



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**RESPOSTAS DA CULTURA DO TOMATE PARA PROCESSAMENTO
INDUSTRIAL A FATORES AMBIENTAIS E IRRIGAÇÃO**

FÁBIO MIGUEL KNAPP

Orientador:
Prof. Dr. José Alves Junior
Coorientador:
Prof. Dr. Rafael Battisti

Goiânia - GO

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☐ Dissertação ☒ Tese ☐ Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Fábio Miguel Knapp

3. Título do trabalho

RESPOSTAS DA CULTURA DO TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL A
FATORES AMBIENTAIS E IRRIGAÇÃO

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Fabio Miguel Knapp, Discente**, em 13/03/2023, às 10:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Alves Júnior, Professor do Magistério Superior**, em 13/03/2023, às 10:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3590335** e o código CRC **BAD5FD73**.

Referência: Processo nº 23070.008998/2023-67

SEI nº 3590335

FÁBIO MIGUEL KNAPP

**RESPOSTAS DA CULTURA DO TOMATE PARA PROCESSAMENTO
INDUSTRIAL A FATORES AMBIENTAIS E IRRIGAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Área de concentração: Solo e água.

Orientador:

Prof. Dr. José Alves Junior

Coorientador:

Prof. Dr. Rafael Battisti

Goiânia, GO - Brasil
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Knapp, Fábio Miguel
RESPOSTAS DA CULTURA DO TOMATE PARA
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL A FATORES AMBIENTAIS E
IRRIGAÇÃO [manuscrito] / Fábio Miguel Knapp. - 2023.
89 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. José Alves Júnior; co-orientador Dr. Rafael
Battisti.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia,
2023.

Bibliografia. Anexos.

Inclui fotografias, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Solanum lycopersicum. 2. Sistema de irrigação. 3. Graus - dia. 4.
Fases fenológicas. I. Alves Júnior, José, orient. II. Título.

CDU 631/635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

ATA DE DEFESA DE TESE

Ata Nº PPGA/008/2023 da sessão de Defesa de Tese de **Fábio Miguel Knapp** que confere o título de Doutor em Agronomia, na área de concentração em Solo e Água.

Aos dezesseis dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e três, a partir das nove horas, por meio de videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada “RESPOSTAS DA CULTURA DO TOMATE INDUSTRIAL A FATORES AMBIENTAIS”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor José Alves Júnior (EA/UFG) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Coorientador, Professor Rafael Battisti (EA/UFG); Professora Jordana Moura Caetano (UnB), membro titular externo; Doutor Ricardo de Souza Bezerra (Cargill), membro titular externo, Professor Adão Wagner Pêgo Evangelista (EA/UFG), membro titular interno e Professor Derblai Casaroli (EA/UFG), membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca **fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor José Alves Júnior, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos dezesseis dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e três.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

RESPOSTAS DA CULTURA DO TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL A
FATORES AMBIENTAIS E IRRIGAÇÃO



Documento assinado eletronicamente por **José Alves Júnior, Professor do Magistério Superior**, em 16/02/2023, às 18:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Battisti, Professor do Magistério Superior**, em 16/02/2023, às 19:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Derblai Casaroli, Professor do Magistério Superior**, em 17/02/2023, às 08:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adão Wagner Pêgo Evangelista, Professor do Magistério Superior**, em 17/02/2023, às 14:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **RICARDO DE SOUSA BEZERRA, Usuário Externo**, em 07/03/2023, às 12:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JORDANA MOURA CAETANO, Usuário Externo**, em 08/03/2023, às 11:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3535388** e o código CRC **85E96B79**.

Referência: Processo nº 23070.008998/2023-67

SEI nº 3535388

DEDICATÓRIA

A Deus pelo dom da vida, aos meus pais José Dionísio Knapp e Elisa Teresinha Lunkes Knapp, meus irmãos Márcio, Tiago e Denise que sempre me apoiaram e incentivaram, dedico-lhes este trabalho.

AGRADECIMENTO

A Deus pela existência, por ter me proporcionado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais José Dionísio Knapp e Elisa Teresinha Lunkes Knapp, meus irmãos e demais familiares, pelo apoio incondicional, confiança e pelos valiosos conselhos.

Aos Professores José Alves Júnior e Rafael Battisti, pelas orientações e confiança depositada em mim, pelos conselhos, apoio, ensinamentos e principalmente pela grande amizade. Muito obrigado!

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela possibilidade da realização desse trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior. Pelo auxílio financeiro através da concessão da bolsa de Doutorado.

Aos amigos Ayramanna Carlos da Silva, Rafael Battisti, Fernando Resende Costa, Thaynara Garcia, Fillipe de Paula Almeida e Carlos Cesar Silva Jardim, pela amizade e ajuda no desenvolvimento das atividades.

À todas as pessoas que contribuíram, direta e indiretamente, para a realização deste sonho.

SUMARIO

LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE FIGURAS	12
RESUMO GERAL	13
GENERAL ABSTRACT	14
1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 ORIGEM E DISSEMINAÇÃO	17
2.2 PROPRIEDADES DO TOMATE	17
2.3 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO TOMATE	18
2.4 EXIGÊNCIAS DA CULTURA	18
2.4.1 Clima	19
2.4.2 Solo	19
2.4.3 Manejos da cultura	20
2.5 IRRIGAÇÃO DO TOMATE	21
2.5.1. Principais métodos de irrigação para o tomateiro	22
2.5.2 Cálculo da irrigação	22
2.5.3 Manejo da irrigação	23
3 SOMA TÉRMICA ACUMULADA NOS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	24
3.1 INTRODUÇÃO	25
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.4 CONCLUSÃO	38
3.5 REFERÊNCIAS	39
4 COMPARAÇÃO DO CRESCIMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVIDADE DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL E GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL	44
4.1 INTRODUÇÃO	45
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	46
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.4 CONCLUSÃO	58
4.5 REFERÊNCIAS	58
5 FATORES AMBIENTAIS RESPONSÁVEIS PELO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL NO CERRADO GOIANO	62

5.1 INTRODUÇÃO.....	63
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	65
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
5.4 CONCLUSÃO.....	73
5.5 REFERÊNCIAS	75
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
7 REFERÊNCIAS.....	79
ANEXOS.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 duração em dias dos estádios de desenvolvimento (I: plantio ao pegamento; II: pegamento ao florescimento; III: Florescimento ao início da maturação; IV: Maturação a colheita) de 12 híbridos de tomateiro para indústria, e somatório térmico acumulado (GDA), em Abadia de Goiás-GO (plantio dia 31/03/2020, 1 ^a . Época).....	33
Tabela 3.2 Duração, em dias, dos estádios de desenvolvimento (I: plantio ao pegamento; II: pegamento ao florescimento; III: Florescimento ao início da maturação; IV: Maturação a colheita) e produtividade de 12 híbridos de tomateiro para indústria, em dias soma térmica acumulada (GDA), em Abadia de Goiás-GO (plantio dia 26/05/2020, 2 ^a . Época).....	34
Tabela 3.3 Médias de duração dos estádios de desenvolvimento (fase I: plantio ao pegamento; fase II: pegamento ao florescimento; fase III: Florescimento ao início da maturação; fase IVa: início da Maturação até 50% da maturação dos frutos; fase IVb: maturação de 50% dos frutos até a colheita) de 12 híbridos de tomateiro para indústria, em dias soma térmica acumulada (GDA) em duas épocas de plantio, em Abadia de Goiás-GO.	36
Tabela 3.4. Médias de duração do número de ramos, altura de planta, número de frutos, massa seca de caule (MSCaule), massa seca de ramos (MSRamos), massa seca de folhas (MSfolha), e produtividade, em duas épocas de plantio, em Abadia de Goiás-GO.	37
Tabela 4.1. Análise de variância para acúmulo de massa seca de frutos (MS_{Fruto}), acúmulo de massa seca total (MS_{Total}), acúmulo de massa seca de folhas (MS_{Folha}), acúmulo de massa seca de folhas senescentes ($MS_{\text{Folhasen.}}$), e índice de área foliar (IAF).....	53
Tabela 4.2. Coeficientes a e b do modelo logístico e parâmetro X_0 (ponto de máximo acúmulo de massa seca) das análises de regressão entre acúmulo de massa seca e soma térmica acumulada durante o ciclo da cultura.	54
Tabela 4.3. Análise de variância para número de frutos (NF) massa fresca de frutos por planta (MFF), massa fresca de fruto (MF) e Produtividade (PD), de tomate do tipo indústria sob dois sistemas de irrigação.	57
Tabela 4.4. Média de massa fresca de frutos por planta (MFF), Massa fresca de frutos (MF) e Produtividade (PD).	58
Tabela 5.1. Características físicas médias do solo até 50 cm de profundidade, em Hidrolândia, Itaberaí, Palmeiras de Goiás, Piracanjuba e Silvânia.	66
Tabela 5.2. Correlação de Pearson entre os caracteres morfológicos e as variáveis meteorológicas, para o tomateiro do tipo indústria no cerrado goiano.	71
Tabela 5.3. Cargas canônicas para os caracteres determinantes da produtividade do tomate indústria no cerrado goiano.	72
Tabela 5.4. Modelos de regressão para os caracteres morfológicos altura de planta, número de ramos e índice de área folha, determinantes da produtividade do tomate tipo indústria no cerrado goiano.....	73

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1** Detalhe da área experimental (3.120 m², 65,0 m x 48,0 m), com destaque para os 4 blocos (faixas) com 12 parcelas experimentais cada (12 híbridos). Cada parcela, formada por 3 linhas duplas de plantio de 10 m, espaçadas 0,6 m x 1,2 m, com plantas a cada 0,37 m, totalizando 27 plantas por linha e 162 plantas por parcela. Considerando a primeira e a última planta em cada linha bordadura, são 150 plantas úteis por parcela. Deixou-se um faixa de 2 m entre blocos, para facilitar as avaliações e para instalação do sistema de irrigação (aspersores 12 m x 12 m). Foto aérea em Abadia de Goiás em 14/05/2020 (46 DAT) (1^a. Etapa)..... 28
- Figura 3.2.** Irradiância Solar diária (Rad), temperatura máxima (T_{máx}), temperatura média (T_{méd}) e temperatura mínima (T_{mín}), temperatura basal inferior (T_b), temperatura basal superior (T_B), Precipitação/irrigação e evapotranspiração diária para a primeira época de cultivo de 31 de março a 6 de agosto de 2020 (A, C) e segunda época de 26 de maio a 22 de setembro de 2020 (B, D), Abadia de Goiás - GO, 2020. 31
- Figura 4.1.** (A) Temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), (B) irradiância solar global diária (MJ m⁻² dia⁻¹), durante o ciclo da cultura em dias após o transplântio (DAT)..... 50
- Figura 4.2.** Distribuição da irrigação durante o ciclo da cultura do tomate para processamento industrial para o sistema de irrigação por aspersão via pivô central (A) e gotejamento subsuperficial (B) em Itaberaí -GO, 2020..... 51
- Figura 4.3.** Disponibilidade de água no solo ao longo do ciclo da cultura nas profundidades de 10 cm (A) 30 cm (B) e 50 cm (C) para o manejo de irrigação em pivô central e gotejo subsuperficial..... 52
- Figura 4.4.** Duração do período de molhamento foliar do pegamento a colheita de tomate do tipo indústria, sob dois sistemas de irrigação, Itaberaí-GO, 202..... 53
- Figura 4.5.** Curva de acúmulo de massa seca ajustada pelo modelo logístico para massa seca acumulada de frutos sob irrigação de pivô central (A), massa seca acumulada de frutos sob irrigação de gotejo subsuperficial (B), e massa seca acumulada total da planta nos dois sistemas (C) 56
- Figura 4.6.** Curva de crescimento e decréscimo pelo modelo logístico para crescimento do índice de área foliar em pivô central (A), crescimento do índice de área foliar em gotejamento (B), decréscimo do índice de área foliar em pivô central (C) decréscimo do índice de área foliar em sistema de gotejamento (D). 56
- Figura 5.1.** Normais climatológicas para o estado de Goiás, com evapotranspiração (mm) e radiação solar (MJ m⁻²) acumulada mensal (A); precipitação pluviométrica acumulada (mm) e temperaturas médias, máxima e mínima (°C) (B). 66
- Figura 5.2.** Temperatura média do ar e disponibilidade hídrica (precipitação e irrigação), durante o ciclo da cultura, em dias após o transplântio (DAT), em Hidrolândia (A), Itaberaí (B), Palmeiras de Goiás (C), Piracanjuba (D) e Silvânia (E). 69
- Figura 5.3.** Radiação solar e soma térmica acumulada durante o ciclo da cultura, em dias após o transplântio (DAT), em Hidrolândia (A), Itaberaí (B), Palmeiras de Goiás (C), Piracanjuba (D) e Silvânia (E). 70

KNAPP, F. M. **Respostas da cultura do tomate para processamento industrial a fatores ambientais e irrigação** 2022. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.

RESUMO GERAL

A cultura do tomate para processamento industrial está fortemente condicionada as condições ambientais. Desta forma, este trabalho teve como objetivo determinar a variável meteorológica com maior influência e contribuição no crescimento e a soma térmica acumulada em cada fase de desenvolvimento de diferentes híbridos, além de avaliar as respostas do tomateiro em dois sistemas de irrigação: aspersão por pivô central e localizada por gotejo subsuperficial. Para isso foram montados experimentos em Abadia de Goiás, Hidrolândia, Itaberaí, Palmeiras de Goiás, Piracanjuba e Silvânia durante a safra de 2020, foram realizadas coletas quinzenais de plantas para aferição biométrica de número de folhas, área folha, número de ramos, número de frutas e estatura de planta, bem como a coleta das variáveis meteorológicas de cada local com auxílio de estação meteorológica, para determinar a variável com maior interferência no crescimento e desenvolvimento da cultura foi utilizado correlação canônica e regressão multivariada de Stepwise, além de separação de medias por Scott-knott. A principal variável que afetou o crescimento da cultura foi disponibilidade hídrica. O suprimento de água que foi responsável por 86,2% da altura de plantas e 79,6% do índice de área foliar. Por outro lado, a temperatura média do ar, radiação solar e soma térmica acumulada mostraram baixa influência no crescimento da cultura. O tomate para processamento industrial respondeu ao acumulado de graus dias, sendo a média de graus dias acumulado na primeira época e segunda época de 1.394 e 1.364 graus dias, respectivamente, e seu ciclo médio de 124 e 116 dias do transplantio até a maturação. Os sistemas de irrigação não mostraram economia na quantidade de água utilizada na cultura durante o ciclo, porém o sistema de irrigação por gotejo subsuperficial proporcionou menor período de duração de molhamento foliar, melhorando a sanidade de plantas, retardando a senescência e abscisão foliar e proporcionou maior produtividade e aumento na eficiência do uso da água neste sistema.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; sistema de irrigação; graus - dia; fases fenológicas.

KNAPP, F. M. **Tomato crop responses for industrial processing to environmental factors and irrigation**. 2022. 90 f. Thesis (PhD. in Agronomy:: Soil and Water)) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.

GENERAL ABSTRACT

The tomato crop for industry is strongly conditioned by environmental conditions. In this way, this work aimed to determine the meteorological variable with the greatest influence and contribution to growth and the thermal sum accumulated in each stage of development of different hybrids, in addition to evaluating the responses of tomato plants in two irrigation systems: central pivot sprinkler and located by subsurface drip. For this, experiments were set up in Abadia de Goiás, Hidrolândia, Itaberaí, Palmeiras de Goiás, Piracanjuba and Silvânia during the 2020 harvest, fortnightly collections of plants were carried out for biometric measurement of number of leaves, leaf area, number of branches, number of fruit and plant height, as well as the collection of meteorological variables from each location with the aid of an automatic meteorological station, to determine the variable with the greatest interference in the growth and development of the crop, canonical correlation and multivariate Stepwise regression were used, in addition to separation of averages by Scott-knott. The main variable that affected crop growth was water availability. The water supply was responsible for 86.2% of the plant height and 79.6% of the leaf area index. On the other hand, the average air temperature, solar radiation and accumulated thermal sum showed little influence on crop growth. The industrial tomato responded to the accumulated degree days, with the average degree days accumulated in the first and second seasons of 1,394 and 1,364 degree days, respectively, and its average cycle of 124 and 116 days from transplanting to maturation. The irrigation systems did not show savings in the amount of water used in the crop during the cycle, but the subsurface drip irrigation system provided a shorter period of leaf wetness, improving plant health, delaying senescence and leaf abscission and providing greater productivity and increase in water use efficiency in this system.

Key words: *Solanum lycopersicum*; irrigation system; degrees day; phenological stages.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é a segunda hortaliça mais cultivada no mundo, atrás somente da batateira (*Solanum tuberosum* L.), (Carvalho et al., 2014; Rocco & Morabito, 2016). O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de tomate, em torno de 4 milhões de toneladas anuais (Faostat, 2019; Ibge, 2022); desses, 30% são destinadas para o processamento (Treichel et al., 2016), porém, os estoques baixos de polpa nas processadoras, impulsiona para um aumento de área cultivada em 8% para o ano de 2022, já o tomate para mesa estima-se uma redução em até 9% em área cultivada (Braga et al., 2021). A cadeia da tomaticultura para processamento possui grande relevância socioeconômica no cenário nacional. O Estado de Goiás é o maior produtor brasileiro, sendo responsável por 37% da produção total de tomate no ano de 2021 (Ibge, 2022) e mais de 60% do tomate para processamento industrial no Brasil (Treichel et al., 2016). Para o ano 2022 a participação do estado de Goiás na produção de tomates foi ainda mais relevante devido à diminuição da área cultivada em outros estados devido ao aumento do custo de produção e competitividade com áreas de grãos (Braga et al., 2021; Ibge 2022).

Os processos fisiológicos da planta estão diretamente relacionados à disponibilidade de água no sistema solo-água-planta-atmosfera. As inter-relações entre esses fatores são fundamentais para o planejamento e manejo de sistemas de irrigação para atingir a máxima produtividade e qualidade do produto (Trani & Carrijo, 2004; Floss, 2011). Além de suprir as necessidades hídricas do tomateiro, a água também proporciona a solubilização e a disponibilização dos nutrientes do solo (Maurielli et al., 2011).

No Brasil, a irrigação de tomate para processamento industrial é feita principalmente por aspersão, com a aspersão por pivô central representando 90% da área irrigada e a irrigação localizada por gotejamento apenas 10% (Koetz et al., 2010). No estado de Goiás, quase toda a produção de tomate para processamento industrial é realizada utilizando-se pivô central (Marouelli et al., 2012).

A irrigação por gotejo subsuperficial apesar de ter poucos adeptos no Brasil, ele iniciou-se na Califórnia - Estados Unidos, na década de 60, como uma forma de aumentar o rendimento das culturas, proporcionar economia da água e aumentar a eficiência no uso da mesma (Taylor & Zilberman, 2017).

Atualmente, a irrigação por gotejamento está se difundindo não só pela economia de água, mas pelo aumento da produtividade que está atrelada ao sistema, que permite realizar fertirrigações mais eficientes, evitando volatilização e diminuir os custos com insumos, além de minimizar o risco de doenças pela menor exposição do dossel da planta a umidade e molhamento foliar (Ayars et al., 2015). Como 100% da tomaticultura é irrigada, todas as recomendações de manejo da irrigação via monitoramento atmosférico são baseadas em coeficientes de cultura que variam em função dos diferentes estádios fenológicos da cultura. Entretanto, dado a dificuldade de se definir o momento exato em que estes estágios ocorrem, é comum se definir um número de dias para cada fase, independente da data de transplântio das mudas em campo, da região, e do híbrido cultivado, o que ocasiona muitos erros no manejo da irrigação e causa vários problemas ao sistema produtivo, como: estresse hídrico, seja pelo excesso ou déficit de água no solo, gasto excessivo de água e energia, lixiviação de nutrientes, desequilíbrio nutricional, aumento da vulnerabilidade fitossanitária das plantas, aumento de custos e redução da produtividade e qualidade da produção.

A simulação da produtividade a partir de modelos de culturas são uma forma aproximada de representar um sistema agrícola, sendo o crescimento e desenvolvimento estimados a partir de variáveis climáticas, do solo e de manejos da cultura, sendo os resultados úteis para a tomada de decisões visando a diminuição de perdas de produtividade (Sentelhas & Battisti, 2015).

Para a cultura do tomate para processamento industrial há grande carência de informações que auxiliam o produtor no planejamento de qual híbrido cultivar nas diferentes épocas do ano na busca de maior produtividade e qualidade da produção e para diminuir o risco de perdas de produtividade e economia de recursos. Por fim, pretendeu-se também com este estudo averiguar a resposta de diferentes híbridos de tomateiro em função de suas exigências climáticas, visando a eficiência do uso dos recursos hídricos em diferentes épocas de transplântio e locais de cultivo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORIGEM E DISSEMINAÇÃO

O tomate é uma dicotiledônea pertencente à ordem Tubiflorae, família Solanaceae, gênero *Lycopersicum*, cuja espécie domesticada e amplamente cultivada é *Lycopersicon esculentum* tendo como centro de origem a região andina, desde o Equador, passando pela Colômbia, Peru, Bolívia, até o norte do Chile, sendo utilizado antes do século XVI pelos povos locais, levado para a Europa pelos espanhóis no século XVI, seu consumo difundiu-se apenas depois do século XIX.

No Brasil o cultivo do tomateiro se concentra na região centro oeste e sudeste do país, sendo o estado de Goiás o maior produtor de tomate nacional, com 30,7% da produção nacional, seguido por São Paulo e Minas Gerais com, respectivamente, 22% e 13,5% da produção total de tomate (Ibge, 2022).

