

BRENO PEREIRA LOPES

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO DURANTE O ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DOS  
FRUTOS DO TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

L864m  
2010

Lopes, Breno Pereira, 1984-

Manejo da irrigação durante o estágio de maturação  
dos frutos do tomateiro para processamento industrial / Breno  
Pereira Lopes. – Viçosa, MG, 2010.

xii, 85f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Everardo Chartuni Mantovani.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Irrigação. 2. Tomate - Produtos. 3. Tomate - Processa-  
mento. 4. Tomate - Maturação. I. Universidade Federal de  
Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 631.587

BRENO PEREIRA LOPES

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO DURANTE O ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DOS  
FRUTOS DO TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL**

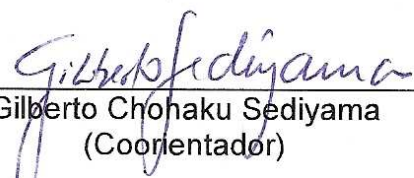
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 13 de dezembro de 2010.

  
\_\_\_\_\_  
Sânzio Mollica Vidigal

  
\_\_\_\_\_  
Márcio Mota Ramos

  
\_\_\_\_\_  
Rubens Alves de Oliveira

  
\_\_\_\_\_  
Gilberto Chohaku Sedyama  
(Coorientador)

  
\_\_\_\_\_  
Everardo Chartuni Mantovani  
(Orientador)

Aos meus pais, Osvaldo e Maria de Fátima.  
Aos meus irmãos, Faos, Iara e Ilana.  
Aos meus avôs, Mário e Geraldo (*in memoriam*).  
Às minhas avós, Geraldina e Benedita.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela oportunidade de viver, ter saúde e poder buscar sempre uma evolução.

Aos meus pais, pelo respaldo, carinho, incentivo que me oferecem e pelo alicerce que pra mim representam.

Aos meus irmãos, Faos (que me aconselhou e me auxiliou no desenvolvimento do trabalho), Iara e Ilana.

Ao professor Everardo, que cedeu a oportunidade deste estudo, confiando em minha capacidade. Pelos conselhos, orientações, pela amizade que conduz seus orientados e pelo exemplo profissional que é;

Ao pesquisador Waldir Marouelli, que me recebeu várias vezes na Embrapa para me aconselhar e orientar sobre meu trabalho, se tornando outro amigo. Ao professor Gilberto Sedyama, pelos conselhos e ensinamentos.

À indispensável amizade que tive dos colegas em Viçosa, entre eles os do curso de pós-graduação (Eugênio, Caio, Marcelo Rossi, Marcelo Paracatu, Gustavinho, Dani, Pallareti, Eduardo Fala Fina, Chicão, Gustavo Hadad, etc.) e os de república (Melão, Aurélio, Lekim, Leo, Tiuzinho, Toca, Gustavão, Bozo, Marcão Iuiu, Rafael Macaé, etc.).

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade e confiança.

À CAPES, pela bolsa de estudo.

À Graça, da Secretaria de Pós-Graduação, pela compreensão nos atrasos e pelo auxílio com paciência.

A Irriger, pela oportunidade e disponibilização dos seus recursos para condução deste trabalho, em especial ao Everardo e Hiran, pois sem essa ajuda seria impossível a finalização deste trabalho.

Aos amigos que trabalham na Irriger, Pedro Paulo, Rafael, Faos, Baiano, Hermes, Sandro, Caixetinha, Paracatu, Genim, Cowboy, Tibu, Alessandro, Aldão, Maurinho e todos os outros que aqui não estão relacionados.

À Fazenda Larga Grande, ao proprietário Renato Sorgato, ao gerente da Fazenda Maurício, e a todos os funcionários que me auxiliaram, pela confiança e disponibilização da área para realização do experimento.

À empresa Unilever e em especial aos funcionários da Fazenda Experimental (Weber, Tião, Gustavo, Fernando, João, Eduardo e todos os outros funcionários que me auxiliaram e colaboraram).

À Yara, pelo carinho e pelo estímulo na finalização do trabalho.

A todas as pessoas que me estimularam para o ingresso na pós-graduação e que me auxiliaram durante todo o processo, fazendo com que eu tivesse forças para ter sucesso na conclusão do curso.

## **BIOGRAFIA**

BRENO PEREIRA LOPES, filho de Osvaldo Pereira Lopes e Maria de Fátima Lopes, nasceu em 24 de novembro de 1984, em Indiara, Goiás.

Em março de 2003, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG, onde foi estagiário e bolsista de Iniciação Científica (Embrapa Café) no GESAI (Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada), concluindo-o em janeiro de 2008.

Em março de 2008, ingressou no Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Recursos Hídricos, no Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, Viçosa-MG, submetendo-se à defesa de dissertação em dezembro de 2010.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xi
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS.....	5
CAPÍTULO 1 - MANEJO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM PIVÔ CENTRAL DURANTE O ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS DO TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL .....	7
1. INTRODUÇÃO .....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.1. Área experimental.....	10
2.2. Tratos culturais .....	11
2.3. Tratamentos.....	11
2.3.1. Lâminas de irrigação .....	14
2.3.2. Suspensão da irrigação .....	14
2.3.3. Redução da evapotranspiração.....	15
2.4. Manejo da água de irrigação .....	15
2.5. Análise das propriedades físico-hídricas do solo.....	20
2.6. Variáveis analisadas .....	21



2.6.1. Produtividade de frutos comerciais, verdes, podres e com podridão apical .....	21
2.6.2. Número de frutos por planta .....	21
2.6.3. Teor de sólidos solúveis totais.....	21
2.6.4. Produtividade de polpa de tomate .....	22
2.6.5. Massa média de frutos comerciais .....	22
2.7. Análise estatística .....	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
3.1. Clima.....	23
3.2. Variáveis de produção .....	28
4. CONCLUSÕES .....	34
5. REFERÊNCIAS.....	35
CAPÍTULO 2 - MANEJO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM GOTEJAMENTO DURANTE O ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DO TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO .....	38
1. INTRODUÇÃO .....	38
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
2.1. Experimento.....	42
2.2. Tratos culturais .....	44
2.3. Tratamentos.....	44
2.3.1. Lâminas de irrigação .....	44
2.3.2. Suspensão da Irrigação.....	45
2.3.3. Redução da evapotranspiração.....	46
2.4. Sistema de irrigação .....	46
2.5. Manejo da água de irrigação .....	47
2.6. Análise das propriedades físico-hídricas do solo.....	51
2.7. Variáveis analisadas .....	52
2.7.1. Produtividade de frutos comerciais, verdes, podres e com podridão apical .....	52

2.7.2. Número de frutos por planta .....	53
2.7.3. Teor de sólidos solúveis totais.....	53
2.7.4. Produtividade de polpa de tomate .....	53
2.7.5. Massa média de frutos comerciais .....	53
2.8. Análise estatística .....	54
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	54
3.1. Clima e demanda da cultura .....	54
3.2. Variáveis de produção .....	59
4. CONCLUSÕES .....	71
5. REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICES .....	75
APÊNDICE A .....	76
APÊNDICE B .....	78

## RESUMO

LOPES, Breno Pereira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2010. **Manejo da irrigação durante o estágio de maturação dos frutos do tomateiro para processamento industrial.** Orientador: Everardo Chartuni Mantovani. Coorientadores: Gilberto Chohaku Sedyama e Waldir Aparecido Marouelli.

O desenvolvimento deste trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação aplicadas durante o estágio de maturação do tomateiro e promover um estudo de suspensão da irrigação em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. Este experimento teve duas áreas experimentais, sendo a primeira irrigada por um pivô central e instalada no município de Cristalina-GO e outra irrigada por gotejamento e instalada no município de Goiânia-GO. No experimento de Goiânia, foram utilizados três híbridos, ASTERIX, AP 533 E ISI 29616, sendo que em Cristalina utilizou-se apenas um, UG 8169. Os tratamentos para os dois experimentos foram os mesmos, sendo quatro lâminas de irrigação (L1, L2, L3 e L4 correspondendo a 25, 50, 75% e 100% da irrigação real necessária (IRN), respectivamente) e três suspensões de irrigação (S1, S2 e S3, sendo elas quando 20% de plantas continham pelo menos um fruto maduro, 10% de frutos completamente maduros e 95% de frutos completamente maduros, respectivamente). As variáveis avaliadas foram: produção de frutos maduros, apodrecimento de

frutos, frutos verdes, concentração de sólidos solúveis (Brix), peso de 100 frutos, número de frutos por parcela e produção de polpa de tomate. As temperaturas das áreas experimentais no decorrer dos experimentos foram ideais para o cultivo da cultura do tomateiro. Na área experimental de Goiânia, ocorreram precipitações (63 mm) fase final do cultivo do tomate, 11 dias antecedendo a colheita do experimento, o que provavelmente minimizou os efeitos dos tratamentos, sendo que na área experimental de Cristalina-GO, ocorreram precipitações (320 mm) no início do experimento, o que beneficiou o aparecimento de doenças, principalmente bacterianas. Para a área experimental de Cristalina, a lâmina de irrigação de 84,5% da IRN, foi a que propiciou a maior produtividade de frutos, 98,54 t/ha. Sendo que a suspensão mais próxima à colheita, 5 dias antes da colheita, proporcionou a maior produtividade de frutos maduros e o menor valor de sólidos solúveis. Já na área experimental de Goiânia os tratamentos com lâminas proporcionaram diferenças na produtividade de frutos e polpa apenas para o híbrido ISI29616, sendo que a maior produtividade de frutos maduros e polpa foram medidas nas lâminas de 89,3 e 100,0% da IRN, respectivamente. Em relação às suspensões de irrigações, o Brix foi a variável que teve diferença estatística para os três híbridos. Os tratamentos S1 e S2 não diferiram estatisticamente entre si e tiveram os maiores valores de Brix para os três híbridos.

## ABSTRACT

LOPES, Breno Pereira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2010. **Irrigation management during the maturation stage of the tomato fruits for processing industry.** Adviser: Everardo Chartuni Mantovani. Co-advisers: Gilberto Chohaku Sedyama and Waldir Aparecido Marouelli.

This study aimed to evaluate the effect of different irrigation water depths applied during the maturation stage of tomato and promote a study of the watering suspension at different stages of crop development. This experiment had two experimental areas, the first one was irrigated by center pivot and it was installed in the city of Cristalina, Goiás State, and the second one was drip irrigated and it was installed in the city of Goiânia, Goiás State. In the experiment of Goiânia, it was used three hybrids, ASTERIX, AP 533 and ISI 29616, and in Cristalina it was used only one, UG 8169. Treatments for both experiments were the same, with four irrigation water depths (L1, L2, L3 and L4 corresponding to 25, 50, 75% and 100% of the net irrigation depth (NID) respectively) and three irrigation suspensions (S1, S2 and S3, when 20% of plants contained at least one ripe fruit, 10% of fruits fully ripe and 95% of fully ripe fruit, respectively). The variables were: production of ripe fruit, rotting fruit, unripe fruits, soluble solids content (Brix), weight of 100 fruits, fruit number per plot and yield of tomato pulp. The temperatures of the experimental areas during the experiments were ideal for growing tomatoes. In the experimental

area of Goiânia, rainfalls (63 mm) occurred at the final stage of the tomato, 11 days preceding the harvest of the experiment, which probably minimized the effects of the treatments, and at the experimental area of Cristalina, rainfalls (320 mm) occurred at the beginning of the experiment, which benefited diseases, especially bacterial infections. For the experimental area of Cristalina, the irrigation of 84.5% of NID provided the greatest yield, 98.54 tons per hectare. The irrigation suspension 5 days before harvest resulted in the highest fruit yield and the lowest values of soluble solids. In the experimental area of Goiânia, the treatments of different irrigation water depths provided differences in fruit yield and pulp yield only for hybrid ISI 29616, and the highest fruit yield and pulp yield were measured in water depths of 89.3 and 100.0% of the NID, respectively. Regarding the irrigation suspension, the Brix was the variable that had statistical differences for the three hybrids. S1 and S2 did not differ among themselves and had the highest Brix values for the three hybrids.

## INTRODUÇÃO GERAL

A produção de derivados de tomate se tornou um segmento de alta importância sócio-econômica mundial. Segundo dados da World Processing Tomato Council (WPTC), a produção mundial de tomate para processamento no ano de 2009 foi de 42,47 milhões de toneladas, sendo que Estados Unidos, China e Itália são os principais produtores, com 12,07, 8,66 e 5,75 milhões de toneladas, respectivamente. A produção brasileira, no ano de 2009, representou 2,71% da produção mundial, alcançando 1,15 milhões de toneladas (IBGE).

O tomateiro cultivado (*Lycopersicon esculentum* Mill.) teve origem da espécie andina *Lycopersicon esculentum* var. ceriforme, que produz fruto tipo cereja. Foi introduzido na Europa pela Espanha entre 1524 e 1554, sendo inicialmente utilizado como planta ornamental por temor à toxicidade de seus frutos, o que retardou o uso culinário (FILGUEIRA, 2001).

Os cultivares de tomates atuais podem ser consumidos na forma *in natura* ou processados para uso posterior. A polpa processada pode ser condimentada ou apenas salgada, visando à preparação de diferentes subprodutos e utilização em diversos tipos de alimentos. O tomate foi a primeira hortaliça a ser industrializada no mundo devido ser altamente perecível e de difícil produção durante todo ano. Inicialmente, o processamento era realizado de forma artesanal, passando posteriormente para processos

industriais. Essa evolução ocorreu na Europa, Estados Unidos da América e no Brasil, em períodos diferentes (CAMARGO et al., 2006).

O Brasil é o principal produtor de tomate para processamento da América Latina. Comparado ao início da década de 90, houve uma redução na área plantada de 27.092 para em torno de 19.000 hectares em 2009 (IBGE). Contudo não houve uma queda na produção devido ao aumento de produtividade. Esse aumento de produtividade se deve basicamente a alguns fatores relacionados à migração da produção para o Cerrado brasileiro. Nessa região, as condições logísticas, clima seco favorável ao cultivo, uso de tecnologias, entre elas a irrigação, solos bem drenados e com topografia favorável à mecanização, incentivos fiscais, principalmente do estado de Goiás, favoreceram esse aumento de produtividade (VILELA, 2001; MAROUELLI et al., 2007).

A evolução do cultivo do tomateiro para processamento no cerrado goiano se sustentou no uso de tecnologias, entre as principais, destaca-se a irrigação. O tomateiro é cultivado no período seco do ano, onde se evita a incidência de várias pragas e, principalmente, doenças limitantes ao seu cultivo. Por isso, o uso da irrigação e o manejo correto da água, desde o transplante das mudas até o estágio de enchimento e maturação dos frutos é de grande importância para o sucesso da produção e qualidade de frutos (HARTZ, 2006).

O teor de sólidos solúveis totais (TSST), expresso como a porcentagem de sólidos solúveis totais em relação à massa de matéria fresca, apresenta uma correlação direta com o teor de açúcares, sendo uma importante característica de determinados tipos de frutos (AULENBACH; WORHINGTON, 1974). No tomate, o TSST é importante, tanto para o consumo in natura, como para o processamento, visto que elevados teores na matéria-prima implica em melhor sabor para o consumo *in natura*, e em menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, menor gasto de energia e maior rendimento do produto durante o processamento (SILVA, 2003).

As concentrações de sólidos solúveis contidos nos frutos de tomate dependem principalmente da genética da planta, das condições climáticas e do estágio de maturação (JAVANMARDI; KUBOTA, 2008). Entretanto, várias práticas agrícolas, com destaque para a irrigação, podem influenciar no TSST



dos frutos de tomate (DUMAS et al., 2003). Elevadas quantidade de água disponível ao longo do ciclo da cultura podem influenciar negativamente no conteúdo de matéria seca e na concentração de sólidos solúveis, reduzindo a quantidade de açúcares presentes nos frutos, aumentando com isso o custo nas etapas de desidratação do fruto durante a produção de polpa de tomate. Reciprocamente, volumes de água limitados para irrigação limitarão o crescimento de frutos, com isso, menores produtividades, senescência antecipada das plantas e alta suscetibilidade a várias doenças (HANSON et al., 2006).

O custo do transporte do tomate até a indústria processadora é bastante expressivo em relação ao custo total de produção. Para algumas empresas, o custo de transporte fica próximo de R\$ 0,24 por tonelada por quilômetro no estado de Goiás. Este custo pode representar até 20% do custo total de produção. Fruto de tomate com um baixo TSST indica que mais água será transportada e que mais energia deverá ser gasta durante o processo de desidratação da polpa. Todavia, o aumento do TSST proporciona melhor qualidade da matéria prima, podendo representar uma redução no custo de produção da polpa de tomate.

A influência das práticas de irrigação para a qualidade do tomate para processamento não são ainda suficientemente estudadas. Contudo, algumas pesquisas concentram-se nos efeitos da frequência e quantidade de água para irrigação sobre a qualidade do fruto, mais especificamente TSST e produtividade (CAHN et al., 2001; HANSON; MAY, 2004; HANSON et al., 2006; MACHADO et al., 2005; ZEGBE-DOMÍNGUEZ et al., 2003).

O Brasil possui uma grande diversidade climática e de solo, sendo necessários vários estudos para determinar o manejo da água de irrigação mais apropriado para cada condição de cultivo durante o estágio de maturação, visto que condições edafoclimáticas e varietais distintas afetam de formas diferenciadas a produtividade e TSST de frutos de tomate. Alguns estudos, como o realizado por Marouelli et al. (2007), com irrigação por aspersão, apontam que a maior produtividade de frutos foi obtida quando as irrigações foram suspensas com cerca de 10% de frutos completamente maduros, 68 dias após o florescimento. Enquanto a maior produção de sólidos solúveis ocorreu

suspendendo a irrigação quando cerca de 20% das plantas continham pelo menos um fruto maduro, 53 dias após o florescimento.

Com isso, a determinação de um manejo da água de irrigação durante o estágio de maturação do tomate para processamento faz-se de grande importância, visto a relevância econômica e social desta cultura nas regiões produtoras.

O desenvolvimento deste trabalho, em dois capítulos, teve como objetivo geral estabelecer estratégias para o manejo da água de irrigação durante o estágio de maturação dos frutos do tomateiro para processamento visando à produtividade de frutos, de polpa de tomate e a concentração de sólidos solúveis.

Especificamente, pretendeu-se:

- Avaliar a influência do manejo da água de irrigação na fase de maturação do tomate sobre as características quantitativas e qualitativas do fruto destinado ao processamento, a produtividade de polpa de tomate em dois sistemas de irrigação, gotejamento e pivô central.
- Avaliar a influência de diferentes lâminas e suspensões da irrigação em diferentes estágios, na fase de maturação do tomate destinado ao processamento sobre a produtividade de frutos e polpa de tomate e a qualidade de frutos.

## REFERÊNCIAS

AULENBACH, B.B.; WORHINGTON, J.T. Sensory evaluation of muskmelon: is soluble solids content a good quality index? **Alexandria**, v. 9, n. 1, p. 136-137, 1974.

CAHN, M.D.; HERRERO, E.V.; SNYDER, R.L.; HANSON, B.R. Water management strategies for improving fruit quality of drip irrigated processing tomatoes. **Acta Horticulture**, v. 542, p. 111-117, 2001.

