaturas máxima, mínima e média mensais do ambiente protegido durante o período de cultivo do tomateiro, nos meses de agosto a dezembro de 2021.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A temperatura das folhas, frutos e do solo foram registradas para determinar se há influência do corte da irrigação sobre estes parâmetros. A menor temperatura de solo foi registrada no tratamento sem corte de irrigação, sendo a disponibilidade de água um fator preponderante para a regulação térmica. No entanto, as maiores médias de temperatura de solo foram registradas no tratamento com corte de irrigação aos 110 dias após a semeadura (Tabela 1). Verificou-se um aumento da temperatura do solo em função do aumento do tempo de corte de irrigação. Quanto maior o tempo de manutenção da irrigação, maior a média de temperatura do solo, exceto para o tratamento sem corte de irrigação.

Tabela 1. Médias de temperatura de solo, folha e frutos das plantas de tomateiro cultivadas sob diferentes cortes de irrigação em ambiente protegido.

Cortes de irrigação (DAS)	T °C do solo	T °C da folha (°C)	T °C do fruto (°C)
sem	31,59d	25,50a	26,82a

110	33,57a	25,68a	27,89a
105	32,82b	25,25a	28,89a
100	32,61c	25,57a	26,58a
CV (%)	0,16	3,69	7,35

DAS- Dias após a semeadura. Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($\alpha = 0,05$).

A água é um componente essencial no sistema de produção, sendo responsável pelo resfriamento das estruturas das plantas, através da transpiração, além de translocar nutrientes e manter diversas funções das plantas. No solo, a água transporta os nutrientes e, devido às suas características de termorregulação, mantém a temperatura mais baixa (TAIZ; ZEIGER, 2017). Portanto, é natural que o tratamento sem corte de irrigação apresente temperatura mais baixa de solo. No entanto, a maior média de temperatura de solo foi observada no tratamento com corte de irrigação aos 110 dias

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para as variáveis temperatura da folha e temperatura do fruto (Tabela 1). A planta regula sua temperatura através da transpiração, ao abrir os estômatos e liberar vapor de água para a atmosfera. No entanto, em caso de escassez hídrica, ocorre o fechamento dos estômatos para evitar que haja perda de água. Sendo assim, plantas em déficit podem apresentar maior temperatura foliar (TAIZ; ZEIGER, 2017). Em caso de déficit hídrico, as folhas das plantas não apresentam resfriamento adequado, evidenciando por meio do aumento da temperatura da superfície foliar (NEMESKÉRI; HELYES, 2019).

As plantas de tomate do presente estudo não apresentaram déficit hídrico severo capaz de influenciar na temperatura da superfície foliar. Isso porque os cortes de irrigação foram realizados após o enchimento dos frutos, cujas plantas já se encontravam em estágio de maturação. Em caso de cortes de irrigação mais precoces, as plantas poderão ser impactadas mais severamente (HELYES, LUGASI; PÉK, 2012; FRANCAVIGLIA; DI BENE, 2019).

Os frutos, por sua vez, podem sofrer danos por escaldadura ocasionados pela exposição excessiva aos raios solares devido à reduzida área foliar para a proteção (PEET, 2008). Além disso, a exposição dos frutos ao sol e a altas temperaturas inibe a produção de licopeno o que eleva a produção de β -caroteno, dando coloração

alaranjada, característica indesejável aos frutos de tomate (SILVA JUNIOR; PRANDO, 1989).

Não houve diferença estatística entre as variáveis produtividade total, comercial, produção total e comercial por planta (Tabela 2). O corte de irrigação, dependendo da época em que é realizado, pode acarretar a diminuição da produtividade do tomateiro (HELYES, LUGASI; PÉK, 2012; FRANCAVIGLIA; DI BENE, 2019). Tal ocorrido pode ser atribuído, principalmente, ao fato de que os frutos podem não estar totalmente desenvolvidos, sendo o déficit hídrico prejudicial, reduzindo o acúmulo de massa dos frutos ou mesmo reduzirá o número de frutos por planta (MONTE *et al.*, 2013).

Tabela 2. Médias de produtividade total e comercial em toneladas/ha, produção total e comercial em quilogramas por planta entre os diferentes tratamentos de irrigação (Sem corte, 100, 105, 110 DAS) para ambientes de cultivo protegido.

Cortes de irrigação (DAS)	Produtividade total (t/ha)	Produtividade comercial (t/ha)	Produção total (kg/planta)	Produção comercial (kg/planta)
sem	105,13	102,89	6,31	6,17
110	80,17	73,57	4,81	4,41
105	88,53	84,24	5,31	5,05
100	90,00	86,40	5,39	5,18
CV (%)	14,10	15,72	14,08	12,85

DAS- Dias após a semeadura. Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($\alpha = 0,05$).

No presente estudo, o corte de irrigação foi dado início quando as plantas completaram 100 dias após a semeadura, início da maturação, quando os frutos estavam no estágio verde maduro, o que garantiu elevada produtividade (SKOLIK *et al.*, 2019).

Em cultivares de hábito indeterminado, o efeito do corte de irrigação na produtividade pode ser negativo, por haver frutos em vários estádios de maturação. Sendo assim, híbridos com hábito determinado, como o utilizado no presente trabalho, podem não apresentar prejuízos à produção devido ao corte de irrigação, por causa da uniformidade da frutificação.

Os frutos de tomate podem apresentar diversos distúrbios fisiológicos decorrentes do manejo da adubação, temperatura e fornecimento de água. Todos os tratamentos aplicados apresentaram mais de 80% de frutos comercializáveis, em que as maiores porcentagens foram obtidas no tratamento sem corte de irrigação (Tabela 3).

Tabela 3. Frequências (%) de frutos de tomateiro comercializáveis ou apresentando algum tipo de distúrbio fisiológico, segundo o corte de irrigação.

Cortes de Irrigação (DAS)	Comercializáveis	Fundo preto	Rachado	Lóculo aberto	Queimado	Total
sem	97,31	0,45	0,67	1,12	0,15	100
110	88,57	5,50	0,52	1,22	3,58	100
105	93,35	3,48	1,28	1,06	0,68	100
100	93,98	3,38	0,83	1,40	0,08	100
χ^2	5,09	52,41*	4,96	0,71	92,09*	
ϕ	0,032	0,102	0,031	0,012	0,135	

DAS- Dias após a semeadura, *Significativo ao nível de 5%.

A menor proporção de frutos comerciais foi obtida quando o corte de irrigação foi realizado 110 DAS. A porcentagem de frutos com fundo preto, rachados, com lóculo aberto e queimados, representou uma pequena porcentagem dos frutos colhidos. As maiores frequências de frutos com fundo preto e queimados foram observadas no tratamento com o corte de irrigação 110 DAS. A ocorrência de fundo preto e fruto queimado foram influenciadas pelo corte de irrigação, conforme os valores de χ^2 . No entanto, o coeficiente ϕ (*F*) indica que existe pouca associação entre os resultados.

A redução na disponibilidade hídrica influencia diversos distúrbios fisiológicos no tomateiro, entre eles a escaldadura dos frutos, rachaduras e o chamado fundo preto, que é provocado pela deficiência de cálcio (MATOS, 1972). Como o cálcio é absorvido pela planta através de fluxo de massa, processo que envolve a água, o déficit hídrico severo pode acarretar maior número de frutos com o distúrbio (TAIZ; ZEIGER 2017). Todavia, apesar de haver associação dos resultados e o corte de irrigação pelo teste X^2 , a correlação é muito baixa.

Os frutos rachados, por sua vez, são proporcionados principalmente pela irregularidade de fornecimento de água, quando após um período em déficit há o reestabelecimento da irrigação, juntamente com altas temperaturas.

A deficiência de Boro promove o distúrbio fisiológico conhecido como lóculo aberto, além disso, o fornecimento inadequado de água (LOPES *et al.*, 2005) pode acentuar a ocorrência de frutos com este tipo de distúrbio, sendo os tratamentos utilizados adequados ao fornecimento de Boro.

As escaldaduras são distúrbios provocados por exposição aos raios solares, devido à pouca área foliar nas plantas. O déficit hídrico pode acarretar abortamento das folhas, contudo, os resultados obtidos a partir deste estudo mostraram que o corte de irrigação realizado aos 100, 105 e 110 dias após a semeadura não influenciou para a ocorrência de frutos com escaldadura.

As frequências das classes de tamanho de fruto não foram influenciadas significativamente pelo corte de irrigação, conforme os resultados de χ^2 . O coeficiente ϕ confirma os resultados, apresentando valores abaixo de 0,1. Independente do tratamento, a maioria dos frutos apresentaram tamanho médio, representando uma frequência acima de 60% (Tabela 4). O tratamento sem corte de irrigação proporcionou 72,29% dos frutos de tamanho médio, sendo a maior porcentagem observada.

Tabela 4. Frequências (%) de frutos de tomateiro quanto ao tamanho, segundo o corte de irrigação.

Trat.	PP	P	M	G	GG	Total
Sem	2,15	15,35	72,29	9,75	0,46	100
100 d.	2,73	21,81	66,67	7,65	1,14	100
105 d.	5,00	29,67	61,72	2,87	0,74	100
110 d.	3,25	27,98	61,87	6,40	0,49	100
χ^2	6,63	14,66	6,54	11,01	3,75	
ϕ	0,038	0,056	0,037	0,049	0,028	

A disponibilidade hídrica pode influenciar no tamanho dos frutos, principalmente se ocorrer no período de enchimento. Na fase de maturação, pode levar ao abortamento dos frutos (VIJITHA; MAHENDRAN, 2010). Nesta pesquisa, os cortes de irrigação ocorreram a partir do início da maturação, não influenciando no tamanho dos

frutos. Em experimento realizado com cortes de irrigação, Mohammed, Mahmud e Puteri-Edaroyati (2018) obtiveram um aumento no peso dos frutos dos tratamentos com déficit hídrico, atribuído ao abortamento de frutos, o que levou ao maior acúmulo de massa nos frutos remanescentes. No mercado brasileiro, os tomates são vendidos em sua maioria a granel, com pouca padronização, no entanto os frutos de tamanho médio são preferíveis.