O principal fator da concentração da produção na região do cerrado, são as condições climáticas desta região, associado as exigências da cultura, que não tolera grandes quantidades de precipitação pluviométrica devido a grande incidência de doenças (Silva et al., 2007)

2.2 PROPRIEDADES DO TOMATE

O tomate possui baixo valor calórico, rico em vitaminas A, B e C, sacarose, frutose, lipídios, proteínas e minerais como fósforo, cálcio, potássio e magnésio (Alvarenga, 2013), sendo ainda rico em licopeno que traz muitos benefícios para a saúde humana, auxiliando no combate dos radicais livres e no combate do envelhecimento precoce, auxiliando ainda na proteção do sistema cardiovascular e proteção contra alguns tipos de câncer (Luterotti *et al.*, 2015).

O desenvolvimento vegetativo do tomateiro pode ser caracterizado pelo hábito de crescimento, determinado ou indeterminado. O tipo indeterminado possui crescimento ilimitado, prevalecente nos cultivares para a produção de frutos para mesa, são tutorados e podados. O hábito determinado é característico das cultivares adaptadas para cultivo rasteiro, plantado especialmente para o processamento industrial (Filgueira, 2013).

2.3 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO TOMATE

O tomateiro (*solanum lycopersicum*) é uma olerícola, sendo uma das mais cultivadas no mundo estando presente diariamente na alimentação da população brasileira tendo desta forma grande importância socioeconômica (Schwarz *et al.*, 2013).

Atualmente, a região com maior produção de tomate no mundo é a Ásia com mais de 111 milhões de toneladas produzidas representando mais de 62% da produção mundial sendo que as Américas região do centro de origem da cultura possuem apenas 13,4% da produção mundial (Faostat, 2022).

A produção mundial de tomate é concentrada em apenas dez países, no qual a produção é assim dividida, China com 59,5 milhões de toneladas (32,6%), Índia com 20,7 milhões de toneladas (11,4%), Turquia com 12,7 milhões de toneladas (7%), Estados Unidos da América com 10,9 milhões de toneladas (6%), Egito com 7,2 milhões de toneladas (4%), Irã com 6,1 milhões de toneladas (3,4%), Itália com 6 milhões de toneladas (3,3%) Espanha com 5,1 milhões de toneladas (2,8%), México com 4,3 milhões de toneladas (2,3%) e Brasil com 4,2 milhões de toneladas (2,3%). Juntos produziram 75,1% do total mundial da cultura na safra de 2020 (Faostat, 2022)

Entretanto, quando nos referimos produção de tomate para processamento industrial esse cenário modifica, sendo o Brasil (1,45 milhões de toneladas) o quinto maior produtor mundial, ficando atrás apenas dos EUA (11,43 milhões de toneladas), Itália (5,18 milhões de toneladas), Espanha (2,95 milhões de toneladas) e Turquia (2,1 milhões de toneladas) (Treichel *et al.*, 2016).

No Brasil, a produção de tomate ocupa uma área de, aproximadamente, 52,2 mil hectares, que se concentram nos estados de Goiás, São Paulo, e Minas Gerais, com uma produção e produtividade nacional de aproximadamente 3.8 milhões de toneladas e 72 toneladas por hectare, respectivamente para a safra de 2020 (Ibge, 2022).

A produção goiana no ano de 2020 foi de 1,1 milhões de toneladas com uma área de cultivo de 11,4 mil hectares, sendo considerado a segunda unidade da federação em área no cultivo de tomate com uma produtividade de 96 toneladas por hectares e o maior produtor nacional de tomate para processamento industrial do país (Ibge, 2022).

2.4 EXIGÊNCIAS DA CULTURA

2.4.1 Clima

A produção de tomate está fortemente condicionada ao ambiente, podendo variar seu ciclo de 100 a 130 dias, em função de características genotípicas e de condições meteorológicas locais (Rocco e Morabito, 2016). Desta forma, o conhecimento prévio do comportamento das variáveis meteorológicas pode determinar o melhor período para implantação da cultura e ganho de produtividade (Nunes e Leal, 2001).

A cultura do tomate é bastante exigente quanto as condições ambientais sendo que para o seu melhor desenvolvimento requer temperatura média do ar de 21 °C, e seu desenvolvimento é prejudicado sob temperaturas inferiores a 10 °C e superior a 34 °C (Silva et al., 2007; Palaretti et al., 2012; Alvarenga, 2013).

Quanto as condições hídricas o tomateiro é uma cultura muito exigente em água, porém o excesso de chuvas e a alta umidade relativa do ar pode prejudicar a produtividade do mesmo, por favorecer o aparecimento de doenças exigindo um maior aporte de produtos fitossanitários, (Silva *et al.*, 2007).

2.4.2 Solo

O tomateiro é exigente nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, para tanto deve se evitar solos com históricos de encharcamento, solos com histórico de fitopatógenos, com problemas de toxidez por alumínio ou salinidade, pouco profundos e com compactação subsuperficial (Silva *et al.*, 2007).

A compactação do solo é um dos principais fatores limitantes do crescimento de plantas e por consequência da produtividade agrícola (Beutler & Centurion, 2003). O tomateiro a compactação de solo é um dos principais problemas enfrentados pelos agricultores, por interferir no crescimento radicular e consequente na absorção de água e nutrientes em maiores profundidades exigindo diminuição de período entre irrigações para manter a umidade do solo adequada para a absorção de água pela planta, aumentando o custo de energia, água e defensivos agrícolas (Silva et al., 2007).

A determinação da umidade do solo expressa, de forma quantitativa, o conteúdo de água que este apresenta, em um dado momento, e está, diretamente, relacionada com a maioria dos processos de permuta de água dentro do sistema solo-planta-atmosfera, portanto, o conhecimento dessa característica do solo pode melhorar a conscientização do agricultor sobre as condições críticas do estado da água da cultura e

aumentar sua capacidade de caracterizar seu comportamento no campo, pois determina a disponibilidade de água para vegetação (Rallo & Provenzano, 2017; Huber et al., 2011).

O acompanhamento da umidade do solo é de suma importância para o correto manejo de irrigação, pois é capaz de determinar o momento e quantidade adequada de água a ser aplicada na zona do sistema radicular da cultura até atingir a capacidade de campo do solo (Gava et al., 2016; Souza et al., 2016). O manejo de irrigação via solo inclui dois componentes principais: a umidade do solo superficial (mantida nos 10 cm superiores do solo) e a umidade do solo da região da raiz (dependente da cultura). A umidade do solo de superfície é uma componente chave para endereçar as trocas de energia e água na interface superfície terrestre/atmosfera (Hassan-Esfahani et al., 2015).

2.4.3 Manejos da cultura

O transplântio do tomate para processamento industrial é realizado mecanicamente por meio de plantadeiras automatizadas em sistema de plantio direto, facilitando o controle de plantas daninhas por meio da manutenção de cobertura do solo por meio de palhada de cobertura (Hirata *et al.*, 2009).

O cultivo do tomateiro tipo indústria, no Brasil concentra-se basicamente na região do cerrado, sendo o estado de Goiás o maior produtor, por possuir um clima favorável para o desenvolvimento da cultura que é um período com baixa nebulosidade e baixa precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, pois a cultura do tomate é muito sensível a doenças principalmente fungicas. Desta maneira para melhorar o manejo da cultura a mesma é cultivada no período seco, sendo a demanda hídrica suprida quase que exclusivamente por meio de irrigação com o intuito de diminuir a incidência de doenças fungicas e programar da melhor forma a aplicação de defensivos agrícolas (Silva et al., 2007).

No estado de Goiás, o plantio de tomate para processamento industrial é realizado entre os meses de fevereiro a junho e a sua colheita ocorre de julho a outubro. Os primeiros plantios de fevereiro e março são restringidos pela alta umidade relativa do ar, que provoca o aparecimento de problemas fitossanitários. Já os plantios tardios, que ocorrem em junho e julho, recebem chuvas durante o período de maturação, o que reduz a qualidade dos frutos e aumenta a dificuldade de colheita mecanizada (Giordano & Silva, 2000).

Os plantios de fevereiro a março resultam em um ciclo de em torno de 15 dias maior em comparação aos plantios de junho a julho. Isso ocorre pelas menores temperaturas durante junho e julho, prolongando o final do ciclo (Silva et al., 2007). Dessa forma, em plantios de segunda época os produtores devem optar por híbridos com maior requerimento de acúmulo térmico para alongar relativamente o ciclo, aumentando a estatura de planta e índice de área foliar, minimizando as perdas de produtividade. Devido essas interações entre ambiente, data de plantio e híbrido, estratégias de manejo diferentes devem ser utilizadas para maximizar o uso de recursos.

Como as chuvas diminuem a partir de março em Goiás, a cultura do tomate recebe irrigação, principalmente por pivô central, durante todo o ciclo ou, pelo menos, em parte dele. Para o manejo desta irrigação, pode ser utilizado o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) e os coeficiente de cultivo (K_c) sugeridos pela FAO e Embrapa (Allen, et al., 1998; Silva et al., 2007).

2.5 IRRIGAÇÃO DO TOMATE

A utilização da irrigação tem contribuído para o aumento da produtividade agrícola no Brasil, em lugares onde o regime pluviômetro é irregular e há elevada taxa de evapotranspiração; a reposição de água ao solo por meio da irrigação na região do Centro-Oeste constitui um fator essencial e muito importante para o aumento de produtividade e diminuição de riscos de perda de produção, ainda mais na cultura do tomateiro que dependente totalmente da irrigação para o suprimento hídrico (Soares et al., 2013; Marouelli et al., 2012).

O tomateiro é uma das culturas com maior exigência de água durante o ciclo de desenvolvimento, pois, os processos fisiológicos da planta, estão diretamente relacionados disponibilidade de água no sistema solo-água-planta-atmosfera, desta forma as inter-relações entre esses fatores são fundamentais para o planejamento e manejo de sistemas de irrigação para atingir a máxima produtividade e qualidade do produto (Trani & Carrijo, 2004). Além de suprir as necessidades hídricas do tomateiro, a água também proporciona a solubilização e a disponibilização dos nutrientes do solo (Maurielli et al., 2011).

2.5.1. Principais métodos de irrigação para o tomateiro

No Brasil a irrigação de tomate para processamento industrial é feita principalmente por aspersão, posto que a aspersão por pivô central representa 90% da área irrigada e a irrigação localizada por gotejamento 10% (Koetz et al., 2010). No estado de Goiás quase toda a produção de tomate para processamento industrial é realizada utilizando-se pivô central (Marouelli et al., 2012).

Assim, a irrigação por aspersão pode proporcionar a sobrevivência e a dispersão de vários patógenos, principalmente fúngicas e bacterianas, em razão da água ser aplicada sobre a parte aérea das plantas (Maurielli et al., 2011). Todavia pode reduzir a população de ácaros e de insetos-pragas, tais como a traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* e alguns insetos vetores de viroses, devido ao impacto das gotas na remoção de ovos, larvas e pupas (Lopes et al., 2006).

Já a irrigação por gotejo subsuperficial iniciou-se na Califórnia na década de 60, do século passado, como uma forma de aumentar o rendimento das culturas e proporcionar economia da água e aumentar a eficiência no uso da mesma (Taylor & Zilberman, 2017). Atualmente, essa tecnologia está se difundindo não pela economia de água, mas pelo aumento da produtividade que está atrelada ao sistema, que permite realizar fertirrigação mais eficientes, evitando volatilização e diminuindo assim os custos com insumos além de diminuir o risco de doenças pela menor exposição do dossel da planta a umidade e molhamento foliar (Ayars et al., 2015), porém esse sistema é menos difundido em comparação a maior complexidade da manutenção do sistema e maior custo de instalação.

2.5.2 Cálculo da irrigação

As lâminas de irrigação para a cultura do tomateiro devem ser calculadas a partir da evapotranspiração de referência, e pelos coeficientes de cultura (K_c) referentes a cada estágio de desenvolvimento da cultura (Alves Júnior et al., 2019). Os valores de coeficientes de cultura (K_c), são divulgados pela FAO (Allen et al., 1998) e pela Embrapa (Marouelli et al., 2012), no qual este último é específico para as condições edafoclimáticas para o estado de Goiás.

Os coeficientes de cultura (K_c) recomendados por Marouelli et al. (2012) para a fase I (plantio ao pegamento), é de 0,9, K_c de 0,65 a 1,1 na fase II (pegamento ao

florescimento), Kc de 1,1 na fase III (florescimento a maturação), Kc de 1,1 a 0,35 na fase IVa (início da maturação do primeiro fruto até 50% de maturação de frutos), e Kc de 0,35 na fase IVb (maturação de 50% dos frutos até a colheita).

2.5.3 Manejo da irrigação

O manejo otimizado de irrigação requer uma estimativa sistemática da umidade no solo para determinar as quantidades apropriadas à planta e o tempo de irrigação para fornecê-la. O conteúdo de água do solo deve ser mantido entre certos limites superior e inferior específicos, em que a água disponível para a planta não é limitada, enquanto a lixiviação é prevenida, sendo a reposição de água ao solo por irrigação, na quantidade e no momento oportuno, decisiva para o sucesso da horticultura (Marouelli et al., 2007). A umidade ideal para a cultura do tomate varia entre 40-80% (Alvarenga, 2013).

O manejo impróprio da irrigação do tomate para processamento industrial, quando irrigado em excesso, resulta em menor eficiência do uso de água pelas plantas e reduz a produtividade, além de acarretar o surgimento de doenças assim como o déficit de água durante o estágio de maturação favorece o aumento do conteúdo de sólidos solúveis em frutos de tomate para processamento industrial (Alvarenga, 2013; Koetz, 2010).

Porém atualmente o manejo de irrigação na cultura do tomate, ainda é realizado de maneira empírica, no qual produtores irrigam em excesso ou em déficit em algumas fases específicas do desenvolvimento da cultura (Alves Junior et al., 2021), podendo este ser um dos motivos pela baixa produtividade média apresentadas nas lavouras (Bonissoni, 2019).

3 SOMA TÉRMICA ACUMULADA NOS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo quantificar a soma térmica de cada um dos estádios de desenvolvimento da cultura para diferentes híbridos e épocas de cultivo. Para isso 12 híbridos foram avaliados, incluindo H-1301, BS-P0033, CVR-8161, HM-7885, CVR-6116, HM-7883, H-1536, CVR-2909, TPX-26856, CVR-8126, CTI-35 e N-901, em experimento localizado em Abadia de Goiás, plantado em 31/03/2020 e 26/05/2020. Como resultados obteve-se, em média, 1.394 e 1.364 graus dias acumulados em 124,6 e 116,1 dias de ciclo, na primeira e segunda época de plantio, respectivamente. Na primeira época observou-se diferença no somatório de graus dias entre os híbridos na fase final de maturação e no ciclo total, em que os híbridos BS-P0033, CVR-8161, HM-7885, HM-7883, CVR-2909 e TPX-26856 acumularam de 81,29 a 112,88 graus dias em 6 a 9,3 dias para completar a maturação, enquanto os demais híbridos acumularam de 122,85 a 148,11 graus dias em 10,3 a 13 dias. Os híbridos BS-P0033, CVR-8161, HM-7885 e HM-7883 tiveram menor duração de ciclo total, que variou de 1334,21 a 1379,98 graus dias em 119 a 123 dias, enquanto os demais híbridos tiveram uma variação de 1391,45 a 1437,05 graus dias em 124,3 a 129 dias. Os estádios de pegamento, vegetativo e início da maturação até 50% de frutos maduros, mostraram variação de soma térmica e duração da fase, em função da época de plantio. Para a primeira época, a duração do estágio vegetativo médio foi maior em 21,7%, acumulando 34,1% a mais de graus dias, em relação a segunda época, proporcionando maior altura de plantas (43,8% maior) e maior produtividade (19,8% maior).

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; tomaticultura; graus dia; temperatura; cerrado.

ABSTRACT

The tomato crop for industry is strongly conditioned by environmental conditions. Thus, knowing the thermal sum accumulated at each stage of development is essential for the efficient management of irrigation and fertilization according to the phenological

stages. This work aimed to quantify the duration of each of the crop development stages for different hybrids and growing seasons. For this, 12 hybrids were evaluated, including H-1301, BS-P0033, CVR-8161, HM-7885, CVR-6116, HM-7883, H-1536, CVR-2909, TPX-26856, CVR-8126, CTI- 35 and N-901, in an experiment located in Abadia de Goiás, Brazil, planted on 03/31/2020 and 05/26/2020. As a result, on average, 1,394 and 1,364 degree days were obtained in 124.6 and 116.1 days of cycle, in the first and second planting season, respectively. In the first season, there was a difference in the sum of degree days between the hybrids in the final stage of maturation and in the total cycle, in which the hybrids BS-P0033, CVR-8161, HM-7885, HM-7883, CVR-2909 and TPX-26856 accumulated from 81.29 to 112.88 degree days in 6 to 9.3 days to complete maturation, while the other hybrids accumulated from 122.85 to 148.11 degree days in 10.3 to 13 days. The hybrids BS-P0033, CVR-8161, HM-7885 and HM-7883 had a shorter total cycle duration that varied from 1,334.21 to 1,379.98 degree days in 119 to 123 days, while the other hybrids had a variation of 1,391.45 to 1,437.05 degree days in 124.3 to 129 days. The stages of setting, vegetative and beginning of maturation up to 50% of ripe fruits, showed variation in the thermal sum and duration of the phase, depending on the planting season. For the first season, the duration of the average vegetative stage was 21.7% longer, accumulating 34.1% more degree days, compared to the second season, providing greater plant height (43.8% greater) and greater productivity (19.8% higher).

Key words: *Solanum lycopersicum*; tomato cultivation; degrees day; temperature; brazilian savana.

3.1 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é uma das olerícolas mais cultivadas no mundo. Está presente diariamente na alimentação da população mundial e possui grande relevância socioeconômica (Schwarz et al., 2013). No Brasil, o cultivo do tomate para processamento industrial se concentra na região Centro-oeste e Sudeste do país. O estado de Goiás é o maior produtor, com uma área estimada em 10 mil hectares (IBGE, 2019).

Para otimizar o cultivo do tomateiro, deve-se levar em consideração fatores genéticos (híbridos), épocas de plantio e de manejo (adubação e irrigação) que afetam e condicionam a sua produtividade (Silva et al., 2020). Quanto a escolha do material

genético, deve ser considerada principalmente a duração de ciclo, o teor de concentração de sólidos solúveis, coloração e acidez dos frutos, além de resistência a doenças e pragas (Silva et al., 2006). A produção de tomate também está fortemente condicionada ao ambiente, podendo variar seu ciclo em dias, em função de características genotípicas e de condições meteorológicas locais (Rocco & Morabito, 2016), principalmente devido as variações da temperatura do ar. A temperatura do ar tem um papel fundamental no crescimento e desenvolvimento do tomateiro, alterando a fenologia da cultura (Pathak & Stoddard, 2018), afetando a taxa de crescimento, a duração do ciclo e a produtividade da cultura (Floss, 2011).

No estado de Goiás, o plantio de tomate para processamento industrial é realizado entre os meses de fevereiro a junho e a sua colheita ocorre de julho a outubro. Os primeiros plantios de fevereiro e março são restringidos pela alta umidade relativa do ar, que provoca o aparecimento de problemas fitossanitários. Já os plantios tardios, que ocorrem em junho e julho, recebem chuvas durante o período de maturação, o que reduz a qualidade dos frutos e aumenta a dificuldade de colheita mecanizada (Giordano & Silva, 2000).

Os plantios de fevereiro a março resultam em um ciclo de em torno de 15 dias maior em comparação aos plantios de junho a julho. Isso ocorre pelas menores temperaturas durante junho e julho, prolongando o final do ciclo (Silva et al., 2006). Dessa forma, em plantios de segunda época os produtores devem optar por híbridos com maior requerimento de acúmulo térmico para alongar relativamente o ciclo, aumentando a estatura de planta e índice de área foliar, minimizando as perdas de produtividade. Devido essas interações entre ambiente, data de plantio e híbrido, estratégias de manejo diferentes devem ser utilizadas para maximizar o uso de recursos.

Como as chuvas diminuem a partir de março em Goiás, a cultura do tomate recebe irrigação, principalmente por pivô central, durante todo o ciclo ou, pelo menos, em parte dele. Para o manejo desta irrigação, pode ser utilizado o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) e os coeficiente de cultivo (K_c) sugeridos pela FAO e Embrapa (Allen, et al., 1998; Silva et al., 2006). Os valores de K_c variam de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura, porém, operacionalmente existe uma dificuldade em determinar a mudança exata do estágio de desenvolvimento, o qual varia entre as épocas de plantio e do híbrido, principalmente em função da temperatura do ar, e por consequência ocasionando erros na utilização do K_c que comumente segue uma duração

em dias prefixada (Pathak e Stoddard, 2018), acarretando erros no manejo da irrigação na cultura (Alves Jr. et al., 2021).

Diante do exposto, e da escassez de estudos sobre esse tema, este trabalho teve por objetivo determinar a soma térmica e a duração de cada fase de desenvolvimento de 12 híbridos de tomate para processamento industrial em duas épocas de plantio e apontar as principais causas de variação.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na estação experimental da Cargill em Abadia de Goiás – GO (49,4° O e 16,8° S, 887 m). O clima predominante é o tropical, caracterizado por inverno seco e verão chuvoso com temperatura média anual de 23,1 °C e precipitação média anual de 1.414 mm, classificado segundo Köppen como Aw (Alvares et al., 2013).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2006). A análise do solo antes do plantio, na camada de 0,0 a 0,4 m, apresentou as seguintes características químicas: pH (CaCl₂) = 5,9; MO = 24,0 g dm⁻³; P (Mehlich) = 3,05 mg dm⁻³; Al = 0,0 mmolc dm⁻³; H+Al = 2,55 cmolc dm⁻³; K = 88,1 mg dm⁻³; Ca = 2,7 cmolc dm⁻³; Mg = 0,7 cmolc dm⁻³; CTC = 5,52 cmolc dm⁻³; V(%) = 53,66%; e as seguintes características físicas: Areia = 55%; Silte = 9,5% e Argila = 35,5% (textura Franco-argilo-arenosa); com retenção de água estimada em 1,5 mm cm⁻¹ calculado por função de pedotransferência (Oliveira et al. 2002).