CAMARGO F.P.; ALVES H.S.; CAMARGO W.P.; VILELA N.J. Cadeia produtiva de tomate industrial no Brasil: resenha da década de 1990, produção regional e perspectivas. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 11, nov. 2006.

DUMAS, Y.; DADOMO, M.; DI LUCCA, G.; GROLIER, P. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. **J. Sci. Food Agric.**, v. 83, p. 369-382, 2003.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2.ed. Viçosa: UFV, 2001. 412 p.

HANSON, B.R.; HUTMACHER, R.B.; MAY, D.M. Drip irrigation of tomato and cotton under shallow saline ground water conditions. **Irrig. Drain. Sys.**, v. 20, p. 155-175, 2006.

HANSON, B.R.; HUTMACHER, R.B.; MAY, D.M. Drip irrigation of tomato and cotton under shallow saline ground water conditions. **Irrig. Drain. Sys.**, v. 20, p. 155-175, 2006.

HANSON, B.R.; MAY, D.M. Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. **Agric. Water Management**. v. 68, p. 1-6, 2004.

HARTZ, T. **Drip irrigation and fertigation management of processing tomato**. Disponível em: <<http://vric.ucdavis.edu/veginfo/commodity/tomato/hartz-tomato-fertigation05.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2006.

JAVANMARDI, J.; KUBOTA, C. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 41, p. 151-155, 2008.

MACHADO, R.M.A.; ROSÁRIO, M.; OLIVEIRA, G. Tomato root distribution, yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths. **Irrigation Science**. v. 24, p. 15-24, 2005.

MARQUELLI, 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, 2007. 18 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

SILVA, P.S.; MENEZES, J.B.; OLIVEIRA, O.F.; SILVA, P.I.B. Distribuição do teor de sólidos solúveis totais no melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 31-33, mar. 2003.

VILELA, N.J. Competitividade da cadeia agroindustrial em Goiás. In: VIEIRA, C.M.; TEIXEIRA FILHO, A.R.; OLIVEIRA, A.J.; LOPES, M.R. **Cadeias produtivas no Brasil: análise da competitividade**. Brasília: Embrapa, 2001. 468 p.

ZEGBE-DOMINGUEZ, J.A.; BEHBOUDIAN, M.H.; LANG, A.; CLOTHIER, B.E. Deficit irrigation and partial root-zone drying maintain fruit dry mass and enhance fruit quality in 'Petopride' processing tomato (*Lycopersicon esculentum*. Mill.). **Hort. Sci.**, v. 98, p. 505-510, 2003.

## **CAPÍTULO 1**

### **MANEJO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM PIVÔ CENTRAL DURANTE O ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS DO TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL**

#### **1. INTRODUÇÃO**

O tomate destinado ao processamento é cultivado principalmente na região de cerrado no Brasil, sendo a hortaliça de maior importância econômica nesta região. O estado de Goiás é o maior produtor, com uma área cultivada de aproximadamente 14 mil hectares, representado 74% da área total no país em 2009.

No início da década 80, em São Paulo e principalmente no Nordeste, a irrigação do tomateiro para o processamento era feita principalmente por sulcos, apesar da maioria dos solos terem alta capacidade de infiltração, não sendo apropriados para esse método de irrigação. Dada a baixa eficiência do sistema por sulco, produtores, extensionistas e pesquisadores tentaram identificar sistemas de irrigação mais eficientes, principalmente para solos com alta capacidade de infiltração (SILVA et al., 1999). Em Latossolo, Soares e Faria (1983) obtiveram produtividades do tomateiro similar para os sistemas de irrigação por sulco e aspersão, mesmo tendo a aspersão favorecido maior ocorrência de frutos podres. Entretanto, a eficiência do uso de água na aspersão foi aproximadamente duas vezes superior à irrigação por sulco.

A topografia plana, as características físicas dos solos, o clima quente e seco e a facilidade de cultivo de outras culturas favorecem a utilização da irrigação por aspersão com pivôs centrais na região do Cerrado do Brasil Central. Esses fatores, aliados à existência de indústrias de processamento de outros produtos agrícolas na região, favorecem a utilização do pivô central como principal sistema de irrigação para a produção de tomate para o processamento (SILVA et al., 1995).

As principais vantagens do pivô central, segundo Silva et al. (1995), são: uso reduzido de mão-de-obra, boa uniformidade de distribuição de água e baixo custo relativo do sistema de irrigação. De acordo com Silva et al. (1999), a produtividade média de frutos em áreas irrigadas por pivô central na região dos Cerrados é cerca de  $80 \text{ t ha}^{-1}$ , sendo que alguns produtores têm obtido produtividades acima de  $110 \text{ t ha}^{-1}$ . Contudo, a falta de um bom manejo da água e de um eficiente esquema de rotação de culturas favorece a ocorrências de doenças que limitam o aumento de produtividade em áreas irrigadas por pivô central (SILVA; MAROUELLI, 1995).

O ciclo da cultura nas condições de cerrado do Brasil Central dura, em média, 115 dias. O consumo de água do tomateiro durante o ciclo de desenvolvimento situa-se entre 250 e 400 mm (SILVA; MAROUELLI, 1999). Apesar dos muitos estudos já realizados para o manejo adequado da irrigação do tomateiro para processamento nas condições do cerrado do Brasil Central, a grande maioria de produtores continua irrigando a cultura usando métodos empíricos. Silva e Marouelli (1999) relatam aumentos de produtividade em torno de 25% quando o manejo da irrigação foi realizado pelo monitoramento da umidade do solo com sonda de nêutrons e ou pela determinação da evapotranspiração da cultura.

A antecipação da suspensão das irrigações é citada por alguns autores (MAROUELLI; SILVA, 1993; MAY, 1998) como uma ferramenta para minimizar a ocorrência de doenças fúngicas e bacterianas, a podridão e a desuniformidade na maturação de frutos, aumentar o TSST e a eficiência do uso de água pelas plantas de tomateiro, principalmente na irrigação por aspersão.

O déficit de água durante o estágio de maturação favorece o aumento do TSST dos frutos de tomate. Segundo Cahn et al. (2002), para melhorar a

qualidade de frutos, o manejo de água deve tal que a quantidade de água aplicada a partir do início da maturação seja reduzida até a completa suspensão das irrigações antes da colheita. Ademais, tal estratégia de manejo minimiza o apodrecimento de frutos em razão da menor incidência de doenças, principalmente quando as irrigações são realizadas por aspersão (MAROUELLI; SILVA, 2000).

Apesar de ser uma estratégia de manejo utilizada há muitos anos (MARTIN et al., 1966), estudos visando determinar a época ideal de suspensão das irrigações em tomateiro e, ou, irrigações com déficits na época de maturação devem continuar sendo realizados para as condições específicas de cada região (MAROUELLI; SILVA, 2009). Isso porque, a estratégia de irrigação na fase de maturação é dependente de vários fatores, tais como: capacidade de retenção de água do solo; cultivar ou híbrido; profundidade efetiva do sistema radicular; sistema de irrigação; demanda evaporativa da atmosfera (MAROUELLI; SILVA, 2000; LÓPEZ et al., 2001).

O ciclo de uma cultura é relativo às condições específicas, edafoclimáticas e de manejo, que está inserida. Para melhor predizer eventos fenológicos, identificar melhores épocas de plantio e escalonar a produção, ou seja, superar inadequações no calendário diário, o conceito de graus dias (GDA) foi desenvolvido (WARINGTON; KANEMASU, 1983). Um dos métodos utilizados para relacionar a temperatura do ar e o desenvolvimento vegetal é o total de graus-dia acumulados (GDA), definido como a soma de temperaturas acima da condição mínima e abaixo da máxima necessárias para a planta finalizar os diferentes subperíodos de desenvolvimento (SOUZA, 1990).

O conceito de graus-dia pressupõe a existência de uma temperatura-base abaixo da qual a planta não se desenvolve e, se o fizer, será em taxas muito reduzidas. Cada grau de temperatura acima da temperatura-base corresponde a um grau-dia. Cada espécie vegetal ou cultivar possui uma temperatura base, que pode variar em função dos diferentes subperíodos de desenvolvimento da planta, sendo comum a adoção de um valor único para todo o ciclo da cultura (CAMARGO, 1984).

Vários trabalhos têm demonstrado a grande utilidade do uso de graus-dia acumulados para previsão de fases fenológicas, bem como para zoneamento das culturas (SLACK et al., 1994). Esses autores afirmam que os

graus-dia independe da época e do local de plantio. O conceito de GDA pode ser bastante útil para a definição da época ideal de suspensão da irrigação ou redução do volume de água disponibilizado para a cultura do tomate, visando à produtividade e qualidade de frutos.

O presente estudo foi realizado com os seguintes objetivos:

- Avaliar a influência de diferentes lâminas de água e épocas de suspensão da irrigação durante o estágio de maturação do tomate, irrigado via pivô central, na produtividade e qualidade de frutos destinados ao processamento;
- Definir estratégias de manejo de água de irrigação durante o estágio de maturação do tomate que possibilitem maior produtividade de frutos e rendimento de polpa.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área experimental**

O experimento foi instalado na Fazenda Larga Grande, município de Cristalina, Goiás, a uma altitude de 922 metros, latitude 16°20' Sul e longitude 47°32' Oeste. O clima da região, pela classificação de Koppen, é definido como tropical quente, sub-úmido (Aw), caracterizado por duas estações bem definidas: verão chuvoso entre os meses de outubro e abril e um inverno seco entre os meses de maio até meados de setembro.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho, textura cascalho argilosa (cascalho acima de 50% em peso). No sistema de classificação Unified do solo (USCS), a textura do solo é classificada como GW (cascalho grosseiro > 50%).

O cultivo foi realizado no período seco do ano, em uma área irrigada por um sistema de irrigação por aspersão, tipo pivô central. As mudas de tomate do híbrido UG 8169, adquiridas de viveiros idôneos localizados na região onde se implantou o experimento, foram transplantadas no dia 09/03/2009 e a colheita realizada no dia 19/07/2009. O transplante das mudas foi realizado utilizando o sistema de fileiras duplas, com 1,2 x 0,6 m entre



fileiras e 0,3 m entre plantas, totalizando uma população de 37.037 plantas por hectare.

A parcela experimental foi composta de uma fileira dupla de planta, com 3,0 m de comprimento, totalizando 20 plantas. Foram consideradas úteis para avaliação de produtividade e qualidade 16 plantas centrais da fileira dupla por parcela experimental, totalizando uma área útil de 2,16 m<sup>2</sup>.

## **2.2. Tratos culturais**

Os tratos culturais, como adubação, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, foram os habitualmente utilizados pela fazenda onde o experimento foi implantado, os quais se caracterizam por utilizar os melhores procedimentos para altas produtividades. Foram feitas irrigações plenas, para suprir toda demanda hídrica da cultura, até a implantação dos tratamentos. O software Irriplus<sup>®</sup> foi utilizado para a realização do manejo da irrigação da cultura, e esta foi definida pela estimativa da sua evapotranspiração, utilizando o fator de disponibilidade hídrica de 40% como decisão para o momento de irrigar.

## **2.3. Tratamentos**

No intuito de maximizar a produção de frutos e a concentração de sólidos solúveis dos frutos do tomateiro foi instalado um experimento sobre o manejo da água de irrigação durante o estágio de maturação dos frutos do tomate. Dois fatores foram conduzidos e avaliados: lâminas de irrigação e a suspensão da irrigação em diferentes estádios da cultura.

O equipamento de irrigação utilizado, pivô central, irriga uma área total de 120 ha. Para a aplicação das respectivas lâminas de irrigação foram utilizados o penúltimo e o antepenúltimo lance do pivô central, onde os bocais do equipamento foram trocados para a aplicação das lâminas requeridas. As Figuras 1 e 2 ilustram, respectivamente, o momento de uma irrigação durante a condução do experimento e o croqui do equipamento utilizado, locando a área do experimento.



Figura 1 – Equipamento realizando uma irrigação durante a condução do experimento, em Cristalina-GO.

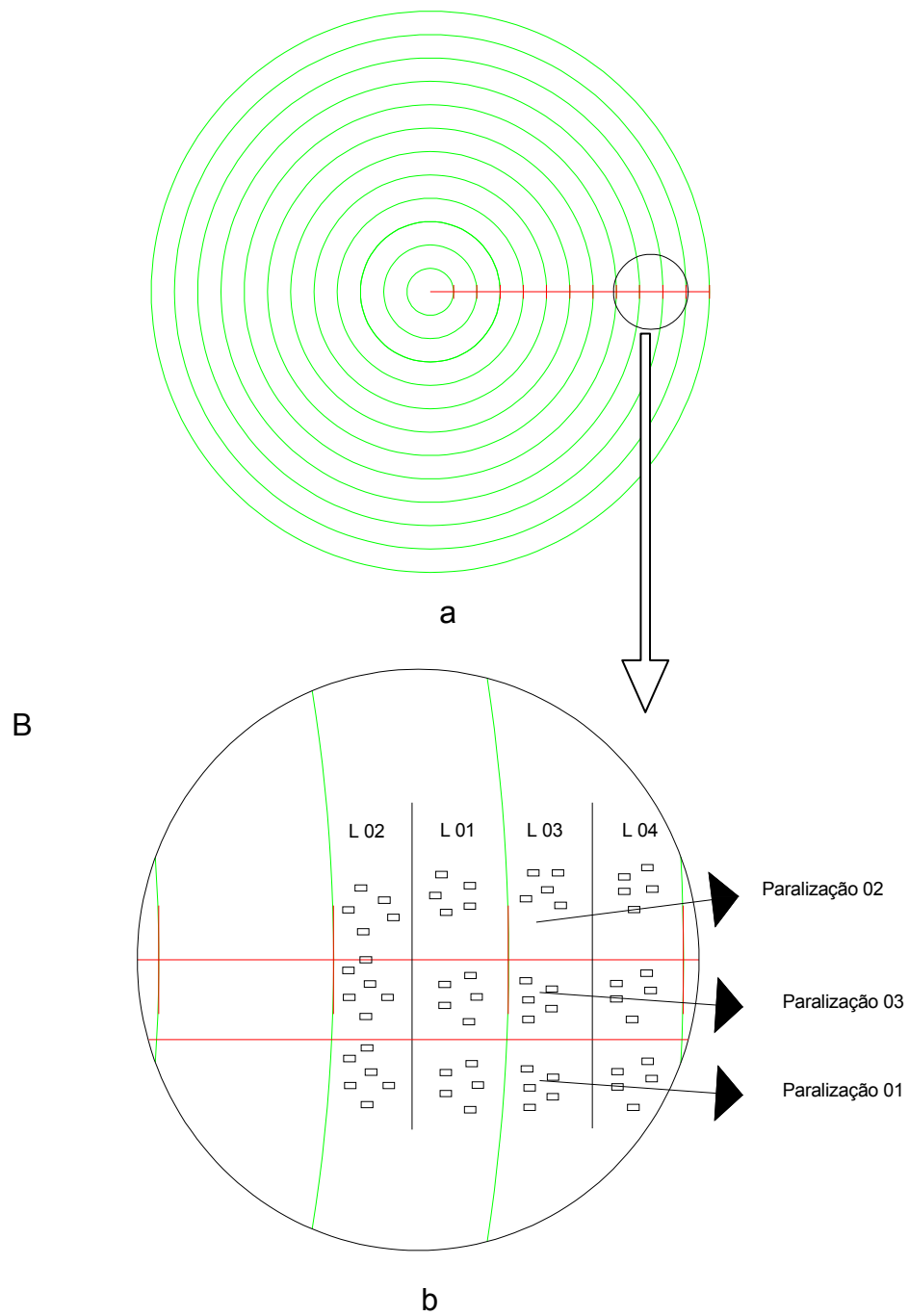


Figura 2 – Croqui do equipamento de irrigação utilizado no experimento, localizando a área experimental (a) e local onde as diferentes lâminas e as diferentes suspensões de irrigação aconteceram (b).

Foram calculados os graus dias acumulados (GDA) para a cultura de tomateiro no início dos tratamentos e no momento de cada suspensão da irrigação. Para esse cálculo utilizou-se a metodologia de Ometto (1981). A temperatura basal máxima e mínima utilizadas foram de 35 e 10°C, respectivamente, citadas por Lopes e Stripari (1998).

### 2.3.1. Lâminas de irrigação

No estágio de maturação do tomateiro foram aplicadas diferentes lâminas de irrigação. Os tratamentos de irrigação se iniciaram com 83 dias após o transplante das mudas, quando 20% das plantas continham pelo menos um fruto completamente maduro e o acúmulo térmico era de 1.141°C. A lâmina de irrigação mencionada é a lâmina líquida. O turno de rega foi de aproximadamente sete dias, sendo as lâminas as seguintes:

- **Lâmina 1 (L1)** – Aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 20 a 25% da lâmina real requerida pela cultura;
- **Lâmina 2 (L2)** – Aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 45 a 50% da lâmina real requerida pela cultura;
- **Lâmina 3 (L3)** – Aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 70 a 75% da lâmina real requerida pela cultura;
- **Lâmina 4 (L4)** – Aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 95 a 100% da lâmina real requerida pela cultura.

### 2.3.2. Suspensão da irrigação

Foram estabelecidos três diferentes estádios fenológicos da cultura para a suspensão da irrigação:

- **Suspensão 1 (S1)** – suspensão da irrigação quando cerca de 20% de plantas continham pelo menos um fruto maduro;
- **Suspensão 2 (S2)** – suspensão da irrigação quando cerca de 10% dos frutos estavam completamente maduros;
- **Suspensão 3 (S3)** – suspensão da irrigação quando 95% dos frutos encontravam-se completamente maduros.

Os estádios de desenvolvimento da cultura escolhidos para as suspensões da irrigação foram baseados em trabalhos realizados na Embrapa Hortaliças, em Brasília, por Marouelli et al. (2004). A suspensão da irrigação quando 20% de plantas contêm pelo menos um fruto maduro, de acordo com Marouelli et al. (2004), proporciona maior concentração de sólidos solúveis para os frutos de tomate, enquanto a maior produtividade de frutos foi obtida suspendendo a irrigação com 10% de frutos completamente maduros.

### 2.3.3. Redução da evapotranspiração

A evapotranspiração da cultura pode ser afetada pela quantidade de água no solo, ou seja, déficits de água no solo podem induzir ao fechamento estomático da cultura e com isso reduzir sua evapotranspiração. Para estimar o déficit imposto à cultura, foi calculada a redução da evapotranspiração, considerando a metodologizado coeficiente de déficit hídrico ( $k_s$ ) no solo. Já a redução da evapotranspiração da cultura em relação à evapotranspiração potencial foi feita de acordo com a equação 1. Esta redução foi considerada para análise junto aos aspectos quantitativos e qualitativos da produção de tomate. A análise da redução da  $ET_c$  foi feita de forma conjunta, tanto para os tratamentos de lâminas de irrigação quanto para os de suspensão da irrigação.

$$\text{Redução da } ET_c (\%) = 1 - K_s \times 100 \quad (1)$$

### 2.4. Manejo da água de irrigação

O manejo da água de irrigação foi realizado com base no *software* Irriplus<sup>®</sup>, onde foi determinada a demanda hídrica do tomateiro utilizando coeficientes de ajuste (coeficiente da cultura -  $k_c$ , coeficiente de localização da irrigação -  $k_l$  e coeficiente de estresse hídrico -  $k_s$ ) sobre a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ). A lâmina bruta de irrigação foi calculada por meio de um balanço hídrico, em que as entradas de água foram as irrigações e as precipitações efetivas e as saídas foram a evapotranspiração real da cultura

( $ET_R$ ) e a percolação da água além da profundidade considerada para o sistema radicular.