O fornecimento ideal de água durante a frutificação é essencial para o rendimento de frutos (CHEN *et al.*, 2013), desta forma, mesmo o corte de irrigação mais severo realizado aos 100 DAS, foi capaz de fornecer água o suficiente para a manutenção dos frutos.

Não houve diferença entre os tratamentos para massa das folhas, massa seca dos caules e número de frutos verdes. Dessa forma, o corte da irrigação não representou prejuízo à planta, pois não reduziu a massa das folhas e caules. Além disso, não interferiu na maturação dos frutos (Tabela 5).

Tabela 5. Massa seca de folhas (g. planta⁻¹), massa seca de caule (g. planta⁻¹), números de frutos verdes por planta, massa seca do fruto (valores médios por 100 g de fruto fresco).

Cortes de irrigação (DAS)	Massa seca de folhas (g planta ⁻¹)	Massa seca de caules (g planta ⁻¹)	Número de frutos verdes	Massa seca dos frutos (g)
sem	225,57	131,21	62,25	5,34
110	223,24	125,46	48,75	8,24
105	218,42	147,60	44,75	7,52
100	229,80	158,07	53,75	6,84
CV (%)	10,50	18,45	16,07	9,24

DAS - Dias após a semeadura. Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($\alpha = 0,05$).

O corte de irrigação pode ser realizado em vários estádios de desenvolvimento da cultura do tomate; no entanto, cortes durante o estágio vegetativo e na frutificação promove redução da massa fresca da parte aérea (MOHAMED, MAHMUD; PUTERI-EDAROYATI, 2018). Isso ocorre porque na fase vegetativa, afeta o crescimento e na fase de maturação, os carboidratos e fotoassimilados presentes nas folhas são

direcionados para o dreno (fruto). Quando o corte de irrigação é feito no período de floração, ocorre o abortamento das flores. A massa fresca do caule, não foi influenciada pelo corte de irrigação, assim como o observado nas folhas.

O número de frutos verdes por planta foi similar em todos os tratamentos, demonstrando que os cortes de irrigação aplicados não interferiram na terminação dos frutos. A oferta de água afeta a maturação dos frutos do tomateiro; todavia, o corte de irrigação é uma ferramenta para acelerar e uniformizar a maturação. O déficit hídrico pode afetar negativamente a maturação dos frutos (AGAR *et al.*, 1999).

Houve interação significativa entre o tempo de corte de irrigação *versus* época de colheita para todos os parâmetros bioquímicos avaliados, exceto sólidos solúveis (Tabelas 6, 7 e 8). O corte de irrigação e época de colheita influenciou nos teores de sólidos solúveis, sendo observado que o tratamento sem corte de irrigação proporcionou as menores médias para este parâmetro (Tabela 6).

Tabela 6. Teor de sólidos solúveis (Brix°); pH; acidez titulável em frutos de tomateiro submetidos ao estresse hídrico em função da data de colheita.

Variável	Corte de irrigação	1ª Colheita (112 DAS)	2ª Colheita (119 DAS)	3ª Colheita (126 DAS)	4ª Colheita (133 DAS)	Média	F1 (Corte)	F2 (Colheita)	F1*F2	CV%
Sólidos solúveis (Brix°)	Sem	3,67	4,27	3,57	3,63	3,77 b	19,65**	15,38**	1,52ns	7,10
	110 d	3,70	4,37	4,57	4,37	4,26 a				
	105 d	3,47	4,27	4,73	4,20	4,43 a				
	100 d	3,50	4,63	3,93	4,40	4,32 a				
	Média	3,91 b	3,92 b	4,36 a	4,58 a					
pH	Sem	4,30 aB	4,27 bA	4,30 aB	4,27 aB	4,35 a	10,86**	32,35**	6,29**	1,58
	110 d	4,05 cB	4,22 bA	4,22 aA	4,15 bA	4,16 c				
	105 d	4,17 bA	4,17 bA	4,11 bA	4,14 bA	4,15 c				
	100 d	4,33 aA	4,27 bA	4,25 aA	4,12 bB	4,24 b				
	Média	4,21 b	4,30 a	4,22 b	4,17 b					
Acidez titulável (%)	Sem	0,37 aA	0,30 bC	0,33 bB	0,33 bB	0,33 c	12,21**	7,20**	15,83**	5,29
	110 d	0,30 cB	0,40 aA	0,32 bA	0,38 aA	0,35 b				
	105 d	0,33 bB	0,39 aA	0,37 aB	0,37 aA	0,36 a				
	100 d	0,34 bB	0,41 aA	0,35 aB	0,30 cC	0,35 b				
	Média	0,34 b	0,37 b	0,34 b	0,34 b					
Vitamina C (mg 100g ⁻¹)	Sem	11,58 bB	9,97 cB	11,04 dB	18,65 cA	12,8 c	492,31	300,69**	97,29**	6,78
	110 d	15,79 aD	21,85 aC	36,34 bA	28,65 bC	25,68 a				
	105 d	14,54 aC	13,30 bC	40,97 aA	34,38 aB	25,80 a				
	100 d	14,01 aC	12,59 bC	16,74 cB	34,85 aA	19,55 b				

Média	13,98 c	14,43 c	26,27 b	29,15 a
-------	---------	---------	---------	---------

DAS- Dias após a semeadura; * Significativo ($\alpha = 0,05$); ** Significativo ($\alpha = 0,01$); ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$). Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem significativamente entre si de acordo com o teste de Scott-Knott ($\alpha = 0,05$).

As colheitas realizadas 126 e 133 dias após a semeadura proporcionaram maior teor de sólidos solúveis independente do tempo de corte de irrigação. O estresse hídrico tende a acentuar a quantidade de sólidos solúveis (WANG; XING 2017; GAUTIER *et al.*, 2008; VILAS BOAS *et al.*, 2017; LU *et al.*, 2020); contudo, nesta produção, apenas os tomates colhidos nas últimas colheitas tiveram maior teor de sólidos solúveis.

O pH dos frutos foi influenciado tanto pela colheita quanto pelo corte de irrigação. Na colheita realizada aos 112 DAS, os maiores valores de pH foram observados no tratamento com corte de irrigação aos 100 DAS, podendo ser atribuído o resultado à redução da disponibilidade hídrica e estresse. Os frutos colhidos aos 126 DAS, o tratamento com corte de irrigação aos 110 dias foi o que proporcionou maior pH de frutos (Tabela 6).

O pH é um importante parâmetro de qualidade, pois atua sobre a deterioração microbiana, qualidade de polpa para o processamento (MOHAMED, MAHMUD; PUTERI- EDAROYATI, 2018), além de atuar em equilíbrio com o teor de açúcares presentes na polpa para promover melhor sabor. O pH é influenciado pelo déficit hídrico quando o corte de irrigação ocorre no período de maturação dos frutos (MOHAMED, MAHMUD; PUTERI- EDAROYATI, 2018). Isso se deve, principalmente, à produção de EROs (Espécies Reativas de Oxigênio) (TAIZ; ZEIGER, 2017) pela planta que está estressada pela redução da disponibilidade hídrica e ao mesmo tempo direciona suas reservas para a maturação dos frutos.

Quanto à acidez titulável, observou-se que o tratamento sem corte de irrigação proporcionou a maior acidez de fruto na colheita realizada aos 112 DAS. Porém, na colheita realizada aos 119 DAS, o tratamento sem corte de irrigação proporcionou a menor acidez, enquanto os tratamentos submetidos ao corte de irrigação favoreceram o aumento da acidez dos frutos. Sendo observado que aos 133 DAS, o corte de irrigação realizado aos 110 e 105 dias proporcionou maior acidez de frutos (Tabela 6). Estudos demonstram que sob déficit hídrico a acidez titulável é maior, devido ao maior estresse proporcionado à planta, como o observado por Kuscu *et al.* (2014) e Patanè *et al.* (2010).

As maiores médias de vitamina C foram obtidas nas colheitas realizadas aos 126 e 133 DAS nos tratamentos com corte de irrigação aos 105 e 100 DAS. Conforme a disponibilidade hídrica reduz o teor de vitamina C (KARAS *et al.*, 2020). Porém, outros fatores, como: crescimento da planta, consumo de água e/ou variedade podem

influenciar no teor de vitamina C (MAHAJAN; SINGH, 2006; MITCHELL *et al.*, 1991). O conteúdo de vitamina C é alterado nos tratamentos com elevado estresse, sendo observado que os cortes de irrigação mais severos aumentaram o teor de vitamina C dos frutos. Sendo ocasionado pelo fato de a vitamina C ser um antioxidante produzido na planta para reduzir as EROs (KUMAR *et al.*, 2015; MOHAMED, MAHMUD; PUTERI- EDAROYATI, 2018).

Alguns autores ressaltam que o conteúdo de vitamina C em frutos de tomate pode ser aumentado em até 40% com o uso de irrigação deficitária (AGBNA *et al.*, 2017). O teor de licopeno variou em função da colheita e do corte de irrigação. Sendo observado que na colheita realizada aos 112 DAS, o corte 105 proporcionou os maiores valores para este parâmetro. Enquanto na colheita realizada aos 119 DAS, o teor de licopeno foi mais acentuado no corte de irrigação realizado aos 110 DAS. Já na colheita realizada aos 126 DAS, o maior teor de licopeno foi obtido no tratamento sem corte de irrigação (Tabela 7). Nos frutos colhidos aos 133 DAS, o corte mais severo de irrigação, 100 DAS, proporcionou maior teor de licopeno nos frutos de tomateiro (Tabela 7).