Para correção da fertilidade do solo foram distribuídos, a lanço, 5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico para elevar a saturação de bases para 70%, e, em seguida, realizado uma subsolagem até 0,5 m de profundidade. Três meses depois, foram realizados duas gradagens no solo, uma de aração e outra de nivelamento. Para o plantio, foi realizado a sulcagem da área a 0,15 m de profundidade, em linhas duplas espaçadas de 0,60 x 1,20 m, com plantas a cada 0,37 m. As mudas foram transplantadas no dia 31/03/2020 para o plantio de 1ª época e no dia 26/05/2020 para plantio de 2ª época. As mudas apresentavam 45 dias de viveiro, incluindo 12 híbridos de tomate para processamento industrial: H-1301, BS-P0033, CVR-8161, HM-7885, CVR-6116, HM-7883, H-1536, CVR-2909, TPX-26856, CVR-8126, CTI-35 e N-901.

Para a adubação de base no plantio foi realizada a aplicação de 273 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio a lanço, 1.000 kg ha⁻¹ de MAP granulado e 58 kg de sulfato de zinco no sulco de plantio. A adubação de cobertura foi realizada via fertirrigação, com 31 kg

ha⁻¹ de MAP, 353 kg ha⁻¹ de Nitrato de Amônio, 419 kg de cloreto de potássio, 242 kg de Sulfato de Amônio, 210 kg ha⁻¹ de Sulfato de Magnésio e 22 kg ha⁻¹ de Ácido Bórico. Além da adubação, os controles de plantas daninhas e manejo fitossanitário foram realizados de acordo com o recomendado para cultura, seguindo o protocolo proposto pelo departamento agrícola da Cargill.

O ensaio foi instalado em um arranjo experimental em blocos ao acaso, em duas épocas, com 12 híbridos e quatro repetições, totalizando 96 parcelas experimentais. Cada parcela, formada por 3 linhas duplas de plantio de 10 m, espaçadas 0,6 m x 1,2 m, com plantas a cada 0,37 m, totalizando 27 plantas por linha e 162 plantas por parcela. Um total de 150 plantas foram consideradas como úteis por parcela, sendo a primeira e a última planta em cada linha consideradas como bordadura. Uma faixa de 2 m entre blocos foi utilizada como bordadura para deslocamento na área a para instalação do sistema de irrigação (Figura 3.1).

Figura 3.1 Detalhe da área experimental (3.120 m², 65,0 m x 48,0 m), com destaque para os 4 blocos (faixas) com 12 parcelas experimentais cada (12 híbridos). Cada parcela, formada por 3 linhas duplas de plantio de 10 m, espaçadas 0,6 m x 1,2 m, com plantas a cada 0,37 m, totalizando 27 plantas por linha e 162 plantas por parcela. Considerando a primeira e a última planta em cada linha bordadura, são 150 plantas úteis por parcela. Deixou-se um faixa de 2 m entre blocos, para facilitar as avaliações e para instalação do

sistema de irrigação (aspersores 12 m x 12 m). Foto aérea em Abadia de Goiás em 14/05/2020 (46 DAT) (1ª. Etapa)



O sistema de irrigação por aspersão convencional foi instalado na área com aspersores de impacto (Implebrás / IM35 / 4,0 x 2,5 mm / 35 mca / 1,7 m³ h⁻¹ / 11,8 mm h⁻¹, 80% de eficiência) espaçados 12 x 12 m, entre aspersores na linha lateral de irrigação, e entre linhas laterais, respectivamente.

Para irrigação foram aplicadas lâminas de 15 mm antes (dia anterior) e 5 mm dia¹ imediatamente após o transplântio até o pegamento. Nos 5 primeiros dias do ciclo, as irrigações foram realizadas diariamente e, a partir daí, quando o esgotamento de água do solo se aproximava de 40% do armazenamento. Para o cálculo de armazenamento de água no solo, considerou-se 1,5 mm cm⁻¹, e profundidade efetiva das raízes a 0,1, 0,2 e 0,3 m, para as fases I, II e III/IV, respectivamente.

O manejo da irrigação foi realizado repondo a evapotranspiração da cultura, obtida pelo produto das evapotranspirações de referência obtida por Penman-Monteith (Allen et al., 1998). Estimada a partir dos dados de uma estação meteorológica automática da Metos que monitorava a radiação solar, a velocidade do vento, a temperatura e umidade relativa do ar, instalada a 50 m da área de plantio. Os coeficientes de cultura (Kc) utilizados foram os recomendados por Marouelli et al. (2012) e Marouelli e Silva (2002), com Kc de 0,9 na fase I (plantio ao pegamento), Kc de 0,65 a 1,1 na fase II (pegamento ao florescimento), Kc de 1,1 na fase III (florescimento a maturação), Kc de 1,1 a 0,35 na

fase IVa (início da maturação do primeiro fruto até 50% de maturação de frutos), e Kc de 0,35 na fase IVb (maturação de 50% dos frutos até a colheita) (Anexo 1).

Para o monitoramento da fenologia, 10 plantas foram selecionadas e identificadas aleatoriamente em cada parcela experimental e avaliadas diariamente. As fases incluíram: fase I (plantio ao pegamento) - o pegamento foi considerado quando uma nova folha foi emitida e atingiu 4 cm de comprimento; fase II (pegamento ao florescimento) - o florescimento foi considerado quando mais de 50% das plantas tinham flores em antese; fase III (fase reprodutiva ao início da maturação) - o início da maturação foi considerado quando foi observado o primeiro fruto com mudança de coloração; fase IV foi dividida em fase IVa (início da maturação até 50% dos frutos maduros) e fase IVb (de 50% dos frutos maduros a 90% dos frutos maduros).

A soma térmica diária foi determinada considerando a temperatura basal inferior (Tb), de 10 °C e a temperatura basal superior (TB) de 34 °C, valor utilizado por Pivetta et al. (2007) e Palaretti et al. (2012), sendo os Graus Dia (GD_i), obtidos pelas seguintes equações (Ometto, 1981):

Para dias em que $TB > T_{Max} > T_{min} > T_b$:

$$GD_i = (T_{Max} + T_{min}) / 2 - T_b$$

Quando $TB > T_{Max} > T_b > T_{min}$:

$$GD_i = \frac{(T_{Max} - T_b)^2}{2(T_{Max} - T_{min})}$$

Quando $T_b > T_{Max}$:

$$GD_i = 0$$

Quando $T_{Max} > TB > T_{min} > T_b$:

$$GD_i = \frac{2 \cdot (T_{Max} - T_{min}) \cdot (T_{min} - T_b) + (T_{Max} - T_{min})^2 - (T_{Max} - TB)}{2 \cdot (T_{Max} - T_{min})}$$

Quando $T_{Max} > TB > T_b > T_{min}$:

$$GD_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{(T_{Max} - T_b)^2 - (T_{Max} - TB)^2}{(T_{Max} - T_{min})}$$

em que: GD_i é a soma de graus-dia do dia em °C, T_{Max} e T_{min} representam a temperatura máxima e mínima do dia, respectivamente, em °C, T_b e TB representam as temperaturas basal inferior e superior respectivamente em °C.

Ao final do ciclo foi realizada a colheita dos frutos para análise da produtividade, com a contabilização do número de frutos por planta, de ramos por planta e da altura de

planta (haste principal). Os frutos, ramos, haste principal e folhas remanescentes foram acondicionados em sacos de papel e secados em a estufa de secagem a 60°C até adquirir massa constantes para determinação de produtividade e biomassa seca de planta.

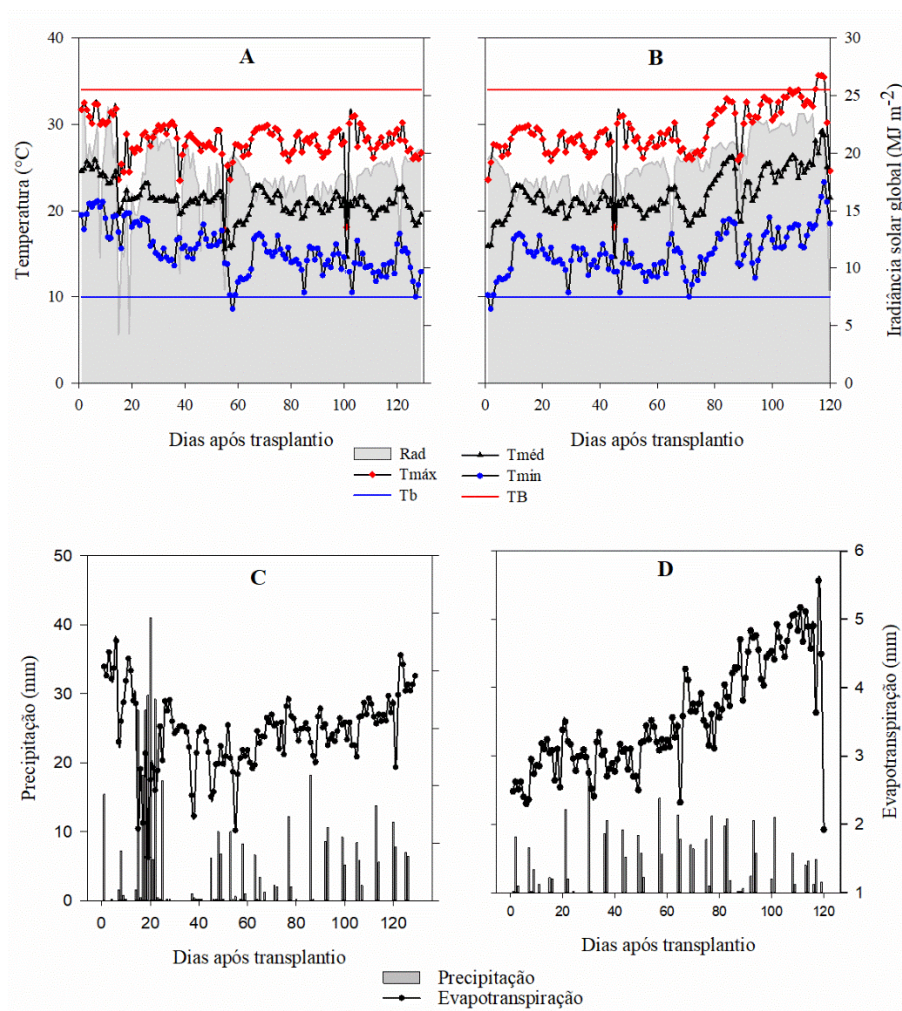
Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F de forma individual e conjunta, ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo programa GENES, e quando significativas, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Scott e Knott, a um nível de 5% de probabilidade de erro (CRUZ, 2013).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a primeira época de plantio, a temperatura média do ar foi de 21,07 °C durante o ciclo do tomateiro, variando de 8,60 a 32,50 °C (Figura 3.2A). A irradiância solar global acumulada foi de 2.292 MJ m⁻² ciclo⁻¹ (Figura 3.2A), precipitação pluviométrica acumulada de 211,8 mm ciclo⁻¹, ocorrendo na primeira semana após o plantio, enquanto a irrigação foi de 209,6 mm ciclo⁻¹, e a ETo média foi de 2,94 mm dia⁻¹. Para a segunda época de cultivo foi constatado uma temperatura média do ar de 21,84 °C variando de 8,06 a 35,70 °C, a irradiância solar global acumulada foi de 2283 MJ m⁻² (Figura 3.2B), precipitação pluviométrica acumulada de 0 mm e a irrigação foi de 258,2 mm, e a ETo média foi de 3,55 mm dia⁻¹.

Figura 3.2. Irradiância Solar diária (Rad), temperatura máxima do ar (T_{máx}), temperatura média do ar (T_{méd}) e temperatura mínima do ar (T_{mín}), temperatura basal inferior (T_b), temperatura basal superior (T_B), Precipitação/irrigação e evapotranspiração diária para a primeira época de

cultivo de 31 de março a 6 de agosto de 2020 (A, C) e segunda época de 26 de maio a 22 de setembro de 2020 (B, D), Abadia de Goiás - GO, 2020.



Para o plantio de primeira época, na fase I, não houve diferença estatística entre os híbridos (Anexo 2), obtendo um acúmulo médio de 108,1 graus dias, variando de 91 a 120,2 graus dias, e duração média de 7,2 dias variando de 6 a 8 dias (Tabela 3.2), corroborando com Marouelli & Silva, (2002), que encontraram uma duração média de 7 dias para a fase de pegamento, variando de 6 a 9 dias. Na fase II não foi constatado diferença entre os híbridos, com uma média de 381,4 graus dias acumulados pelos 12 híbridos dentro da fase, variando de 347 a 450,9 graus dias, totalizando uma média de 32 dias, com uma variação de 29 a 38 dias na duração (Tabela 3.2). A duração deste estágio foi superior em torno de 6 a 11 dias ao encontrado por Marouelli & Silva (2002), que obtiveram uma variação de 23 a 27 dias na duração da fase vegetativa, porém para híbridos diferentes aos deste estudo.

Durante o estágio reprodutivo, a fase III, os híbridos tiveram uma média de 530,7 graus dias acumulados, variando de 438,7 a 576 graus dias, sendo sua duração média em

dias de 49,8, variando entre 41 e 54 dias (Tabela 3.1). Marouelli e Silva (2002) encontraram uma variação de 50 a 60 dias na duração da fase vegetativa de híbridos de tomate para processamento industrial. Na fase IVa, o acumulado térmico para os 12 híbridos foi de 259,6 graus dias em média, variando de 205,8 a 330,6 graus dias, totalizando uma média de 26,2 dias, com uma variação de 21 a 33 dias dentro da fase (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 duração em dias dos estádios de desenvolvimento (I: plantio ao pegamento; II: pegamento ao florescimento; III: Florescimento ao início da maturação; IV: Maturação a colheita) de 12 híbridos de tomateiro para indústria, e somatório térmico acumulado (GDA), em Abadia de Goiás-GO (plantio dia 31/03/2020, 1ª. Época).

Híbrido	Fase I		Fase II		Fase III		Fase IVa		Fase IVb		Ciclo total		Prod. (t ha ⁻¹)
	ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias	
H-1301	106	7	380	32	496	47	135	29	123 b	10 b	1391 b	124 b	135 b
BS-P33	113	8	404	34	531	50	147	24	81 a	6, a	1365 a	122 a	147 a
CVR-8161	106	7	367	30	534	50	160	27	106 a	9 a	1380 a	123 a	160 a
HM-7885	113	8	360	30	546	51	190	26	86 a	7 a	1365 a	122 a	190 a
CVR-6116	106	7	372	31	528	50	140	27	137 b	12 b	1410 b	126 b	140 b
HM-7883	98	7	369	31	509	48	150	27	88 a	7 a	1334 a	119 a	150 a
H-1536	105	7	406	34	528	50	116	25	147 b	13 b	1430 b	128 b	116 c
CVR-2909	105	7	388	33	534	50	173	27	113 a	9 a	1405 b	126 b	173 a
TPX-26856	113	8	386	33	523	49	157	2	104 a	8 a	1393 b	125 b	157 a
CVR-8126	106	7	385	32	530	50	163	27	130 b	11 b	1419 b	127 b	163 a
CTI-35	106	7	381	32	561	53	109	25	148 b	13 b	1437 b	129 b	109 c
N-901	120	8	378	32	549	52	139	25	119 b	10 b	1408 b	126 b	139 b
Média	108	7,2	381	32	531	50	260	26	115	9	1394,9	124,6	148
Máximo	120	8,0	451	38	576	54	330	33	199	18	1446,8	130,0	228
Mínimo	91	6,0	348	29	439	41	206	21	58	4	1321,9	118,0	87
Desvio pad,	14,4	1,0	23,6	2,2	34,4	3,3	30,8	2,9	36,9	3,7	37,6	3,8	27,18
CV (%)	13,3	13,8	6,2	6,7	6,5	6,6	11,8	11,2	32,0	39,3	2,7	3,0	12,99

ST = acumulado térmico da fase

Dias = Dias da fase

Fase 1 = Plantio ao pegamento (quando uma nova folha foi emitida e atingiu 4 cm de comprimento);

Fase 2 = Pegamento até início do período reprodutivo (mais de 50% das plantas com uma flor em antese)

Fase 3 = Reprodutivo ao início da maturação (primeiro fruto com mudança de coloração)

Fase 4a = Início da maturação até 50% dos frutos maduros

Fase 4b = De 50% dos frutos maduros a 90% dos frutos maduros

Os híbridos BS-P33, CVR-8161, HM-7885, HM-7883, obtiveram os menores valores de acúmulo térmico diferenciando estatisticamente dos demais híbridos, que variaram, em média, entre 1.365,14 e 1.379,98 graus dias, representando de 121,5 a 123 dias para a conclusão do ciclo. Por outro lado, os maiores valores de acúmulo térmico foram para os híbridos: H-1301, CVR-6116, H1536, CVR-2909, TPX-26856, CVR-8126, CTI-35 e N-90, com 1.391,4 a 1.437,0 graus dias, representando uma variação de 124,3 a 129 dias de ciclo. As menores produtividades foram obtidas nos híbridos CTI-35 e H-1536, as intermediárias com os híbridos H-1301 e CRV-6116 e N-901 e as maiores com os híbridos: HM-7885, CVR-2909, CVR-8126, TPX-26856, HM-7883, BS-P33. Com a exceção do híbrido TPX-26856 e CRV-8126, os híbridos de maior produtividade foram também os menores valores de acúmulo térmico.

Para os plantios de segunda época não houve diferença significativa na duração dos estádios de desenvolvimento entre os híbridos (Anexo 3). A duração média da fase I foi de 73,9 graus dias, totalizando 7,7 dias (Tabela 3.2). A fase II teve um acumulado térmico médio de 284,4 graus dias e 26,3 dias. A fase III teve uma duração de 552,3 graus dias 50,5 dias a fase IVa teve um acumulado de 322 graus dias e 23,4 dias, a fase IVb teve uma duração de média de 130,5 graus dias e 8,2 dias totalizando um total na duração do ciclo da cultura de 1364,7 graus dias, variando de 1311,5 a 1398,7 graus dias e uma duração total do ciclo de 116,1 dias com variação de 113 a 118 dias (Tabela 3.2). Corroborando com Marouelli e Silva (2002), que encontraram valores referentes próximos a duração da fase em dias para diferentes híbridos de tomate para processamento industrial.

Na segunda época de plantio a média de produtividade foi de 123,73 t ha⁻¹ (Tabela 3.2), valores acima da média de produtividade nacional que é de 71,9 t ha⁻¹ (FAO, 2017). A cultivar com maior produtividade na segunda época de plantio foi CVR-8161 com uma produtividade de 140,56 t ha⁻¹ não diferenciado da produtividade dos híbridos BS-P33, HM-7885, HM-7883, TPX-26856, CVR-2909 e CVR-8126. O híbrido com menor produtividade foi o CTI-35 com 106,91 toneladas por hectares (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 Duração, em dias, dos estádios de desenvolvimento (I: plantio ao pegamento; II: pegamento ao florescimento; III: Florescimento ao início da maturação; IV: Maturação a colheita) e produtividade de 12 híbridos de tomateiro para

indústria, em dias soma térmica acumulada (GDA), em Abadia de Goiás-GO (plantio dia 26/05/2020, 2ª. Época).

Híbrido	Fase I		Fase II		Fase III		Fase IVa		Fase IVb		Ciclo total		Prod. (t ha ⁻¹)
	ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias	
H-1301	71	8	275	25	543	50	347	25	107	7	1343	115	117 b
BS-P33	66	7	293	27	561	51	300	22	115	8	1335	114	127 a
CVR-8161	77	8	284	26	551	50	353	26	119	7	1385	117	141 a
HM-7885	84	9	263	25	539	50	292	22	146	10	1335	115	137 a
CVR-6116	76	8	286	26	55	51	316	23	135	9	1371	117	115 b
HM-7883	77	8	292	27	528	49	338	25	127	8	1363	116	136 a
H-1536	7	8	299	28	537	49	339	25	120	8	1371	117	108 b
CVR-2909	66	7	293	27	546	50	331	24	149	9	1385	117	125 a
TPX-26856	66	7	280	26	574	52	300	22	151	10	1371	117	129 a
CVR-8126	84	9	270	25	536	50	361	26	134	8	1385	117	131 a
CTI-35	66	7	304	28	573	52	308	22	134	8	1385	117	107 b
N-901	79	8	275	26	582	53	285	21	129	8	1349	115	112 b
Média	74	8	284	26,3	552	51	323	23	131	8	1365	11	124
Máximo	101	10	314	29,0	613	55	421	30	210	13	1399	118	154
Mínimo	56	6	219	21,0	441	42	238	18	60	4	1312	113	76
Des. Pad,	15,1	1,4	23,5	2,1	44,2	3,3	45,2	3,0	32,5	1,9	31,1	1,7	18,59
CV (%)	23,2	19,6	8,0	7,9	8,5	6,8	14,1	13,0	26,0	24,8	2,0	1,3	12,45

ST = acumulado térmico da fase

Dias = Dias da fase

Fase 1 = Plantio ao pagamento (quando uma nova folha foi emitida e atingiu 4 cm de comprimento);

Fase 2 = Pagamento até início do período reprodutivo (mais de 50% das plantas com uma flor em antese)

Fase 3 = Reprodutivo ao início da maturação (primeiro fruto com mudança de coloração)

Fase 4a = Início da maturação até 50% dos frutos maduros

Fase 4b = De 50% dos frutos maduros a 90% dos frutos maduros

Analisando as épocas constatou-se diferença significativa na duração das fases entre as épocas de cultivo para as fases I, II e IVa e para o ciclo total da cultura (Anexo 4). Na fase I o acumulado térmico médio foi de 108,1 e 73,9 graus dias para os 12 híbridos na primeira e segunda época de cultivo respectivamente (Tabela 3.3). Durante o plantio ao pagamento de mudas da primeira época foi constatado uma temperatura média entorno de 7 °C mais elevada do que no plantio da segunda época, 25,15 °C e 18°C respectivamente (Figura 3.1), ficando esta temperatura do ar 3 °C acima do ideal para o desenvolvimento das mudas nos primeiros dias de campo, afetando desenvolvimento e crescimento das plantas nos primeiros dias após o transplante (Ayenan et al., 2019).