O déficit hídrico da cultura para determinado período foi estimado pela equação de balanço de água simplificada:

$$\text{Déficit} = \sum ET_R - \sum (E_i \times \text{Irrig.} + P_E) \quad (2)$$

em que Déficit é déficit de água, no período (mm);  $ET_R$ , evapotranspiração real da cultura (mm);  $P_E$ , precipitação efetiva (mm); Irrig, irrigação realizada (mm); e  $E_i$ , eficiência de irrigação.

Os dados climáticos foram coletados em uma estação meteorológica automática, modelo Davis Vantage Pro II, com sensores que fornecem dados diários de radiação solar, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, instalada a 100 metros de onde foi realizado o experimento. A precipitação foi medida por um pluviômetro instalado na área experimental. A Figura 3 mostra a estação utilizada no experimento.

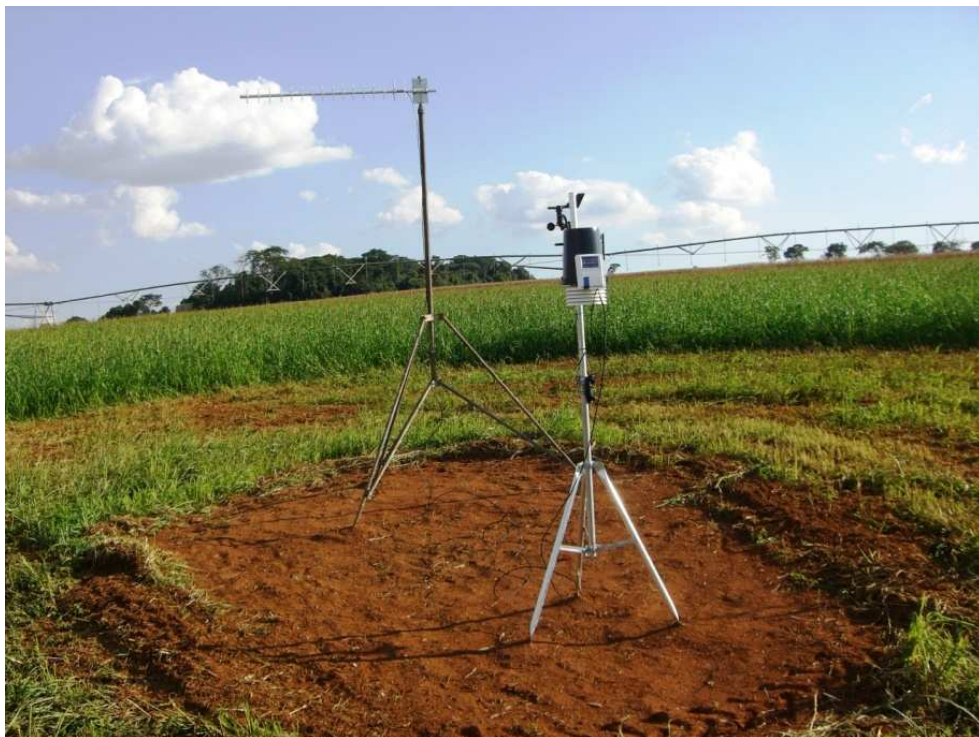


Figura 3 – Estação meteorológica instalada na área experimental e utilizada para o monitoramento climático.

A eficiência da irrigação (EI) foi calculada considerando as perdas por percolação e por evaporação e arraste. As perdas por percolação foram estimadas utilizando a eficiência de distribuição (ED) (BERNARDO et al., 2006) e as perdas por evaporação e arraste foram estimadas, em cada irrigação, coletando as lâminas líquidas com dois raios de coletores nos lances utilizados do pivô central. Para o cálculo da eficiência de distribuição, utilizou-se uma área adequadamente irrigada de 80%. A Tabela 1 mostra as avaliações das irrigações para cada tratamento.

Tabela 1 – Avaliação da eficiência de irrigação de cada tratamento, ressaltando a lâmina líquida média na avaliação, coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e a eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada de 80%

Tratamentos	Lâmina líquida Média (mm)	CUC (%)	ED <sub>80</sub> (%)
L1	4,46	77	84
L2	9,05	85	83
L3	13,92	86	86
L4	21,04	90	90

O cálculo do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) foi feito, de acordo com Christiansen (1942), com as mesmas lâminas utilizadas no cálculo da ED.

A evapotranspiração real da cultura foi calculada pelo software Irriplus<sup>®</sup> da seguinte forma:

$$ET_R = ET_0 \times k_c \times k_l \times k_s \quad (3)$$

em que ET<sub>R</sub> é evapotranspiração real da cultura (mm); ET<sub>0</sub>, evapotranspiração de referência (mm); K<sub>C</sub>, coeficiente da cultura; K<sub>L</sub>, coeficiente de localização da irrigação; K<sub>S</sub>, coeficiente de déficit hídrico.

O método de estimativa da  $ET_0$  utilizado pelo software Irriplus<sup>®</sup>, é o de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 2006).

Vários estudos sobre a necessidade de água para os diferentes estádios de desenvolvimento do tomateiro para processamento na região do cerrado goiano foram realizados pela Embrapa Hortaliças (MAROUELLI et al., 1991, 2004, 2005 e 2006). Os valores de coeficiente de cultura recomendados nestes estudos variam entre 0,45 e 0,55 (0,60 e 0,70), 0,50 e 0,80 (0,50 e 0,80), 0,95 e 1,05 (0,95 e 1,05) e 0,60 e 0,85 (0,60 e 0,70) para os estádios inicial, vegetativo, reprodutivo e maturação, respectivamente, para os sistemas de irrigação localizada e aspersão (valores entre parêntesis). Os coeficientes de cultura utilizados no presente estudo são os apresentados na Tabela 2, tendo como base os estudos realizados pela Embrapa Hortaliças.

Tabela 2 – Duração dos estádios, coeficiente da cultura ( $K_c$ ), área sombreada e profundidade do sistema radicular ( $Z$ ) do tomateiro para processamento utilizados no estudo

Estádio <sup>1</sup>	Duração (dias)	$K_c$	Área sombreada (%)	$Z$ (cm)
Inicial	10	0,65	5,0	10
Vegetativo	43	0,80	12,0	20
Frutificação	45	1,00	100,0	30
Maturação	20	0,60	93,0	30

<sup>1</sup> Inicial: do plantio até dois pares de folhas ou pegamento de mudas. Vegetativo: até o início do florescimento. Frutificação: até o início da maturação de frutos. Maturação: até a colheita.

Para determinação da  $ET_C$  pelo software Irriplus<sup>®</sup>, o coeficiente da cultura foi determinado diariamente, conforme apresentado na Figura 4, ou seja, constante no primeiro (0,65) e terceiro estágio (1,00), crescente no segundo estágio e decrescente no quarto.



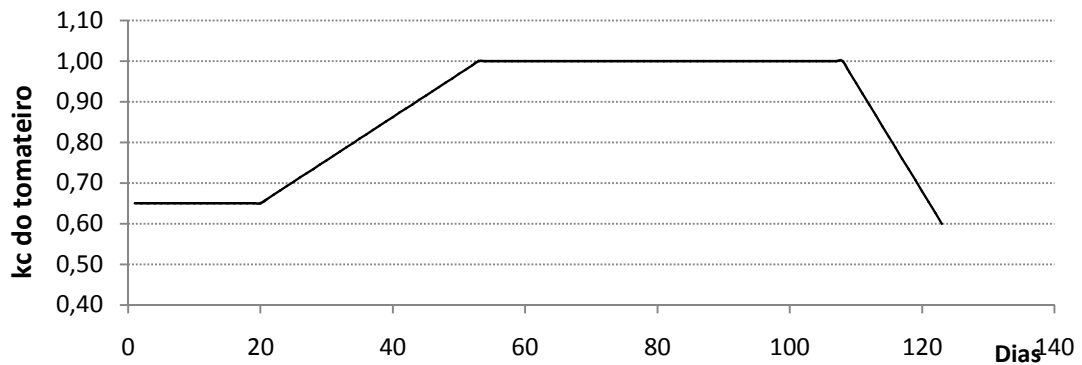


Figura 4 – Curva do coeficiente da cultura (Kc) do tomateiro para processamento em função de seu ciclo de crescimento.

O coeficiente de déficit hídrico no solo (Ks), utilizado para conversão da evapotranspiração da cultura (ETc) na evapotranspiração real, foi o ajustado por Bernardo et al. (2006), tomando por base estudos realizados por Pierce, conforme apresentado na equação 4. Segundo Pierce, a  $ET_R$  mantém acima de 90% da ETc enquanto a umidade do solo estiver acima de, aproximadamente, um terço da água disponível no solo. Depois, cairá mais rapidamente, de forma exponencial, até a umidade do solo se aproximar do ponto de murcha permanente.

$$K_s = \frac{\ln(LAA + 1,0)}{\ln(CTA + 1,0)} \quad (4)$$

em que Ks é coeficiente de déficit hídrico; Ln, logaritmo neperiano; CTA, capacidade total de água no solo (mm); e LAA, lâmina real de água no solo (mm).

O coeficiente de localização ( $K_L$ ) se aplica no caso de irrigação localizada, como forma de corrigir a ETc em função do não molhamento de 100% da superfície do solo durante a irrigação. Assim, no caso da irrigação por aspersão, o coeficiente de localização será sempre 1.0, pois 100% da área é molhada.

Foram feitas análises de umidade do solo, pelo método padrão de estufa, para verificar a eficácia da estimativa do balanço hídrico pelo método utilizado.

## 2.5. Análise das propriedades físico-hídricas do solo

Para fins de manejo de água de irrigação foram determinadas as seguintes características físico-hídricas do solo: capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade do solo.

A capacidade de campo (CC) do solo foi determinada utilizando-se o método padrão da bacia, conforme descrito por Bernardo et al. (2006). O ponto de murcha permanente (PMP) foi obtido em laboratório, como descrito por Richards (1947), considerando a tensão matricial de 1500 kPa. Para determinar o ponto de murcha permanente foi utilizada uma amostra composta desestruturada retirada em cinco pontos da área experimental. Para determinação da densidade do solo foram retiradas três amostras indeformadas na área experimental por meio de um trado tipo Uhland. As determinações foram feitas nas camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade e os resultados são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Características físico-hídricas, capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), densidade do solo e análise granulométrica do solo da área experimental, para as profundidades de 0-20 e 20-40 cm

Características	Profundidade (cm)		Unidades
	0-20	20-40	
Capacidade de campo	15,23	13,31	%*
Ponto de murcha permanente	7,50	6,01	%*
Densidade do solo	1,30	1,35	g cm <sup>-3</sup>
Argila	15,50	16,56	dag kg <sup>-1</sup>
Silte	5,25	2,30	dag kg <sup>-1</sup>
Areia grossa	3,25	3,22	dag kg <sup>-1</sup>
Areia fina	1,00	1,00	dag kg <sup>-1</sup>
Cascalhos	75,00	72,00	dag kg <sup>-1</sup>
Calhaus	0,00	5,00	dag kg <sup>-1</sup>

\* Porcentagem gravimétrica de água no solo em base seca.

A análise textural do solo foi feita no laboratório de física do solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

## **2.6. Variáveis analisadas**

Visando analisar o efeito dos tratamentos foram avaliadas as seguintes características agronômicas: produtividade de frutos comerciais (maduros), verdes, podres, com podridão apical e de polpa de tomate, teor de sólidos solúveis totais dos frutos, massa média de frutos comerciais e número de frutos por planta.

### **2.6.1. Produtividade de frutos comerciais, verdes, podres e com podridão apical**

Foram utilizadas oito plantas centrais de cada repetição para a realização da colheita dos frutos. Estes frutos foram separados em comerciais (maduros e coloridos, menos os verdes e os podres/desintegrados), verdes e podres, onde foram determinadas as massas de cada grupo de frutos e as respectivas porcentagens.

### **2.6.2. Número de frutos por planta**

Coletou-se uma amostra de 100 frutos, a qual foi pesada e tirada à massa média dos frutos. Essa massa média foi extrapolada para todos os frutos de cada repetição. Com essa massa média e a massa total de frutos colhidos, foi estimado o número de frutos maduros por parcela experimental.

### **2.6.3. Teor de sólidos solúveis totais**

O teor de sólidos solúveis de frutos maduros foi determinado utilizando um refratômetro digital para medidas de 0 a 45°Brix. Este aparelho possui recomendação para determinação de açúcar em sucos de fruta concentrados e enlatados que utilizem infusão de açúcar. Para essa avaliação foi coletada uma

amostra de 100 frutos por repetição, a qual foi triturada em um liquidificador industrial, para extração da solução onde foi realizada a medição.

#### **2.6.4. Produtividade de polpa de tomate**

Para o cálculo da produtividade de polpa de tomate foi considerado a produtividade de frutos maduros e a concentração de sólidos solúveis. A polpa de tomate possui uma concentração de sólidos solúveis em torno de 29 a 31°, sendo que neste trabalho foi considerado 29° Brix. A escolha do valor de 29° Brix se deve ao fato da empresa processadora, onde as análises foram feitas, utilizá-lo como padrão de análise. Com uma relação direta do Brix dos frutos colhidos e o Brix de 29° (polpa) foi estimada a produtividade de polpa.

#### **2.6.5. Massa média de frutos comerciais**

A mesma amostra de 100 frutos utilizada para a determinação da concentração de sólidos solúveis foi utilizada para determinar a massa média dos frutos em cada repetição.

### **2.7. Análise estatística**

Para efeito de análise estatística considerou-se o experimento montado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas a suspensão da irrigação e nas subparcelas as lâminas de irrigação, no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. Para o fator qualitativo (suspensão da irrigação), as médias foram comparadas usando o teste de Tukey a 5% e 10% de probabilidades. Para o fator quantitativo (lâminas de irrigação) os modelos foram escolhidos tomados na significância dos coeficientes de regressão utilizando o teste T a 5% e 10% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2 = \left( \frac{SQ \text{ Regressão}}{SQ \text{ Lâminas}} \right) \times 100$ ) e no fenômeno biológico.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Clima

Os dados de temperatura máxima, média, mínima (°C) e precipitações são apresentados na Figura 5. Durante o ciclo da cultura as médias das temperaturas máxima, média e mínima foram, respectivamente de 26,8, 20,2, 15,1°C, sendo 161,7 Wm<sup>-2</sup> a média da radiação solar. A precipitação pluvial total no período de cultivo foi de 320,8 mm, tendo ocorrida principalmente (307 mm) nas fases pós-transplante e vegetativa da cultura. Giordano e Silva (2000) citam que, embora o tomateiro seja uma planta muito exigente em água, excessos de chuva podem limitar o cultivo desta hortaliça, principalmente pelo favorecimento de doenças. As precipitações nas duas primeiras fases da cultura, ou nos primeiros 43 dias, foram bastante expressivas (307 mm), o que favoreceu o aparecimento de doenças, principalmente causadas por bactérias (*Xanthomonas campestris*, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*). As médias de umidade relativa do ar e velocidade do vento no período foram de 78,81% e 0,91 m/s, respectivamente.

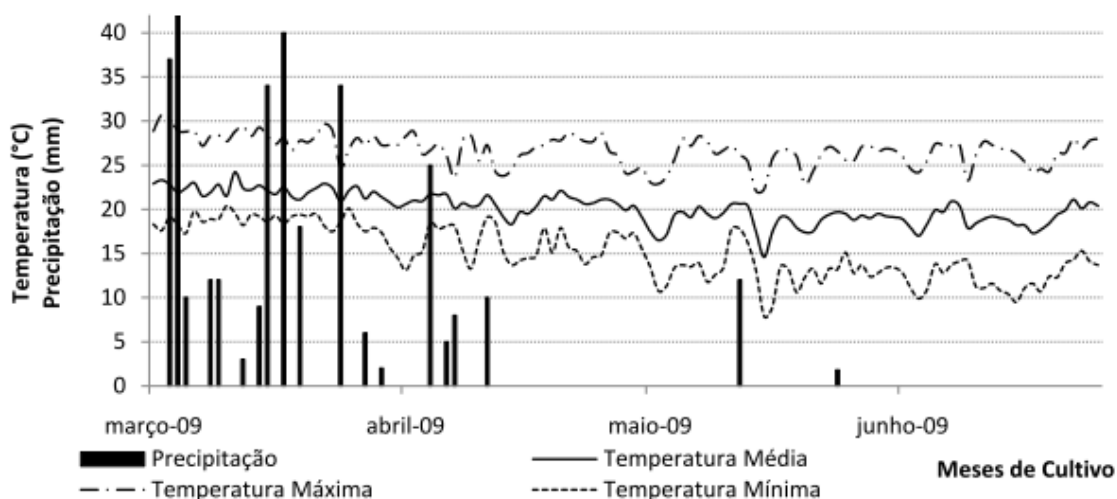


Figura 5 – Temperaturas máxima, média e mínima para o período de cultivo do tomate para processamento no município de Cristalina-GO.

Segundo Marouelli e Silva (2000), a temperatura média ideal de cultivo do tomateiro deve ser entre 21 e 24°C, mas a cultura tolera amplitude de 10 a 34°C. Contudo, quando o tomateiro é submetido a temperaturas médias inferiores a 12°C, o seu crescimento é reduzido significativamente, sendo que com temperaturas médias superiores a 30°C podem ocorrer problemas com abortamento de flores e produção de frutos com problemas de escaldadura. As condições térmicas, temperaturas mínimas, médias e máximas, ao longo do cultivo do tomateiro neste experimento se mantiveram dentro das consideradas ideais para a cultura.

A Figura 6 apresenta a radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa na área experimental, durante o período de cultivo do tomateiro.

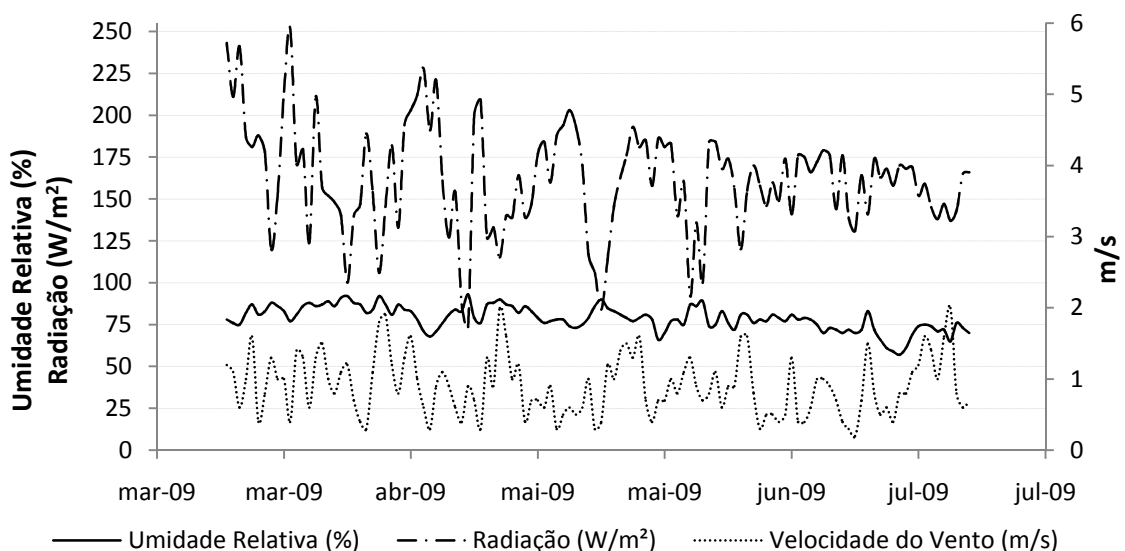


Figura 6 – Radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento para a Fazenda Larga Grande, no município de Cristalina-GO.