Tal fenômeno é explicado pelo corte de irrigação refletir no acúmulo de licopeno, sendo mais acentuado com o tempo de déficit hídrico. Os parâmetros de qualidade como firmeza, sólidos solúveis, ácido ascórbico, acidez e licopeno se relacionam com o uso de irrigação deficitária (NANGARE *et al.*, 2016), devido a menor quantidade de água disponível, as plantas tendem a ajustar o conteúdo de água presente nos frutos acentuando estes parâmetros.

Tabela 7. Teores de licopeno, β -caroteno; flavonoides e ácidos fenólicos em frutos de tomateiro submetidos ao estresse hídrico

Variável	Corte de irrigação	1º Colheita (112 DAS)	2º Colheita (119 das)	3º Colheita (126 das)	4º Colheita (133 das)	Média	F1 (Corte)	F2 (Colheita)	F1*F2	CV%
Licopeno (mg 100g ⁻¹)	Sem	1,56 bB	1,52 Bb	2,28 aA	2,17 bA	1,88b	86,69**	226,04**	116,89**	5,08
	110 d	1,57 bB	1,90 Aa	0,95 cD	1,25 dC	1,42c				
	105 d	2,14 aA	0,86 cD	1,06 cC	1,58 cB	1,41c				
	100 d	2,05 aB	1,53 Bc	2,10 aB	2,50 aA	2,04a				
	Média	1,83 a	1,45 c	1,60 b	1,87 a					
β -caroteno (mg 100g ⁻¹)	Sem	0,88 aA	0,79 bA	0,45 cB	1,00 aA	0,78b	11,34**	34,88**	33,78**	18,50
	110 d	0,74 aB	1,29 aA	1,39 bC	0,69 bA	1,03a				
	105 d	0,83 aB	0,95 bB	1,95 aA	0,52 bC	1,06a				
	100 d	0,38 bB	0,83 bA	0,12 dA	0,91bB	0,56b				
	Média	0,71 b	0,96 a	0,98 a	0,78 b					
Flavonoides (mg GAE 100g ⁻¹)	Sem	0,45 bC	0,48 bC	0,72 aA	0,60 bB	0,56b	63,18**	14,85**	34,83	6,02
	110 d	0,50 bC	0,55 aB	0,73 aA	0,59 bB	0,59a				
	105 d	0,71 aB	0,48 bC	0,49 cC	0,77 aA	0,61a				
	100 d	0,49 bB	0,48 bB	0,56 bA	0,61 bA	0,54b				
	Média	0,53 b	0,50 c	0,63 a	0,64 a					
Ácidos	Sem	6,37 cB	12,04 aA	5,96 cB	5,39 dC	7,44b	3,09*	127,87**	79,94**	6,45
Fenólicos	110 d	6,51 cB	4,94 cC	6,61 cB	8,57 bB	6,66d				
(mg CAE 100g ⁻¹)	105 d	10,01 aB	7,33bC	10,27 aB	11,60 aA	9,80a				

100 d	7,57 bA	6,82 bB	7,26 bA	6,55 cB	7,05c
Média	7,61 b	7,78 a	7,53 b	8,02 a	

DAS- Dias após a semeadura; * Significativo ($\alpha = 0,05$); ** Significativo ($\alpha = 0,01$); ^{ns} Não significativo ($p > 0,05$). Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem significativamente entre si de acordo com o teste de Scott-Knott ($\alpha=0,05$).

Normalmente, a proporção de β -caroteno é uma relação inversa a de licopeno, sendo dois pigmentos bastante presentes em frutos de tomate. A maturação ideal dos frutos de tomate é representada pela alta concentração de licopeno; por outro lado, altas concentrações de β -caroteno proporciona a coloração mais alaranjada dos frutos e baixa aceitação do consumidor. Os maiores teores de β -caroteno foram obtidos no tratamento sem corte de irrigação na colheita realizada aos 112 e aos 133 DAS. Enquanto os frutos colhidos aos 119 DAS foram mais responsivos aos cortes de irrigação realizados aos 110 dias. Os frutos colhidos com 126 DAS, apresentaram elevado teor de β -caroteno quando o corte de irrigação foi realizado aos 126 DAS (Tabela 7). Muitos estudos apontam para o maior acúmulo de carotenoides, principalmente licopeno em frutos submetidos a déficit hídrico (LI *et al.*, 2021; LAHOZ *et al.*, 2016).

No cultivo de tomate, é mais interessante a prevalência do pigmento licopeno, pois além de representar um fator de aceitação do mercado de mesa, ainda está relacionado ao conteúdo de antioxidantes (KHAPTE *et al.*, 2019).

O teor de flavonoides foi maior na colheita realizada aos 126 dias, nos tratamentos com maior disponibilidade hídrica. Enquanto na colheita realizada aos 133 DAS, o corte de irrigação realizados aos 105 dias proporcionou maiores teores de flavonoides (Tabela 7). A menor disponibilidade de água proporciona maior teores de flavonoides, além de antioxidantes na fase de frutificação (KUMAR *et al.*, 2015; KHAPTE *et al.*, 2019), sendo uma tática de manejo interessante para o cultivo do tomateiro de mesa. No presente estudo, os cortes de irrigação foram realizados no início na maturação dos frutos, sendo observado que houve melhora na qualidade dos frutos de tomateiro.

O teor de ácidos fenólicos foi maior nos frutos sem corte de irrigação, colhidos aos 119 dias e nos frutos submetidos ao corte de irrigação aos 105 colhidos 133 DAS (Tabela 7).

O conteúdo de ácidos orgânicos está diretamente ligado aos processos de amadurecimento dos frutos e degradação da parede celular (SANTOS *et al.*, 2016), sendo observado que os frutos sem corte de irrigação apresentaram maior conteúdo de ácidos fenólicos na segunda colheita; no entanto, o fator estresse hídrico fica evidente na colheita realizada aos 133 DAS, pois aparece como um facilitador de amadurecimento.

Sendo os tratamentos com corte de irrigação mais expressivos com relação a esse parâmetro. O conteúdo de fenóis totais apresentou elevada influência do corte de irrigação, sendo mais elevado nos tratamentos com alguma restrição hídrica, com exceção dos frutos colhidos aos 119 DAS, em que todos os tratamentos proporcionaram elevado conteúdo de fenóis totais (Tabela 8). O tratamento com corte de irrigação realizado aos 100 dias proporcionou frutos com menor conteúdo de fenóis totais na colheita realizada aos 112 e 133 DAS.

Os ácidos orgânicos presentes nos frutos de tomate tendem a aumentar devido ao déficit hídrico. Todavia, as respostas podem variar conforme a cultivar, local de cultivo, intensidade da restrição hídrica e estágio de desenvolvimento da cultura (CHAND *et al.*, 2021; LI *et al.*, 2021). Por se tratar de antioxidantes, o conteúdo de fenóis totais tende a ser mais acentuado em frutos de plantas submetidas a algum estresse (LI *et al.*, 2021).

O conteúdo de ABTS variou em função dos tratamentos e época de colheita, sendo observado que os frutos submetidos no corte mais severo de irrigação (100 DAS) apresentaram elevado conteúdo ABTS na colheita realizada aos 119 dias, efeito minimizado nas colheitas seguintes. Nos frutos colhidos 126 DAS, observou-se que o maior poder redutor de ABTS foi obtido nos frutos com corte de irrigação aos 110 dias, sendo o efeito da época de colheita bastante visível (Tabela 8). Os frutos do tratamento sem corte de irrigação apresentaram os menores conteúdos de ABTS na colheita realizada aos 133 DAS, demonstrando que este parâmetro foi influenciado pelo corte de irrigação.

O poder redutor DPPH apresentou maiores médias na colheita realizada aos 126 DAS, quando o corte de irrigação foi aos 110 dias, enquanto na colheita realizada aos 136 dias o corte de irrigação que proporcionou maiores valores para este parâmetro foi o realizado aos 105 dias (Tabela 8).

O FRAP foi maior em frutos submetidos ao corte de irrigação aos 105 dias na colheita realizada aos 126 DAS, no corte de irrigação realizado aos 100 dias para frutos colhidos aos 126 dias. Enquanto aos 133 dias, o corte realizado aos 110 dias foi o que mais aumentou o conteúdo de FRAP nos frutos (Tabela 8).

Tabela 8. Fenóis totais; atividade antioxidante – ABTS; atividade antioxidante – DPPH e capacidade de redução do ferro – FRAP em frutos de tomateiro submetidos ao estresse hídrico.