Tabela 3.3 Médias de duração dos estádios de desenvolvimento (fase I: plantio ao pegamento; fase II: pegamento ao florescimento; fase III: Florescimento ao início da maturação; fase IVa: início da Maturação até 50% da maturação dos frutos; fase IVb: maturação de 50% dos frutos até a colheita) de 12 híbridos de tomateiro para indústria, em dias soma térmica acumulada (GDA) em duas épocas de plantio, em Abadia de Goiás-GO.

Épocas	Fase I		Fase II		Fase III	
	ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias
1	108 a	7	381 a	32 a	531	50
2	74 b	8	284 b	26 b	552	51

Épocas	Fase IVa		Fase IVb		Ciclo total	
	ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias
1	260 b	26	115	10	1395	125 a
2	323a	23	131	8	1365	116 b

ST = acumulado térmico da fase

Na primeira época de cultivo entre o plantio e pegamento das mudas de tomate para processamento industrial houve temperatura do ar mais elevada e consequentemente um acúmulo térmico diário mais elevado, associado ao estresse inicial devido ao transplante teve como resultado o aumento de acúmulo de graus dias para a emissão de uma nova folha, e troca de estágio de desenvolvimento da cultura, corroborando com Andriolo et al. (2003). Ao qual o estresse ambiental provocado pela mudança de temperatura e radiação solar afeta o estágio inicial de desenvolvimento da cultura até sua aclimação e prolongando o estágio de pegamento da cultura.

Para a fase II o somatório térmico da primeira época foi de 381,4 graus dias equivalente a 32 dias, e para a segunda época foi de 284,4 graus dias, e 26,3 dias de duração, havendo assim diferença significativa entre as épocas (Tabela 3.3). Representando um aumento de 34,1 e 21,7% em somatório de graus dias e dias do ciclo respectivamente.

Esse aumento do ciclo é consequência da radiação solar durante a primeira época de plantio, no qual houve precipitações pluviométricas no início da fase II, e uma redução da radiação solar em alguns dias, associado a uma temperatura média menor nessa fase (Figura 3.2), provocando assim o aumento do ciclo da cultura de acordo com Lopes & Lima (2015). Com o aumento da fase vegetativa (Fase II) em acúmulo de graus dias e consequentemente maior número de dias de ciclo, na primeira época de cultivo (Figura 3.2 e Tabela 3.3). Houve um maior crescimento vegetativo de plantas com aumento de

44,1% na altura de plantas, aumento de 13,5% no número de ramos, aumento da massa seca de caule e ramos em 73,4 e 46,9%, respectivamente, e aumento de produtividade em 19,8% (Tabela 3.4). Corroborando com Ilic et al. (2014) e Yang et al. (2019), que obtiveram maior produtividade de tomate com o incremento de altura de plantas e número de ramos.

Tabela 3.4. Médias de duração do número de ramos, altura de planta, número de frutos, massa seca de caule (MSCaule), massa seca de ramos (MSRamos), massa seca de folhas (MSfolha), e produtividade, em duas épocas de plantio, em Abadia de Goiás-GO.

Épocas	Ramos (und.)	Caule (und.)	Frutos (und.)	MSCaule (g)	MSRamo (g)	MSfolha (g)	Prod. (t ha ⁻¹)
1	10,52 a	114,02 a	157,58 a	12,73 a	82,31 a	78,07 a	148,25 a
2	9,27 b	79,08 b	113,44 b	7,34 b	56,04 b	61,47 b	123,73 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade de erro.

Na fase IVa o plantio de segunda época teve um maior acúmulo térmico que foi de 322,6 graus dias, superior em 24,3 % aos 259,6 graus dias acumulados na primeira época. Na segunda época o ciclo em dias foi de 23,6 dias corroborando com Marouelli & Silva (2002), enquanto na primeira época mesmo acumulando uma energia térmica menor, o número de dias foi superior em 2,6 dias, totalizando assim 26,2 dias de duração da fase (Tabela 3.4).

Durante o estágio de maturação (fase IVa), foi constatado um aumento de três graus na temperatura média do ar entre as duas épocas sendo que para a primeira época a temperatura média do ar foi de 20,4 °C e para a segunda época foi de 23,4 °C, com a temperatura máxima do ar chegando a 34 °C, e um acréscimo de radiação solar de 3,8 MJ m⁻² dia⁻¹ em média (Figura 3.2). Esse aumento de temperatura em 14,7 % e radiação solar em 20,7 % na fase IVa (Figura 3.2), já foi identificada por Casaroli et al. (2018) e Leite et al. (2020) que identificaram aumento para a região de Goiânia no mesmo período de julho para setembro.

O aumento de temperatura do ar aumentou a soma térmica acumulada em 24,3 % na segunda época de plantio e diminui o ciclo de dias em 10,8%, a alta temperatura com maior incidência de radiação solar (Figura 3.2) durante a fase de maturação, acelerou a senescência foliar e diminui a retenção de folhas (Tabela 3.4), corroborando com Goto et al. (2021) no qual o excesso de radiação solar no estágio de maturação de frutos provocou maior senescência de folhas. Com a maior senescência foliar na segunda época houve

escaldadura de frutos diminuindo a qualidade e a produtividade que foi menor em 16,6 % na segunda época (Tabela 3.4). Corroborando com Silva et al. (2006), Ayenan et al. (2019) e Goto et al. (2021), no qual o aumento da temperatura e incidência de radiação solar na fase IVa limitou a produtividade do tomateiro.

Para os demais estádios não houve diferença significativa na sua duração entre as épocas de cultivo, para a fase III de maior duração não houve diferença na duração do estádio de desenvolvimento entre as épocas de plantio (Tabela 3.3). Isso ocorreu pelo fato da cultura encontrar valores de temperatura média do ar de 20,5 e 21 °C para a primeira e segunda época respectivamente (Figura 3.2), corroborando com Ayenan et al. (2019), que verificou temperaturas médias do ar ótimas para a cultura entre 18,5 e 21 °C para o estádio reprodutivo.

O acumulado térmico total para a primeira época de 1394,9 graus dias que equivale a 124,6 dias, e para a segunda época de 1364,7 graus dias, sendo 116,1 dias de ciclo, corroborando com Alves Jr. et al. (2021), que achou valores aproximados para a duração do ciclo dos híbridos CVR-2909, N-901 HM-7885 H-1301. Segundo Pathak & Stoddard (2018) o tomate para processamento industrial teve uma duração total de ciclo de 1214 graus dias, um pouco inferior, e uma duração em dias variando de 117 a 135 dias, conforme a época de plantio das mudas, e conseqüentemente condições meteorológicas do local de cultivo. O mesmo autor alerta para um encurtamento da fase do tomateiro em dias com aumento da temperatura em decorrência do aquecimento global, sem afetar o somatório térmico necessário para a conclusão do ciclo podendo afetar a qualidade dos frutos e produtividade da cultura.

3.4 CONCLUSÃO

No plantio de primeira época (março) houve diferença no acumulado de graus dias e duração do ciclo em dias entre os híbridos, sendo os híbridos com menor ciclo BS-P33, CVR-8161, HM-7885 e HM-7883 variando de 1365,14 a 1379,98 graus dias e de 121,5 a 123 dias. Os híbridos com maior ciclo H-1301, CVR-6116, H1536, CVR-2909, TPX-26856, CVR-8126, CT-35 e N-901 variando de 1391,45 a 1437,05 graus dias e de 124,3 a 129 dias. No plantio de segunda época (maio) não houve diferença entre os híbridos, com média de 1364,7 graus dias e 123,73 dias de ciclo.

As principais fases influenciadas pela época de transplantio foram as fases II e IV (fase vegetativa e maturação de frutos respectivamente) influenciadas principalmente

pela temperatura média do ar. Mostrando a necessidade de mudanças de estratégia no manejo de irrigação entre as épocas de transplante e fases de desenvolvimento da cultura, realizando ajustes na irrigação considerando a soma térmica acumulada e não o número de dias pré fixados para cada fase de desenvolvimento.

3.5 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia** Lavras: Editora Universitária de Lavras: p.455, 2013.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.
- ALVES JÚNIOR, J.; SENA, C. C. R. ; DOMINGOS, M. V. H.; KNAPP, F. M.; ALMEIDA, F. P.; BATTISTI, R.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A.W. P. Diagnosis of Irrigation Management in the Industrial Tomato Crop in Goiás, Brazil. **Chemical engineering transactions**, Milão v. 87, p. 415-420, 2021.
- ANDRIOLO, J. L.; ESPINDOLA, M. C. G.; STEFANELLO, M. O. Growth and development of lettuce plants from transplants with different physiological ages. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 35-40, 2003.
- AYENAN, M. A. T.; DANQUAH, A.; HANSON, P.; AMPOMAH-DWAMENA, C.; SODEDJI, F. A. K.; ASANTE, I. K.; DANQUAH, E. Y. Accelerating Breeding for Heat Tolerance in Tomato (*Solanum Lycopersicon* L.): An Integrated Approach. **Agronomy**, v. 9, n. 11, p. 720, 2019
- BIRHANU, K.; TILAHUN, K. Fruit yield and quality of drip-irrigated tomato under deficit irrigation. **Ajfan online**, Lesotho, v.10, n. 2, p. 2139-2151, 2010.
- BLUESEEDS. Tomates processo. 2021. Disponível em <http://blueseeds.com.br/tomates-processo/>. Acesso em: 10 março 2021.
- CASAROLI, D.; RODRIGUES, T. R.; MARTINS, A. P. B.; EVANGELISTA, A. W. P.; ALVES JÚNIOR, J. Padrões de Chuva e de Evapotranspiração em Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 247-256, 2018.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.35, n.3, p.271-276. 2013.

CVR - PLANT BREEDING. Híbridos comerciais. 2021. Disponível em <
<http://cvr.agr.br/>>. Acesso em: 10 março 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA SPI, 2006. 306 p.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. 5. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2011. 743p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. Water and climate change, FAOSTAT. **Database Results**. 2017. Disponível em:
<<http://www.fao.org/statistics/databases/en/>>. Acesso em: 01 julho. 2021.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C. Clima e época de plantio. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Ed.). **Tomate para processamento industrial**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2000. p. 18-21.

GOTO, K.; YABUTA, S.; SSENKONGA, P.; TAMARU, S.; SAKAGAMI, J.-I. Response of leaf water potential, stomatal conductance and chlorophyll content under different levels of soil water, air vapor pressure deficit and solar radiation in chili pepper (*Capsicum chinense*). **Scientia Horticulturae**, v. 281, p. 109943, 2021.

HEINZ SEED. International Variety Catalog. 2019. Disponível em
<https://d36rz30b5p7lzd.cloudfront.net/244/1562671120709.1908795355.pdf>. Acesso em: 10 março 2021.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. IBGE, 2019. Disponível em:
< <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa> >. Acesso em: 17 abril 2020.

ILIC, Z. S.; MILENKOVIC, L.; SUNIC, L.; FALLIK, E. Effect of coloured shade-nets on plant leaf parameters and tomato fruit quality. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 95, n. 13, p. 2660-7, 2015.

LOPES, N. F.; LIMA, M. D. G. D. S. **Fisiologia da Produção. Fisiologia do estresse vegetal**. Editora UFV. Viçosa MG, pg 385-445, 2015.

LEITE, C. V.; ALVES JÚNIOR, J.; VICENTE, M. R.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D. Reference evapotranspiration through Hargreaves method using the solar radiation estimation for Goiás state, Brazil. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 28, p. 274-292, 2020.

- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Tomateiro para processamento industrial: Irrigação e fertirrigação por gotejamento. Circular Técnica 30, Brasília: Ministério da agricultura pecuária e abastecimento. p.30, 2002.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R.; BRAGA, M. B. Irrigação e fertirrigação. In: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. (editores técnicos). Produção de tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa, p. 131 - 152. 2012.
- MORALES, R. G. F.; RESENDE, L. V.; BORDINI, I. C.; GALVÃO, A. G.; REZENDE, F. C. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 16, n. 1, p.9-17, 2015.
- Pela metodologia científica deveríamos evitar parágrafos com apenas uma oração
- NUNES, M. U. C.; LEAL, M. L. S. Efeito da aplicação de biofertilizante e outros produtos químicos e biológicos, no controle da broca pequena do fruto e na produção do tomateiro tutorado em duas épocas de cultivo e dois sistemas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 53-56, 2001.
- NUNHEMS. Tomate processamento. 2021. Disponível em https://www.nunhems.com/br/pt/Varieties/TOP_tomato-processing.html Acesso em: 10 março 2021.
- OLIVEIRA, L. B.; RIBEIRO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; RODRIGUES J. J. V.; MARQUES, F.A. Função de pedotransferência para predição da umidade retida a potenciais específicos em solo do estado pernambucano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26 p. 315 – 323, 2002.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 440p., 1981.
- PALARETTI, L. F.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. J. H. D.; CECON, P. R. Soma térmica para o desenvolvimento dos estádios do tomateiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.6, p.240-246, 2012.
- PATHAK, T. B.; STODDARD, C. S. Climate change effects on the processing tomato growing season in California using growing degree day model. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 4, n. 2, p. 765-775, 2018.
- PIVETTA, C. R.; TAZZO, I. F.; MAASS, G. F.; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B. Leaf emergence and expansion in three tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1274-1280, 2007.

- PLANTSEED. Sementes de tomate industrial. 2021. Disponível em <http://www.plantytec.com.br/Topseed-Premium> Acesso em: 10 março 2021.
- ROCCO, C. D.; MORABITO, R. Production and logistics planning in the tomato processing industry: A conceptual scheme and mathematical model. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 127, p. 763-774, 2016.
- SAADI, S.; TODOROVIC, M.; TANASIJEVIC, L.; PEREIRA, L. S.; PIZZIGALLI, C.; LIONELLO, P. Climate change and Mediterranean agriculture: Impacts on winter wheat and tomato crop evapotranspiration, irrigation requirements and yield. **Agricultural Water Management**, v. 147, p. 103-115, 2015.
- SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C.; CRUZ, O. C. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p.443-454, 2010.
- SCHWARZ, K.; RESENDE, J. T. V. D.; PRECZENHAK, A. P.; PAULA, J. T. D.; FARIA, M. V.; DIAS, D. M. Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 410-418, 2013.
- SILVA, C. J. D.; FRIZZONE, J. A.; SILVA, C. A. D.; PONTES, N. D.C.; SILVA, L. F. M. D.; BASÍLIO, Ê. E. Desenvolvimento do tomateiro industrial em resposta a diferentes níveis de irrigação. **Irriga**, v.25, p.432-448, 2020.
- SILVA, D. J.; GUEDES, Í. M. R.; LIMA, C. E.P. Adubação e nutrição. In: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. (editores técnicos). Produção de tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa, p. 105 - 127, 2012.
- SILVA, J. B. C. D. GIORDANO, L. D. B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. D. S.; FRANÇA, F. H.; BÔAS, G. L. V.; BRANCO, M. C.; MEDEIROS, M. A. D.; MAROUELLI, W.; SILVA, W. L. C.; LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C.; NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, W. Cultivo de tomate para industrialização. 2006. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial2ed/adubacao.htm> . Acesso em: junho 2019.
- SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SILVA, E. C. B.; ARAÚJO, T. T. Cultivo do tomateiro na fase vegetativa sobre diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Agropecuária científica no semiárido**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p.38-45, 2012
- WESTFOL. Tomate. 2021. Disponível em <https://www.westfol.com.br/culturas/tomate/>. Acesso em: junho 2019.

YANG, Y.; XU, W.; HOU, P.; LIU, G.; LIU, W.; WANG, Y.; ZHAO, R.; MING, B.; XIE, R.; WANG, K.; LI, S. Improving maize grain yield by matching maize growth and solar radiation. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 3635, 2019.

4 COMPARAÇÃO DO CRESCIMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVIDADE DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL E GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar as respostas do tomateiro para processamento industrial em dois sistemas de irrigação: sistema de aspersão por pivô central e gotejamento subsuperficial. Os experimentos foram realizados no município de Itaberaí - Goiás, o híbrido utilizado foi o N-901. O transplântio das mudas foi realizado em 23 de maio e colheita no dia 14 de setembro de 2020. Foram feitas avaliações quinzenais de índice de área foliar e partição dos fotoassimilados da planta (número de folhas, número e massa de frutos, estatura de planta e número de ramos), e da produtividade. Durante todo o ciclo da cultura foi monitorado a duração do molhamento foliar e a umidade do solo. Os dados foram submetidos a análise de separação de médias pelo teste tukey e regressão pelo modelo logístico. Verificou-se que o sistema de irrigação por gotejo subsuperficial proporcionou maior acúmulo de massa seca da parte aérea durante o ciclo, e maior acúmulo de massa seca de frutos por planta. O índice de área foliar máxima entre os dois sistemas não diferiu, porém no sistema de irrigação por aspersão teve uma redução precoce de área foliar provocada pelo maior período de molhamento foliar neste sistema, que afetou diretamente a produtividade. A produtividade na área irrigada por gotejamento foi 18,4% maior que a irrigada por aspersão.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; tomaticultura; molhamento foliar; produtividade

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the responses of industrial tomato plants in two irrigation systems: central pivot sprinkler system and subsurface drip system. The experiments were carried out in the municipality of Itaberaí - Goiás, the

hybrid used was N-901. The seedlings were transplanted on May 23 and harvested on September 14, 2020. Biweekly evaluations of leaf area index and plant photoassimilates partition were carried out (number of leaves, number and mass of fruits, plant height and number of branches), and productivity, during the entire crop cycle, the duration of leaf wetness and soil moisture were monitored. Data were submitted to mean separation analysis using the tukey test and regression using the logistic model. It was found that the subsurface drip irrigation system provided greater accumulation of shoot dry mass during the cycle, and greater accumulation of fruit dry mass per plant. The maximum leaf area index between the two systems did not differ, but in the sprinkler irrigation system there was an early reduction of leaf area caused by the longer period of leaf wetness in this system, which directly affected productivity. The productivity in the drip irrigated area was 18.4% higher than the sprinkler irrigated area.

Key words: *Solanum lycopersicum*; tomato cultivation; leaf wetness; productivity.

4.1 INTRODUÇÃO

A falta de água é um dos principais fatores que limitam a agricultura brasileira (Battisti et al., 2018) e com o aquecimento global e dentro do contexto das mudanças climáticas, aumentará a frequência de estiagens, e conseqüentemente, a limitação de recursos hídricos, sendo necessário uma gestão mais eficiente para minimizar o impacto na agricultura (Ayars et al., 2015; Galiano et al., 2015). Para minimizar os impactos da limitação do recurso hídrico disponível para a agricultura, uma das primeiras estratégias a ser tomada é o aumento da eficiência do uso da água (Agbna, et al., 2017; Wu, et al., 2021).

A tomaticultura é uma das atividades de maior consumo de água durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento (Patanè et al., 2011). Os processos fisiológicos da planta estão diretamente relacionados a disponibilidade de água no sistema solo-planta-atmosfera. Desta forma, as inter-relações entre esses fatores são fundamentais para o planejamento e manejo de sistemas de irrigação para atingir a máxima produtividade e qualidade do produto (Trani & Carrijo, 2004). Além de suprir as necessidades hídricas do tomateiro, a água também proporciona a solubilização e a disponibilização dos nutrientes do solo (Maurielli et al., 2011).

No Brasil, a irrigação de tomate para processamento industrial é feita principalmente por aspersão. No estado de Goiás, quase toda a produção de tomate para processamento industrial é realizada utilizando-se pivô central (Marouelli et al., 2012). A irrigação por aspersão tem algumas vantagens e desvantagens pode proporcionar a sobrevivência e a dispersão de vários patógenos, principalmente fúngicas e bacterianas, em razão da água ser aplicada sobre a parte aérea das plantas (Maurielli et al., 2011; Ayars et al., 2015). Todavia, pode reduzir a população de ácaros e de insetos-pragas devido ao impacto das gotas na remoção de ovos, larvas e pupas (Lopes et al., 2006).

A irrigação por gotejo subsuperficial iniciou-se na Califórnia na década de 60, do século passado, como uma forma de aumentar o rendimento das culturas e proporcionar economia da água e aumentar a eficiência no uso da mesma (Taylor & Zilberman, 2017). Atualmente, essa tecnologia está se difundindo não pela economia de água, mas pelo aumento da produtividade que está atrelada ao sistema, que permite realizar fertirrigação mais eficientes, evitando volatilização e diminuindo assim os custos com insumos além de diminuir o risco de doenças pela menor exposição do dossel da planta a umidade e molhamento foliar (Ayars et al., 2015), porém, esse sistema é menos difundido em comparação a maior complexidade da manutenção do sistema e maior custo de instalação.

Assim o objetivo deste trabalho é avaliar o crescimento, desenvolvimento e produtividade de tomate para processamento industrial em duas áreas comerciais sob diferentes sistemas de irrigação.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido por meio de dois experimentos de campo conduzidos simultaneamente de maio a outubro de 2020. Ambos os experimentos foram conduzidos em áreas comerciais de tomate para processamento industrial no município de Itaberaí – GO. O primeiro foi conduzido sob sistema de irrigação de pivô central sob as coordenadas geográficas 16°01'40.6" LS 49°43'21.2" LW; o segundo foi conduzido sob sistema de gotejo subsuperficial nas coordenadas geográficas 16°01'28.2" LS 49°42'13.9" LW. A distância entre cada um dos experimentos foi de 500 metros.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima do local dos experimentos é do tipo Aw, caracterizado por inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média anual variando de 22 a 24 °C e precipitação pluviométrica anual acumulada de 1600 a 1900 mm (Alvares et al., 2013).