A Tabela 4 apresenta as médias mensais dos dados climáticos mensurados e utilizados no cálculo de demanda hídrica, a precipitação e a demanda hídrica acumulada na região de pesquisa.

Tabela 4 – Dados médios mensais de radiação solar, temperatura média, máxima, mínima, umidade relativa (UR), velocidade do vento (Vv), precipitação e a média diária da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) para os meses de cultivo do tomate

Mês/ano	Radiação (MJ/m <sup>2</sup> ·dia <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)			UR (%)	Vv (m/s)	Precip. (mm)	ET <sub>o</sub> (mm/dia)
		Méd.	Máx.	Mín.				
Mar. 2009	16,7	22,6	28,9	18,6	81,8	1,0	116,0	3,41
Abr. 2009	13,7	21,5	27,5	17,6	83,6	1,0	191,0	3,63
Mai 2009	13,6	19,9	26,3	15,0	79,8	0,9	12,0	3,08
Jun. 2009	13,7	18,7	25,8	12,6	76,5	0,8	1,8	2,56
Jul. 2009	13,5	19,2	26,4	12,3	68,4	1,0	0,0	2,98

Os graus dias acumulados para cultura do tomateiro (GDA) foram calculados de acordo com as temperaturas medidas pela estação meteorológica, na área experimental. Os tratamentos com lâminas de irrigação iniciaram 83 dias após o transplante, quando 20% de plantas continham pelo menos um fruto maduro e os GDA eram de 1.141°C. Para os tratamentos de suspensão da irrigação, S1 (suspensão da irrigação quando 20% de plantas continham pelo menos um fruto maduro e 83 dias após o transplante), S2 (suspensão da irrigação quando 10% de frutos estavam maduros e 96 dias após o transplante) e S3 (suspensão da irrigação quando 95% de frutos estavam maduros e 118 dias após o transplante), os GDA calculados foram 1.141, 1.310 e 1.592°C, respectivamente.

A duração dos estádios fenológicos e as necessidades hídricas das culturas são variáveis, dependendo principalmente das condições climáticas do local e da duração do ciclo da cultura (DOORENBOS; KASSAM, 2000; DUARTE, 1989). No presente trabalho, adotaram-se quatro estádios no estudo fenológico da cultura, iguais aos encontrados em Marouelli e Silva (2000).

A primeira fase iniciou logo após o transplante de mudas estendendo-se até próximo de 10% de área sombreada, o que correspondeu a um período de 10 dias. A segunda fase, com uma duração de 43 dias, findou-se quando cerca de 75% da área estava coberta pela cultura. O florescimento da cultura do tomateiro não serviu de parâmetro para estabelecer o fim da segunda fase e

o início da terceira, onde ocorre o maior consumo de água pela planta, pois este ocorreu quando a cultura estava com cerca de 30-40% da área sombreada, não podendo estabelecer que a partir deste período a cultura se encontra em máxima demanda hídrica. A terceira fase da cultura iniciou quando 75% da área se encontrava sombreada (ALLEN et al., 2006) e estendeu-se até próximo de 15% de frutos maduros, tendo duração de 49 dias. A última fase correspondeu a um período de 21 dias, até a colheita da cultura.

O resumo dos dados do balanço hídrico da cultura é apresentado na Tabela 5. Observa-se que a demanda hídrica da cultura ( $\sum ET_C$ ) reduziu-se de acordo com o aumento do déficit empregado, isso se deve ao fechamento estomático da cultura e a redução da transpiração da planta, que é estimada pelo coeficiente de estresse hídrico ( $k_S$ ).

A demanda hídrica, evapotranspiração real ( $ET_R$ ), da cultura do tomate oscilou entre 214 a 253 mm. Essa oscilação se deve aos diferentes níveis de déficits sofridos pela cultura nos diversos tratamentos impostos, o que reduziu o potencial hídrico do solo dificultando a absorção de água, forçando adaptações fisiológicas à redução da transpiração da cultura.

Para estimar a eficiência de irrigação foi necessário o cálculo da eficiência de distribuição da lâmina de irrigação para cada diferente lâmina (102%, 68%, 48% e 23% da IRN) aplicada. A Figura 7 representa a distribuição da lâmina de irrigação (mm) para o tratamento de 102% da irrigação necessária e a porcentagem da área coberta pela irrigação. A distribuição das lâminas de irrigação para os tratamentos de 68, 48 e 23% da IRN são apresentadas nas figuras 14, 15 e 16, respectivamente, do Apêndice. Neste caso, a eficiência de distribuição foi de 91%, pois a lâmina mínima aplicada para uma área adequadamente irrigada de 80% foi de 19 mm, sendo a lâmina média de 21 mm.

A redução da evapotranspiração da cultura ( $ET_{PC}$ ), para o período de imposição dos tratamentos (83 dias após o transplante até a colheita), foi um parâmetro utilizado para comparar os déficits hídricos que a cultura foi submetida. A menor redução da  $ET_C$ , 5,86%, ocorreu nos tratamentos com irrigação de 102% da IRN e a maior redução, 54,25%, ocorreu com a irrigação de 23% da IRN. As reduções da  $ET_C$ , para os diferentes tratamentos, são apresentadas na Tabela 6.



Tabela 5 – Resumo dos dados de balanço hídrico da cultura do tomate para suas quatro fases nos diferentes tratamentos impostos L1, L2, L3 e L4 que corresponde à irrigação de 102,31, 68,48, 48,21 e 23,05% da IRN, respectivamente e S1, S2 e S3 que correspondem às suspensões da irrigação nas diferentes datas

Descrição	Fase 01	Fase 02	Fase 03	Fase 04	Total
Duração (dias)	10	43	49	21	123
ET <sub>0</sub> média (mm)	3,4	2,7	2,3	2,5	2,6
∑ET <sub>0</sub> (mm)	33,9	115,9	116,5	37,5	303,8
Precipitações (mm)	113,0	194,0	13,8	0,0	320,8
	Tratamento – L4				
ET <sub>C</sub> (mm)	22,0	93,2	110,0	27,5	252,8
Irrigações (mm)	14,1	33,0	109,8	44,5	201,4
	Tratamento – L3				
ET <sub>C</sub> (mm)	22,0	93,2	104,5	21,4	241,1
Irrigações (mm)	14,1	33,0	90,9	30,4	168,4
	Tratamento – L2				
ET <sub>C</sub> (mm)	22,9	93,2	100,2	15,2	230,6
Irrigações (mm)	14,1	33,0	82,0	20,1	149,3
	Tratamento – L1				
ET <sub>C</sub> (mm)	22,0	93,2	91,3	9,8	216,3
Irrigações (mm)	14,1	33,0	68,2	9,9	125,2
	Tratamento - S1				
ET <sub>C</sub> (mm)	22,0	93,2	98,4	7,9	221,6
Irrigações (mm)	14,1	33,0	76,1	0,0	123,2
	Tratamento - S2				
ET <sub>C</sub> (mm)	22,0	93,2	110,0	15,9	241,1
Irrigações (mm)	14,1	33,0	109,8	0,0	156,9
	Tratamento - S3				
ET <sub>C</sub> (mm)	22,0	93,2	110,0	27,5	252,8
Irrigações (mm)	14,1	33,0	109,8	44,5	201,4

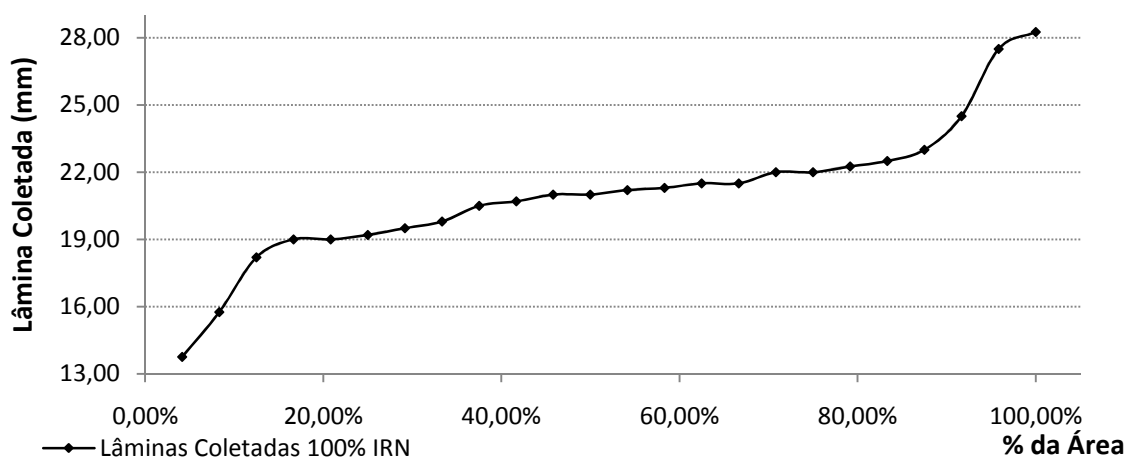


Figura 7 – Lâminas de irrigação coletadas, para o tratamento de 102,31% da IRN, para a determinação da eficiência de distribuição de água.

Tabela 6 – Redução da  $ET_C$  durante os diferentes tratamentos

Tratamentos	Redução da $ET_C$ (%)
L4	5,86
L3	21,56
L2	36,01
L1	54,25
S1	5,86
S2	23,58
S3	49,10

### 3.2. Variáveis de produção

Na Tabela 7 são apresentadas as variáveis de produção para as diferentes lâminas aplicadas. Em relação aos frutos verdes, o tratamento L4 foi o que obteve maior produtividade, diferindo estatisticamente dos tratamentos L2 e L3, sendo que o tratamento L1 não diferiu dos demais. A maior lâmina aplicada, L4, proporcionou o maior apodrecimento de frutos, 5,02 t/ha, diferindo

estatisticamente apenas do tratamento L1, que obteve a menor quantidade de frutos pobres, com 1,55 t/ha.

Tabela 7 – Média das variáveis de produção para os diferentes tratamentos de lâmina de irrigação (102,31, 68,48, 48,21 e 23,05% da IRN)

Variáveis de produção	Tratamentos			
	L1	L2	L3	L4
Frutos maduros (t/ha)	82,06	89,86	90,46	91,76
Frutos verdes (t/ha)	8,84 AB	7,13 B	6,94 B	12,97 A
Frutos podres (t/ha)	1,55 B	2,31 AB	4,86 A	5,02 A
Brix (%)	4,16	4,11	3,94	4,16
Peso 100 frutos (kg)	3,41	3,13	3,32	3,69
Frutos/parcela	541,53	646,23	601,68	545,44
Polpa (t/ha)	11,76	12,74	12,25	13,13

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os demais parâmetros (frutos maduros, brix, peso de 100 frutos e polpa) foram avaliados por análise de regressão.

A análise estatística para as variáveis, fruto maduro, brix, peso de 100 frutos, frutos por parcela e produtividade de polpa, foi feita por análise de regressão e é apresentada na Tabela 8. A equação de regressão apresentada na Tabela 8 explica significativamente a variável dependente, frutos maduros, em relação às lâminas de irrigação.

A maior produtividade de frutos maduros, 98,54 t/ha ocorreu para a lâmina de 85,4% da IRN, de acordo com a equação de regressão encontrada e mostrada na Figura 8. Não se encontrou regressões que explicassem estatisticamente o comportamento dos demais parâmetros de produção: Brix, peso de 100 frutos, frutos por parcela e produtividade de polpa. As produtividades médias obtidas na colheita do experimento e a equação de regressão que representa o comportamento dessas em relação às lâminas de irrigação aplicadas na fase de maturação do tomateiro estão representadas na Figura 8.

Tabela 8 – Análise de variância da regressão, equação de regressão encontrada e parâmetros da equação de regressão ( $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X$ ) para as variáveis dependentes (Fruto maduro, Brix, Peso de 100 frutos, Frutos/parcela, Polpa), considerando as diferentes lâminas aplicadas (L1, L2, L3, L4) como variáveis independentes

Variáveis de produção	Análise de variância	Tipo de regressão	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$
Frutos maduros (t/ha)	(sig)*	Quadrática	73,824	43,138	25,259
Brix (%)	(ns)**	-	-	-	-
Peso 100 frutos (kg)	(ns)**	-	-	-	-
Frutos/parcela	(ns)**	-	-	-	-
Polpa (t/ha)	(ns)**	-	-	-	-

\* (sig) mostra que a equação de regressão explica significativamente a variável dependente (Frutos Maduros) em nível de 10% de probabilidade.

\*\* (ns) mostra que a equação de regressão não explica significativamente a variável dependente (Frutos Maduros) em nível de 10% de probabilidade.

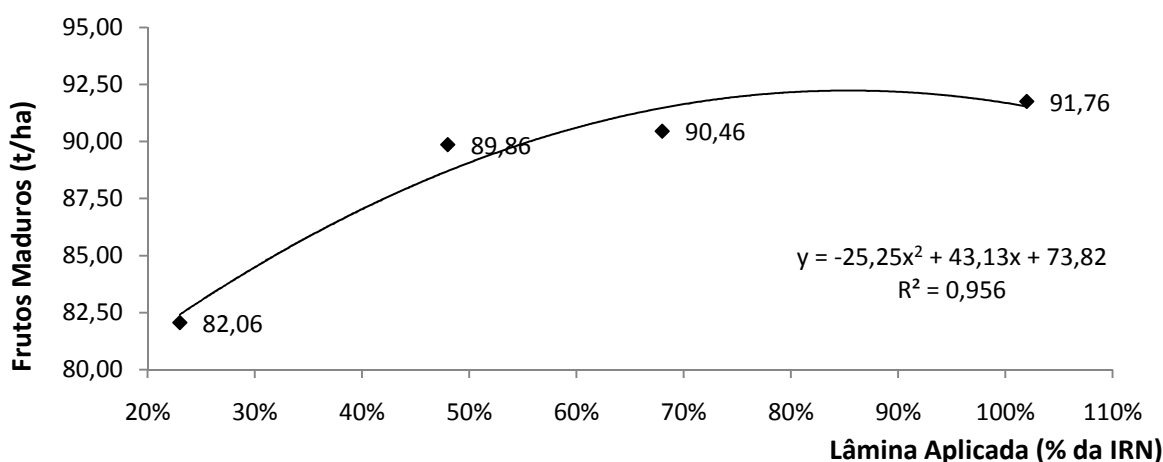


Figura 8 – Médias das produtividades de frutos maduros de tomate (t/ha), em função das lâminas de irrigação aplicadas na fase de maturação do tomateiro e a curva de regressão obtida.

Na Tabela 9 estão apresentados os mesmos parâmetros de produção, agora em relação às suspensões de irrigação. A produtividade de frutos maduros e a concentração de sólidos solúveis, representada pelo °Brix, foram as variáveis que tiveram diferenças estatísticas em relação às diferentes suspensões da irrigação. O tratamento S3 se diferenciou estatisticamente dos demais, em relação às duas variáveis, obtendo a maior produtividade de frutos maduros, 93,66 t/ha e o menor valor de °Brix nos frutos de tomate, 4,00. Em relação à produtividade das plantas dos tratamentos S1 e S2, medimos os valores de 84,17 e 83,41 t/ha de frutos de tomate, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. Os valores de °Brix foram: 4,18 e 4,19, não diferindo estatisticamente, para os tratamentos S1 e S2, respectivamente. Maroueli et al. (2004), em Brasília (Brasil), trabalhando com irrigação por aspersão e comparando diferentes datas para a suspensão da irrigação observou que a maior produtividade de frutos de tomate foi obtida suspendendo a irrigação aos 21 dias antes da colheita, quando aproximadamente 10% dos frutos estavam completamente maduros, o que não foi encontrado nesse trabalho, pois a maior produtividade foi encontrada quando suspendendo a irrigação cinco dias antes da colheita.

Tabela 9 – Médias das variáveis de produção em relação aos diferentes tratamentos de suspensão da irrigação (S1, S2 e S3)

Variáveis de produção	Tratamentos		
	S1	S2	S3
Frutos maduros (t/ha)*	84,17 B	83,41 B	93,66 A
Frutos verdes (t/ha)	4,91 (ns)	5,58 (ns)	10,00 (ns)
Frutos podres (t/ha)	2,69 (ns)	3,95 (ns)	2,93 (ns)
Brix (%)**	4,18 A	4,19 A	4,00 B
Peso 100 frutos (kg)	2,90 (ns)	3,36 (ns)	3,42 (ns)
Frutos/parcela	631,56 (ns)	549,36 (ns)	618,09 (ns)
Polpa (t/ha)	12,17 (ns)	12,03 (ns)	12,92 (ns)

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, \*a 5% e \*\*a 10% de probabilidade. Não significativo pelas análises estatísticas realizadas (ns).

A redução da  $ET_C$  foi um parâmetro utilizado para estimar o déficit hídrico imposto à cultura. Quando a água disponibilizada para a cultura é menor do que a requerida, a evapotranspiração real ( $ET_{C\text{ajus.}}$ ) é menor do que a potencial ( $ET_C$ ). Nessas condições o estresse hídrico pode afetar o crescimento e desenvolvimento da cultura e em última análise, afetar a produtividade (DOORENBOS; KASSAM, 2000). Utilizando este conceito de Doorenbos e Kassam (2000), fez-se uma análise da produtividade e a concentração de sólidos solúveis dos frutos da cultura em relação à redução da  $ET_{PC}$ . Essa análise é representada pela análise de regressão na Tabela 10 e nas Figuras 9 e 10.

Tabela 10 – Análise de variância da regressão, equação de regressão encontrada e parâmetros da equação de regressão ( $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X$ ) para as variáveis dependentes (Fruto Maduro e Brix), considerando a redução da evapotranspiração como variável independente

Análises estatísticas	Tratamentos	
	Frutos maduros	Brix
Análise de variância	(sig)*	(sig)*
Tipo de regressão	linear	linear
$\beta_0$	-0,3045	0,0096
$\beta_1$	99,1717	3,6757
$R^2$	0,727	0,648

\*(sig) mostra que a equação de regressão explica significativamente a variável dependente (Frutos Maduros) em nível de 5% de probabilidade.

Pela análise de variância da regressão (5% de probabilidade), as equações obtidas e apresentadas na Tabela 10 explicam o comportamento das variáveis: produtividade de frutos maduros e Brix dos frutos, em relação à variável redução da  $ET_C$ . As Figuras 9 e 10 mostram a produtividade de frutos e o brix dos frutos em relação a redução da  $ET_C$ .