Variável	Corte de irrigação	1 Colheita (112 DAS)	2 Colheita (119 DAS)	3 Colheita (126 DAS)	4 Colheita (133 DAS)	Média	F1 (Corte)	F2 (Colheita)	F1*F2	CV%
Fenólicos totais (mg/100g)	Sem	6,92 bA	6,99 aA	4,85 bB	5,10 bB	5,96 c	3,31*	16,40**	2,30*	12,27
	110 d	8,41 aA	7,52 aA	7,91 aA	8,04 aA	7,97 a				
	105 d	7,89 aA	7,97 aA	7,48 aA	7,56 aA	7,72 a				
	100 d	6,82 bA	7,72 aA	7,63 aA	6,27 bA	7,11 b				
	Média	7,51 a	7,55 a	6,96 b	6,74 b					
ABTS (mg TE 100 g ⁻¹)	Sem	1368,62 aB	1161,23 bC	1941,03 bA	1053,26 cC	1381,0 c	79,53**	16,50**	25,50**	7,66
	110 d	1067,69 bD	1296,57 bC	2242,43 aA	1975,93 aB	1645,6 a				
	105 d	1524,17 aB	1526,43 aB	1751,37 cA	1433,33 bB	1558,8 b				
	100 d	1223,26 bB	1633,67 aA	1595,49 cA	1335,80 bB	1447,0 c				
	Média	1295,9 c	1404,4 b	1882,5 a	1449,5 b					
DPPH (mg TE 100 g ⁻¹)	Sem	5,48 cD	7,25 cC	9,86 cA	8,51 cB	7,77 c	364,75**	56,43**	44,46**	4,38
	110 d	8,01 aC	8,67 bB	11,81 aA	9,13 bB	9,40 a				
	105 d	4,82 dD	9,42 aC	10,26 cB	12,29 aA	9,19 a				
	100 d	7,19 bC	8,85 bB	10,90 bA	8,44 cB	8,84 b				
	Média	6,37 d	8,55 c	10,70 a	9,59 b					
FRAP (mM Fe ²⁺ kg ⁻¹)	Sem	1,50 cB	1,52 bB	1,64 cA	1,35 bC	1,50 c	70,78**	45,86**	27,00**	5,09
	110 d	1,70 bB	1,35 cC	1,86 bA	1,73 aB	1,66 b				

105 d	1,83 aB	2,14 aA	1,95 bB	1,45 bC	1,84 a
100 d	1,51 cB	1,45 bB	2,12 aA	1,32 bC	1,60 b
Média	1,63 b	1,62 b	1,89 a	1,46 c	

DAS- Dias após a semeadura; * Houve diferença significativa do fator analisado; ^{ns} Não houve diferenças significativas dentro do fator analisado. Letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem significativamente entre o corte de irrigação e as datas de colheitas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

O conteúdo de ABTS, DPPH e FRAP diz respeito à capacidade de sequestro de antioxidantes, podendo haver efeito sinérgico ou antagonista uma vez que outras substâncias como vitamina C e carotenoides, geralmente, também apresentam efeito sobre as espécies reativas de oxigênio (LI *et al.*, 2021).

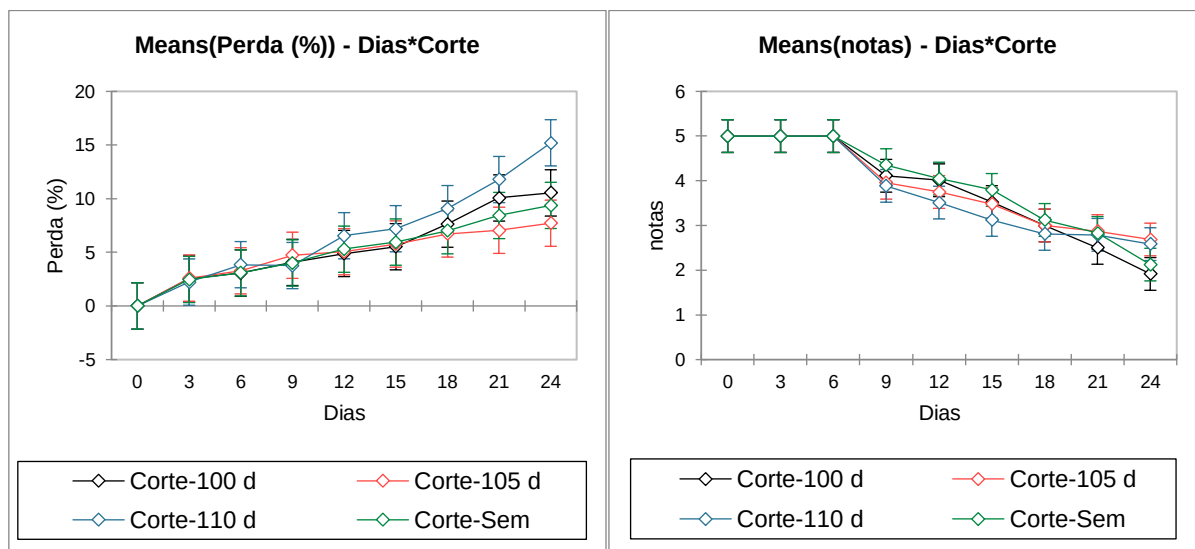
Desse modo, a capacidade de sequestro de oxidantes medida a partir da análise de ABTS, DPPH e FRAP pode sofrer influência da atuação de outros antioxidantes. O que pode explicar a variação desses parâmetros no presente estudo. Sendo observada a influência do tratamento sem restrição hídrica na redução do ABTS, enquanto a época da colheita proporcionou efeitos sobre este parâmetro, em que aos 126 DAS observa-se valores elevados dessa capacidade antioxidante, independente do tratamento (Tabela 8).

Quanto à perda de massa dos frutos pós-colheita, observou-se uma tendência inversa entre perda de massa e nota dos frutos. Quanto maior a perda de massa, menor a nota de avaliação visual (Figura 3A e 3B). Até o 9º dia de avaliação, a perda de massa dos frutos foi bem próxima, independente do tratamento aplicado. No entanto, nos dias subsequentes, os frutos com corte de irrigação realizado aos 100 e sem corte de irrigação apresentaram perda de massa intermediária. Sendo observado que os frutos submetidos ao corte de irrigação aos 110 DAS apresentaram a maior perda de massa. Já os frutos submetidos ao corte de irrigação aos 105 DAS apresentaram a menor perda de massa.

Os frutos submetidos a déficit hídrico em campo tendem a apresentar menor massa e maior concentração de matéria seca, devido ao estresse ocasionado pela restrição hídrica (LI *et al.*, 2021). Porém, no presente estudo, não houve essa tendência, podendo ser devido ao reduzido número de dias em que foi aplicada a irrigação deficitária.

À medida em que os frutos perdem massa no período pós-colheita, é comum apresentarem aspecto de murcho, devido à perda de água, com isso, o aspecto visual é comprometido (Figura 3B). Nesta pesquisa, os frutos cultivados sobre corte de irrigação 105 DAS apresentaram maior redução nas notas de aspecto visual, sendo os com maior nota aqueles cultivados sobre o corte de irrigação mais severo (100 DAS). Isso pode ser explicado pelo maior conteúdo de matéria seca presente em frutos cultivados sobre restrição hídrica (LI *et al.*, 2021), o que pode ter reduzido a deformação deles.

Figura 3. A-3: Perda de massa (%) de frutos de tomate produzidos sob diferentes cortes de irrigação (Sem corte, 100, 105, 110 DAS) para ambientes de cultivo protegido em função do tempo de prateleira (dias). **B-3:** Notas da avaliação visual em tomates produzidos sob diferentes cortes de irrigação (Sem corte, 100, 105, 110 DAS) para ambientes de cultivo protegido em função do tempo de prateleira (dias).

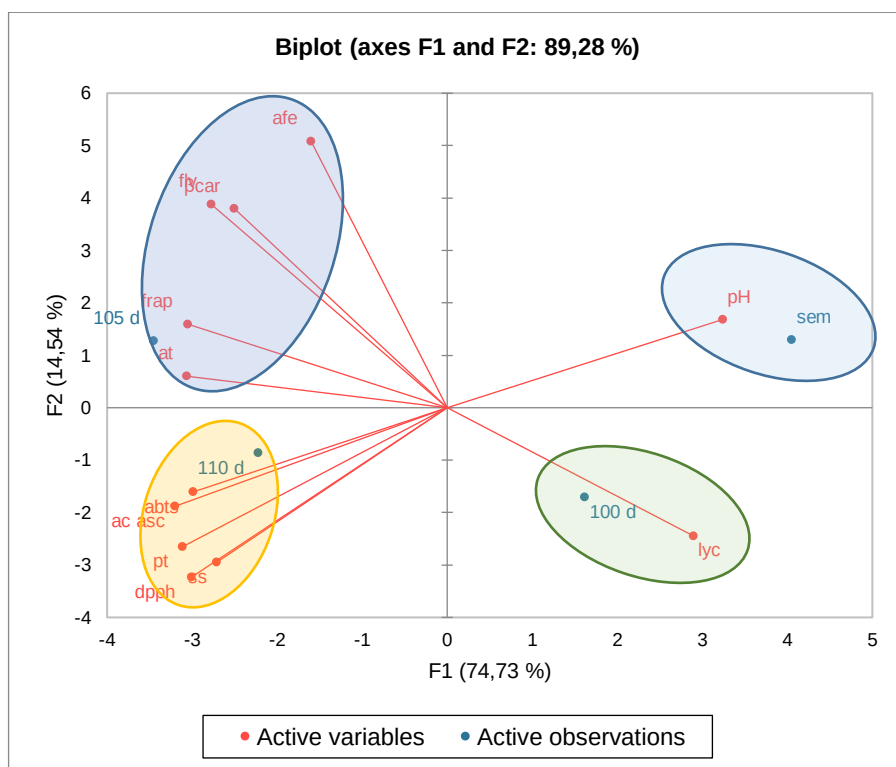


Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

A fim de estabelecer um modelo descritivo para agrupar os parâmetros bioquímicos conforme o corte de irrigação, foi realizada uma análise de componente principal- PCA (Figura 4). Os resultados mostraram que PC1 e PC2 explicam 89,28% da variância dos dados. Em que a primeira componente (PCA 1) explica 74,73% da variância total dos dados e a PCA 2 explica 14,54% da variância total. Houve uma separação entre os cortes de água, em que o tratamento sem corte de irrigação proporcionou maior pH de fruto (PC1+). O corte aos 100 dias após a semeadura proporcionou maior concentração de licopeno (PC2+).

O corte de irrigação aos 110 dias reuniu maior teor de fenólicos totais, sólidos solúveis, DPPH, ácido ascórbico e ABTS, demonstrando a maior produção de antioxidantes neste tratamento (PC2-). Enquanto o corte de irrigação aos 105 dias após a semeadura agrupou acidez titulável, β caroteno, ácidos fenólicos, flavonoides e FRAP (PC1-).