A análise do solo antes do plantio, na camada de 0,0 a 0,4 m, apresentou as seguintes características químicas e físicas para a área de gotejo subsuperficial: pH (CaCl₂) = 5,4; P (Mehlich) = 29,3 mg dm⁻³; Al = 0,0 mmolc dm⁻³; H+Al = 2,7 cmolc dm⁻³; K = 142 mg dm⁻³; Ca = 4,58 cmolc dm⁻³; Mg = 0,71 cmolc dm⁻³; CTC = 5,45 cmolc dm⁻³, e as seguintes características físicas: Areia = 54,5 %; Silte = 12,5 %; Argila = 33 % e densidade de 1,47 Mg m⁻³, com retenção de água estimada em 1,64 mm cm⁻¹. Para a área pivô central, apresentou as características que seguem: pH (CaCl₂) = 5,3; P (Mehlich) = 63,9 mg dm⁻³; Al = 0,0 mmolc dm⁻³; H+Al = 3,7 cmolc dm⁻³; K = 129 mg dm⁻³; Ca = 3,36 cmolc dm⁻³; Mg = 0,7 cmolc dm⁻³; CTC = 4,15 cmolc dm⁻³, e as seguintes características físicas: Areia = 53 %; Silte = 7,5 %; Argila = 39,5 % e densidade de 1,28 Mg m⁻³, com retenção de água estimada em 1,44 mm cm⁻¹ realizado por meio de pedotransferência (Oliveira et.al 2002).

O sistema de irrigação por aspersão foi por pivô central com área de 55 hectares com aspersores do tipo I-wob, com uniformidade de aplicação de 89% considerada boa. Já a área de cultivo por gotejo subsuperficial foi instalado ao lado do pivô, em uma área de 20 hectares, com linhas de gotejo instaladas a uma profundidade de 30 cm com emissores de 1 l h⁻¹ equidistantes a 30 cm entre emissores. Ambos os cultivos foram realizados em sistema de cultivo com linhas duplas a 150 e 50 cm entre linhas e com uma população de 30 mil plantas por hectares. Sendo as lâminas de irrigações calculadas e aplicadas pelo próprio produtor.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 8, caracterizado por dois sistemas de irrigação: irrigação por pivô central e irrigação por gotejo subsuperficial, e 8 datas de avaliação. O transplante das mudas ocorreu no dia 23 de maio e a colheita no dia 14 de setembro de 2020, totalizando 114 dias de ciclo. As avaliações foram realizadas em oito datas, 23 de maio, 08 de junho, 23 de junho, 07 de julho, 21 de julho, 04 de agosto, 26 de agosto, 14 de setembro. Em cada uma das datas mencionadas, foram realizadas avaliações biométricas de plantas em cada área de manejo de irrigação.

Em cada data de avaliação foram coletadas 10 plantas para fazer a partição de fotoassimilados, subdividindo-as em folhas, caule, ramos, frutos e flores. Cada parte foi acondicionada em sacos de papel e levados a estufa de secagem a $\pm 65^{\circ}\text{C}$, até atingir massa constante. Em seguida, foram pesadas em balança de precisão com 4 casas decimais, para determinação da massa seca de cada órgão avaliado.

A determinação da área foliar foi realizada com o auxílio do software ImageJ®. Para a calibração deste software, foi utilizado uma régua graduada. Em seguida, algumas folhas de cada coleta foram escaneadas e posteriormente submetidas à análise de área foliar, seguindo a metodologia adaptada de Martin et al. (2013). A partir da massa seca dessa amostra de folhas submetidas ao software de reconhecimento de área foliar e a massa seca de folhas total da planta, foi calculada a área foliar total de cada planta e subsequentemente o índice de área foliar e o índice de área foliar específica, sendo considerada apenas as folhas com mais de 50% da área foliar fotossinteticamente ativa.

Ao final do ciclo foi determinada a produtividade de frutos em cada um dos sistemas, no qual foram coletadas 10 amostras em cada um dos sistemas. Além da produtividade foi determinado a eficiência do uso da água pelo cálculo do produto da divisão da produtividade de frutos em toneladas por hectares por mm de água irrigado em cada um dos sistemas.

O híbrido utilizado foi o N-901. As principais características do híbrido que se destacam é seu alto potencial produtivo e qualidade dos frutos, como cor, firmeza e boa capacidade de permanecerem maduros no campo à espera da colheita (Nunhems, 2021).

Os dados meteorológicos foram obtidos a partir de estação meteorológica automática Metos® (iMetos 3.3), instalada próximo as áreas de cultivo. Oito dias após o transplântio, foram instalados, em cada sistema de cultivo, sensores de molhamento foliar LWS da Decagon® no meio do dossel vegetativo para mensurar a duração do período de molhamento foliar em cada um dos sistemas. Estes sensores são padronizados para detectar a presença e duração de umidade sendo estes precisamente calibrados de fábrica.

Os dados de conteúdo de água no solo em cada um dos sistemas avaliados foram obtidos através da instalação de sensores EC-5 nas profundidades de 0,1, 0,3 e 0,5 m, conectados a um data logger Decagon EM50, sendo estes calibrados em função do teor de argila no solo ($\theta_{vol}=0,0758-0,0023*Arg\%-1,056*\theta_{EC-5}$) (Sena et.al 2020).

A soma térmica diária foi determinada considerando a temperatura basal inferior (T_b), de 10 °C e a temperatura basal superior (T_B) de 34 °C, valor utilizado por (Palaretti et al., 2012), sendo os Graus Dia (GD_i), obtidos pelas seguintes equações (Ometto, 1981) Para dias em que $T_B > T_M > T_m > T_b$:

$$GD_i = T_m - T_b$$

Quando $T_B > T_M > T_b > T_m$:

$$GD_i = \frac{(T_M - T_b)^2}{2(T_M - T_m)}$$

Quando $T_b > T_M$:

$$GD_i = 0$$

Quando $T_M > T_B > T_m > T_b$:

$$GD_i = \frac{2 \cdot (T_M - T_m) \cdot (T_m - T_b) + (T_M - T_m)^2 - (T_M - T_B)}{2 \cdot (T_M - T_m)}$$

Quando $T_M > T_B > T_b > T_m$:

$$GD_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{(T_M - T_b)^2 - (T_M - T_B)^2}{(T_M - T_m)}$$

Onde GD_i é a soma de graus-dia do dia em °C, T_M e T_m representam a temperatura máxima e mínima do dia respectivamente em °C.

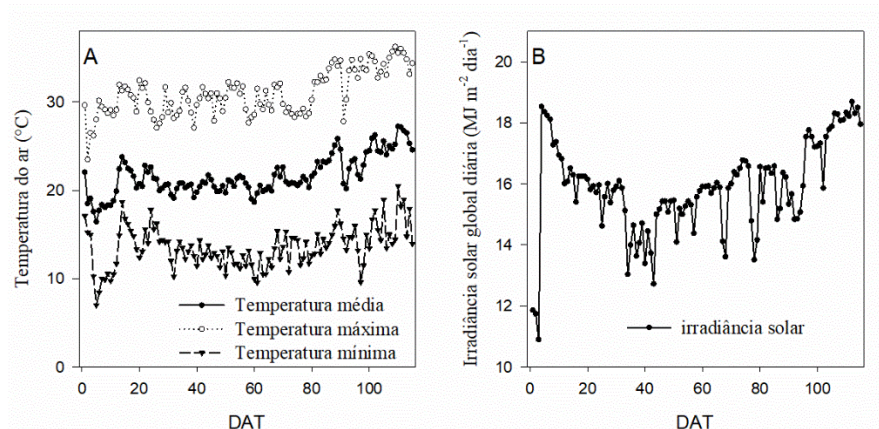
Os dados foram analisados estatisticamente utilizando o software Genes, no qual foram testados os pressupostos de normalidade, linearidade e multicolinearidade. Para verificar se houve ou não evidências para rejeitar H_0 , foi utilizado o teste qui-quadrado (CRUZ, 2013). E, quando significativo, foi realizada análise de separação de médias e pelo teste de tukey e regressão.

Para as regressões, utilizou-se um modelo logístico, ajustando os dados de crescimento, conforme a equação $y = a/[1 + e^{(x - X_0)/b}]$, em que as variáveis a , b e X_0 são os parâmetros ajustados do modelo. O parâmetro X_0 foi definido como ponto de máximo crescimento ou acúmulo de massa seca durante o ciclo da cultura. A significância da regressão entre as variáveis de crescimento e desenvolvimento com o acúmulo de graus dias (GDA) foi avaliada pelo teste F. Para avaliar os modelos empíricos entre as variáveis em estudo foram utilizados o coeficiente de determinação ajustado pelo modelo (R^2) e o erro padrão do modelo (E P).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

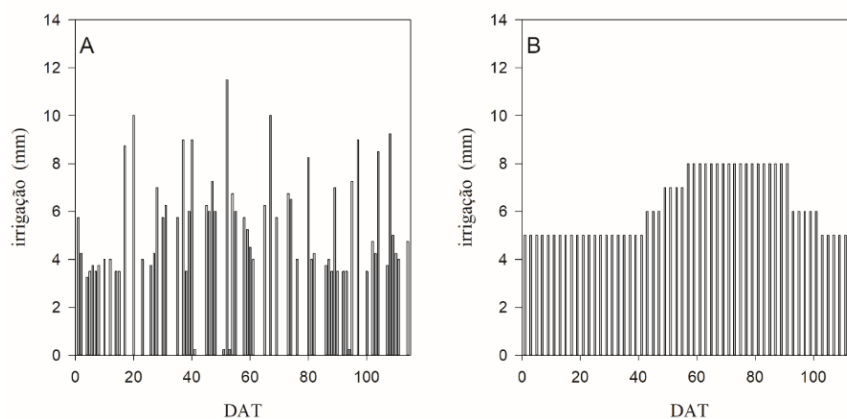
Durante o ciclo do tomate para processamento industrial, foi constatado uma temperatura média do ar de 21,63 °C, com variação de 7,0 a 37,9 °C. A radiação solar global acumulada de 1.896 MJ m⁻² ciclo⁻¹, variando de 10,9 a 18,7 MJ m⁻² dia⁻¹, precipitação pluviométrica acumulada de 0 mm (Figura 4.1).

Figura 4.1. (A) Temperatura máxima, média e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$), (B) irradiância solar global diária ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), durante o ciclo da cultura em dias após o transplântio (DAT).



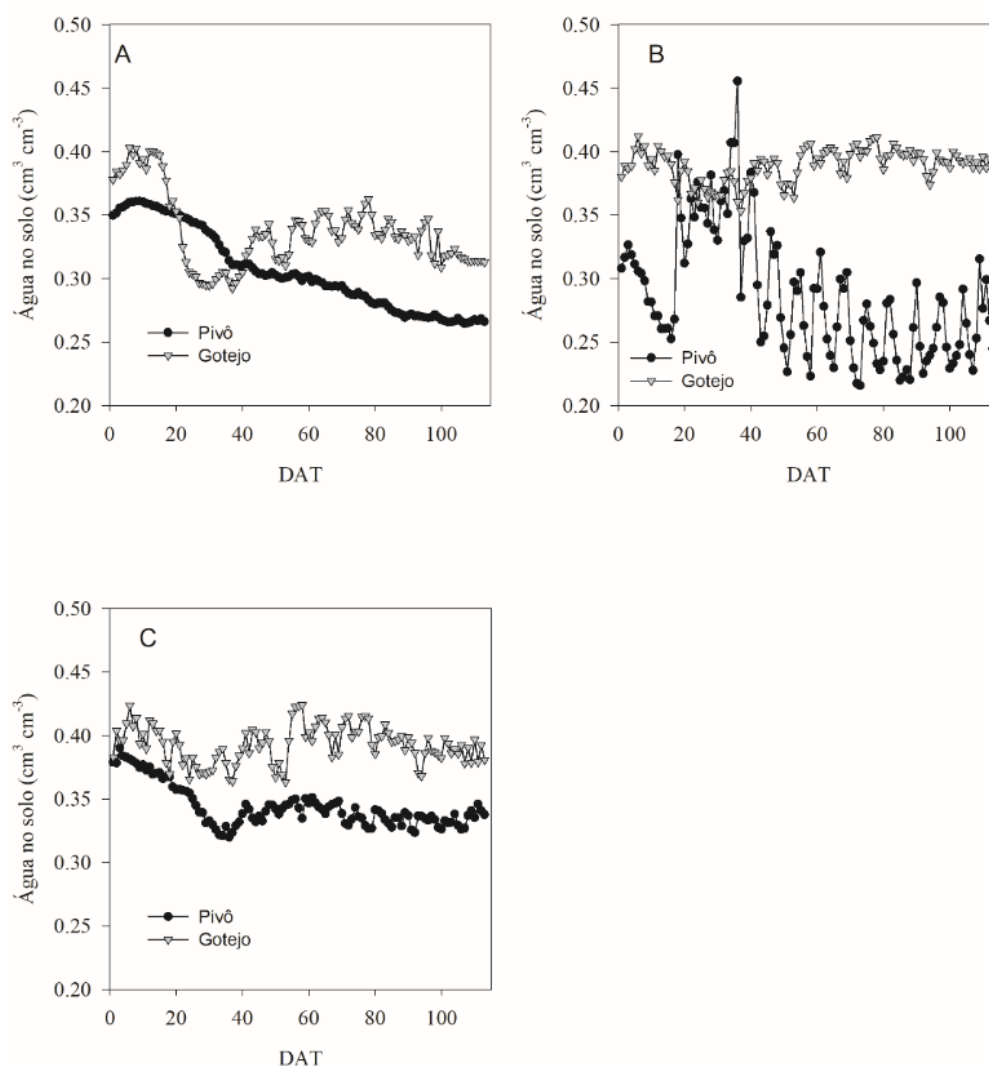
Analisando as entradas de água o sistema de irrigação por pivô central teve um acumulado de 347 mm de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura, já no sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial a lâmina total de irrigação foi superior em 10 mm durante o ciclo, com um acumulado de 350 mm com a distribuição regular durante o ciclo da cultura (Figura 4.2), corroborando com (Ayars et al., 2015), no qual o sistema de irrigação por gotejamento não traz economia de água, mas aumento da eficiência de água. No presente estudo no sistema por gotejo subsuperficial cada mm irrigado proporcionou 0,345 toneladas de frutos por hectare, já no sistema de irrigação por pivô central cada mm irrigado proporcionou 0,294 toneladas por hectare. Desta forma houve um aumento de 17 % na eficiência do uso da água no sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial em relação a irrigação via pivô central.

Figura 4.2. Distribuição da irrigação durante o ciclo da cultura do tomate para processamento industrial para o sistema de irrigação por aspersão via pivô central (A) e gotejamento subsuperficial (B) em Itaberaí -GO, 2020.



A umidade do solo no sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial se manteve superior nas camadas amostradas (Figura 4.3), principalmente no período reprodutivo e maturação de frutos. Como a quantidade em volume de água para os dois sistemas foi o mesmo, o sistema de gotejo subsuperficial apresentou menor perda de água por evaporação, além de maior eficiência de aplicação, e sem retenção de água no dossel vegetativo das plantas, aumentando a disponibilidade de água para as plantas. Essas condições proporcionaram um ambiente mais favorável para o crescimento e desenvolvimento das plantas e frutos.

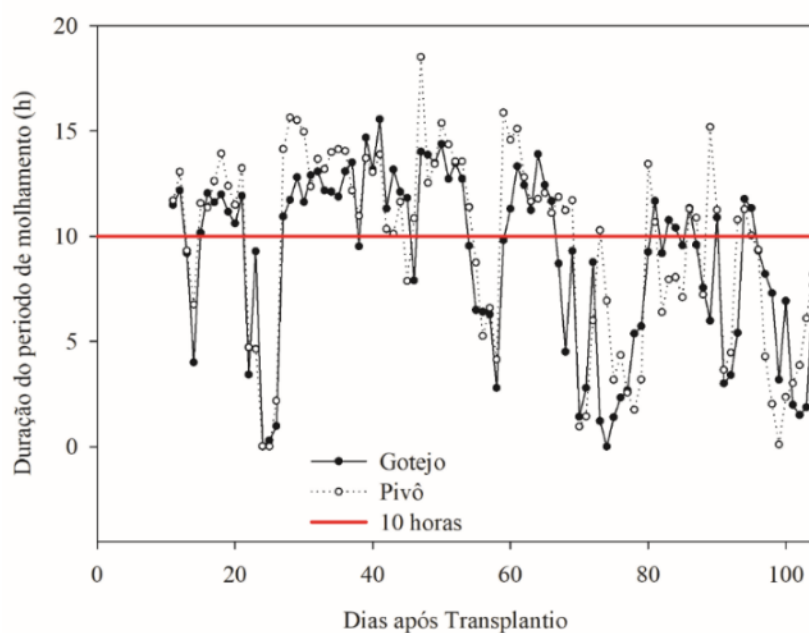
Figura 4.3. Disponibilidade de água no solo ao longo do ciclo da cultura nas profundidades de 10 cm (A) 30 cm (B) e 50 cm (C) para o manejo de irrigação em pivô central e gotejo subsuperficial.



No sistema de irrigação de pivô central, a média de duração do período de molhamento foliar foi de $9,4 \text{ horas dia}^{-1}$, enquanto no sistema de irrigação localizada, por

gotejo subsuperficial, este período foi de 8,5 horas dia^{-1} (Figura 4.4). No sistema de pivô central, 56% dos dias tiveram uma duração do período de molhamento foliar acima de 10 horas diárias, representando um risco alto de incidência de doenças para a cultura do tomate nessas condições, (Pereira et al., 2002). Para ambos os sistemas, o período de maior duração de molhamento foliar foi na fase de crescimento vegetativo. No período reprodutivo até a colheita, ocorreram 15 e 25 dias com duração de período de molhamento foliar acima de 10 horas para o sistema de gotejo subsuperficial e aspersão, respectivamente.

Figura 4.4. Duração do período de molhamento foliar do pegamento a colheita de tomate para processamento industrial, sob dois sistemas de irrigação, Itaberaí-GO, 2021.



Pela análise de variância, observou-se que houve diferença significativa entre os sistemas de irrigação e datas de avaliação (Tabela 4.1). Assim, houve interação entre os fatores para as variáveis massa seca de frutos, massa seca de folhas verdes, massa seca de folhas senescentes e índice de área foliar (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Análise de variância para acúmulo de massa seca de frutos (MS_{Fruto}), acúmulo de massa seca total (MS_{Total}), acúmulo de massa seca de folhas (MS_{Folha}), acúmulo de massa seca de folhas senescentes ($MS_{\text{Folhasen.}}$), e índice de área foliar (IAF).

FV	QM					
	GL	MS_{Fruto}	MS_{Total}	MS_{Folha}	$MS_{\text{folhasen.}}$	IAF
Local						
(Sistema)	1	8871,538 *	13801,561 *	512,126 *	41,064	0,211
Data	7	175362,625 *	342823,455 *	8474,219 *	4029,395 *	22,184 *
Local*data	7	1487,617 **	1800,771	285, 072 *	432,656 *	0,651 *
Erro	144	589,013	1171,318	43,562	22,24	0,096
CV (%)		32,2	26,53	30,47	62,46	29,51

*** Significativo a 1 e 5% respectivamente, de probabilidade de erro pelo teste f.

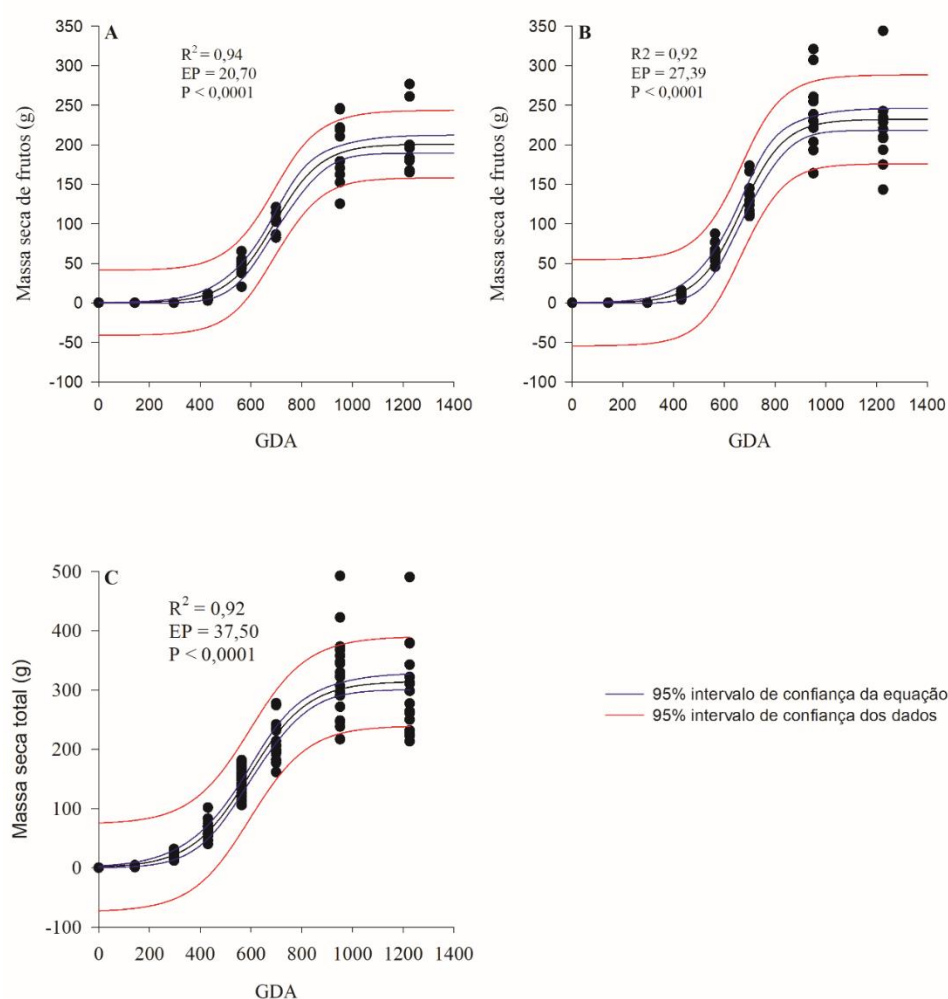
Os ajustes de regressão confirmaram a relação entre aumento de acúmulo de massa seca total e o acúmulo de soma térmica, com o coeficiente de determinação (R^2) de 92 %. Ainda conforme o modelo ajustado, o erro padrão foi de apenas 37,5, sendo o mesmo não muito expressivo, evidenciando um bom ajuste da equação logística para a variável biológica em estudo (Tabela 4.2 e Figura 4.3). Sendo que o máximo acúmulo de massa seca ocorre em ambos os sistemas quando o acumulado térmico atinge 594,57 graus dias.