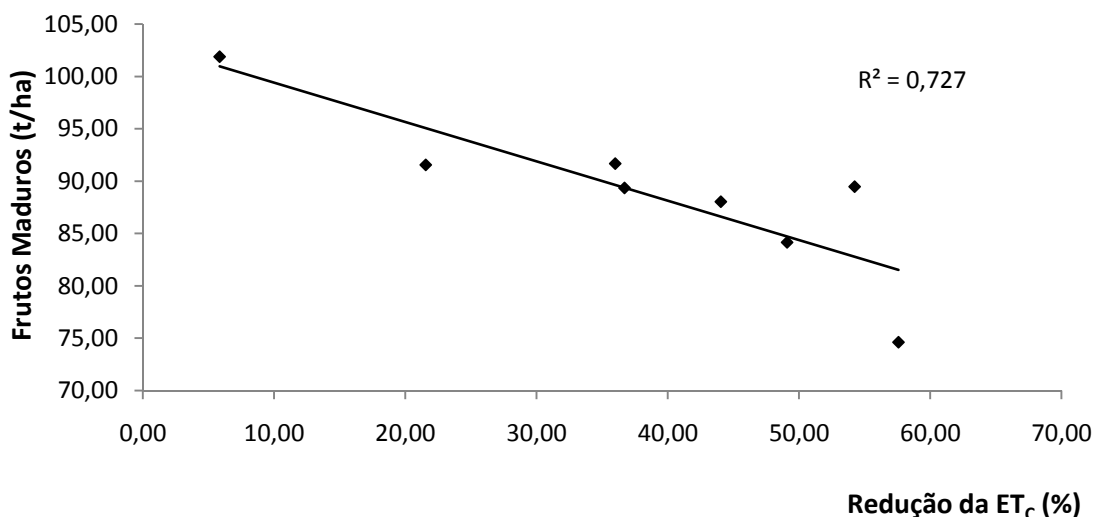


Figura 9 – Produtividade de frutos maduros em relação à redução da ET<sub>c</sub> para o tomateiro destinado ao processamento, irrigado por aspersão.

A maior produtividade de frutos maduros, 101,90 t/ha, ocorreu com a menor redução da ET<sub>c</sub>, 5,86%, na fase de maturação da cultura.

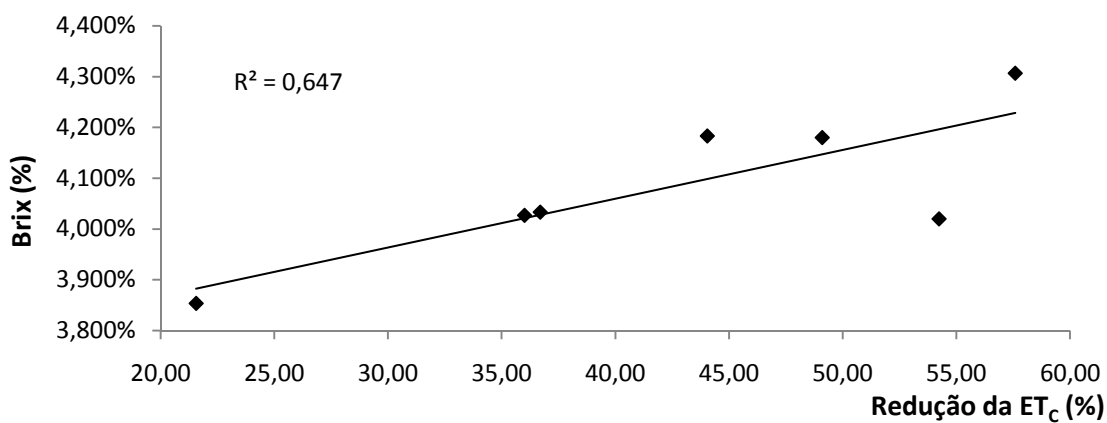


Figura 10 – °Brix dos frutos do tomateiro irrigado por aspersão destinado ao processamento em relação à redução da ET<sub>c</sub>.

O maior valor de °Brix para os frutos de tomate, 4,31%, ocorreu com a maior redução da  $ET_C$ , 57,59%, na fase de maturação do tomateiro. Marouelli et al. (2004), realizando um trabalho sobre suspensão de irrigação em tomate destinado à processamento, na região de Brasília-Brasil, também verificaram que parcelas submetidas a maiores déficits hídricos durante a fase de maturação dos frutos de tomate, obtiveram frutos de tomate com maiores valores de °Brix.

#### **4. CONCLUSÕES**

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, considerando as condições da área experimental e os diferentes tratamentos, podemos concluir que:

- Não houve nenhum tratamento que proporcionasse maior produtividade de polpa, contudo conseguiu-se manter o mesmo nível de produtividade de polpa com uma menor massa de frutos. Provavelmente se deve ao aumento de sólidos solúveis nos frutos de tomate, mesmo não havendo diferenças estatísticas nesses aumentos.
- A lâmina de irrigação de 84,5% da IRN foi a que proporcionou a maior produtividade de frutos maduros;
- Os maiores apodrecimentos de frutos ocorreram com as duas maiores lâminas de irrigação, 68.48 e 102.31% da IRN;
- A suspensão da irrigação realizada 118 dias após o transplante e 5 dias antes da colheita foi a que proporcionou a maior produtividade de frutos e o menor valor de sólidos solúveis para os frutos de tomate;
- A redução da  $ET_C$  foi uma variável que teve uma boa correlação com a produtividade de frutos maduros e à concentração de sólidos solúveis, independentes se esta foi causada por suspensão da irrigação ou por irrigação com déficit. A maior produtividade de frutos ocorreu com a menor redução da  $ET_C$ , já o maior valor de °Brix para os frutos de tomate ocorreu com a maior redução da  $ET_C$ .



## 5. REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo**. Roma: FAO, 2006. 335 p. (Paper, 56).

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

CAHN, M.; HANSON, B.; HARTZ, T.; HERRERO, E. Optimizing fruit quality and yield grown under drip irrigation. **The California Tomato Grower**, Stockton, v. 45, n. 2, p. 7-9, 2002.

CAMARGO, M.B.P. **Exigências bioclimáticas e estimativa para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo**. 1984. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkler**. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 124 p. (Bul.. 670).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeitos da água no rendimento das culturas**. Roma: FAO, 1979.

DUARTE, S.N. **Efeitos do horário e da lâmina de irrigação na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 1989. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

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

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora, California: Rain Bird Sprinkler, 1975. 133 p.

LOPES, M.C.; STRIPARI, P.C. A cultura do tomateiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: UNESP, 1998. cap. 9, p. 257-319.

LÓPEZ, J.; BALLESTEROS, R.; RUIZ, R.; CIRUELOS, A. Influence on tomato yield and brix of an irrigation cut-off fifteen days before the predicted harvest date in southwestern Spain. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 542, p. 117-125, 2001.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R.; HERNANDEZ, S.; DANTAS, G.G.. Épocas de paralisação das irrigações e lâminas de água durante o estágio de maturação de tomateiro para processamento irrigado por gotejamento. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16, Goiânia. **CD-ROM....** Goiânia: ABID, 2006.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R.; OLIVEIRA, C.A.S.. Produção de tomate industrial sob diferentes regimes de umidade no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 9, p. 1531-537, 1991.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R.; SILVA, W.L.C. Avaliação de diferentes manejos de água durante o estágio de maturação de tomateiro para processamento industrial irrigado por gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45, 2005, Fortaleza. **CD-ROM...** Fortaleza: ABH, 2005.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Adequação da época de paralisação das irrigações em tomate industrial no Brasil Central. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 2, p. 118-121, 1993.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Irrigação. In: SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. (Orgs.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 60-71.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; MORETTI, C.L. Production, quality and water use efficiency of processing tomato as affected by the final irrigation timing. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 225-230, 2004.

MARTIN, P.E.; LINGLE, J.C.; HAGAN, R.M.; FLOCKER, W.J. Irrigation of tomatoes in a single harvest program. **California Agriculture**, Oakland, v. 20, n. 6, p. 12-14, 1966.

MAY, D. Processing tomato variety vs. days before harvest water cut-off. **The California Tomato Grower**, Stockton, v. 41, n. 6, p. 7-9, 1998.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440 p.

RICHARDS, L.A. Pressure membrane apparatus construction and use. **Agriculture Engineering**, St. Joseph, v. 28, p. 451-454, 1947.

SILVA, W.L.C.; MARQUELLI, W.A. Exploratory studies on microirrigation for processing tomatoes in Central Brasil. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONFERENCE, 5, 1995, Orlando. **Proceedings...** Orlando: ASAE, 1995. p. 904-908.

SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A. State of the art of irrigation research on processing tomatoes in Brazil. **Acta-Horticulturae**, n. 487, p. 487-491, 1999.

SLACK, D.C. et al. Growing-degree-days based crop coefficients for irrigation management. In: CONGRESSO NACIONAL ASSOCIACION MEXICANA DE INGENIERIA AGRICOLA, 4, Cuautitlán Izcali, Estado do México, México, 1994. **Anais...** Cuautitlán Izcali, México: Asociacion Mexicana de Ingenieria Agricola, 1994. p. 7-13.

SOARES, J.M.; FARIA, C.M.B. Métodos de irrigação e adubação na cultura do tomate industrial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 281-286, 1983.

SOUZA, P.R. Alguns aspectos de influência do clima e temperatura sobre a cultura do arroz irrigado no sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 389, p. 9-22, 1990.

WARINGTON, I.J.; KANEMASU, E.T. Corn growth response to temperature and photoperiod, 1, seedling emergence, tassel initiation and anthesis. **Agronomy Journal**, Madison, n. 75, p. 154-180, 1983.

## **CAPÍTULO 2**

### **MANEJO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM GOTEJAMENTO DURANTE O ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DO TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A região do Cerrado (GO e MG), como a atual principal região produtora de tomate para processamento, utiliza basicamente dois tipos de irrigação, a irrigação por aspersão, com o uso de pivôs centrais, e a irrigação localizada, com o uso de sistema de gotejamento.

O sistema de gotejamento torna-se uma opção de tecnologia de irrigação e fertilização mais racional para o setor produtivo, por possibilitar maior eficiência no uso da água e menor demanda energética (GARCIA, 2003). Este sistema de irrigação possui características intrínsecas ao tipo de irrigação, as quais proporcionam vantagens técnicas, como o não molhamento foliar, com isso, menor incidência de doenças, principalmente no tomate para processamento, economia de água, possibilidade de irrigações mais freqüentes e fertirrigações, resultando em um maior potencial produtivo da cultura. Segundo Colla et al. (1999) e Prieto et al. (1999), o sistema de irrigação localizada comparativamente à aspersão, proporciona ganhos de até 30% de rendimento e redução no uso de água.

A irrigação localizada minimiza o estresse hídrico das culturas durante seu crescimento e desenvolvimento por permitir uma aplicação de menores lâminas de água em uma maior frequência (HARTZ, 1996), e oferece um melhor potencial de eficiência no fornecimento de nutrientes (HARTZ; HOCHMUTH, 1996). Segundo Hartz e Hochmuth (1996), a utilização da irrigação localizada no tomateiro destinado ao processamento tem incrementado 20% ou mais na produtividade de frutos comparados à irrigação por sulcos. Contudo alguns processadores são cépticos em relação à irrigação localizada devido a concentração de sólidos solúveis serem menores do que às dos frutos de tomate produzidos em sistema de irrigação por sulcos.

Os frutos do tomate possuem aproximadamente 93% de água, com essa informação percebe a importância deste insumo em sua produção. Nos estádios iniciais da cultura de tomate deve-se ficar bastante atento com os excessos de irrigação, pois estes podem propiciar um ambiente favorável a doenças de solo que poderão reduzir a população de plantas e o vigor das mesmas. A fase de florescimento e enchimento de frutos é uma das fases mais sensíveis ao déficit hídrico, com relativas perdas de produtividades caso ocorra. A irrigação na fase de maturação é um dos objetos de estudos no tomate industrial, visto a possibilidade de melhoria na qualidade dos frutos de tomate, concentração de sólidos solúveis, e produção de polpa.

Entre vários trabalhos realizados sobre a suspensão de irrigação, muitos citam que foi possível antecipar o final das irrigações em um número significativo de dias, sem comprometimento da produtividade, muitas vezes com melhoria na qualidade do produto e substancial economia de água, de energia e de mão de obra. Além destas vantagens, a antecipação do final das irrigações possibilita redução do ciclo da cultura, maior uniformidade na maturação de frutos e aumento no teor de sólidos solúveis (SANDERS et al., 1989; MAY et al., 1990), o que é de grande interesse para as indústrias de processamento. Em condições brasileiras, alguns autores citam que o estabelecimento de uma estratégia de manejo de água visando maximizar a produtividade de frutos acarreta, via de regra, em redução no teor de sólidos solúveis totais (COLLA et al., 1999; MAROUELLI et al., 2004).

Altas concentrações de sólidos solúveis melhoram o rendimento de polpa por unidade de massa fresca de tomate e a eficiência do processamento

destes frutos de maneira global (JOHNSTONE et al., 2005). A suspensão total das irrigações no estágio de desenvolvimento e amadurecimento dos frutos do tomateiro é um manejo que tem se obtido um incremento da concentração de sólidos solúveis na irrigação localizada, contudo se esta suspensão for feita de maneira antecipada à data ideal para determinada variedade, poderá afetar severamente a frutificação, reduzir o tamanho dos frutos e aumentar a incidência de frutos podres, tornando esta estratégia de irrigação financeiramente inviável (MAY; GONZALES, 1999).

May e Gonzales (1999), avaliando 10 cultivares de tomate para processamento sob irrigação por sulco na Califórnia, verificaram que a máxima produtividade de frutos foi obtida suspendendo as irrigações entre 20 e 40 dias antes da colheita, enquanto que a maior produção de sólidos solúveis foi obtida com a suspensão das irrigações entre 45 e 60 dias. Já para solos com menor capacidade de retenção de água na Espanha, López et al. (2001) recomendam que as irrigações devem ser suspensas entre 10 e 15 dias antes da colheita. Sob irrigação por gotejamento, Lowengart-Aycicegi et al. (1999) recomendam suspender o fornecimento de água com 50% de frutos maduros nas condições de Israel, enquanto Sanders et al. (1989) recomendam o limite de 30% de frutos maduros como indicativo para se suspender as irrigações.

Uma alternativa para complementar a suspensão antecipada da irrigação é a irrigação com déficit. A imposição de um déficit hídrico controlado no início da fase de maturação de frutos se mostrou com potencial para aumentar a concentração de sólidos solúveis, com uma redução mínima na produtividade de frutos (CAHN et al., 2001; RENQUIST; REID, 2001).

O estágio fenológico ideal para realizar a suspensão das irrigações e/ou imprimir déficits hídricos à cultura do tomateiro é um dos gargalos dos estudos em relação ao assunto. Um dos métodos de boa aceitação para relacionar o ciclo de determinada cultura é o total de graus dias acumulados (GDA), definido como a soma de temperaturas acima da condição mínima e abaixo da máxima necessárias para a planta finalizar os diferentes subperíodos de desenvolvimento (SOUZA, 1990). O conceito de graus-dia (GDA) foi desenvolvido para superar inadequações do calendário diário, prever eventos fenológicos (WARINGTON; KANEMASU, 1983), identificar as melhores épocas de semeadura, escalonar a produção de culturas, para programas de

melhoramento e servindo também como parâmetro para implantação de diversas estratégias de manejo da água de irrigação.

As estratégias de manejo da água de irrigação para gotejamento durante o estágio de maturação, que pode influenciar o rendimento e qualidade de polpa, ainda tem sido motivo de pesquisa em vários países produtores do tomateiro para processamento industrial (HARTZ, 2006). No Brasil algumas entidades, com a Embrapa Hortaliça, tem se dedicado a tais pesquisas no intuito de viabilizar o uso do gotejamento em tomate destinado ao processamento. Alguns estudos foram realizados nos últimos anos, para as condições brasileiras, visando estabelecer critérios para o manejo de água para tomateiro irrigado por gotejamento, especialmente durante os estádios inicial, vegetativo e de frutificação da cultura (MAROUELLI; SILVA, 2002). Marouelli et al. (2004, 2005 e 2006), pesquisador da Embrapa Hortaliças, dedicou-se à pesquisas sobre tal tema no Brasil. Assim verifica-se que muito há para ser pesquisado, visto que a maioria das pesquisas realizadas em relação à suspensão da irrigação (MAY; GONZALES, 1999; COLLA et al., 1999; MAROUELLI et al., 2004; SANDERS et al., 1989; MAY et al., 1990) tem sido feitas em outros países e se contradizem quanto às diversas estratégias de irrigação, visando à concentração de sólidos solúveis sem perdas na produtividade de frutos.

Realizou-se este trabalho com os seguintes objetivos:

- Avaliar a influência de diferentes lâminas de água e épocas de suspensão da irrigação durante o estágio de maturação do tomateiro, em irrigação localizada, na produtividade e qualidade de frutos destinados ao processamento e na produtividade de polpa de tomate;
- Avaliar a influência das diferentes lâminas de irrigação e diferentes datas para a suspensão das irrigações na produtividade de frutos e de polpa e na qualidade de frutos de tomate para processamento em três diferentes híbridos;
- Definir estratégias de manejo de água de irrigação durante o estágio de maturação dos frutos do tomateiro que possibilitem maior produtividade de frutos e rendimento de polpa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o cumprimento dos objetivos propostos no presente trabalho, foi conduzido um experimento com irrigação localizada utilizando-se sistema de gotejamento.

### 2.1. Experimento

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental da Unilever, situada no município de Goiânia, Goiás, a uma altitude de 836 m, latitude 16°43' Sul e longitude 49°24' Oeste. O clima da região, pela classificação de Koppen, é definido como tropical quente, sub-úmido (Aw), caracterizado por duas estações bem definidas: verão chuvoso entre os meses de outubro e abril e um inverno seco entre os meses de maio até meados de setembro.



Figura 1 – Foto da área experimental montada em Goiânia-GO com irrigação por gotejamento em tomate para processamento.



O cultivo foi realizado no período seco do ano, sendo o transplante das mudas feito no dia 05/05/2009 e a colheita no dia 14/09/2009. As mudas dos híbridos ASTERIX, AP 533 e ISI 29616, os quais foram utilizados no experimento, foram transplantadas no espaçamento de 1,5 m entre linhas e 0,25 m entre plantas, totalizando uma população de 26.667 plantas por hectare. Essas mudas foram produzidas em viveiro da própria fazenda experimental. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho, textura argilosa.

A área experimental foi composta por onze linhas de cultivo, onde, as linhas das extremidades eram bordaduras e as centrais receberam as suspensões e as diferentes lâminas de irrigação no estágio de maturação do tomateiro. Neste experimento foram estudadas quatro diferentes lâminas de irrigações e três datas de suspensão da irrigação. Foram utilizados três repetições por tratamento e as parcelas experimentais possuíam 4 m, compostas por 16 plantas, onde as 8 plantas centrais foram consideradas para as avaliações.