Figura 4. Projeção bidimensional e pontuações de sólidos solúveis, acidez titulável, vitamina C, licopeno, β caroteno, flavonoides, ácidos fenólicos, fenóis totais, DPPH, ABTS e FRAP, em frutos de tomate cultivados sem restrição hídrica e com corte de irrigação 110, 105 e 100 dias após a semeadura.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

CONCLUSÃO

O cultivo de tomate de mesa com corte de irrigação em fase de maturação é uma alternativa viável, pois não reduz a produtividade do tomate de mesa. Além disso, a restrição hídrica proporciona maior concentração de sólidos solúveis, licopeno, vitamina C, compostos fenólicos e antioxidantes, principalmente nas colheitas realizadas mais tardias. Nesta pesquisa, não foi possível estabelecer qual melhor corte de irrigação para o cultivo do tomateiro, pois os resultados sofreram interferência tanto do corte como da época de colheita, sendo possível afirmar que mesmo o corte mais severo não interferiu negativamente nos parâmetros de produção, além de proporcionar aumento na qualidade.

Além disso, o corte de irrigação proporciona a redução do consumo de água no cultivo de tomate, sendo uma alternativa interessante para reduzir os impactos ambientais decorrentes da atividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGAR, I. T.; BIASI, W. V.; MITCHAM, E. J. Exogenous ethylene accelerates ripening responses in Bartlett pears regardless of maturity or growing region. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, n. 2, p. 67-78, 1999.
- AGBNA, G. H.; DONGLI, S.; ZHIPENG, L.; ELSHAIKH, N. A.; GUANGCHENG, S.; TIMM, L. C. Effects of deficit irrigation and biochar addition on the growth, yield, and quality of tomato. **Scientia Horticulturae**, 2017, 222: 90-101. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.05.004>.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ARTÉS, F.; SANCHEZ, E.; TIJSKENS, L. M. M. Quality and shelf life of tomatoes improved by intermittent warming. **LWT-Food Science and Technology**, 1998, 31.5: 427-431. <https://doi.org/10.1006/fstl.1997.0321>.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, [s. l.], v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUEVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- CHAND, J. B.; HEWA, G.; HASSANLI, A.; MYERS, B. Deficit irrigation on tomato production in a greenhouse environment: A review. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 147, n. 2, p. 04020041, 2021. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0001529](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001529).
- CHEN, J.; KANG, S.; DU, T.; QIU, R.; GUO, P.; CHEN, R. Quantitative response of greenhouse tomato yield and quality to water deficit at different growth stages. **Agricultural water management**, v. 129, p. 152-162, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.07.011>.
- DAVIES, William J.; BENNETT, Malcolm J. Achieving more crop per drop. *Nature Plants*, v. 1, n. 8, p. 1-2, 2015. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.118>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de solos: Rio de Janeiro, Ed. 3, p. 353, 2013.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production quantities of Tomatoes by country. 2022. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/es/#compare>>. Acesso em: 10 ago. 2022.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista brasileira de biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

GAUTIER, H.; DIAKOU-VERDIN, V.; BÉNARD, C.; REICH, M.; BURET, M.; BOURGAUD, F.; GÉNARD, M. How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance? **Journal of agricultural and food chemistry**, 2008, 56.4: 1241-1250. <https://doi.org/10.1021/jf072196t>.

HELYES, L.; LUGASI, A.; PEK, Z. Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 36, n. 6, p. 702-709, 2012. Doi 10.3906/alcatrão-1107-9.

HOU, X.; ZHANG, W.; DU, T.; KANG, S.; DAVIES, W. J. Responses of water accumulation and solute metabolism in tomato fruit to water scarcity and implications for main fruit quality variables. **Journal of experimental botany**, 2020, 71.4: 1249-1264. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz526>.

JUNIOR, S. S.; CASAGRANDE, J. G.; DE LIMA TOLEDO, C. A.; DA SILVA PONCE, F.; DA SILVA FERREIRA, F.; ZANUZO, M. R.; LIMA, G. P. P. Selection of thermotolerant Italian tomato cultivars with high fruit yield and nutritional quality for the consumer taste grown under protected cultivation. **Scientia Horticulturae**, 2022, 291: 110559. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110559>.

KARAŞ, E. Effects of emitter spacing and irrigation rate on the yield, quality and energy requirements of drip-irrigated tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). **Applied Ecology and Environmental Research**, 2020, 18.1: 1847-1862. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1801_18471862.

KHAPTE, P. S.; KUMAR, P.; BURMAN, U.; KUMAR, P. Deficit irrigation in tomato: Agronomical and physio-biochemical implications. **Scientia horticulturae**, 2019, 248: 256-264. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.006>.

KUMAR, P. S.; SINGH, Y.; NANGARE, D. D.; BHAGAT, K.; KUMAR, M.; TAWARE, P. B.; MINHAS, P. S. Influence of growth stage specific water stress on the yield, physico-chemical quality and functional characteristics of tomato grown in shallow basaltic soils. **Scientia Horticulturae**, 2015, 197: 261-271. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.054>.

KUSCU, H.; TURHAN, A.; OZMEN, N.; AYDINOL, P.; DEMIR, A. O. Optimizing levels of water and nitrogen applied through drip irrigation for yield, quality, and water productivity of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, 2014, 55.2: 103-114. <https://doi.org/10.1007/s13580-014-0180-9>.

LAHOZ, I.; PÉREZ-DE-CASTRO, A.; VALCÁRCEL, M.; MACUA, J. I.; BELTRAN, J.; ROSELLÓ, S.; CEBOLLA-CORNEJO, J. Effect of water deficit on the agronomical performance and quality of processing tomato. **Scientia Horticulturae**, 2016, 200: 55-65. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.051>.

LI, B.; SHUKLA, M. K.; DU, T. Combined environmental stresses induced by drip irrigation positively affect most solar greenhouse grown tomato fruit quality. **Scientia Horticulturae**, 2021, 288: 110334. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110334>.

LOPES, C. A.; DE ÁVILA, A. C.; CARLOS ALBERTO LOPES, C. N. P. H.; DE ÁVILA, A. C. **Doenças do tomateiro**. 2005.

LU, J.; SHAO, G.; CUI, J.; WANG, X.; KEABETSWE, L. Yield, fruit quality and water use efficiency of tomato for processing under regulated deficit irrigation: A meta-analysis. **Agricultural Water Management**, 2019, 222: 301-312. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.06.008>.

LU, J.; SHAO, G.; GAO, Y.; ZHANG, K.; WEI, Q.; CHENG, J. Effects of water deficit combined with soil texture, soil bulk density and tomato variety on tomato fruit quality: A meta-analysis. **Agricultural Water Management**, 2021, 243: 106427. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.06.008>.

MAHAJAN, G.; SINGH, K. G. Response of greenhouse tomato to irrigation and fertigation. **Agricultural water management**, 2006, 84.1-2: 202-206. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.03.003>.

MATOS, J.K. de. A podridão apical em tomate. **Cerrado**, v.5, n.17, p.20, 1972.

MAZZA, G.; FUKUMOTO, L.; DELAQUIS, P.; GIRARD, B.; EWERT, B. Anthocyanins, phenolics, and color of Cabernet Franc, Merlot, and Pinot Noir wines from British Columbia. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 47, n. 10, p. 4009–4017, 1999. <https://doi.org/10.1021/jf990449f>.

MITCHELL, J. P.; SHENNAN, C.; GRATTAN, S. R.; MAY, D. M. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 1991, 116.2: 215-221. <https://doi.org/10.21273/JASHS.116.2.215>.

MOHAMMED, H. N.; MAHMUD, T. M. M.; PUTERI EDAROYATI, M. W. Deficit Irrigation for Improving the Postharvest Quality of Lowland Tomato Fruits. **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science**, v. 41, n. 2, 2018.

MONTE, J. A.; CARVALHO, D. F. D.; MEDICI, L. O.; DA SILVA, L. D.; PIMENTEL, C. Growth analysis and yield of tomato crop under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2013, 17: 926-931. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000900003>.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, [s. l.], v. 39, n. 10, p. 925–928, 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit.

NANGARE, D. D.; SINGH, Y.; KUMAR, P. S.; MINHAS, P. S. Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation

regulated on phenological basis. **Agricultural Water Management**, 2016, 171: 73-79. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.03.016>.

NEMESKÉRI, E.; HELYES, L. Physiological responses of selected vegetable crop species to water stress. **Agronomy**, 2019, 9.8: 447. <https://doi.org/10.3390/agronomy9080447>.

PATANÈ, C.; COSENTINO, S. L. Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate. **Agricultural water management**, 2010, 97.1: 131-138. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.08.021>.

PEET, M. M. Physiological disorders in tomato fruit development. In: **International Symposium on Tomato in the Tropics** 821. 2008. p. 151-160. 10.17660/ActaHortic.2009.821.16.

POPOVA, M.; BANKOVA, V.; BUTOVSKA, D.; PETKOV, V.; NIKOLOVA-DAMYANOVA, B.; SABATINI, A. G.; MARCAZZAN, G. L.; BOGDANOV, S. Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis. **Phytochemical Analysis**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 235–340, 2004. <https://doi.org/10.1002/pca.777>.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, [s. l.], v. 26, n. 9/10, p. 1231–1237, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa. 1999.

SANTOS, M.G.C.; SILVA, R.S.; NETO, J.R.P.; MARTINS, L.P. Qualidade e conservação de tomate ‘debora’ submetido à aplicação de revestimento à base de quitosana. Artigo apresentado no XXV **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos e X CIGR Section IV International Technical Symposium** – FAURGS – Gramados, RS. 2016.