Tabela 4.2. Coeficientes a e b do modelo logístico e parâmetro X0 (ponto de máximo acúmulo de massa seca) das análises de regressão entre acúmulo de massa seca e soma térmica acumulada durante o ciclo da cultura.

FV	a	b	X0	EP	R ²	P
MS _{Total}	315,11	115,24	594,57	37,50	0,92	<0,0001
MS _{Fruto_Pivô}	200,84	92,37	692,01	20,70	0,94	<0,0001
MS _{Fruto_Gotejo}	232,17	84,79	665,69	27,39	0,92	<0,0001
IAF _{Pivô_Inicial}	2,17	31,13	357,29	0,41	0,92	<0,0001
IAF _{Gotejo_Inicial}	2,56	61,83	388,87	0,35	0,95	<0,0001
IAF _{Pivô_final}	2,15	-83,94	995,20	0,49	0,86	<0,0001
IAF _{Gotejo_final}	2,22	-12,06	956,14	0,49	0,88	<0,0001

As curvas de acúmulo de massa seca de tomate para processamento industrial para massa seca de frutos obteve um ajuste satisfatório pelo modelo logístico para os dois sistemas de irrigação. Isso deve-se pelos altos valores de coeficiente de determinação (R²), que variaram de 92 a 94% (Tabela 4.2 e Figura 4.5). Além do baixo erro padrão (EP), que variou de 20,7 a 27,39 (Tabela 4.2 e Figura 4.5); com isso, o ajuste dos modelos é de alta confiabilidade.

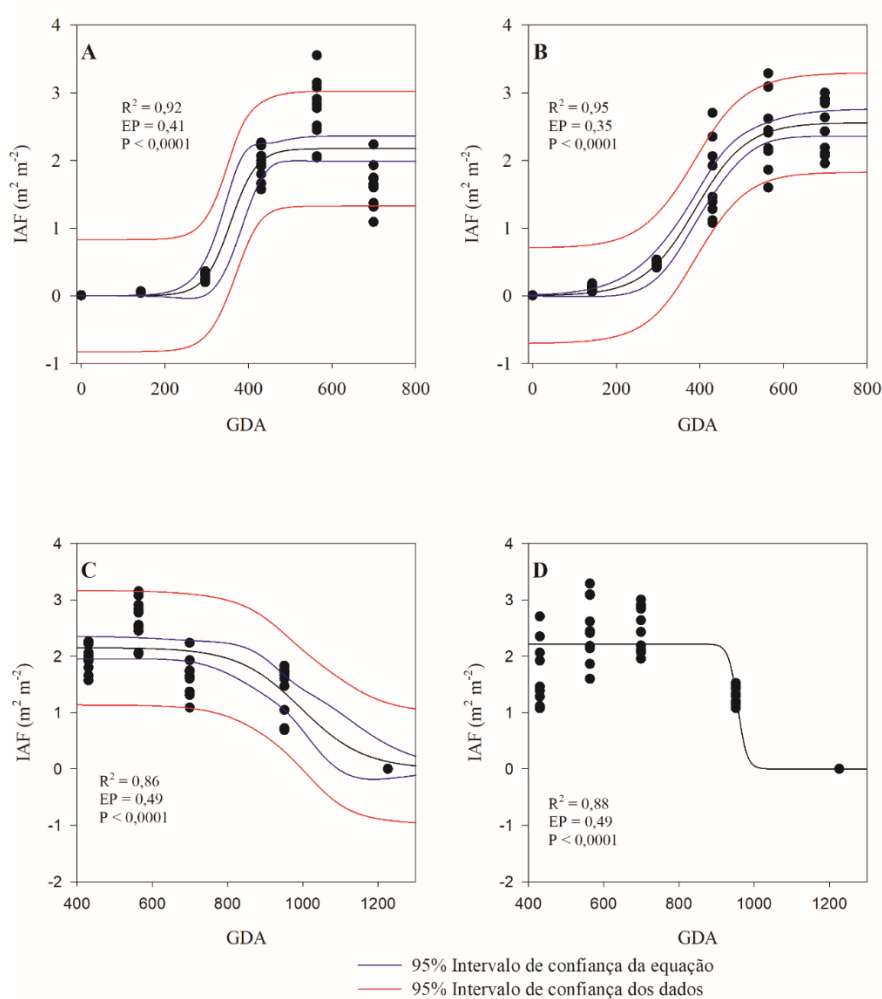
Figura 4.5. Curva de acúmulo de massa seca ajustada pelo modelo logístico para massa seca acumulada de frutos sob irrigação de pivô central (A), massa seca acumulada de frutos sob irrigação de gotejo subsuperficial (B), e massa seca acumulada total da planta nos dois sistemas (C).



Com base nas curvas do modelo logístico (Figura 4.5), é possível verificar que o acréscimo de massa seca de frutos no manejo de irrigação por gotejo subsuperficial, o parâmetro X_0 foi menor (Tabela 4.2). Isso indica que no sistema de irrigação por gotejo subsuperficial, o início do máximo acúmulo de massa seca de frutos ocorre de forma antecipada em comparação ao sistema de irrigação por pivô. Da mesma forma, o acúmulo de massa seca de frutos é mais intenso no sistema de irrigação por gotejo subsuperficial, visto que o coeficiente “a” é maior no sistema de irrigação por gotejo subsuperficial (Tabela 4.2). Os resultados corroboram com Hanson & May (2004) e Ayars et al. (2015), que encontraram maior produtividade e massa de frutos nos sistemas de irrigação por gotejo subsuperficial.

Avaliando o aumento do índice de área foliar pelo modelo logístico para ambos os sistemas de irrigação, as regressões tiveram um ajuste satisfatório, com os coeficientes de determinação de 0,92 e 0,95, com erro padrão de 0,41 e 0,35, para o sistema de irrigação por pivô central e gotejamento, respectivamente (Tabela 4.2 e Figura 4.6). O coeficiente X0 no sistema por pivô central foi menor (Tabela 4.2), indicando que o máximo crescimento e expansão foliar ocorre num menor acúmulo térmico.

Figura 4.6. Curva de crescimento e decrescimento pelo modelo logístico para crescimento do índice de área foliar em pivô central (A), crescimento do índice de área foliar em gotejamento (B), decréscimo do índice de área foliar em pivô central (C) decréscimo do índice de área foliar em sistema de gotejamento (D).



O coeficiente a e b foram maiores no sistema de irrigação por gotejo subsuperficial, indicando que o crescimento de área foliar ocorre por um período maior e ocasiona o retardo da senescência foliar, que pode acontecer em função do menor período

de duração de molhamento foliar neste sistema (Figura 4.4), o que proporciona um índice de área foliar maior por um período maior de tempo nesse sistema e contribui para o aumento da produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, o aumento da produtividade.

Analisando o decaimento do índice de área foliar ao final do ciclo (Figura 4.6), observou-se que, pelo coeficiente X0, o ponto de máximo decaimento de área foliar ocorre aos 956,14 graus dias no sistema de irrigação por gotejamento e aos 995,20 graus dias no sistema de irrigação por pivô central. Porém pelos coeficientes a e b (Tabela 4.2), se observa que o índice de área foliar é superior no sistema de irrigação por gotejamento, nas duas avaliações que antecederam a colheita. A redução da área foliar no sistema de irrigação por aspersão (Anexo 5), pode ser o principal fator que influenciou na produtividade e acúmulo de massa seca na cultura, ocasionado pela maior duração do período de molhamento foliar nesse sistema, acarretando a desfolha precoce do tomateiro e redução do tamanho de plantas e número de frutos (Vloutoglou & Kalogerakis, 2001; Lu et al., 2018).

O sistema de irrigação por gotejamento proporcionou maiores ganhos em massa fresca de frutos, massa média de frutos e produtividade (Tabela 4.3), sendo a produtividade no sistema de gotejo de 120 toneladas por hectare de frutos comerciais, enquanto o pivô central produtividade foi de 102,8 toneladas (Tabela 4.4). Dessa forma, o sistema de gotejo subsuperficial proporcionou um aumento de 18,4 % na produtividade, corroborando com Hanson & May (2004); Ayars et al. (2015) e Liu et al. (2020), que encontraram aumento de 20% na produtividade no sistema de irrigação por gotejo subsuperficial, com maior eficiência no uso da água.

Tabela 4.3. Análise de variância para número de frutos (NF) massa fresca de frutos por planta (MFF), massa fresca de fruto (MF) e Produtividade (PD), de tomate para processamento industrial sob dois sistemas de irrigação.

FV	QM			
	NF	MFF	MF	PD
Blocos	215,83	584301,97	13,47	525,87
Tratamentos	61,25	1953125 *	441,04 **	1757,81 *
Resíduo	249,69	349099,88	21,9	314,19
CV (%)	18,6	15,9	10,7	15,9

*** Significativo a 1 e 5% respectivamente, de probabilidade de erro pelo teste f.

Tabela 4.4. Média de massa fresca de frutos por planta (MFF), Massa fresca de frutos (MF) e Produtividade (PD).

Tratamento	PFP (g)	MF (g)	PD (t ha ⁻¹)
Gotejo	4026,4 a	48,6 a	120,8 a
Pivô	3401,4 b	39,2 b	102,04 b

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O peso médio de frutos no sistema de irrigação por pivô central foi de 39,2 gramas, enquanto no sistema de irrigação por gotejo subsuperficial foi de 48,6 gramas (Tabela 4.4) um aumento de 23,8%, corroborando com Zoratelli e al., (2009) e Liu et al., (2013) que encontraram maior rendimento de frutos em sistemas de irrigação por gotejo subsuperficial. Esse aumento no peso médio de frutos foi o principal fator que contribuiu para o aumento da produtividade, o que corrobora com Wu et al. (2021), que por análise de trilha determinaram que o peso médio de frutos é o principal índice responsável pela produtividade.

4.4 CONCLUSÃO

O sistema de irrigação por gotejo subsuperficial proporcionou menor período de duração de molhamento foliar, as plantas mantivessem um índice de área foliar elevado por um período maior, retardando a senescência e abscisão foliar.

A irrigação por gotejo proporcionou maior acúmulo de massa seca de frutos, iniciando seu acúmulo antes do sistema de irrigação por pivô central e se estendendo por um período maior, aumentando sua produtividade em 18% em relação ao sistema de aspersão.

4.5 REFERÊNCIAS

- AGBNA G. H. D.; DONGLI S.; ZHIPENG L.; ELSHAIKH N. A.; GUANGCHENG S.; TIMM L. C. Effects of deficit irrigation and biochar addition on the growth, yield, and quality of tomato. **Scientia Horticulturae**, v. 222, p.90-101, 2017.
- ALVARENGA, C. A.; COSTA, L. M. D.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J.. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes por leguminosas, em resposta à compactação do solo. **Revista Ceres**. Viçosa v. 44, n. 254, p. 421-431, 1997.

- ALVARES, C. A., et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728. 2013.
- ALVES JÚNIOR, J.; SENA, C. C. R. ; DOMINGOS, M. V. H.; KNAPP, F. M.; ALMEIDA, F. P.; BATTISTI, R.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A.W. P. Diagnosis of Irrigation Management in the Industrial Tomato Crop in Goiás, Brazil. **Chemical engineering transactions**, Milão, v. 87, p. 415-420, 2021.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - 2017: relatório síntese / Agência Nacional de Águas**. -- Brasília: ANA, 2019. 49 p.
- AYARS, J. E.; FULTON, A.; TAYLOR, B. Subsurface drip irrigation in California—Here to stay? **Agricultural Water Management**, v. 157, p. 39-47, 2015.
- BATTISTI R., SENTELHAS P.C., PASCOALINO J.A.L., SAKO H., DE SÁ DANTAS J.P. & MORAES M.F. Soybean yield gap in the areas of yield contest in brazil. **International Journal of Plant Production**, v. 12, p. 159-168, 2018.
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.35, n.3, p.271-276. 2013.
- GALIANO S.G. G., GIMENEZ P.O. & GIRALDO-OSORIO J.D. Assessing nonstationary spatial patterns of extreme droughts from long-term high-resolution observational dataset on a semiarid basin (spain). **Water (Switzerland)**, v. 7, p. 5458-5473, 2015.
- GEISENHOF, L. O.; OLIVEIRA, F. C. D.; BISCARO, G. A.; ALMEIDA, A. C. D. S.; SCHWERZ, F. Yield of single-head broccoli under different irrigation systems. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 863-874, 2015.
- KOETZ, M., MASCA, M. G. C. C., CARNEIRO, L. C., RAGAGNIN, V. A., DE SENA JÚNIOR, D. G., GOMES FILHO, R. R. Caracterização agrônômica e °brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 1, p. 14-22. 2010.
- LIU, H.; DUAN, A. W.; LI, F. S.; SUN, J.-S.; WANG, Y. C.; SUN, C. T. Drip irrigation scheduling for tomato grown in solar greenhouse based on pan evaporation in North China Plain. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 12, p. 520-531, 2013.
- LIU, R.; YANG, Y.; WANG, Y.-S.; WANG, X.-C.; RENGEL, Z.; ZHANG, W.-J.; SHU, L.-Z. Alternate partial root-zone drip irrigation with nitrogen fertigation promoted tomato growth, water and fertilizer-nitrogen use efficiency. **Agricultural Water Management**, v. 233, p. 106049, 2020.

- LOPES, C.A.; MAROUELLI, W.A.; CAFÉ FILHO, A.C. **Associação da irrigação com doenças de hortaliças**. Revisão Anual de Patologia de Plantas, v. 145, p. 151-179, 2006.
- MAROUELLI, W.A.; MEDEIROS, M.A.; SOUZA, R.F.; RESENDE, F.V. Produção de tomateiro orgânico irrigado por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e consorciado com coentro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 429-434, 2011.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R. da; SILVA, W.L.C. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 24, 2012.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R.; MORETTI, C.L. **Efeito da época de suspensão da irrigação na produção e qualidade de frutos de tomate para processamento**. Embrapa, 18 p., 2007. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).
- MARTIN, T. N.; MARCHESE, J. A.; SOUSA, A. K. F. D.; CURTI, G. L.; FOGOLARI, H.; SANTOS, V. D. C. D. Uso do software ImageJ na estimativa de área foliar para a cultura do feijão. **Interciencia**, v. 38, n. 12, p. 843-848, 2013.
- NUNHEMS. Tomate processamento. 2021. Disponível em https://www.nunhems.com/br/pt/Varieties/TOP_tomato-processing.html Acesso em: 10 março 2021.
- OLIVEIRA, L. B.; RIBEIRO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; RODRIGUES J. J. V.; MARQUES, F.A. Função de pedotransferência para predição da umidade retida a potenciais específicos em solo do estado pernambucano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26 p. 315 – 323, 2002.
- OMETTO, J.C. Bioclimatologia Vegetal. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 440p.
- PALARETTI, L.F.; MANTOVANI, E.C.; SILVA, D.J.H.D.; CECON, P.R. Soma térmica para o desenvolvimento dos estádios do tomateiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 6, p. 240-246, 2012.
- PATANÈ C., TRINGALI S. & SORTINO O. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid mediterranean climate conditions. **Scientia Horticulturae**, v 129, p. 590-596, 2011.
- SENA, C. C.; ALVES JÚNIOR, J.; DOMINGOS, M. V. H.; ANTUNES JUNIOR, E. J.; BATTISTI, R.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D. Calibração do sensor capacitivo de umidade do solo EC-5 em resposta a granulometria do solo. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n.4, p.17228-17240, 2020.

- SOARES, L.A.A.; BRITO, M.E.B.; SILVA, E.C.B.; SÁ, F.V.S.; ARAÚJO, T.T. Componentes de produção do tomateiro sob lâminas de irrigação nas fases fenológicas. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 3, p. 84-90, 2013.
- TAYLOR, R.; ZILBERMAN, D. Diffusion of Drip Irrigation: The Case of California. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 39, p. 16-40, 2017.
- TRANI, P.E.; CARRIJO, O.A. **Fertirrigação em hortaliças**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2004. 58 p. (Boletim Técnico, 196).
- ZOTARELLI, L.; SCHOLBERG, J.M.; DUKES, M.D.; MUÑOZ-CARPENA, R.; ICERMAN, J. Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 23-34, 2009.
- WU, Y.; YAN, S.; FAN, J.; ZHANG, F.; XIANG, Y.; ZHENG, J.; GUO, J. Responses of growth, fruit yield, quality and water productivity of greenhouse tomato to deficit drip irrigation. **Scientia Horticulturae**, v. 275, p. 109710, 2021.

5 FATORES AMBIENTAIS RESPONSÁVEIS PELO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL NO CERRADO GOIANO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a variável meteorológica com maior influência e contribuição no crescimento e produtividade do tomate para processamento industrial no cerrado goiano para quatro híbridos. Os dados de campo, variáveis morfológicas e meteorológicas, foram coletados em cinco locais, nos municípios de Hidrolândia, Itaberaí, Palmeiras de Goiás, Piracanjuba e Silvânia no ano de 2020. Os caracteres morfológicos foram altura de planta, número de ramos e índice de área foliar (IAF). As variáveis meteorológicas utilizadas foram a temperatura média do ar, a irradiância solar global, soma térmica e disponibilidade hídrica do solo. Foram realizadas correlações de Pearson, correlações canônicas e regressão multivariada de *Stepwise* entre os caracteres morfológicos e variáveis meteorológicas. Foi constatado que a disponibilidade hídrica no solo é a variável de maior influência na cultura do tomate para processamento industrial, contribuindo com 86,1% do crescimento em altura da planta e em 79,7 % do índice de área foliar e na sequência a temperatura média do ar que influenciou em 34% no aumento do número de ramos. Conclui-se, desta forma, que o correto manejo de irrigação é fundamental para o crescimento e desenvolvimento da cultura e aumento da eficiência no uso da água.

Palavra-chave: *Solanum lycopersicum*; irrigação; regressão múltipla; correlação canônica.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the meteorological variable with the greatest influence and contribution on the growth and productivity of industrial tomato in the cerrado of Goiás for four hybrids. Field data, morphological and meteorological

variables, were collected in five locations, in the municipalities of Hidrolândia, Itaberaí, Palmeiras de Goiás, Piracanjuba and Silvânia in the year 2020. The morphological characters were plant height, number of branches and area index. leaf (IAF). The meteorological variables used were the average air temperature, the global solar irradiance, the thermal sum. Soil water availability was also evaluated. Pearson correlations, canonical correlations and Stepwise multivariate regression were performed between morphological characters and meteorological variables. It was found that water availability in the soil is the variable with the greatest influence on the industrial tomato crop, contributing with 86.1% of the plant height growth and 79.7% of the leaf area index and, subsequently, the average temperature. of the air that influenced in 34% in the increase of the number of branches. In this way, it is concluded that the correct irrigation management is fundamental for the growth and development of the culture and increase of the efficiency in the use of water..

Key words: Solanum lycopersicum; irrigation; multiple regression; canonical correlation.

5.1 INTRODUÇÃO

A produção de tomate está fortemente condicionada ao ambiente e pode variar seu crescimento e desenvolvimento em função de características genotípicas e de condições meteorológicas locais (Rocco & Morabito, 2016). No qual se destacam a radiação solar, temperatura do ar (Pathak & Stoddard, 2018), e a disponibilidade hídrica (Mesquita et al., 2019a; Mesquita et al., 2019b), como as principais variáveis que influenciam no crescimento e desenvolvimento da cultura.

A radiação solar tem um papel fundamental no desenvolvimento da cultura pois impulsiona a fotossíntese pelo aumento da evapotranspiração, aumentando o rendimento dos cultivos. O aumento da eficiência no uso da radiação proporciona ganhos na produtividade (Yang et al., 2019). Porém, a alta intensidade de radiação solar tem efeito negativo sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas, devido a saturação das folhas do dossel superior das plantas, com redução na estatura e área foliar da cultura (Lopez-Marin et al., 2011; Ilic et al., 2014; Holzman et al., 2018; Yang et al., 2019). Além do efeito negativo no crescimento e desenvolvimento do tomateiro, a radiação em excesso causa a aceleração da senescência foliar e diminui a retenção de folhas que protegem os

frutos contra a radiação, afetando assim, além da produtividade, a qualidade dos frutos (Goto et al., 2021).

A temperatura do ar tem um papel fundamental no crescimento e desenvolvimento do tomateiro, alterando a fenologia da cultura (Pathak & Stoddard, 2018), afetando a taxa de crescimento, a duração do ciclo e de cada um dos estádios de desenvolvimento e influenciando no rendimento da cultura (Floss, 2011).