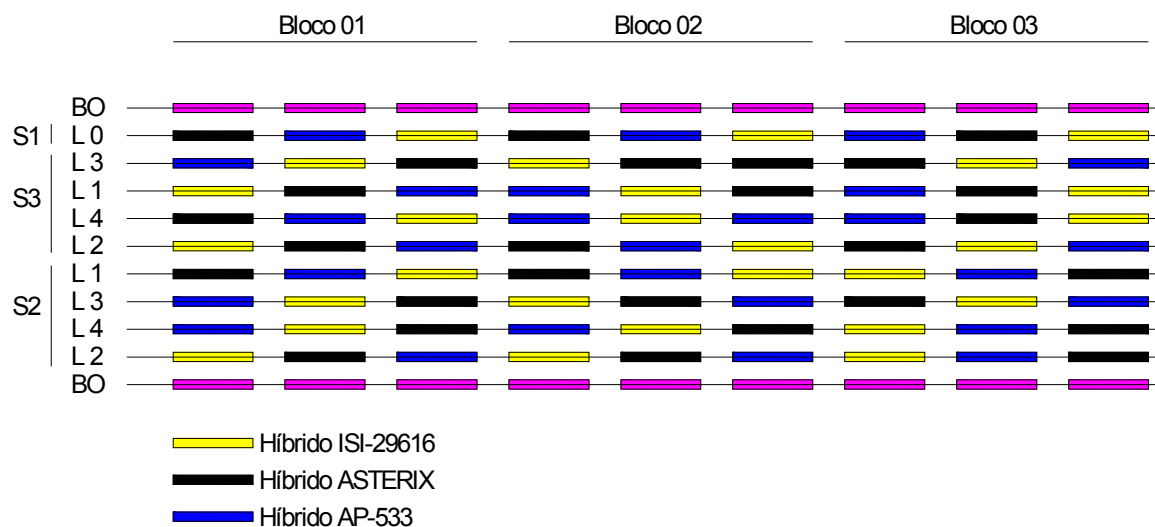


Figura 3 – Croqui da área experimental, mostrando as linhas que ocorreram as suspensões da irrigação (S1, S2 e S3), as diferentes lâminas de irrigações (L1, L2, L3 e L4), locando os híbridos utilizados.

## **2.2. Tratos culturais**

Os tratos culturais como adubação, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, foram os habitualmente utilizados pela fazenda onde o experimento foi implantado, que trabalha com sistema de produção para altas produtividades. Até a imposição dos tratamentos a irrigação foi feita de forma a suprir a total demanda hídrica da cultura. Para tal, foi utilizado o software Irriplus, baseado na evapotranspiração real da cultura pelo método Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 2006), sendo considerado o fator de segurança ( $f = 0,5$ ) como referência para o momento de irrigação

## **2.3. Tratamentos**

Esperando maximizar a produção de frutos de tomate para processamento e a concentração de sólidos solúveis foram aplicados dois fatores relacionados à irrigação em três diferentes híbridos do tomateiro. O primeiro fator consiste de diferentes lâminas de irrigação na fase de maturação e o segundo diferentes datas para a suspensão das irrigações. Foram calculados os graus dias acumulados para a cultura de tomate no início dos tratamentos e no momento de cada suspensão da irrigação. Para esse cálculo utilizou-se a metodologia de Ometto (1981), que considera as médias diárias das temperaturas máximas e médias, no local da condução da cultura. A temperatura basal máxima e mínima utilizadas foram de 35 e 10°C, citadas por Lopes e Stripari (1998).

### **2.3.1. Lâminas de irrigação**

Foram feitas irrigações para suprir toda demanda de água da cultura, até a implantação dos tratamentos. No estágio de maturação dos frutos do tomateiro foram aplicadas diferentes lâminas de irrigação. As lâminas de irrigação se iniciaram 91 dias após o transplante das mudas, quando os híbridos Asterix, ISI 29616 e AP 533 tinham 20% de plantas com pelo menos um fruto completamente maduro. O turno de rega foi de 3, 2 e 3 dias para as

fases vegetativa, reprodutiva e de maturação dos frutos, respectivamente. As lâminas foram as seguintes:

- **Lâmina 1 (L1)** – Aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 20 a 25% da lâmina real requerida pela cultura;
- **Lâmina 2 (L2)** – Aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 45 a 50% da lâmina real requerida pela cultura;
- **Lâmina 3 (L3)** – Aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 70 a 75% da lâmina real requerida pela cultura;
- **Lâmina 4 (L4)** – Aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 95 a 100% da lâmina real requerida pela cultura.

Para a aplicação das diferentes lâminas de irrigação requeridas, controlou-se o tempo de aplicação de água em cada linha gotejadora.

### **2.3.2. Suspensão da Irrigação**

Foram estabelecidos três diferentes estádios fenológicos da cultura para a suspensão da irrigação:

- **Suspensão 1 (S1)** – suspensão da irrigação quando cerca de 20% de plantas continham pelo menos um fruto maduro;
- **Suspensão 2 (S2)** – suspensão da irrigação quando cerca de 10% dos frutos estavam completamente maduros;
- **Suspensão 3 (S3)** – suspensão da irrigação quando cerca de 95% dos frutos estavam completamente maduros.

Os estádios de desenvolvimento da cultura escolhidos para as suspensões da irrigação foram baseados em trabalhos realizados na Embrapa Hortaliças, em Brasília, por Marouelli et al (2004). A suspensão da irrigação quando 20% de plantas contêm pelo menos um fruto maduro, de acordo com Marouelli et al (2004), proporciona maior concentração de sólidos solúveis para os frutos de tomate, enquanto a maior produtividade de frutos foi obtida suspendendo a irrigação com 10% de frutos completamente maduros.

### 2.3.3. Redução da evapotranspiração

A evapotranspiração da cultura pode ser afetada pela quantidade de água no solo, ou seja, déficits de água no solo podem induzir ao fechamento estomático da cultura e com isso reduzir sua evapotranspiração. Para estimar o déficit imposto à cultura, foi calculada a redução da evapotranspiração, considerando a metodologia do coeficiente de déficit hídrico ( $K_s$ ) no solo. Já a redução da evapotranspiração da cultura em relação à evapotranspiração potencial foi feita de acordo com a equação 1. Esta redução foi considerada para análise junto aos aspectos quantitativos e qualitativos da produção de tomate. A análise da redução da  $ET_c$  foi feita de forma conjunta, tanto para os tratamentos de lâminas de irrigação quanto para os de suspensão da irrigação

$$\text{Redução da } ET_c (\%) = 1 - K_s \times 100 \quad (1)$$

### 2.4. Sistema de irrigação

As características do sistema de irrigação utilizado estão na Tabela 1. Para a determinação dos coeficientes de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação, amostraram-se pontos utilizando-se o método proposto por Keller e Karmeli (1975), modificado por Deniculi et al. (1980), que consiste na estimativa das vazões de 8 emissores ao longo da linha gotejadora (início, 2/7, 3/7, 4/7, 4/7, 6/7, 7/7 e final) em 4 linhas do setor (início, 1/3, 2/3 e final). Os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e o de distribuição (CUD) foram calculados conforme descritos por Bernardo et al. (2006).

Tabela 1 – Características do equipamento de irrigação utilizado no experimento, com os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD)

Características do Sistema de Irrigação Utilizado	
Modelo/Marca do Gotejador	Hydro PCND - Plastro
Vazão por gotejador	1,66 L/hora
Intensidade de Aplicação	2,77 mm/hora
CUC	85,81%
CUD	78,10%

## 2.5. Manejo da água de irrigação

O manejo da água de irrigação foi realizado com auxílio do *software* Irriplus<sup>®</sup>, em que foi determinada a demanda de água do tomateiro utilizando coeficientes de ajuste: coeficiente da cultura ( $k_c$ ), coeficiente de localização da irrigação ( $k_l$ ) e coeficiente de estresse hídrico ( $k_s$ ) sobre a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ). A lâmina bruta de irrigação foi calculada por meio de um balanço hídrico, em que as entradas de água foram as irrigações e as precipitações pluviais efetivas e as saídas foram a evapotranspiração real da cultura ( $ET_R$ ) e a percolação da água além da profundidade considerada para o sistema radicular.

O déficit hídrico da cultura para determinado período será estimada pela equação de balanço de água simplificada:

$$\text{Déficit} = \Sigma ET_R - \Sigma (E_i \times \text{Irrig.} + P_E) \quad (2)$$

em que Déficit é déficit de água, no período (mm);  $ET_C$ , evapotranspiração real da cultura (mm);  $P_E$ , precipitação efetiva (mm); Irrig, irrigação realizada (mm); e  $E_i$ , eficiência de irrigação.

Os dados climáticos foram coletados em uma estação meteorológica automática, modelo Davis Vantage Pro II, com sensores que fornecem dados diários de radiação solar, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento,

instalada a 100 metros de onde foi realizado o experimento. A precipitação foi medida por um pluviômetro instalado na área experimental.

A evapotranspiração real da cultura foi calculada pelo software Irriplus<sup>®</sup> da seguinte forma:

$$ET_R = ET_o \times k_c \times k_l \times k_s \quad (3)$$

em que  $ET_R$  é evapotranspiração real da cultura (mm);  $ET_o$ , evapotranspiração de referência (mm);  $k_c$ , coeficiente da cultura;  $k_l$ , coeficiente de localização da irrigação; e  $k_s$ , coeficiente de déficit hídrico.

O método de estimativa da  $ET_o$  utilizado pelo software Irriplus<sup>®</sup>, é o Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 2006).

Vários estudos sobre a necessidade de água para os diferentes estádios de desenvolvimento do tomateiro para processamento na região dos cerrados goianos foram realizados pela Embrapa Hortaliças (MAROUELLI et al., 1991, 2004, 2005 e 2006). Os valores de coeficiente de cultura recomendados nestes estudos variam entre 0,45 e 0,65 (0,60 e 0,70), 0,50 e 0,80 (0,50 e 0,80), 0,95 e 1,05 (0,95 e 1,05) e 0,60 e 0,85 (0,60 e 0,70) para os estádios inicial, vegetativo, reprodutivo e maturação, respectivamente, para os sistemas de irrigação localizada e aspersão (valores entre parêntesis). Os coeficientes da cultura utilizados no trabalho se encontram na Tabela 2, tendo por base os estudos realizados pela Embrapa Hortaliças.

Para determinação de  $ET_c$  pelo software o coeficiente da cultura foi determinado, conforme apresentado na Figura 4, ou seja, constante no primeiro (0,65) e terceiro estádios (1,00), crescente no segundo estágio e decrescente no quarto estágio.

Tabela 2 – Duração dos estádios, coeficiente da cultura (Kc), área sombreada e profundidade do sistema radicular (Z) do tomateiro para processamento utilizados no estudo

Estádio <sup>1</sup>	Duração (dias)	kc	Área sombreada (%)	Z (cm)
Inicial	20	0,65	5,0	10
Vegetativo	33	0,75	10,0	20
Frutificação	50	1,00	95,0	30
Maturação	20	0,60	92,0	30

<sup>1</sup> Inicial: do plantio até dois pares de folhas ou pegamento de mudas. Vegetativo: até o início do florescimento. Frutificação: até o início da maturação de frutos. Maturação: até a colheita.

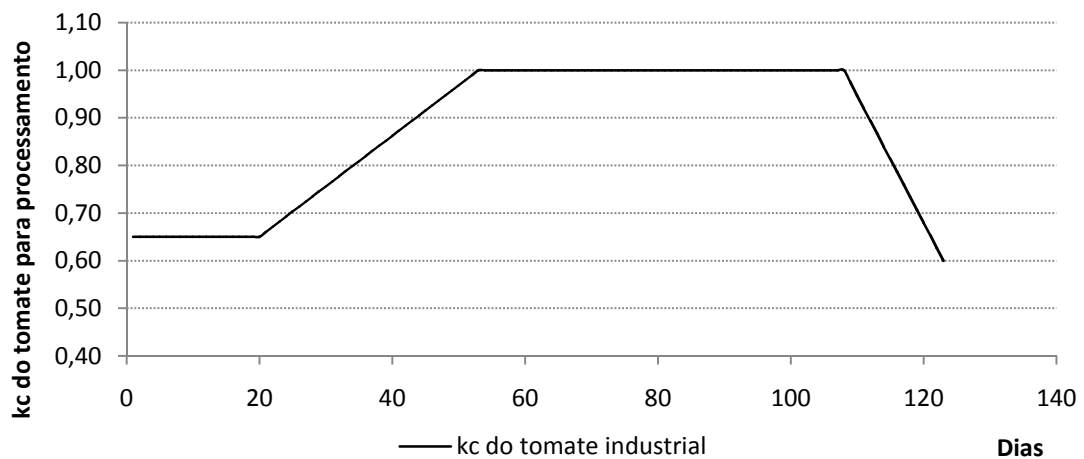


Figura 4 – Curva do coeficiente da cultura (kc) do tomateiro para processamento em função de seu ciclo de crescimento.

O coeficiente de déficit hídrico no solo ( $K_s$ ), utilizado para conversão da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) na evapotranspiração real, foi o ajustado por Bernardo et al. (2006), tomando por base estudos realizados por Pierce, conforme apresentado na equação 4. Segundo Pierce, a  $ET_R$  mantém acima de 90% da  $ET_c$  enquanto a umidade do solo estiver acima de, aproximadamente, um terço da água disponível no solo. Depois, cairá mais rapidamente, de forma exponencial, até a umidade do solo se aproximar do ponto de murcha permanente.

$$k_s = \frac{\text{Ln}(LAA+1,0)}{\text{Ln}(CTA+1,0)} \quad (4)$$

em que  $k_s$  é coeficiente de umidade do solo (adimensional); Ln, logaritmo neperiano; CTA, capacidade total de água no solo, em mm; e LAA, lâmina real de água no solo, em mm.

Para o cálculo da evapotranspiração da cultura na irrigação localizada se faz necessário um ajuste devido a aplicação localizada de água, resultando em uma menor área exposta a evaporação de água. Para tal fim é utilizado o coeficiente de localização ( $k_L$ ), proposto por Keller (1978, citado por BERNARDO et al., 2006). Este coeficiente é recomendado para culturas de menor espaçamento, como hortaliças, sendo definido matematicamente pela seguinte equação:

$$k_L = \frac{P}{100} + 0,15 \left( 1 - \frac{P}{100} \right) \quad (5)$$

em que  $k_L$  é coeficiente de irrigação localizada; e P, percentagem da área sombreada ou molhada (%), prevalecendo o maior valor.

Foram feitas verificações de umidade de solo, método padrão de estufa, para o acompanhamento do balanço hídrico, no intuito de garantir a eficácia do método utilizado.



## 2.6. Análise das propriedades físico-hídricas do solo

Para fins de manejo da água de irrigação foram determinadas as seguintes características físico-hídricas do solo: capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade do solo.

A capacidade de campo (CC) do solo foi determinada utilizando-se o método padrão da bacia, conforme descrito por Bernardo et al. (2006). A Figura 5 mostra a bacia na área experimental. O ponto de murcha permanente (PMP) foi obtido em laboratório, como descrito por Richards (1947), considerando a tensão matricial de 1.500 kPa. Para determinar o ponto de murcha permanente foi utilizada uma amostra composta de solo desestruturado, retirada em cinco pontos da área experimental. Para determinação da densidade do solo foram retiradas três amostras indeformadas na área experimental por meio de um trado tipo Uhland. As determinações foram feitas nas camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade e os resultados são apresentadas na Tabela 3.



Figura 5 – Bacia feita na área experimental, em Goiânia-GO, para determinar a capacidade de campo do solo.

A análise textural do solo foi feita no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

Tabela 3 – Características físico-hídricas, capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), densidade (da) e análise granulométrica do solo da área experimental, para as profundidades de 0-20 e 20-40 cm

Características	Profundidade (cm)		Unidades
	0-20	20-40	
Capacidade de campo	24,49	23,30	%*
Ponto de murcha permanente	12,87	12,88	%*
Densidade aparente	1,37	1,50	g cm <sup>-3</sup>
Argila	42,0	43,0	dag kg <sup>-1</sup>
Silte	5,0	6,0	dag kg <sup>-1</sup>
Areia grossa	26,0	23,0	dag kg <sup>-1</sup>
Areia fina	27,0	28,0	dag kg <sup>-1</sup>

\* Porcentagem gravimétrica de água no solo em base seca.

## 2.7. Variáveis analisadas

Visando analisar o efeito dos tratamentos foram avaliadas as seguintes características agrônômicas: produtividade de frutos comerciais (maduros), verdes, podres, com podridão apical e de polpa de tomate, teor de sólidos solúveis totais dos frutos, massa média de frutos comerciais e número de frutos por planta.

### 2.7.1. Produtividade de frutos comerciais, verdes, podres e com podridão apical

Foram utilizadas oito plantas centrais de cada repetição para a realização da colheita dos frutos. Estes frutos foram separados em comerciais (maduros e coloridos menos verdes e podres/desintegrados), verdes e podres, onde foram determinadas as massa de cada grupo de frutos e as respectivas porcentagens.

### **2.7.2. Número de frutos por planta**

Coletou-se uma amostra de 100 frutos, a qual foi pesada e tirada à massa média dos frutos. Essa massa média foi extrapolada para todos os frutos de cada repetição. Com essa massa média e a massa total de frutos colhidos, foi estimado o número de frutos maduros por parcela experimental.

### **2.7.3. Teor de sólidos solúveis totais**

O teor de sólidos solúveis de frutos maduros foram determinados utilizando um refratômetro digital para medidas de 0 a 45°Brix. Este aparelho possui recomendação para determinação de açúcar em sucos de fruta concentrados e enlatados que utilizem infusão de açúcar. Para essa avaliação foi coletada uma amostra de 100 frutos por parcela experimental, a qual foi batida em liquidificador industrial, para extração da solução onde foi realizada a determinação.

### **2.7.4. Produtividade de polpa de tomate**

Para o cálculo da produtividade de polpa de tomate foi considerado a produtividade de frutos maduros e a concentração de sólidos solúveis. A polpa de tomate possui uma concentração de sólidos solúveis em torno de 29 a 31°, sendo que neste trabalho foi considerado 29°Brix. A escolha do valor de 29°Brix se deve ao fato da empresa processadora, onde as análises foram feitas, utilizá-lo como padrão de análise. Com uma relação direta do Brix dos frutos colhidos e o Brix de 29° (Polpa) foi estimado a produtividade de polpa.

### **2.7.5. Massa média de frutos comerciais**

A mesma amostra de 100 frutos, utilizada para a determinação da concentração de sólidos solúveis, foi utilizada para determinar a massa média dos frutos em cada repetição.

## 2.8. Análise estatística

Para efeito de análise estatística considerou-se o experimento montado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas a suspensão e nas subparcelas as lâminas de irrigação, no delineamento em blocos casualizado (DBC), com três repetições. As análises foram feitas de maneiras separadas, entre lâminas e suspensão, pois nessa situação não houve interação entre os fatores. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas usando o teste de Tukey a 5 e 10% de probabilidade. Para o fator quantitativo os modelos foram escolhidos tomados na significância dos coeficientes de regressão utilizando o teste T a 5 e 10% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $r^2 = \left( \frac{SQ \text{ Regressão}}{SQ \text{ Lâminas}} \right) \times 100$ ) e no fenômeno biológico.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Clima e demanda da cultura

Para o crescimento da cultura do tomateiro para processamento a temperatura média ideal está na faixa de 21-24°C, contudo uma amplitude térmica entre o dia e a noite favorece o desenvolvimento da cultura. Temperaturas médias superiores a 30°C e inferiores a 12°C induzem ao abortamento floral e a suspensão do crescimento e desenvolvimento da cultura, respectivamente. Os valores de temperatura máxima, média, mínima (°C) e precipitações são mostrados na Figura 6. Durante o ciclo da cultura as médias das temperaturas máxima, média e mínima foram, respectivamente, 29.2, 21.5, 15.2°C, sendo 199,9 Wm<sup>-2</sup> a média da radiação solar. A precipitação total no período de cultivo foi de 124,2 mm. Após 27 dias do transplante das mudas ocorreu uma precipitação de 30 mm na área experimental, tal precipitação favoreceu a ocorrências de doenças bacterianas no tomateiro, principalmente causada pela bactéria *Xanthomonas campestris*. Chuvas em excessos podem limitar o cultivo do tomateiro, pelo favorecimento

de doenças na planta (GIORDANO; SILVA, 2000). Nos últimos 14 dias da fase final do desenvolvimento da cultura ocorreram precipitações na ordem de 69 mm, o que certamente minimizou o efeito dos tratamentos de déficit hídricos. As médias da umidade relativa e a velocidade do vento foram, respectivamente, 67,9% e 1 m/s.