SILVA JÚNIOR, A. A.; PRANDO, H. F. Cultivares e épocas de semeadura de tomate para o litoral catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, 1989, 9.4: 48-50.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in enzymology**, [s. l.], v. 299, p. 152–178, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1).

SKOLIK, P.; MORAIS, C. L.; MARTIN, F. L.; MCAINSH, M. R Determination of developmental and ripening stages of whole tomato fruit using portable infrared spectroscopy and Chemometrics. **BMC plant biology**, 2019, 19.1: 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1852-5>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2017. 888p.

VIEIRA, S. Bioestatística, tópicos avançados. 2 ed. Ed. **Elsevier**, 2003.

VIJITHA, R.; MAHENDRAN, S. Effect of moisture stress at different growth stages of tomato plant (*Lycopersicon esculentum* Mill.) **on yield and quality of fruits**. 2010.

VILAS BOAS, A. A. de C., PAGE, D., GIOVINAZZO, R., BERTIN, N., & FANCIULLINO, A. L. Combined effects of irrigation regime, genotype, and harvest stage determine tomato fruit quality and aptitude for processing into puree. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1725, 2017. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01725>.

WANG, X.; XING, Y. Effect of irrigation and fertilization on the distribution and fate of nitrogen in greenhouse tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Pakistan Journal of Botany**, 2017, 49.1: 77-83.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. Métodos físico-químicos para análise de alimentos.; versão digital. Brasília, DF: **Ministério da Saúde**, [s. l.], 2008.

CAPÍTULO 2: Eficiência e viabilidade econômica da gestão da água na produção de tomate de mesa

Manuscrito preparado conforme a Revista Comunicata Scientiae

RESUMO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma cultura com custo de produção elevado, podendo ultrapassar 100 mil reais/ha, o que impulsiona a busca por táticas que reduzam os custos; com isso, estratégias têm sido desenvolvidas para torná-lo viável em regiões tropicais e de escassez hídrica. Objetivou-se avaliar o custo e a rentabilidade da gestão de água no cultivo de tomates de mesa sob diferentes cortes de irrigação. O estudo foi realizado utilizando o híbrido de tomate Fascínio e quatro manejos de irrigação (sem corte, 100, 105 e 110 Dias Após a Semeadura - DAS). Foram realizadas quatro colheitas e a somatória das médias foram utilizadas para a estimativa da produção total, comercial e perdas para cada corte de irrigação. Para estimar o custo, calculou-se o custo operacional efetivo e total referente à implantação da cultura e referente cada corte de irrigação utilizado. Como indicadores econômicos, calculou-se a renda bruta (RB), lucro operacional (LO), índice de lucratividade (IL), margem bruta (MB), ponto de nivelamento (KG) e ponto de nivelamento de preço (R\$/kg). O COE e COT foram pouco afetados pelo custo da água para a irrigação, no entanto o tratamento sem corte de irrigação proporcionou maior produção total e comercial, refletindo nos parâmetros de rentabilidade (LO, IL, MB, ponto de nivelamento e ponto de nivelamento de preço). Todos os tratamentos apresentaram parâmetros de

rentabilidade positivos que asseguram a atividade. Os tratamentos sem corte de irrigação e corte de irrigação aos 105 e 110 DAS proporcionaram maiores valores de indicadores de rentabilidade em relação ao corte de irrigação realizado aos 110 DAS.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum lycopersicum*; Análise econômica; Eficiência econômica; Ambiente protegido.

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is a high-cost crop, which can exceed 100,000 reais/ha, which drives the search for tactics that reduce costs; therefore, strategies have been developed to make it viable in tropical and water scarce regions. The objective was to evaluate the cost and profitability of water management in table tomato cultivation under different irrigation cuts. The study was carried out using the Fascínio tomato hybrid and four irrigation managements (no cutting, 100, 105 and 110 days after sowing - DAS). Four harvests were carried out and the sum of the averages was used to estimate the total and commercial production and the losses for each irrigation cut. To estimate the cost, the effective and total operational cost was calculated referring to the implantation of the crop and referring to each irrigation cut used. As economic indicators, gross profit (GP), operating profit (OP), profitability index (PI), gross margin (GM), leveling point (kg) and price leveling point (R\$/kg) were calculated. COE and TOC were little affected by the cost of water for irrigation, but the treatment without cutting irrigation

provided greater total and commercial production, reflecting on the profitability parameters (GP, OP, PI, GM, leveling point and price leveling point). All treatments presented positive profitability parameters that guarantee the activity. The treatments without cutting irrigation and cutting irrigation at 105 and 110 DAS provided higher values of profitability indicators in relation to the cutting of irrigation performed at 110 DAS.

KEYWORDS: *Solanum lycopersicum*; Economic analysis; Economic efficiency; Protected environment.

INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma importante hortaliça cultivada em muitas partes do mundo, contribuindo significativamente para a geração de emprego e renda. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais e ocupa a 10ª posição, com uma área colhida de 55.597 (mil) hectares, uma queda de 22% em dez anos (FAOSTAT, 2021).

O principal fator limitante à produção agrícola em várias regiões do Brasil é a água, afetando as áreas de produção de tomates. Historicamente, as condições climáticas transformaram a irrigação em uma exigência técnica que assumiu dimensões econômicas e sociais incalculáveis ao longo dos anos (ELAME *et al.*, 2016).

A agricultura depende das condições climáticas; dessa forma, a gestão da água torna-se uma exigência técnica e econômica para o desenvolvimento econômico e social. Essa insegurança climática causa

insegurança alimentar global e afeta drasticamente as condições de vida do mundo rural, com repercussões em outras atividades (PARWEEN *et al.*, 2021).

A questão da eficiência e valorização do uso da água é um debate atual. A avaliação da água foi muitas vezes abordada da perspectiva do agricultor, a lucratividade ainda era confundida para o agricultor com a eficiência hídrica. Vários estudos estimam a valoração da água pela margem líquida por metro cúbico (m³) (PARWEEN *et al.*, 2021).

A agricultura é a principal responsável pelo uso dos recursos hídricos no mundo, representando entre 70% e 87% do uso total de água doce. Nesse contexto, torna-se necessária a utilização de ferramentas que gerenciem e disponibilizem o real consumo dos recursos hídricos para a produção de alimentos, visto que a gestão empresarial nem sempre inclui o custo da água no preço dos produtos (Viol *et al.*, 2015).

Visando a otimização da produção de tomate, a análise dos custos de produção levando em consideração a precificação da água permite avaliar as condições econômicas do processo produtivo visando aspectos importantes como a rentabilidade dos recursos empregados e as condições de recuperação desses recursos, o que incentiva a tomada de decisão sobre como melhorar as atividades de produção e alcançar maior satisfação (REIS & GUIMARÃES, 1986).

Dessa forma, objetivou-se avaliar o custo e a rentabilidade da gestão de água no cultivo de tomates de mesa sob diferentes cortes de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), no câmpus de Nova Mutum – MT. O município está situado nas coordenadas: latitude 13°49'44" Sul e a longitude 56°04'56" Oeste, com altitude de 460 metros. O clima da região é classificado do tipo Aw (Köppen), tropical, com chuvas concentradas no verão (outubro a abril) e inverno seco (maio a outubro). A precipitação média anual é de 1900 mm e a temperatura média é de 26 °C (ALVARES *et al.*, 2013). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2013).

O experimento foi conduzido de agosto a dezembro 2021 e utilizou-se dados referentes à produtividade do híbrido de tomate Fascínio (Feltrin®), cultivados sob diferentes cortes de irrigação (sem corte, 100, 105 e 110 dias após a semeadura - DAS).

O cultivo foi realizado em ambiente protegido do tipo arco, com pé-direito de 3 m de altura, 7 m de largura e 21 m de comprimento, com janelas laterais com tela Sombrite® de coloração preta com 50% de sombreamento coberto com filme agrícola de polietileno transparente de 150 µm.

As mudas foram produzidas em bandeja de polipropileno expandido (162 células) preenchida com substrato comercial Vivato®. As mudas permaneceram em viveiro de mudas por 19 dias, quando foi realizado o transplante. A adubação de plantio e cobertura seguiram as recomendações de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999).

O tutoramento foi realizado pela técnica denominado “Florida weave”. Nesta técnica as plantas são conduzidas verticalmente entre fitilhos dispostos

horizontalmente nos dois lados das linhas e elevados à medida que as hastes crescem.

As colheitas iniciaram 112 DAS, estendendo-se até os 133 dias, totalizando quatro colheitas. Os frutos foram colhidos no estágio VI de maturação, vermelho maduro.

A produtividade total e comercial, perdas por distúrbios fisiológicos foram obtidas e extrapoladas para área da estufa (147 m²). Assim como os custos com materiais necessários para a montagem da estrutura, sistema de condução e irrigação. Os valores utilizados para o cálculo dos custos com materiais foram obtidos no comércio local. O preço do kg⁻¹ do tomate (R\$ 4,00 reais por kg⁻¹) foi obtido de acordo com a cotação do CEASA/MT para época de cultivo.

Sabendo que o estado de Mato Grosso não possui cobrança pelos recursos hídricos (ANA, 2018), para a precificação da Pegada Hídrica utilizou-se como base a média dos valores de cobrança pelo uso de Recursos Hídricos de Domínio da União, exercício 2019 – Resolução n. 91, de 26 de novembro de 2018 (ANA, 2018). O valor médio foi de R\$ 0,01795 calculado com base na captação da água bruta das bacias.