O tomateiro é uma cultura muito exigente em água. O déficit e o excesso hídrico são os principais fatores que afetam a produtividade e a qualidade da produção de tomates (Mesquita et al., 2019a; Mesquita et al., 2019b). O déficit hídrico nas fases de pagamento pode gerar a morte de plantas. Na fase de crescimento vegetativo o déficit hídrico moderado pode ser benéfico contribuindo para o crescimento radicular e na fase reprodutiva o déficit hídrico pode provocar o abortamento de flores e diminuição no tamanho de frutos. Já para o excesso hídrico em ambas as fases provoca a desoxigenação das raízes, acarretando a morte de plantas e aparecimento de doenças, além da lixiviação de nutrientes (Silva et al. 2006).

A radiação solar tem um papel fundamental no desenvolvimento da cultura pois impulsiona a fotossíntese pelo aumento da evapotranspiração, aumentando o rendimento dos cultivos. O aumento da eficiência no uso da radiação proporciona ganhos na produtividade (Yang et al., 2019). Porém, a alta intensidade de radiação solar tem efeito negativo sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas, devido a saturação das folhas do dossel superior das plantas, com redução na estatura e área foliar da cultura (Lopez-Marin et al., 2011; Ilic et al., 2014; Holzman et al., 2018; Yang et al., 2019). Além do efeito negativo no crescimento e desenvolvimento do tomateiro, a radiação em excesso causa a aceleração da senescência foliar e diminui a retenção de folhas que protegem os frutos contra a radiação, afetando assim, além da produtividade, a qualidade dos frutos (Goto et al., 2021).

O crescimento e desenvolvimento de plantas e, por consequência, a produtividade de culturas, está associado a inúmeros fatores bióticos e abióticos dos quais se destacam os elementos meteorológicos (Schwerz, 2018). O efeito dos elementos meteorológicos sobre as culturas pode ser analisado por meio de técnicas estatísticas, das quais pode-se destacar a regressão pelo método de *Stepwise*. O método consiste em testar variáveis independentes quanto sua inserção ou remoção nas equações, utilizando como critérios a significância estatística e o coeficiente de correlação entre as variáveis dependentes e independentes (Fiorentin et al., 2015).

Devido a carência de informações do grau de influência de cada variável meteorológica no crescimento e desenvolvimento do tomateiro. Tendo como hipótese que a temperatura do ar é o principal elemento responsável pelo crescimento e produtividade de tomate para processamento industrial, esse estudo teve por objetivo determinar e quantificar a influência das variáveis meteorológicas no crescimento do tomate cultivado em diferentes locais do cerrado goiano, a partir da correlação canônica entre caracteres morfológicos e variáveis meteorológicas, bem como determinar modelos de regressão linear a partir das variáveis para cada caractere envolvido de forma individual.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido por meio de coletas em cinco áreas de produção de tomate para processamento industrial, conduzido de março de 2020 a setembro de 2021. As áreas de cultivo foram: Hidrolândia, sob as coordenadas geográficas 17°02'30" S – 49°06'35" O e altitude de 914 m; Itaberaí, 16°01'37" S – 49°43'20" O, e altitude de 701 m; Palmeiras de Goiás, 16°41'12" S – 49°53'52" O, e altitude de 596 m; Piracanjuba, 17°24'05" S – 48°51'58" O, e altitude de 740 m; e Silvania, 16°45'46" S – 48°39'35" O, e altitude de 999 m.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo Aw, clima tropical com estação seca no inverno para ambos os locais (Figura 5.1). A temperatura média anual do ar é de 21°C, variando entre 0 e 38°C e precipitação pluviométrica acumulada de 1400 - a 1900 mm (Alvares et al., 2013). O solo em ambos os locais foi classificado como latossolo vermelho distrofico (Embrapa, 2006) tendo como características uma alta concentração de argila variando de 33 a 46 % até os 50 cm de profundidade, e uma densidade do solo média variando de 1.2 a 1.4 g cm⁻³ em média até is 50 cm de profundidade (Tabela 5.1).

Figura 5.3. Normais climatológicas para o estado de Goiás, com evapotranspiração (mm) e radiação solar (MJ m^{-2}) acumulada mensal (A); precipitação pluviométrica acumulada (mm) e temperaturas médias, máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$) (B).

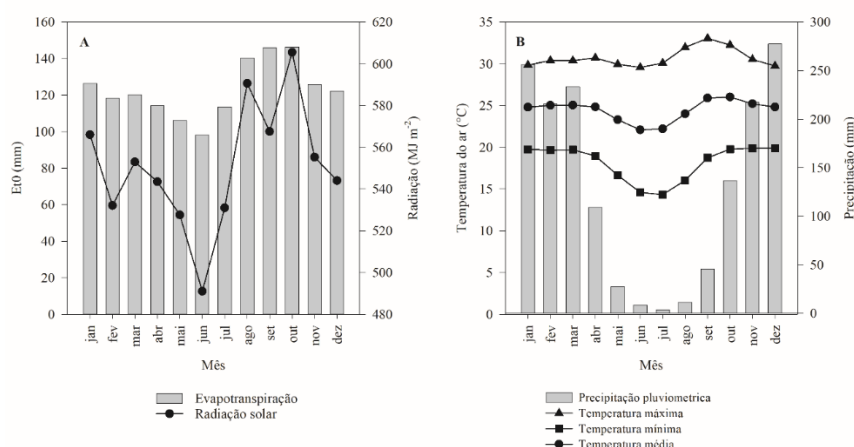


Tabela 5.1. Características físicas médias do solo até 50 cm de profundidade, em Hidrolândia, Itaberaí, Palmeiras de Goiás, Piracanjuba e Silvânia.

Local	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Densidade (g cm^{-3})
Hidrolândia	55,8	5,8	38,4	1,4
Itaberaí	50,9	15,7	33,4	1,3
Palmeiras de Goiás	38,8	14,3	46,9	1,2
Piracanjuba	57,4	7,6	35,0	1,3
Silvânia	44,8	16,4	38,8	1,2

Os híbridos utilizados foram H-1301, HM-7885, CVR-2909 e N-901. O transplântio foi realizado em Palmeiras de Goiás no dia 15 de março, Hidrolândia no dia 25 de março, Piracanjuba no dia 15 de maio, Silvânia no dia 20 de maio, e Itaberaí no dia 23 de maio. As mudas foram transplantadas com 45 dias de idade. Para o plantio, foi realizada a sulcagem da área a 0,15 m de profundidade em linhas duplas espaçadas de 0,60 x 1,20 m, com plantas distantes entre si a cada 0,37 m, totalizando uma população de 30 mil plantas por hectare.

A cada 14 dias foram realizadas avaliações biométricas destrutivas, nas quais foram coletadas 10 plantas em cada local, armazenadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório do departamento de engenharia de biosistemas da Universidade Federal de Goiás. Em cada coleta, foi realizado o aferimento da área foliar para determinação do índice de área foliar, altura de planta e número de ramos; estes são os principais caracteres determinantes da produtividade do tomateiro (Agbna et al. 2017). A área foliar foi aferida com auxílio do software Imagej®, no qual as folhas foram fotografadas e submetidas ao

programa para reconhecimento e processamento da área (Zárate-Salazar et al., 2018; Silva et al., 2018).

Os dados de irradiância solar global, temperatura do ar (mínima, média e máxima), umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação pluviométrica foram obtidos junto a estações meteorológicas automáticas (Metos®), instaladas em cada local, distantes em média a 50 metros da área de cultivo. Os dados de irrigação foram obtidos com instalação de pluviômetros automáticos dentro de cada área de cultivo, coletados com datalogers da Novus®, com intervalo de leitura de 10 minutos.

Todos os manejos de irrigação, adubação e fitossanitários seguiram protocolos da Cargil alimentos, e acompanhadas por um técnico agrônomo da empresa presente periodicamente na área de cultivo.

A soma térmica diária foi determinada considerando a temperatura basal inferior (Tb) de 10 °C e a temperatura basal superior (TB) de 34 °C, valor utilizado por Pivetta et al. (2007) e Palaretti et al. (2012), sendo os Graus Dia (GD_i) obtidos pelas seguintes equações (Ometto, 1981):

Para dias em que TB > TM > Tm > Tb:

$$GD_i = Tm - Tb$$

Quando TB > TM > Tb > Tm:

$$GD_i = \frac{(TM - Tb)^2}{2(TM - Tm)}$$

Quando Tb > TM:

$$GD_i = 0$$

Quando TM > TB > Tm > Tb:

$$GD_i = \frac{2 \cdot (TM - Tm) \cdot (Tm - Tb) + (TM - Tm)^2 - (TM - TB)}{2 \cdot (TM - Tm)}$$

Quando TM > TB > Tb > Tm:

$$GD_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{(TM - Tb)^2 - (TM - TB)^2}{(TM - Tm)}$$

em que: GD_i é a soma de graus-dia do dia em °C, TM e Tm representam a temperatura máxima e mínima do dia, respectivamente, em °C e Tb e TB temperatura basal inferior e superior, respectivamente.

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando o software Statistical Analysis System, versão 9.0 (SAS, 2002). Inicialmente, foram testados os pressupostos estatísticos normalidade, linearidade e multicolinearidade ($p < 0.05$).

Foram estimados os coeficientes de Pearson entre todas as variáveis. Para verificar se houve ou não evidências para rejeitar H_0 , foi utilizado o teste qui-quadrado (Cruz, 2013). Após, foi procedido a análise de regressão linear pelo método de *Stepwise* ($p \leq 0.15$) e identificado a contribuição de cada variável dentro do caractere, calculada a partir do coeficiente de determinação parcial. Para tanto, as variáveis meteorológicas foram consideradas variáveis de entrada independentes e os caracteres morfológicos foram considerados variáveis dependentes, sendo testados todas as interações entre variáveis meteorológicas e caracteres morfológicos.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos testes de multicolinearidade foram selecionados apenas as variáveis altura de planta, número de ramos e índice de área foliar, como variáveis morfológicas e a soma térmica acumulada, temperatura média, radiação solar acumulada e disponibilidade hídrica (chuva mais irrigação), como variáveis meteorológicas.

A temperatura média variou de 21 a 21,8 °C entre os locais (Figura 5.2), o que a deixa dentro da temperatura considerada ótima para a cultura que é de 18,5 a 29,5 °C (Ayenan et al. 2019). A radiação acumulada variou de 1858,6 a 2122,8 MJ m⁻² ciclo⁻¹ (Figura 5.3). A soma térmica acumulada variou de 1398 a 1467,6 graus dia (Figura 5.3), corroborando com Alves Junior et al. (2021) que encontraram uma variação de 1127,1 a 1605 graus dias. A disponibilidade hídrica durante o ciclo foi de 308,9 a 448 mm (Figura 5.2), afetando diretamente no crescimento da planta (Tabela 5.2), sendo que para Alves Junior et al. (2021) o consumo hídrico do tomate para processamento industrial é em média de 351 mm durante o ciclo da cultura para as condições da região em estudo.

Figura 5.4. Temperatura média do ar e disponibilidade hídrica (precipitação e irrigação), durante o ciclo da cultura, em dias após o transplantio (DAT), em Hidrolândia (A), Itaberaí (B), Palmeiras de Goiás (C), Piracanjuba (D) e Silvânia (E).

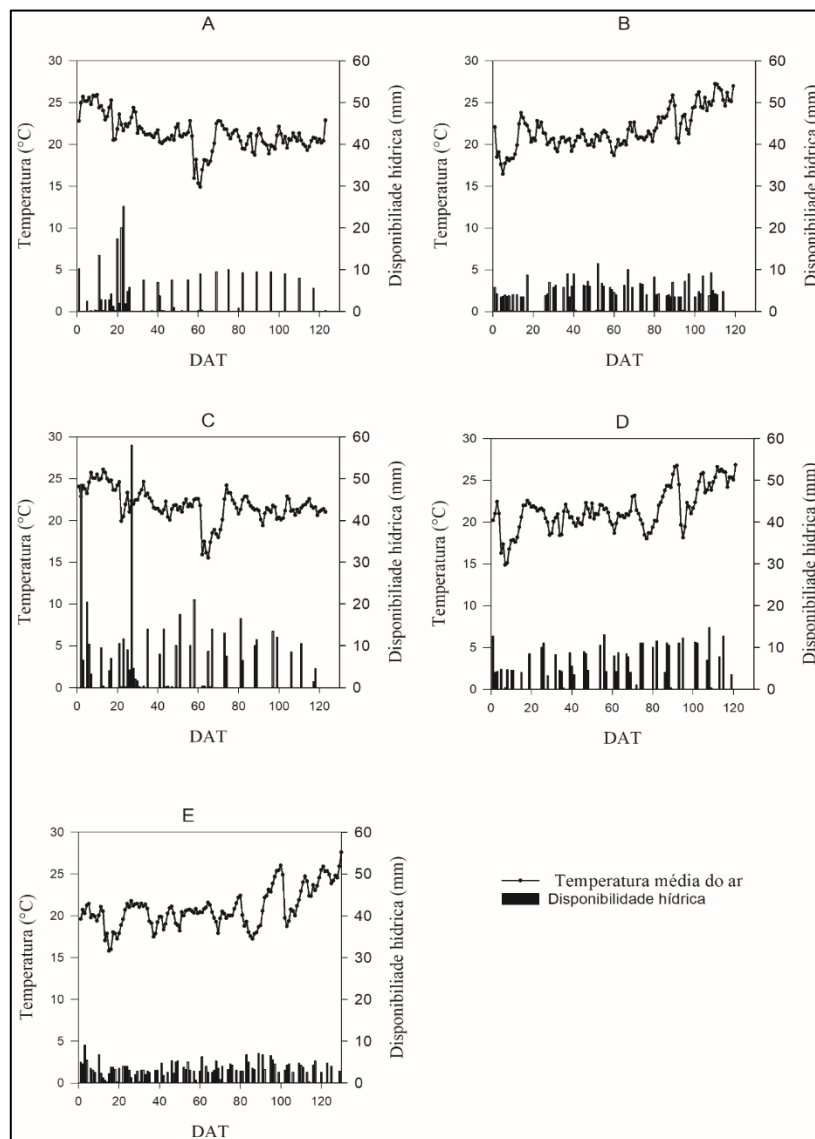
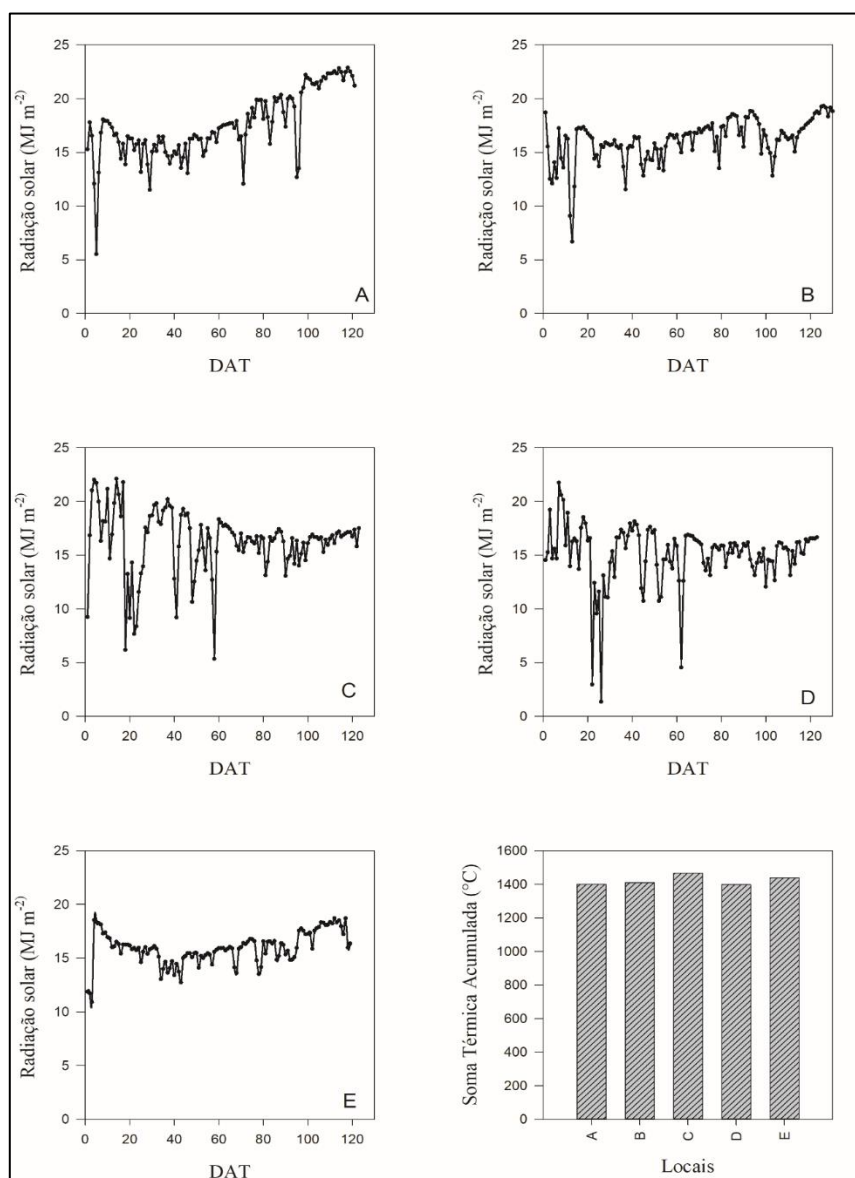


Figura 5.5. Radiação solar e soma térmica acumulada durante o ciclo da cultura, em dias após o transplântio (DAT), em Hidrolândia (A), Itaberaí (B), Palmeiras de Goiás (C), Piracanjuba (D) e Silvânia (E).



Na análise da correlação de Pearson (Tabela 5.2), verifica-se que a variável meteorológica com maior correlação com as variáveis morfológicas responsáveis pela produtividade do tomateiro é a disponibilidade hídrica, com uma correlação de 0,74 com a altura de planta e índice de área foliar (IAF). Tal constatação corrobora com Zhang et al. (2020), Mesquita et al. (2019a) e Mesquita et al. (2019b), que encontraram uma relação direta entre a disponibilidade de água com a altura de planta e o índice de área foliar, encontrando maior altura de planta e índice de área foliar com o aumento da disponibilidade hídrica, características que refletem diretamente na produtividade.

Tabela 5.2. Correlação de Pearson entre os caracteres morfológicos e as variáveis meteorológicas, para o tomate para processamento industrial no cerrado goiano.

Variáveis		Correlação	Grau da correlação	Valores p
Altura	STA	0,43	Regular	0,001**
	Tméd	0,41	Regular	0,002**
	Rad	-0,47	Regular	0,002**
	água	0,74	Forte	0**
Número de Ramos	STA	0,16	Fraca	0,254
	Tméd	0,05	Fraca	0,711
	Rad	-0,06	Fraca	0,690
	água	0,20	Fraca	0,152
IAF	STA	0,38	Regular	0,005**
	Tméd	0,27	Fraca r	0,049
	Rad	-0,18	Fraca	0,207
	água	0,74	Forte	0**

STA = Soma térmica acumulada; Tméd = temperatura média do ar; Rad = Radiação solar; Água = Disponibilidade hídrica.

A análise de correlação canônica (Tabela 5.3), revelou efeito significativo para o 1º par canônico com coeficiente $r = 0,91$, revelando que a associação entre as variáveis meteorológicas e os caracteres morfológicos. Dessa forma, a modificação nas variáveis meteorológicas influenciou diretamente nos caracteres morfológicos e, consequentemente, afetou a produtividade. No primeiro par canônico, o índice de área foliar obteve o maior valor absoluto, sendo ele positivo e de 0,95, revelando uma relação positiva com a disponibilidade hídrica, soma térmica acumulada e temperatura média do ar em ordem de relevância e relação negativa com a radiação solar acumulada durante o ciclo.

Tabela 5.3. Cargas canônicas para os caracteres determinantes da produtividade do tomate para processamento industrial no cerrado goiano.

Variáveis	Grupo I		
	1 ^o *	2 ^o	3 ^o
Altura	0,89	0,42	0,16
Número de Ramos	0,37	-0,02	0,93
IAF	0,95	-0,30	0,07
	Grupo II		
	1 ^o *	2 ^o	3 ^o
STA	0,47	0,22	0,14
Tméd	0,42	0,52	-0,74
Rad	-0,37	-0,90	0,22
água	0,90	0,18	-0,37
r	0,91	0,50	0,28
GL	12	6	2

* Par canônico significativo pelo teste do qui-quadrado a 5%; IAF = índice de área foliar; STA = Soma térmica acumulada; Tméd = temperatura média do ar; Rad = Radiação solar; Água = Disponibilidade hídrica.

Na regressão pelo método de Stepwise, a variável água foi a primeira a ser selecionada e com maior contribuição nos modelos. A radiação solar foi a variável com menor participação e contribuição nos modelos. Isso corrobora com Zhang et al. (2020) e Agbna et al. (2017), para os quais o suprimento de água tem efeito significativo no crescimento da cultura, principalmente no caractere altura de planta e com efeito consequente na produtividade, fato esse que se comprovou no estudo realizado no qual plantas com maior envergadura obtiveram maior produtividade de frutos.

Observando as equações pelas regressões de Stepwise, é possível afirmar que a produtividade do tomate para processamento industrial não é afetada por apenas uma variável, mas por uma combinação de variáveis, como pode ser observado nos modelos (Tabela 5.4). Tal verificação corrobora com Schwerz et al. (2018) e Knapp et al. (2021), que encontraram resultados similares no qual um conjunto de variáveis meteorológicas determinam o crescimento e desenvolvimento da cultura.

Tabela 5.4. Modelos de regressão para os caracteres morfológicos altura de planta, número de ramos e índice de área folha, determinantes da produtividade do tomate para processamento industrial no cerrado goiano.