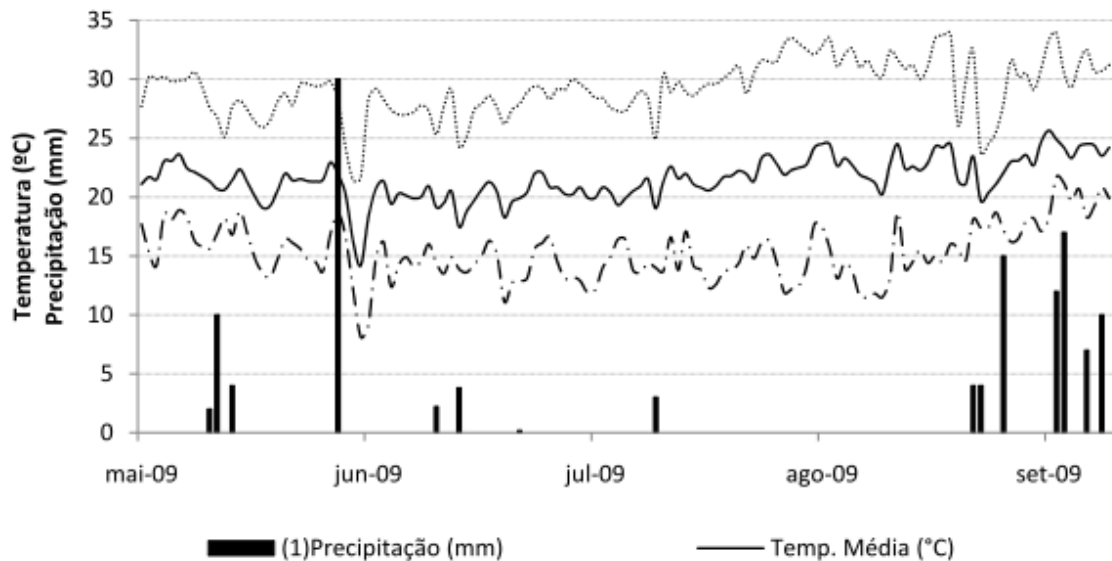


Figura 6 – Temperaturas máxima, média, e mínima para o período de cultivo do tomate para processamento na Fazenda Experimental da Unilever, Goiânia-GO.

A Figura 7 retrata a radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento no período de condução do experimento na fazenda experimental, em Goiânia-GO.

As médias mensais dos dados climáticos utilizados nos cálculos de demanda hídrica, a precipitação e a demanda hídrica acumulada na região de pesquisa são apresentados na Tabela 4.

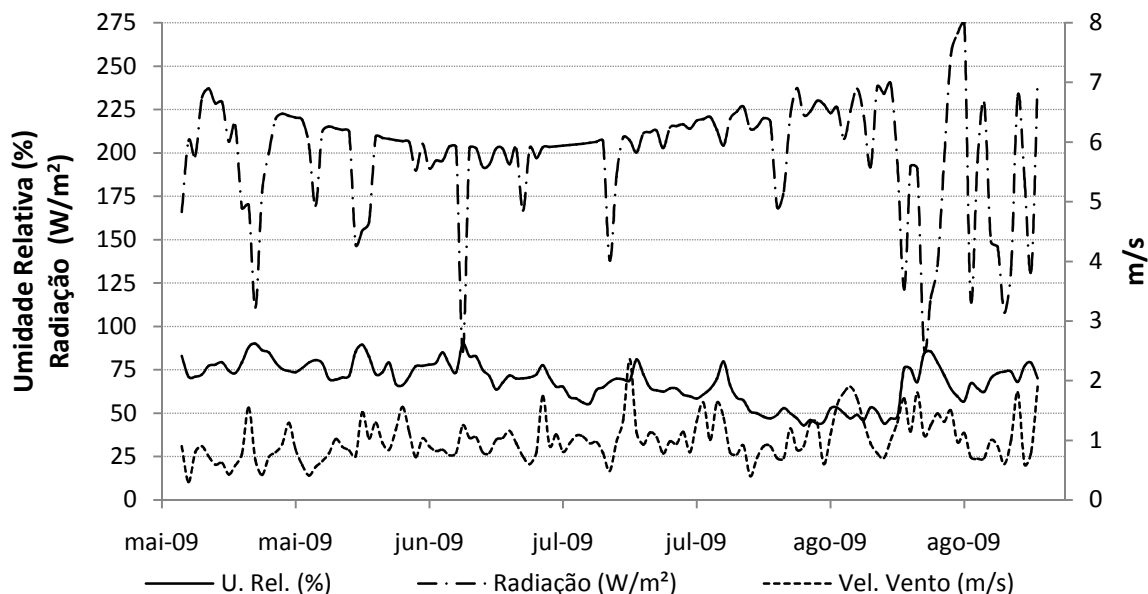


Figura 7 – Radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento para a Fazenda Experimental da Unilever, no município de Goiânia-GO.

Tabela 4 – Dados médios mensais de radiação, temperatura média, máxima, mínima, umidade relativa (UR), velocidade do vento (Vv), precipitação e a média diária da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) para os meses de cultivo do tomate

Mês/ano	Radiação (MJ/m <sup>2</sup> /dia <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)			UR (%)	Vv (m/s)	Precip. (mm)	ET <sub>0</sub> (mm/dia)
		Méd.	Máx.	Mín.				
Mar. 2009	17,4	21,5	28,5	16,3	77,5	0,8	46,0	3,04
Abr. 2009	16,7	19,8	27,2	14,0	75,0	1,0	6,2	2,74
Mai. 2009	18,0	21,3	29,6	14,1	63,1	1,0	3,0	3,36
Jun. 2009	17,6	22,6	30,6	15,3	56,6	1,2	23,0	3,91
Jul. 2009	15,1	24,4	31,4	19,7	71,2	1,0	46,0	3,42

Os graus dias acumulados para cultura do tomateiro (GDA) foram calculados de acordo com as temperaturas medidas pela estação meteorológica, na área experimental. Os tratamentos com lâminas de irrigação iniciaram 91 dias após o transplante, quando os híbridos Asterix, ISI 29616 e AP 533 continham 17, 9 e 3% de plantas com pelo menos um fruto maduro,

respectivamente e os GDA eram 1.343°C. Sendo o início dos tratamentos de suspensão da irrigação, S1 (para os híbridos Asterix, ISI 29616 e AP 533 a avaliação fenológica era, respectivamente, 17, 9 e 3% de plantas com pelo menos um fruto maduro aos 91 dias após o transplante), S2 (para os híbridos Asterix, ISI 29616 e AP 533 a avaliação fenológica era, respectivamente, 12, 9 e 5% de frutos completamente maduros aos 103 dias após o transplante) e S3 (para os híbridos Asterix, ISI 29616 e AP 533 a avaliação fenológica era, respectivamente, 98, 93 e 90% de frutos completamente maduros aos 122 dias após o transplante), os GDA calculados foram 1.343, 1.530 e 1.983°C, respectivamente.

A duração dos estádios fenológicos e as necessidades hídricas das culturas são variáveis, dependendo principalmente das condições climáticas do local e da duração do ciclo da cultura (DOORENBOS; KASSAM, 2000; DUARTE, 1989). No presente trabalho, adotaram-se quatro estádios no estudo fenológico da cultura, conforme Marouelli e Silva (2000).

A primeira fase iniciou logo após o transplante de mudas estendendo-se até próximo de 10% de área sombreada, o que correspondeu a um período de 15 dias. A segunda fase, com uma duração de 38 dias, findou-se quando cerca de 75% da área estava coberta pela cultura. O florescimento da cultura não serviu como referência para estabelecer o fim da segunda fase e o início da terceira, pois este ocorreu quando a cultura estava na metade do desenvolvimento vegetativo, cerca de 30-40% da área sombreada, não podendo estabelecer que a partir deste período a cultura se encontra em máxima demanda de água. A terceira fase da cultura iniciou quando 75% da área se encontrava sombreada (ALLEN et al., 2006) e estendeu-se até próximo de 15% de frutos maduros, tendo duração de 55 dias. A última fase correspondeu a um período de 29 dias, até a colheita da cultura.

O resumo dos dados do balanço hídrico da cultura é apresentado na Tabela 5. A redução da demanda de água da cultura nos tratamentos com um maior déficit empregado se deve ao fechamento estomático, uma redução da transpiração da planta e uma menor evaporação de água, que é estimada pelo coeficiente de estresse hídrico ( $k_s$ ).

Tabela 5 – Resumo dos dados de balanço hídrico da cultura do tomate para suas quatro fases nos diferentes tratamentos impostos L1, L2, L3 e L4 que corresponde à irrigação de 100, 75, 50 e 25% da IRN, respectivamente e S1, S2 e S3 que correspondem às suspensões de irrigação nas diferentes datas

Descrição	Fase 01	Fase 02	Fase 03	Fase 04	Total
Duração (dias)	15	38	55	29	137
ET <sub>0</sub> média (mm)	3,8	3,4	5,2	5,0	3,3
∑ET <sub>0</sub> (mm)	45,6	106,6	201,3	70,4	432,9
Precipitações (mm)	16,0	36,2	3,0	69,0	
Tratamento – L4					
ET <sub>C</sub> (mm)	9,2	47,5	164,2	46,8	267,8
Irrigações (mm)	44,4	66,3	211,3	15,2	337,1
Tratamento – L3					
ET <sub>C</sub> (mm)	9,2	47,5	157,2	43,7	257,70
Irrigações (mm)	44,4	66,3	192,6	12,2	315,4
Tratamento – L2					
ET <sub>C</sub> (mm)	9,2	47,5	148,0	39,5	244,3
Irrigações (mm)	44,4	66,3	174,0	9,2	293,8
Tratamento – L1					
ET <sub>C</sub> (mm)	9,2	47,5	138,1	34,8	229,7
Irrigações (mm)	44,4	66,3	155,3	4,8	270,7
Tratamento – S1					
ET <sub>C</sub> (mm)	9,2	47,5	128,9	31,2	216,9
Irrigações (mm)	44,4	66,3	136,7	0,0	247,3
Tratamento – S2					
ET <sub>C</sub> (mm)	9,2	47,5	160,6	34,3	251,6
Irrigações (mm)	44,4	66,3	183,7	0,0	294,3
Tratamento – S3					
ET <sub>C</sub> (mm)	9,2	47,5	164,2	46,8	267,8
Irrigações (mm)	44,4	66,3	211,3	15,2	337,1



Para comparação do déficit hídrico imposto à cultura utilizou-se a redução da evapotranspiração da cultura ( $ET_C$ ) para o período de realização dos tratamentos (91 dias após o transplante até a colheita). A menor redução da  $ET_C$ , 6,44%, ocorreu nos tratamentos L4 e S3. A maior redução, 37,60%, ocorreu com o tratamento S1. Essas reduções, para os diferentes tratamentos, são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Redução da  $ET_{PC}$  durante os diferentes tratamentos

Tratamentos	Redução da $ET_C$ (%)
L4	6,44
L3	12,49
L2	20,91
L1	30,34
S1	6,44
S2	31,46
S3	37,60

### 3.2. Variáveis de produção

Na Tabela 7 são apresentadas as médias das variáveis de produção para as diferentes lâminas aplicadas. Foram feitos testes de médias apenas para os frutos verdes e os frutos podres, sendo que para as demais variáveis de produção foram feitas análises de regressão. Para o híbrido Asterix não houve diferença estatística em relação à presença de frutos verdes e ao apodrecimento de frutos em relação às diferentes lâminas aplicadas. Para o híbrido AP533 no tratamento L3 observou maior presença de frutos verdes em relação ao L1 e L2, não diferindo estatisticamente do tratamento L4. Para o apodrecimento de frutos, não houve diferença estatística entre os tratamentos de lâminas no cultivo do híbrido AP533. Os tratamentos L3 e L4, para o híbrido ISI29616, obtiveram as maiores produções de frutos verdes em relação ao L1.

Para o apodrecimento de frutos não houve diferença estatística entre as diferentes lâminas de irrigação no cultivo do híbrido ISI29616. Lopes et al. (2000) citam que reduzir o volume de água aplicado é uma das alternativas de alta eficiência no controle de podridão de frutos, causada por *Erwinia spp.*, contudo não se observou essa podridão nos tratamentos com maiores lâminas aplicadas. Um dos motivos pode estar na metodologia utilizada na mensuração dos frutos podres, ou seja, mensurando a massa destes. Quando ocorre uma podridão bacteriana do fruto de tomate pelo agente causal *Erwinia spp.*, há uma desintegração do mesocarpo e se houver o rompimento do epicarpo, ou casca, do fruto haverá uma perda de líquido dos frutos. Desta forma a massa pode não ser a melhor forma de mensurar o efeito de determinado tratamento sobre a podridão de frutos de tomate e talvez a contagem do número de frutos podres.

As análises das variáveis frutos maduro, brix, peso de 100 frutos, frutos por parcela e produtividade de polpa, foram feitas por análise de regressão e são apresentadas na Tabela 8. Para os híbridos Asterix e AP533, foram encontradas equações de regressão quadráticas que explicasse (10% de probabilidade) a variável °Brix em relação às lâminas de irrigação. Para as demais variáveis analisadas, nos dois híbridos citados, não foram encontradas equações que as explicassem em relação às lâminas de irrigação. Os maiores valores de °Brix para os híbridos Asterix e AP533 foram 4,79 e 4,89% de acordo com as equações de regressão para as lâminas de 54 e 25%, respectivamente.

Tabela 7 – Média das variáveis de produção para os diferentes tratamentos de lâmina de irrigação (100, 75, 50 e 25% da IRN)

Variáveis de produção	Tratamentos			
	L1	L2	L3	L4
<b>Híbrido Asterix</b>				
Frutos maduros (t/ha)*	106,88	108,39	110,84	106,84
Frutos verdes (t/ha)	4,44 (ns)	5,42 (ns)	5,60 (ns)	4,36 (ns)
Frutos podres (t/ha)	8,53 (ns)	8,89 (ns)	8,89 (ns)	7,82 (ns)
Brix (%)*	4,64	4,82	4,69	4,46
Peso 100 frutos (kg)*	3,40	3,25	3,43	3,55
Frutos/parcela*	1.168	1.197	1.211	1.129
Polpa (t/ha)*	17,05*	18,05*	17,83*	16,37*
<b>Híbrido AP 533</b>				
Frutos maduros (t/ha)*	123,64	129,85	134,62	129,09
Frutos verdes (t/ha)	6,36 B	7,11B	9,69 A	8,09 AB
Frutos podres (t/ha)	8,58 (ns)	8,49 (ns)	6,58 (ns)	9,51 (ns)
Brix (%)*	4,83	4,86	4,75	4,57
Peso 100 frutos (kg)*	4,07	4,51	4,28	4,63
Frutos/parcela*	1.140	1.079	1.178	1.046
Polpa (t/ha) *	20,45	21,81	22,02	20,26
<b>Híbrido ISI 29616</b>				
Frutos maduros (t/ha)*	104,23	117,54	119,68	122,42
Frutos verdes (t/ha)	4,00 B	4,76 AB	5,69 A	5,78 A
Frutos podres (t/ha)	6,27 (ns)	8,71 (ns)	8,13 (ns)	7,47 (ns)
Brix (%)*	5,05	4,92	4,83	4,86
Peso 100 frutos (kg)*	3,32	3,41	3,46	3,44
Frutos/parcela*	1.177	1.292	1.295	1.334
Polpa (t/ha)*	18,15	19,98	19,88	20,46

\* Foram feitas análises de regressão para os determinados parâmetros. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os demais parâmetros (frutos maduros, brix, peso de 100 frutos e polpa) foram avaliados por análise de regressão.

Tabela 8 – Análise de variância da regressão, equação de regressão encontrada e parâmetros da equação de regressão ( $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X$  e  $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X + \beta_2 \times X^2$ ) e para as variáveis dependentes (Frutos Maduros(t/ha), Brix(%), Peso de 100 Frutos(kg), Frutos/Parcela, Polpa(t/ha)), considerando as diferentes lâminas aplicadas (L1, L2, L3, L4) como variáveis independentes

Variáveis de produção	Análise de variância	Tipo de regressão	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$
<b>Híbrido Asterix</b>					
Frutos maduros	(ns) <sup>***</sup>	-	-	-	-
Brix	(sig) <sup>*</sup>	Quadrática	4,4217	1,331	-1,2816
Peso 100 frutos	(ns) <sup>***</sup>	-	-	-	-
Frutos/parcela	(ns) <sup>***</sup>	-	-	-	-
Polpa	(ns) <sup>***</sup>	-	-	-	-
<b>Híbrido AP 533</b>					
Frutos maduros	(ns) <sup>***</sup>	-	-	-	-
Brix	(sig) <sup>*</sup>	Quadrática	4,7707	0,428	0,6207
Peso 100 frutos	(ns) <sup>***</sup>	-	-	-	-
Frutos/parcela	(ns) <sup>***</sup>	-	-	-	-
Polpa	(ns) <sup>***</sup>	-	-	-	-
<b>Híbrido ISI 29616</b>					
Frutos maduros	(sig) <sup>**</sup>	Quadrática	88,58	75,525	-42,276
Brix	(ns) <sup>***</sup>	-	-	-	-
Peso 100 frutos	(ns) <sup>***</sup>	-	-	-	-
Frutos/parcela	(ns) <sup>***</sup>	-	-	-	-
Polpa	(sig) <sup>*</sup>	Quadrática	16,347	8,999	-5,013

(sig) Significativo em nível de \*10% e \*\*5% de probabilidade.

\*\*\*(ns) Não significativo em nível de 10% de probabilidade.

Para o híbrido ISI 29616 a produtividade de frutos maduros e de polpa foram as variáveis dependentes explicadas por equações de regressão quadráticas em relação às lâminas de irrigação. As maiores produtividades de frutos maduros e de polpa de tomate, de acordo com as equações de regressão, foram 122,31 e 20,39 t/ha para as lâminas de 89,30 e 89,76% da IRN, respectivamente. Favati et al. (2009), em Basilicata, região sul da Itália, analisando lâminas de irrigação correspondendo a 0, 50 e 100% da irrigação total necessária (ITN), na fase de maturação do tomateiro destinado a

industrialização, encontrou a maior produtividade de frutos maduros para a maior lâmina aplicada, 100% da ITN. Johnstone et al. (2005), em Davis (California-EUA), comparando irrigações de 100 e 25% da ITN, sendo essas iniciadas e paralisadas com 40 e 20 dias antes da colheita, respectivamente, não encontrou diferenças estatísticas para a produtividade de frutos maduros entre elas.