A metodologia do cálculo de custo de produção foi a definida por Matsunaga *et al.* (1976) acerca do Custo Operacional Total (COT), seguindo a descrição feita por Martin *et al.* (1998). A estrutura do custo operacional total de produção foi formada pelos seguintes componentes:

a) Custos com Operações Manuais: são todos os custos oriundos do preparo de área, preparo de canteiros, semeadura, montagem do sistema de

irrigação, preparo de covas, transplante das mudas, condução das plantas, adubação das covas, aplicação de inseticidas e colheita expresso em reais (R\$) por homem/dia (HD).

b) Custos com material consumido: são os custos de aquisição: sementes, fertilizantes, inseticidas, fitilhos, substrato.

c) Custo operacional efetivo (COE): constitui o somatório dos insumos e operações manuais.

d) Outros custos operacionais: Corresponde a 5% do COE.

e) Custo operacional total (COT): é o somatório de COE com os custos operacionais, representando o custo que o produtor incorre em curto prazo para produzir e cobrir outras despesas, por hectare e continuar produzindo.

Para a análise econômica da produção de tomates, foram determinados os seguintes indicadores econômicos, conforme descrito por Martin *et al.* (1998).

a) Receita Bruta (RB): é a receita prevista para a atividade em função de um preço de venda pré-determinado (produtividade do tomate em kg x preço de venda do kg pelo produtor);

b) Lucro Operacional (LO): é composto pela diferença entre os valores de receita bruta (RB) e o custo operacional total. (COT) por área de cultivo;

c) Índice de Lucratividade (IL): relação entre LO e a RB, em porcentagem ($IL = (LO/RB) \times 100$) sendo uma medida que demonstra a taxa disponível (%); de receita da atividade após deduzidos os custos operacionais;

d) Margem Bruta (MB): relação entre RB e a COT ($MB = (RB - COT) / COT \times 100$), disponibilidade (%) para cobrir os demais custos fixos;

e) Ponto de Nivelamento (Produção): permite a visualização, com base nos custos de produção do tomate e no preço de venda do produto (PV), quanto produto você precisará produzir para pagar os custos operacionais totais.

(Produção= COT/pv);

f) Ponto de Nivelamento (Preço): determina qual preço mínimo de comercialização do kg de tomate para pagar os custos de produção (Preço=COT/p).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O custo operacional total do cultivo de tomate de mesa com diferentes cortes de irrigação teve pouca influência dos tratamentos aplicados quanto ao custo da água (Tabela 1). Os maiores valor de COE e COT foram obtidos no cultivo sem corte de irrigação. Em que a diferença entre o COT do tratamento sem corte de irrigação foi 0,13%, 0,19% e ,024% maior que o obtido no cultivo com corte de irrigação a 110, 105 e 100 dias respectivamente.

Tabela 1 - Estimativa do custo operacional efetivo (COE) e custo operacional total (COT) do cultivo de tomate em cultivo protegido sob corte de irrigação (m²).

Descrição	Unidade	Quant	Valor unit. (R\$)	Área (147 m ²)
Ambiente protegido*	unid	1	15.998,00	388,63
Sist. de fertirrigação*	unid	1	2.500,00	151,83
Bandejas de mudas	unid	0,17	0,32	0,02
Caixa de água*	unid	1	1.200,00	43,73
Mangueira de gotejo	M	160	0,5	10,60
Vigas madeira (bitola)	unid	16	11,36	22,08
Bambu	unid	24	0,5	1,46
Catraca	unid	16	3	1,17
Arame	M	190	0,95	13,15
Insumos				
Sementes	unid	324,00	0,39	126,36
Substrato	Kg	2,50	75	18,75
P2O5	Kg	24,5	12	294
Ureia plantio	Kg	7,35	8,36	61,44
Cloreto de potássio	Kg	9,8	19,7	193,06
Ureia fert	Kg	46	8,36	384,56
Nitrato de potássio	Kg	17,71	6,12	108,44
Inseticida	G	?	0,53	136,25
Fungicidas	G	?	0,37	102,90

Fertilho	Kg	2	13,05	26,10
Total insumos				2.084,51
Serviços				
Preparo do solo	HD	1	100	100,00
Abertura Sulco	Hm	1	100	100,00
Adubação sulco	HD	1	50	50,00
Transplante mudas	HD	1	50	50,00
Fertirrigação	HD	44	6,25	275,00
Fitilhagem	HD	17	50	850,00
Pulverizações	HD	6	12,5	75,00
Capina	HD	7	100	700,00
Colheita	HD	4	50	200,00
				2.400,00
Valor da água				
sem corte	m³	107,00	5,35	19,21
110 DAS	m³	66,88	5,35	12,00
105 DAS	m³	53,50	5,35	9,60
100 DAS	m³	40,13	5,35	7,20
Total serviços				4.484,51
Total COE (sem corte)				4.503,72
Total COE (110 DAS)				4.496,51
Total OE (105 DAS)				4.494,11
Total COE (100 DAS)				4.491,71

Total COT (Sem corte)	4.727,94
Total COT (110 DAS)	4.721,70
Total COT (105 DAS)	4.718,94
Total COT (100 DAS)	4.716,42

* Vida útil: Ambiente: 15 anos; sistema de irrigação: 10 anos; bandeja plástica: 6 anos;

O valor cobrado pela água, atualmente, é bem baixo, o que fez com que a diferença de COE e COT entre os cortes de irrigação fosse de no máximo R\$ 11,00 (sem corte x corte 100 DAS). No entanto, é importante enfatizar que este custo é referente a 147 m² e quando extrapolado para uma área maior, terá um custo maior. Outro ponto importante a ser levado em consideração é que o preço cobrado atualmente pela água é bastante baixo, no entanto este cenário tende a mudar nas próximas décadas, com a redução dos recursos hídricos (CETESB, 2023).

A cultura do tomateiro é conhecida por apresentar elevado custo de produção, devido à ocorrência de diversas pragas, doenças e exigências nutricionais (NASCIMENTO *et al.*, 2021), infraestrutura, sementes, mão de obra etc. Estima-se que os custos por hectare passam de 100 mil reais o que equivale a R\$ 25,00 a R\$ 30,00 por caixa de 23 kg (HortiBrasil, 2022). Além disso, no período chuvoso, é preciso utilizar ambiente protegido para garantir a qualidade da produção (SEABRA JÚNIOR *et al.*, 2022).

O COT obtido no presente trabalho foi maior que o observado por Nascimento *et al.* (2021), para o cultivo de tomateiro em ambiente protegido que foi de R\$ 1477,35. O que pode ser atribuído a elevação dos preços de

insumos. Dessa forma, para o cultivo de uma mesma área, os custos triplicaram, o que reforça a necessidade de redução de custos na cultura e manejo responsável da água.

A maior produção total foi obtida no tratamento sem corte de irrigação, 8,09 toneladas (Tabela 2). Os tratamentos com corte de irrigação aos 110, 105 e 100 dias produziram 23,74%, 15,78% e 14,47% menos que o tratamento sem corte de irrigação.

Tabela 2: Produtividade total, produtividade comercial, perdas e receita bruta de híbrido de tomate produzido em cultivo protegido sob cortes de irrigação.

Cortes de irrigação	Prod. Total (t)	Prod. Com. (t)	Perdas (kg)	Perdas (R\$)	Receita bruta (R\$)
Sem corte	8.099,58	7.927,36	172,22	688,87	32.398,32
110	6.176,31	5.668,06	508,25	2.033,00	24.705,23
105	6.820,93	6.490,30	330,63	1.322,52	27.283,72
100	6.927,45	6.656,20	271,25	1.084,98	27.709,79

Da mesma forma, a maior produtividade comercial foi obtida sob cultivo sem corte de irrigação (7,92 toneladas). Os tratamentos com corte de irrigação aos 110, 105 e 100 DAS proporcionaram uma redução de produção comercial de 28,5%, 18,12% e 16,03% respectivamente. No entanto, a diferença obtida não pode ser atribuída exclusivamente ao corte de irrigação, tendo em vista que os cortes mais severos 105 e 110 DAS,

proporcionaram menor impacto sobre a produção, que o corte realizado mais tardiamente, 110 DAS.

As perdas obtidas foram maiores no corte de irrigação realizado aos 110 DAS, enfatizando que esse tratamento influenciou negativamente nos aspectos produtivos do tomateiro (Tabela 2). As perdas nesse tratamento ultrapassam meia tonelada, sendo 66,11%, 34,94% e 46,63% maior que o obtido no tratamento sem corte de irrigação, corte aos 105 e 100 DAS. O que refletiu no valor perdido, sendo obtido perdas de R\$ 2.033,00 quando se aplicou o corte aos 110 DAS.

A receita bruta foi afetada pelos cortes de irrigação aplicado, sendo o tratamento sem corte de irrigação capaz de gerar uma receita bruta de R\$ 32.398,32 (Tabela 2). Os tratamentos com corte de irrigação aos 110, 105 e 100 DAS proporcionaram uma redução na RB de 28,5%, 18,12% e 16,03% respectivamente. Sendo o tratamento com corte de irrigação aos 110 DAS o mais prejudicial para a produção, perda e geração de RB.

As perdas no cultivo agrícola podem ser em decorrência de inúmeros fatores relacionados a ocorrência de pragas, condições climáticas, doenças entre outros (PONCE *et al.*, 2022; SECRETARIAT *et al.*, 2021). No entanto, a restrição hídrica pode promover a redução por proporcionar menor enchimento de frutos, abortamento de flores, folhas e frutos em maturação (TAIZ & ZEIGER, 2017). O corte tardio de irrigação pode ter proporcionado maior estresse as plantas devido a condições climáticas do período ou mesmo devido as perdas que podem ter sido em decorrência do desbalanço hídrico ocorrido nos frutos, vindo a ocasionar rachaduras e escaldaduras.