Variável	Equação de regressão	R ²	Contribuição
Altura	$0,040418 * (1,52892 * \text{água} - 1,08441 * T_{\text{méd}} - 0,6167 * \text{rad} - 0,51209 * \text{STA})$	0,97	Água = 86,1% T _{méd} = 5,2% Rad = 1,8% STA = 4,5%
Número de ramos	$0,04258 * (0,9414 * \text{água} - 0,75563 * T_{\text{méd}})$	0,6	Água = 25,5% T _{méd} = 34,5%
IAF	$0,0071 * (1,73621 * \text{água} - 0,89096 * T_{\text{méd}} - 0,43313 * \text{STA})$	0,98	Água = 79,7% T _{méd} = 12,1% STA = 6,5%

STA = Soma térmica acumulada; T_{méd} = temperatura média do ar; Rad = Radiação solar; Água = Disponibilidade hídrica.

A partir da análise de correlação de Pearson (Tabela 5.2), correlações canônicas (Tabela 5.3) e regressão de Stepwise (Tabela 5.4), é possível afirmar que a disponibilidade hídrica é a principal variável no desenvolvimento e produtividade do tomate para processamento industrial nas condições do cerrado goiano. Dessa forma, o manejo de irrigação é responsável por 86,1% do crescimento da planta em altura e 79,7% do índice de área foliar, o que demonstra a importância do manejo correto da irrigação na cultura. Os resultados corroboram com Mesquita et al. (2019a) e Agele et al. (2011), no qual a área foliar e a altura de plantas são afetadas pela disponibilidade hídrica, sendo primordial um manejo correto a irrigação para aumentar a produtividade e a eficiência no uso dos recursos hídricos.

5.4 CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos rejeitou-se a hipótese inicial no qual se pressupunha que a temperatura do ar era a principal variável que afeta o crescimento do tomate para processamento industrial e, por consequência, sua produtividade

Os resultados mostram a importância do manejo correto da irrigação na cultura do tomate para processamento industrial. O crescimento da planta responde positivamente ao suprimento de água que é responsável por 86,2% da altura de plantas e 79,6% do índice

de área foliar. Por outro lado, mostrou a baixa influência das demais variáveis meteorológicas durante o período de implantação da cultura.

5.5 REFERÊNCIAS

- AGBNA, G. H. D.; DONGLI, S.; ZHIPENG, L.; ELSHAIKH, N. A.; GUANGCHENG, S.; TIMM, L. C. Effects of deficit irrigation and biochar addition on the growth, yield, and quality of tomato. **Scientia Horticulturae**, v. 222, p. 90-101, 2017.
- AGELE, S. O.; IREMIREN, G. O.; OJENIYI, S. O. Evapotranspiration, water use efficiency and yield of rainfed and irrigated tomato. **International journal of agriculture & biology**, v. 13, p. 469-476, 2011.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES JUNIOR, J.; SENA, C. C. R.; DOMINGOS, M. V. H.; KNAPP, F. M.; ALMEIDA, F. P.; BATTISTI, R.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P. Diagnosis of Irrigation Management in the Industrial Tomato Crop in Goiás, Brazil. **Chemical Engineering Transactions**, Milão, v. 87, p. 415-420, 2021.
- AYENAN, M. A. T.; DANQUAH, A.; HANSON, P.; AMPOMAH-DWAMENA, C.; SODEDJI, F. A. K.; ASANTE, I. K.; DANQUAH, E. Y. Accelerating Breeding for Heat Tolerance in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.): An Integrated Approach. **Agronomy**, v. 9, p. 720, 2019.
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276. 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA SPI, 2006. 306 p.
- FIORENTIN, L. D.; CORTE, A. P. D.; SANQUETA, C. R.; BEHLING, A. Quantificação e modelagem de biomassa e carbono da regeneração natural em área de floresta ombrófila mista. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 33, p. 261-267. 2015.
- FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. 5. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo. 743 p. 2011.

- GOTO, K.; YABUTA, S.; SSENYONGA, P.; TAMARU, S.; SAKAGAMI, J.-I. Response of leaf water potential, stomatal conductance and chlorophyll content under different levels of soil water, air vapor pressure deficit and solar radiation in chili pepper (*Capsicum chinense*). **Scientia Horticulturae**, v. 281, p. 109943, 2021.
- HOLZMAN, M.E.; CARMONA, F.; RIVAS, R.; NICLÒS, R. Early assessment of crop yield from remotely sensed water stress and solar radiation data. **Journal of photogrammetry and remote sensing**, v. 145, p. 297-308, 2018.
- ILIC, Z. S.; MILENKOVIC, L.; SUNIC, L.; FALLIK, E. Effect of coloured shade-nets on plant leaf parameters and tomato fruit quality. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 95, n. 13, p. 2660-7, 2015.
- LOPEZ-MARIN, J.; GALVEZ, A.; GONZALEZ, A. Effect of shade on quality of greenhouse peppers. **Acta Horticulturae**, v.893, p.895-900, 2011.
- KNAPP, F.M.; SGARBOSSA, J.; NARDINI, C.; SCHMIDT, D.; TIBOLLA, L.B.; MEDEIROS, S.L.P.; CARON, B.O. Meteorological factors responsible for the growth and development of sugarcane at two locations in Rio Grande do Sul, Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.51, 2021.
- MESQUITA, M., MACHADO, A. L. P., SANTOS, A. P., SILVA, M. V., OLIVEIRA, H. F. E., BATTISTI, R., NASCIMENTO, A. R. Assessing the effects of deficit irrigation techniques on yield and water productivity of processing tomato. **Chemical Engineering Transactions**, v. 75, p. 181-186. 2019a.
- MESQUITA, M., SANTOS, A. P., MACHADO, A. L. P., OLIVEIRA, H. F. E., CASAROLI, D., ALVES JUNIOR, J. Qualitative characteristics of processing tomato cultivated under water deficit induced in the vegetative growth stage. **Chemical Engineering Transactions**, v. 75, p. 175-180. 2019b.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 440 p.,1981.
- PALARETTI, L. F.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. J. H. D.; CECON, P. R. Soma térmica para o desenvolvimento dos estádios do tomateiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 6, p. 240-246, 2012.
- PATHAK, T. B.; STODDARD, C. S. Climate change effects on the processing tomato growing season in California using growing degree day model. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 4, n. 2, p. 765-775, 2018.

- PIVETTA, C. R.; TAZZO, I. F.; MAASS, G. F.; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B. Leaf emergence and expansion in three tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1274-1280, 2007.
- ROCCO, C. D.; MORABITO, R. Production and logistics planning in the tomato processing industry: A conceptual scheme and mathematical model. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 127, p. 763-774, 2016.
- SAS, Copyright (c) 2002-2010 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2002.
- SCHWERZ, F.; MEDEIROS, S. L. P.; ELLI, E. F.; ELOY, E.; SGARBOSSA, J.; CARON, B. O. Plant growth, radiation use efficiency and yield of sugarcane cultivated in agroforestry systems: An alternative for threatened ecosystems. **Anais da academia brasileira de ciências (online)**, v. 90, p. 3265-3283, 2018.
- SILVA, J. R. D.; HELDMEIN, A. B.; SALVADÉ, D. M.; PUHL, A. J.; AMARANTE, A. A. D.; BRIXNER, G. F. Estimativa de área foliar da camomila com uso do imageJ. **Revista da jornada da pós-graduação e pesquisa**. v. 15, n. 15, 2018.
- ZHANG, C.; LI, X.; YAN, H.; ULLAH, I.; ZUO, Z.; LI, L.; YU, J. Effects of irrigation quantity and biochar on soil physical properties, growth characteristics, yield and quality of greenhouse tomato. **Agricultural Water Management**, v. 241, p. 106263, 2020.
- ZÁRATE-SALAZAR, J. R.; SANTOS, M. N.; SANTOS, J. N. B.; ISLA, F. L. Comparação de software de análise de imagem para determinação da área foliar. **Revista brasileira de meio ambiente**, v. 1, n. 3, p. 24-32, 2018.
- YANG, Y.; XU, W.; HOU, P.; LIU, G.; LIU, W.; WANG, Y.; ZHAO, R.; MING, B.; XIE, R.; WANG, K.; LI, S. Improving maize grain yield by matching maize growth and solar radiation. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 3635, 2019.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tomate para processamento industrial responde ao acumulado de graus dias sendo a média de graus dias acumulado na primeira época e segunda época, respectivamente, de 1394 e 1364 graus dias, e seu ciclo médio em dias de 124 e 116 dias do transplântio a maturação em ponto de colheita. Desta forma, realizar os manejos tanto de irrigação como os demais tratamentos culturais seguindo o acúmulo de graus dias é o ideal para aumentar a assertividade nos tratamentos e manejos da cultura.

Os sistemas de irrigação não mostraram economia na quantidade de água utilizada na cultura durante o ciclo, porém o sistema de irrigação por gotejo subsuperficial proporcionou menor período de duração de molhamento foliar. Devido ao menor molhamento foliar, houve menores problemas fitossanitários na cultura, fazendo com que as plantas mantivessem um índice de área foliar elevado por um período maior, retardando a senescência e abscisão foliar, proporcionando uma maior produtividade e aumentando a eficiência do uso da água neste sistema.

A disponibilidade hídrica mostrou-se a principal variável que afeta o crescimento e desenvolvimento da cultura sendo assim o manejo da irrigação trás impactos diretos a produtividade. O crescimento da planta respondeu positivamente ao suprimento de água, que é responsável por 86,2% da altura de plantas e 79,6% do índice de área foliar. Por outro lado, a temperatura média do ar, radiação solar e soma térmica acumulada mostraram baixa influência no crescimento e desenvolvimento da cultura.

A partir do estudo conclui-se que há uma grande lacuna de conhecimento a respeito da cultura do tomate para processamento industrial, no que tange ao efeito das variáveis meteorológicas sobre o desenvolvimento da cultura, como temperatura basal superior e inferior da cultura e efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre seu desenvolvimento e crescimento.

7 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration- Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **FAO**, Rome, v. 300, n. 9, 1998.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia** Lavras: Editora Universitária de Lavras: 2013.
- ALVES JÚNIOR, J.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D.; MESQUITA, M. **Irrigação por aspersão: orientações práticas para o planejamento e elaboração de projetos**. In: Agricultura Familiar em Goiás. 2018. p.143-185.
- ALVES JÚNIOR, J.; SENA, C. C. R. ; DOMINGOS, M. V. H.; KNAPP, F. M.; ALMEIDA, F. P.; BATTISTI, R.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A.W. P. Diagnosis of Irrigation Management in the Industrial Tomato Crop in Goiás, Brazil. **Chemical engineering transactions**, Milão, v. 87, p. 415-420, 2021.
- AYARS, J. E.; FULTON, A.; TAYLOR, B. Subsurface drip irrigation in California— Here to stay? **Agricultural Water Management**, v.157, p.39-47, 2015.
- BONISSONI, K. Pivôs alavancam produção de tomate em Goiás. **Revista Cultivar**. 17/09/2019. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/pivos-alavancam-producao-de-tomate-em-goias>. Acesso em: Dezembro de 2022.
- CARVALHO, C. R. F.; PONCIANO, J. P.; SOUZA, P.M.;SOUZA, C. L. M.; SOUZA, E. F.Economic feasibility and risk of tomato production in the minicipality of Cambuci/RJ, Brazil. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 44, n. 12, 2014.
- BRAGA, D.; RIBEIRO, C.; ZANIRATO, N.; GUTIERREZ, F.; PAZ, A. D. **Anuário HF Brasil: Retrospectiva 2021 & Perspectiva 2022**. Hortifruti Brasil, Piracicaba, ano 20, 47 p., 2021.
- BEUTLER, A.N. & CENTURION, J.F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, 38:849-856, 2003.
- FAOSTAT. Produtividades mundiais. 2020 Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> >. Acesso em: 07 abril 2022.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV: 2013.

- FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. 5. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 743 p. 2011.
- GAVA, R.; SILVA, E.E.; BAIO, F.H.R. Calibração de sensor eletrônico de umidade em diferentes texturas de solo. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 10, n. 2, p. 154-162, 2016.
- GIORDANO, L. B; SILVA, J. B. C. Clima e época de plantio. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Ed.). **Tomate para processamento industrial**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2000. p. 18-21.
- HASSAN-ESFAHANI, L.; TORRES-RUA, A.; JENSEN, A.; MCKEE, M. Assessment of Surface Soil Moisture Using High-Resolution Multi-Spectral Imagery and Artificial Neural Networks. **Remote Sensing**, v. 7, p. 627 – 646, 2015
- HIRATA, A. C. S.; HIRATA, E. K.; MONQUERO, P. A.; GOLLA, A. R.; NARITA, N. Plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do tomate em plantio direto. **Planta daninha**, v. 27, n. 3, p. 465-472, 2009.
- HUBER, S.; FENSHOLT, R.; RASMUSSEN, K. Water availability as the driver of vegetation dynamics in the African Sahel from 1982 to 2007. **Global and Planetary Change**, v. 76, n. 3, p. 186-195, 2011.
- IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. IBGE, 2022. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa> >. Acesso em: 25 março 2022.
- KOETZ, M., MASCA, M. G. C. C., CARNEIRO, L. C., RAGAGNIN, V. A., DE SENA JÚNIOR, D. G., GOMES FILHO, R. R. Caracterização agrônômica e °brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n.1, p. 14-22. 2010.
- LOPES, C.A.; MAROUELLI, W.A.; CAFÉ FILHO, A.C. **Associação da irrigação com doenças de hortaliças**. Revisão Anual de Patologia de Plantas, v. 145, p. 151-179, 2006
- LUTEROTTI, S.; BICANIC, D.; MARKOVI, K.; FRANKO, M. (2015). Carotenenes in processed tomato after thermal treatment. **Food Control**. v. 48, n. 4, p. 67-74, 2015.
- MAROUELLI, W.A.; MEDEIROS, M.A.; SOUZA, R.F.; RESENDE, F.V. Produção de tomateiro orgânico irrigado por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e consorciado com coentro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 429-434, 2011.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R. da; SILVA, W.L.C. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 24 p., 2012.

- MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R.; MORETTI, C.L. **Efeito da época de suspensão da irrigação na produção e qualidade de frutos de tomate para processamento**. Embrapa, 18 p., 2007. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).
- NUNES, M. U. C.; LEAL, M. L. S. Efeito da aplicação de biofertilizante e outros produtos químicos e biológicos, no controle da broca pequena do fruto e na produção do tomateiro tutorado em duas épocas de cultivo e dois sistemas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 53-56, 2001.
- PALARETTI, L. F; MANTOVANI, E. C, SILVA, D. J. H. D.; CECOM, P. R.. Soma térmica para o desenvolvimento dos estádios do tomateiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, n. 3, p. 240-246, 2012. ISSN 19827679.
- PATHAK, T. B.; STODDARD, C. S. Climate change effects on the processing tomato growing season in California using growing degree day model. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 4, n. 2, p. 765-775, 2018.
- RALLO, G.; PROVENZANO, G. Farm scale application of EMI and FDR sensors to measuring and mapping soil water content. **EGU General Assembly**, Vienna, v. 19, n. 4, p. 423, 2017
- ROCCO, C. D.; MORABITO, R. Production and logistics planning in the tomato processing industry: A conceptual scheme and mathematical model. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 127, p. 763-774, 2016.
- SCHWARZ, K; RESENDE, J. T. V. D.; PRECZENHAK, A. P.; PAULA, J. T. D.; FARIA, M. V.; DIAS, D. M. Desempenho agrônomo e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 410-418, 2013.
- SENTELHAS, P. C. ; BATTISTI, R. . **Clima e produtividade da soja: efeitos nas produtividades potencial, atingível e real**. Boletim de Pesquisa Fundação MT, v. 2015-2016, p. 18-43, 2015.
- SILVA, J. B. C. D. GIORDANO, L. D. B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. D. S.; FRANÇA, F. H.; BÔAS, G. L. V.; BRANCO, M. C.; MEDEIROS, M. A. D.; MAROUELLI, W.; SILVA, W. L. C.; LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C.; NASCIMENTO, W. M.; PEREIRAI, W.. Cultivo de tomate para industrialização. 2007. Disponível em: <
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/solos.htm> >. Acesso em: junho 2019.

- SOARES, L.A.A.; BRITO, M.E.B.; SILVA, E.C.B.; SÁ, F.V.S.; ARAÚJO, T.T. Componentes de produção do tomateiro sob lâminas de irrigação nas fases fenológicas. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 3, p. 84-90, 2013.
- SOUZA, J.M.; REIS, E.F.; BONOMO, R.; PEREIRA, L.R. Calibração de sonda tdr em um latossolo vermelho amarelo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 6, p. 1049-1055, 2016.
- TAYLOR, R.; ZILBERMAN, D. Diffusion of Drip Irrigation: The Case of California. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v.39, p.16-40, 2017.
- TRANI, P.E.; CARRIJO, O.A. **Fertirrigação em hortaliças**. Campinas: Instituto Agrônômico, (Boletim Técnico, 196). 58 p., 2004.
- TREICHEL, M.; CARVALHO, C. D.; FILTER, C. F.; BELING, R. **Anuário brasileiro do tomate**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 84 p., 2016.

ANEXOS

Anexo 1. Ilustração das fases: fase I (plantio ao pegamento) - o pegamento foi considerado quando uma nova folha foi emitida e atingiu 4 cm de comprimento (A); fase II (pegamento ao florescimento) - o florescimento foi considerado quando mais de 50% das plantas tinham flores em antese (B); fase III (fase reprodutiva ao início da maturação) - o início da maturação foi considerado quando foi observado o primeiro fruto com mudança de coloração (C); fase IV foi dividida em fase IVa (início da maturação até 50% dos frutos maduros), (D); e fase IVb (de 50% dos frutos maduros a 90% dos frutos maduros), (E).

A



B



C



D



E



Anexo 2. Análise de variância para duração das fases de desenvolvimento, em energia térmica acumulada (ST), e dias (Dias) de 12 híbridos de tomate do tipo indústria, Abadia de Goiás, (transplântio dia 31/03/2020, 1ª. Época).

FV	GL	Quadrado Médio					
		Fase I		Fase II		Fase III	
		ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias
Blocos	3	614.11	2.89	62.52	0.81	2598.01	24.11
Tratamento	11	128.83	0.61	775.59	7.36	1170.76	10.27
Resíduo	33	201.84	0.95	542.94	4.20	1095.58	9.87
CV (%)		13.10	13.60	6.11	6.41	6.23	6.31

FV	GL	Quadrado Médio					
		Fase IVa		Fase IVb		Ciclo total	
		ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias
Blocos	3	21.42	0.31	5831.42	61.25	1508.70	16.47
Tratamento	11	941.98	8.27	2085.68*	21.49*	3567.52**	35.11**
Resíduo	33	1059.93	9.70	756.16	7.69	734.65	7.32
CV (%)		12.54	11.88	23.87	29.06	1.94	2.17

** e * significativo a 1 e 5% respectivamente; ST, soma térmica acumulada na fase;

Dias, duração da fase em dias.

Anexo 3. Análise de variância para duração das fases de desenvolvimento em energia térmica acumulada (ST), e dias (Dias) de 12 híbridos de tomate do tipo indústria, Abadia de Goiás, (transplântio dia 25/05/2020, 2ª. Época).

FV	GL	Quadrado Médio					
		Fase I		Fase II		Fase III	
		ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias
Blocos	3	850.73	6.75	886.25	6.94	2607.15	17.69
Tratamento	11	319.91	2.27	559.63	4.64	1189.44	6.63
Resíduo	33	302.22	2.33	523.09	4.34	2214.66	11.63
CV (%)		23.20	19.56	8.04	7.93	8.52	6.76

FV	GL	Quadrado Médio					
		Fase IVa		Fase IVb		Ciclo total	
		ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias
Blocos	3	393.12	2.06	1410.46	4.41	1534.01	4.69
Tratamento	11	2628.65	11.61	758.59	2.88	1524.95	4.66
Resíduo	33	2066.11	9.21	1150.59	4.17	759.12	2.32
CV (%)		14.09	12.96	26.00	24.81	2.02	1.31

ST, soma térmica acumulada na fase; Dias, duração da fase em dias.

Anexo 4. Análise de variância para duração das fases de desenvolvimento em energia térmica acumulada (ST), e dias (Dias) de 12 híbridos de tomate do tipo indústria, em duas épocas de transplante em 31 de março e 26 de maio de 2020, Abadia de Goiás.

FV	GL	Quadrado Médio					
		Fase I		Fase II		Fase III	
		ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias
Híbridos (H)	11	154.92	0.92	1024.5	8.52	1771.97	12.00
Épocas (E)	1	27982.51**	7.04*	225466.94**	782.04**	11178.01**	12.04
H x E	11	157.31	1.04	350.59	3.47	588.52	4.90
Resíduo	72	243.05	1.57	527.85	4.24	1734.09	11.60
CV (%)		17.14	16.84	6.9	7.07	7.69	6.8

FV	GL	Quadrado Médio					
		Fase IV _a		Fase IV _b		Total	
		ST	Dias	ST	Dias	ST	Dias
Híbridos (H)	11	2647.19	15.56	1326.14	10.78	3738.30	26.78
Épocas (E)	1	9547663**	187.04**	5616.63	41.34	21771.34**	1725.51**
H x E	11	923.43	4.31	1518.13	13.59	1354.16	12.99*
Resíduo	72	1450.04	8.76	1175.67	8.17	811.42	5.30
CV (%)		13.08	11.93	27.91	32.17	2.06	1.91

** e * significativo a 1 e 5% respectivamente; ST, soma térmica acumulada na fase;

Dias, duração da fase em dias.

Anexo 5. Comparação de plantas de tomate para processamento industrial em irrigação sob pivô central (A, C, E) e gotejamento subsuperficial (B, D, F).

A



B



C



D



E

F