Quanto aos indicadores de rentabilidade, obteve-se o maior lucro operacional no tratamento sem corte de irrigação, sendo os cortes aos 105 e 110 DAS bastante rentáveis (Tabela 3). Devido a menor produção comercial e elevadas perdas, o corte de irrigação realizado aos 110 DAS proporcionou o menor LO, sendo 33,47%, 21,27% e 18,80% menor que o tratamento sem corte de irrigação, com corte aos 105 e 100 DAS, respectivamente.

Tabela 3: Indicadores de rentabilidade do tomate em cultivo protegido sob cortes de irrigação (m²).

Variáveis	Um.	Sem corte	110 DAS	105 DAS	100 DAS
Lucro operacional (LO)	R\$	26.981,51	17.950,53	21.242,26	21.908,39
Índice de lucratividade (IL)	%	85,09	79,17	81,82	82,29
Margem bruta (MB)	%	570,68	380,17	450,15	464,51
Ponto de Nivelamento (COT)	Kg	1.181,99	1.180,42	1.179,73	1.179,10
Ponto de nivelamento em R\$	R\$/kg	0,60	0,83	0,73	0,71

O índice de lucratividade indica quanto a atividade pode ser rentável; dessa forma, pode-se observar que todos os tratamentos utilizados no presente estudo apresentaram elevado IL, acima de 80%. Sendo o tratamento sem corte de irrigação o com maior IL e o tratamento com corte de irrigação aos 110 DAS o que proporcionou menor IL. O IL obtido no presente trabalho foi superior em mais de 30% o obtido por Nascimento *et al.* (2022) trabalhando com tomate em ambiente protegido e campo aberto. Ponce *et al.* (2022),

trabalhando com couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) observou valor de IL acima de 85%, o que demonstra a lucratividade da atividade.

A margem bruta seguiu a tendência observada em todo trabalho, em que o tratamento sem corte de irrigação valores de 570,68%, sendo bastante elevado para a atividade. O tratamento com corte de irrigação aos 110 DAS obteve MB de 380,17%, sendo 190,51% menor que o tratamento sem corte. A margem bruta representa a margem de lucro para o pagamento de eventuais custos que possam surgir, sendo importante para estimar o quanto a atividade pode ser segura.

Os tratamentos com corte de irrigação aos 105 e 100 DAS proporcionaram MB de 450,15 e 464,51%, respectivamente, valores próximos ao obtido pelo tratamento sem corte de irrigação (Tabela 3). Quanto maior a MB, mais segura é a atividade.

O ponto de nivelamento é formado pela quantidade de produto precisará ser vendida para o pagamento do COT. Como os valores de COT foram muito próximos, o ponto de nivelamento acompanhou a diferença entre os tratamentos. Sendo o maior ponto de nivelamento sendo obtido no tratamento sem corte de irrigação e o menor no corte realizado aos 100 DAS, havendo uma diferença entre eles de 2,89 kg (Tabela 3).

O ponto de nivelamento/preço refere-se ao valor mínimo para a comercialização do kg de tomate, para garantir o pagamento do COT em função da produção. Observou-se que o tratamento sem corte de irrigação permite a comercialização do kg de tomate a R\$ 0,61, sendo o menor preço

obtido. Enquanto o tratamento com corte de irrigação aos 110 DAS, foi o que promoveu o maior valor de comercialização, R\$ 83.

O corte de irrigação aos 105 e 100 DAS têm valores mínimos de comercialização de R\$ 0,73 e R\$ 0,71, respectivamente. Valores bastante competitivos, sendo possível uma elevada margem de lucro para o produtor.

O corte de irrigação é um manejo constantemente utilizado para concentrar a maturação de frutos de tomate indústria, além disso, permite a concentração de açúcares e a elevação do brix. O que permite melhor remuneração para os frutos. No tomate mesa, ainda não há remuneração para estes aspectos de qualidade, no entanto seria interessante agregar valor a estes aspectos de qualidade, o que possibilitaria o pagamento de tecnologias ou mesmo do corte de irrigação.

A inserção de tecnologias proporciona garantias de produção no cultivo do tomateiro; todavia, é preciso que os custos sejam agregados ao preço final do produto para garantir a rentabilidade da atividade (Testa *et al.*, 2014). Caso contrário, o produtor incorre no risco de ter custos impossíveis de serem pagos pela produção.

O custo do cultivo do tomateiro em Barcelona – Espanha são representados pela mão de obra (24,7%), ambiente de cultivo (15%), o controle de pragas (12,6%) e o consumo de água de irrigação que representa 9,5%. Isso porque o custo da água da chuva, usada para irrigação é de 8,7€ (m³), muito acima da água tratada que é de 2,5€ (m³) (PEÑA, ROVIRA-VAL & MENDOZA, 2022). No Brasil, o custo da água não é agregado aos demais

custos de produção, o que dificulta uma representação do quanto o valor da água representa para o COT das culturas.

O manejo da irrigação no tomateiro de mesa ainda é uma iniciativa recente; porém, devido à redução dos recursos hídricos nos próximos anos, estudos sobre a aplicação da técnica deverão ser mais encorajados. Principalmente porque a agricultura é a área que mais consome água, sendo necessário reduzir este consumo.

Apesar do corte de irrigação aos 110 DAS ter proporcionado menor produção, o que afetou os demais aspectos econômicos, os cortes de irrigação aplicados aos 105 e 100 DAS, apresentaram resultados bastante promissores, podendo ser um manejo adotado sem grandes prejuízos, principalmente em locais com déficit hídrico.

Todos os cortes de irrigação aplicados foram viáveis economicamente, proporcionando rentabilidade, podendo ser utilizados no cultivo do tomateiro.

CONCLUSÃO

O custo da irrigação teve pouca influência no Custo Operacional Total de produção do tomateiro. No entanto, a maior produção total e comercial foi obtida sem corte de irrigação, o que influenciou nos parâmetros de rentabilidade.

Todos os tratamentos utilizados no presente estudo proporcionaram rentabilidade ao cultivo do tomateiro. Sendo o tratamento sem corte de irrigação o mais rentável. No entanto os cortes aos 105 e 100 DAS apresentam

vantagens produtivas e econômicas, proporcionando menor custo e maior rentabilidade em relação ao corte de irrigação realizado aos 110 DAS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos:** Normativos Legais. ANA. 2018. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaearrecadacao/Cobranca_Legislacao.aspx>. Acesso em: 15 de ago. de 2022.

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. D. M., Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, 22 (6): 711-728. 10.1127/0941-2948/2013/0507

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. (2023). O problema da escassez de água no mundo. Disponível e: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escasez-de-agua-no-mundo/>>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA. 2013. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de solos: Rio de Janeiro, Ed. 3, p. 353.

Elame, F., Lionboui, H., Redouane, C. A. 2016. Water use efficiency and valuation in agriculture in the Souss-Massa. **The Souss-Massa River Basin, Morocco**. 275-283. DOI: 10.1007/698_2016_75

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production quantities of Tomatoes by country. 2021. Disponível em: <<http://www.https://www.fao.org/faostat/es/#compare>>. Acesso em janeiro de 2022.

Martin, N. B. *et al.* 1998. Sistema "CUSTAGRI": sistema integrado de custo agropecuário. *Informações Econômicas*, Piracicaba, 28 (1): 4-7.

Matsunaga, M. 1976. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, 23(1): 23-39.

Nascimento, A. S., da Silva, R. M., Dipple, F. L., Casagrande, J. G., Trento, D. A., Ponce, F. S., Grzebieluckas, C. & Seabra Júnior, S. 2021. Viabilidade agroeconômica do cultivo de híbridos tomateiro de hábito determinado no período de safra e entressafra na região central Matogrossense. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 12(12), 74-83.

<https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.012.0008>

Resolução nº 91, de 26 de novembro de 2018. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/todososdocumentosdoportal/documentossas/arqu>

ivos [cobranca/documentos-relacionados/resolucao-ana-no-91-2018atualizacao-dos-ppus-exercicio-2019.pdf](https://www.cobranca/documentos-relacionados/resolucao-ana-no-91-2018atualizacao-dos-ppus-exercicio-2019.pdf)>. Acesso em: 24 de Nov. de 2022.

Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T. G., Alvarez, V. H. 1999. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa.

Parween, F., Kumari, P., Singh, A. 2021. Irrigation water pricing policies and water resources management. *Water Policy*, 23.1: 130-141. <https://doi.org/10.2166/wp.2020.147>

Peña, A., Rovira-Val, M. R., & Mendoza, J. M. F. 2022. Manuel F. Life cycle cost analysis of tomato production in innovative urban agriculture systems. *Journal of Cleaner Production*, 367: 133037. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133037>

Ponce, F. da S., Trento, D. A., de Lima Toledo, C. A., Antunes, D. T., Zanuzo, M. R., Dallacort, R., Oliveira, R. C. & Seabra, S. 2021. Low tunnels with shading meshes: An alternative for the management of insect pests in kale cultivation. *Scientia Horticulturae*, 288, 110284. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110284>

Reis, A. J. dos., Guimarães, J. M. P. 1986. Custo de produção na agricultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 12, (143): 15-22.

Secretariat, I. P. P. C., Gullino, M. L., Albajes, R., Al-Jboory, I., Angelotti, F., Chakraborty, S., ... & Stephenson, T. (2021). Scientific review of the impact of climate change on plant pests. FAO on behalf of the IPPC Secretariat.

Testa, R., di Trapani, A. M., Sgroi, F., & Tudisca, S. 2014. Economic sustainability of Italian greenhouse cherry tomato. *Sustainability*, 6 (11): 7967-7981.
<https://doi.org/10.3390/su6117967>

Viol, M. A., Carvalho, J. A., Lima, E. C., Rezende, F. C., Dourado, A. L. 2015. Economic analysis of tomato production irrigated in protected environment¹. In: 2015 ASABE Annual International Meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers, p. 1.