As concentrações médias de sólidos solúveis, representadas pelos °Brix, obtidas na colheita dos tratamentos e as equações de regressão que as representa em relação às lâminas de irrigação aplicadas na fase de maturação do frutos do tomateiro estão representadas nas Figuras 8 e 9, para os híbridos ASTERIX e AP 533, respectivamente.

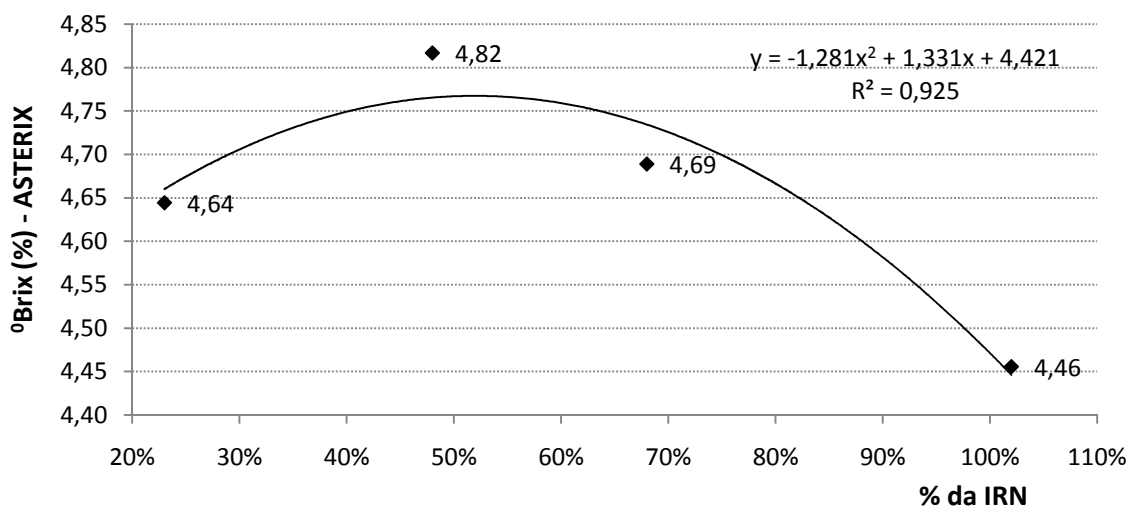


Figura 8 – °Brix para os frutos de tomate do híbrido ASTERIX em relação às diferentes lâminas de irrigação na fase de maturação.

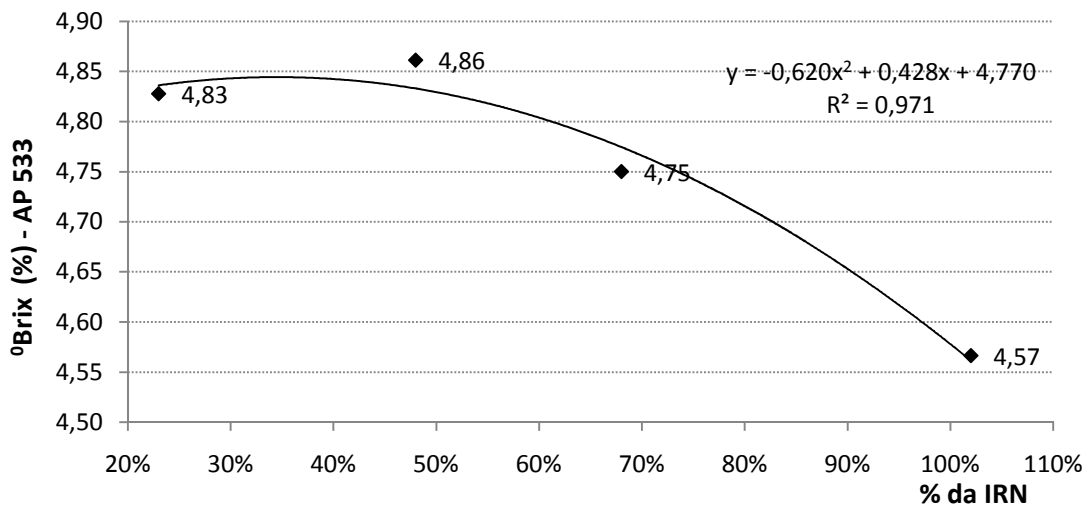


Figura 9 – °Brix para os frutos de tomate do híbrido AP 533 em relação às diferentes lâminas de irrigação na fase de maturação.

Para o híbrido ISI-29616 as variáveis dependentes explicadas por equações de regressão, em relação às variáveis foram: produtividade de frutos maduros e de polpa de tomate. As Figuras 10 e 11 mostram as médias de produtividade de frutos maduros e polpa de tomate, respectivamente, para as diferentes lâminas aplicadas no híbrido ISI 29616.

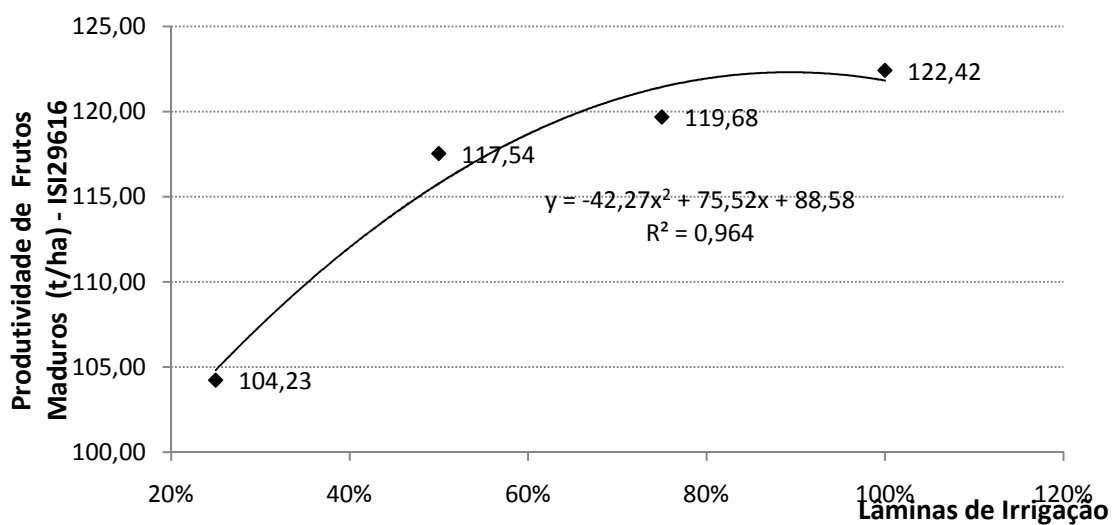


Figura 10 – Produtividade de frutos maduros (t/ha) para o híbrido ISI29616 em relação às diferentes lâminas de irrigação na fase de maturação.

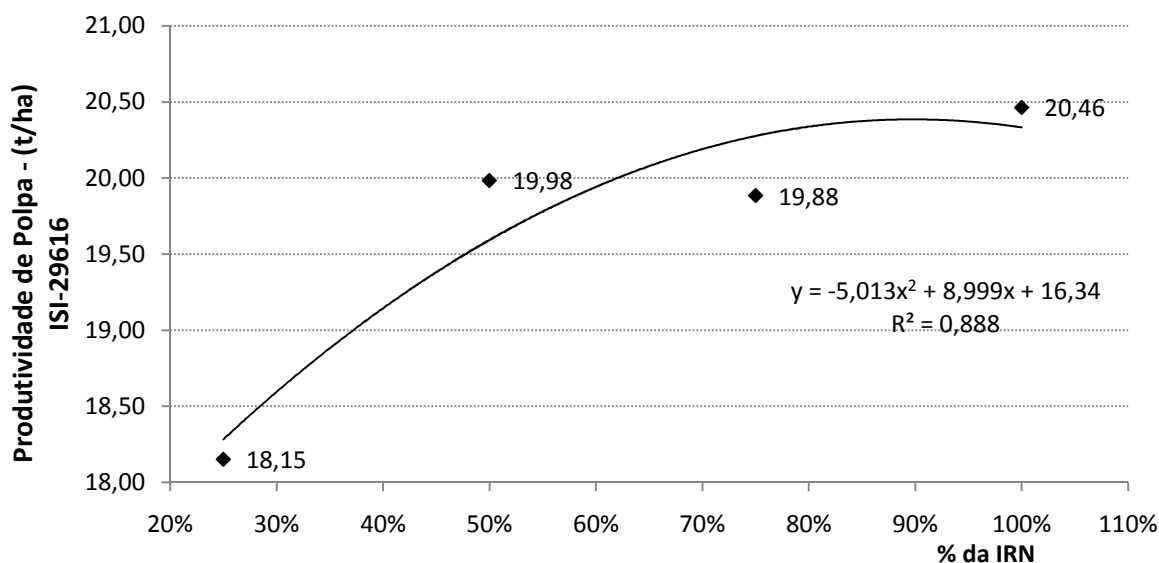


Figura 11 – Produtividade de polpa de tomate (t/ha) para o híbrido ISI 29616 em relação às diferentes lâminas de irrigação na fase de maturação.

Na Tabela 9 está apresentado o efeito das diferentes datas de suspensão da irrigação em relação às mesmas variáveis de produção (produtividade de frutos maduros, frutos verdes, polpa de tomate, apodrecimento de frutos, °Brix, peso de 100 frutos e número de frutos por parcela). A concentração de sólidos solúveis, representada pelo °Brix, foi o único parâmetro que teve diferença estatística em relação às suspensões da irrigação para os três híbridos. Contudo, o apodrecimento de frutos foi estatisticamente diferente para o híbrido AP-533. As demais variáveis de produção não diferiram estatisticamente entre si em relação às suspensões da irrigação.

Para a concentração de sólidos solúveis, os tratamentos S1 e S2, para o híbrido ASTERIX, foram superiores em relação ao tratamento S3. Os valores de °Brix para os tratamentos S1 e S2 foram 5,16 e 4,81%, respectivamente, sendo que o tratamento S3 teve um valor de 4,49%.

Tabela 9 – Média das variáveis de produção em relação aos diferentes tratamentos de suspensão da irrigação (S1, S2 e S3)

Variáveis de produção	Tratamentos		
	S1	S2	S3
<b>Híbrido Asterix</b>			
Frutos maduros (t/ha) <sup>(ns)</sup>	105,15	108,13	108,34
Frutos verdes (t/ha) <sup>(ns)</sup>	5,24	4,69	5,22
Frutos podres (t/ha) <sup>(ns)</sup>	9,42	8,42	8,64
Brix (%)**	5,16 A	4,81 A	4,49 B
Peso 100 frutos (kg) <sup>(ns)</sup>	3,13	3,34	3,56
Frutos/parcela <sup>(ns)</sup>	1.259	1.214	1.141
Polpa (t/ha) <sup>(ns)</sup>	18,69	17,92	16,73
<b>Híbrido AP 533</b>			
Frutos maduros (t/ha) <sup>(ns)</sup>	118,99	126,66	131,94
Frutos verdes (t/ha) <sup>(ns)</sup>	5,24	7,80	7,82
Frutos podres (t/ha) <sup>(ns)</sup>	4,53 B	6,98 B	9,60 A
Brix (%)**	5,00 A	4,93 A	4,57 B
Peso 100 frutos (kg) <sup>(ns)</sup>	4,05	4,44	4,30
Frutos/parcela <sup>(ns)</sup>	1.101	1.069	1.150
Polpa (t/ha) <sup>(ns)</sup>	20,69	21,52	20,75
<b>Híbrido ISI 29616</b>			
Frutos maduros (t/ha) <sup>(ns)</sup>	106,24	113,32	118,61
Frutos verdes (t/ha) <sup>(ns)</sup>	6,40	4,76	5,36
Frutos podres (t/ha) <sup>(ns)</sup>	6,40	6,84	8,44
Brix (%)**	5,17 A	5,01 AB	4,83 B
Peso 100 frutos (kg) <sup>(ns)</sup>	3,14	3,40	3,42
Frutos/parcela <sup>(ns)</sup>	1.268	1.397	1.300
Polpa (t/ha) <sup>(ns)</sup>	18,92	19,55	19,69

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, \* a 5% e \*\* a 10% de probabilidade. Não significativo pelas análises estatísticas realizadas (ns).



O híbrido AP-533 foi o único que teve duas variáveis de produção que diferiram estatisticamente em relação às suspensões de irrigação. Os tratamentos S1 e S2 foram superiores estatisticamente (10% de probabilidade) para a concentração de sólidos solúveis em relação ao tratamento S3. Os valores de °Brix para os tratamentos S1, S2 e S3 foram, respectivamente, 5,00, 4,93 e 4,57%. O apodrecimento de frutos foi superior no tratamento S3 em relação aos tratamentos S1 e S2 para o híbrido AP533. Os valores de apodrecimento de frutos para os tratamentos S1, S2 e S3 foram, respectivamente, 4,53, 6,98 e 9,60 t/ha. Fungos como *Rhizoctonia solani* e bactérias como *Erwinia spp.* podem causar apodrecimento de frutos de tomate. Excessos de irrigação e, ou, de água, alta umidade e ferimento nos frutos de tomate são condições favoráveis ao desenvolvimento e ataque desses patógenos (LOPES et al., 2000). Apesar da mensuração da massa de frutos e não do número de frutos podres, a irrigação até próximo a colheita do tomate, tratamento S3, obteve um maior apodrecimento de frutos para o híbrido AP-533.

Para o híbrido ISI-29616 o tratamento S1 obteve maior valor de °Brix (10% de probabilidade) em relação ao tratamento S3. Os valores de °Brix para os tratamentos S1, S2 e S3 foram 5,17, 5,01 e 4,83%, respectivamente.

A redução da  $ET_C$  foi uma estimativa do déficit hídrico imposto à cultura do tomateiro. Quando a água disponibilizada para a cultura é menor do que a requerida, a evapotranspiração real ( $ET_R$ ) é menor do que a potencial ( $ET_C$ ). Nessas condições o estresse hídrico pode afetar o crescimento e desenvolvimento da cultura e em última análise, afetar produtividade (DOORENBOS; KASSAM, 2000). Utilizando este conceito de Doorenbos e Kassam (2000), fez-se uma análise da produtividade e a concentração de sólidos solúveis dos frutos da cultura em relação à redução da  $ET_C$ , para os três híbridos. Essa análise foi feita de maneira conjunta para os tratamentos de lâminas e suspensão de irrigação fazendo-se assim uma análise conjunta desses dois fatores. Esse estudo é representado pela análise de regressão na Tabela 10 e nas Figuras 12 e 13.

Tabela 10 – Análise de variância da regressão, equação de regressão encontrada e parâmetros da equação de regressão (linear:  $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X$ ; quadrática:  $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X + \beta_2 \times X^2$  e raiz quadrada:  $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X + \beta_2 \times X^{0,5}$ ) para as variáveis dependentes (Fruto Maduro e Brix), considerando a redução da evapotranspiração como variável independente, para os três híbridos

Análises estatísticas	Tratamentos	
	Frutos maduros	Brix
<b>Híbrido Asterix</b>		
Análise de variância	(sig)***	(sig)**
Tipo de regressão	Quadrática	linear
$\beta_0$	105,85	4,401
$\beta_1$	0,4055	$1,547 \times 10^{-2}$
$\beta_2$	-0,00114	
$R^2$	0,6521	68,63%
<b>Híbrido AP 533</b>		
Análise de Variância	(sig)*	(sig)*
Tipo de Regressão	Quadrática	linear
$\beta_0$	127,88	4,528
$\beta_1$	0,6338	$1,246 \times 10^{-2}$
$\beta_2$	0,0234	
$R^2$	0,8825	88,80%
<b>Híbrido ISI 29616</b>		
Análise de variância	(sig)**	(sig)*
Tipo de regressão	Quadrática	linear
$\beta_0$	121,984	4,755
$\beta_1$	-0,1204	$9,485 \times 10^{-3}$
$\beta_2$	-0,0086	
$R^2$	0,7817	89,61%

(sig) significativo em níveis de \* 1, \*\* 5 e \*\*\* 10% de probabilidade.

Pela análise de variância da regressão, as equações obtidas e apresentadas na Tabela 10 explicam o comportamento das variáveis, produtividade de frutos maduros e Brix dos frutos, em relação à variável redução da  $ET_C$  no período de maturação de frutos, para os três híbridos. A Figura 12 mostra as produtividades de frutos em relação às reduções da  $ET_C$ , para os híbridos Asterix, AP-533 e ISI-29616. Já a Figura 13 mostra as concentrações de sólidos solúveis em relação às reduções da  $ET_C$ , para os híbridos Asterix, AP-533 e ISI-29616.

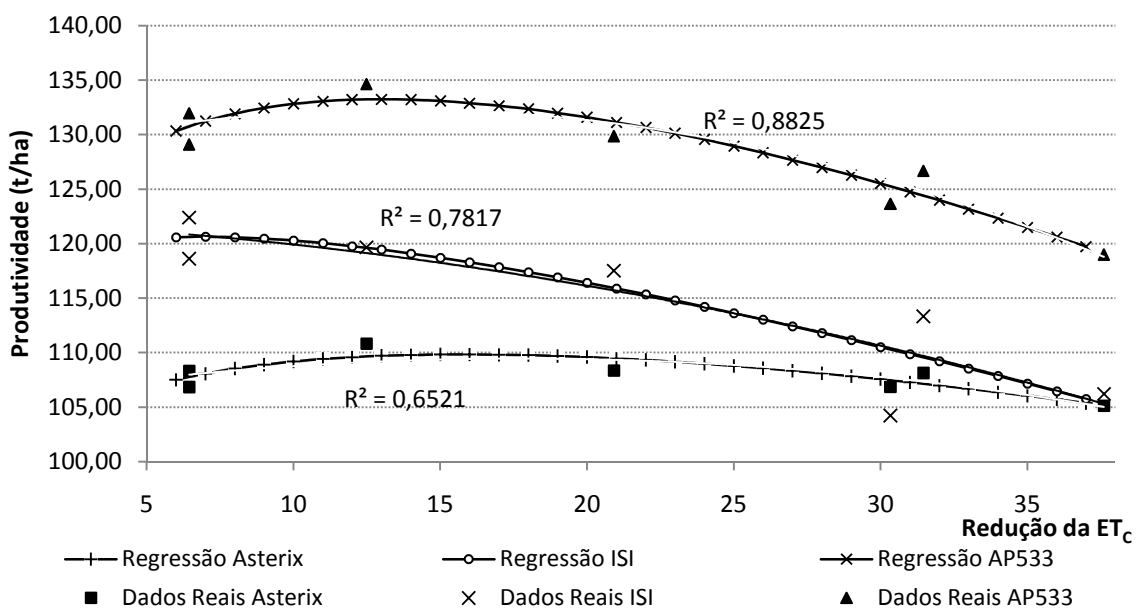


Figura 12 – Produtividade de frutos maduros em relação à redução da  $ET_C$  no período de maturação de frutos, para os híbridos ASTERIX, ISI-29616 e AP533, no município de Goiânia-GO.

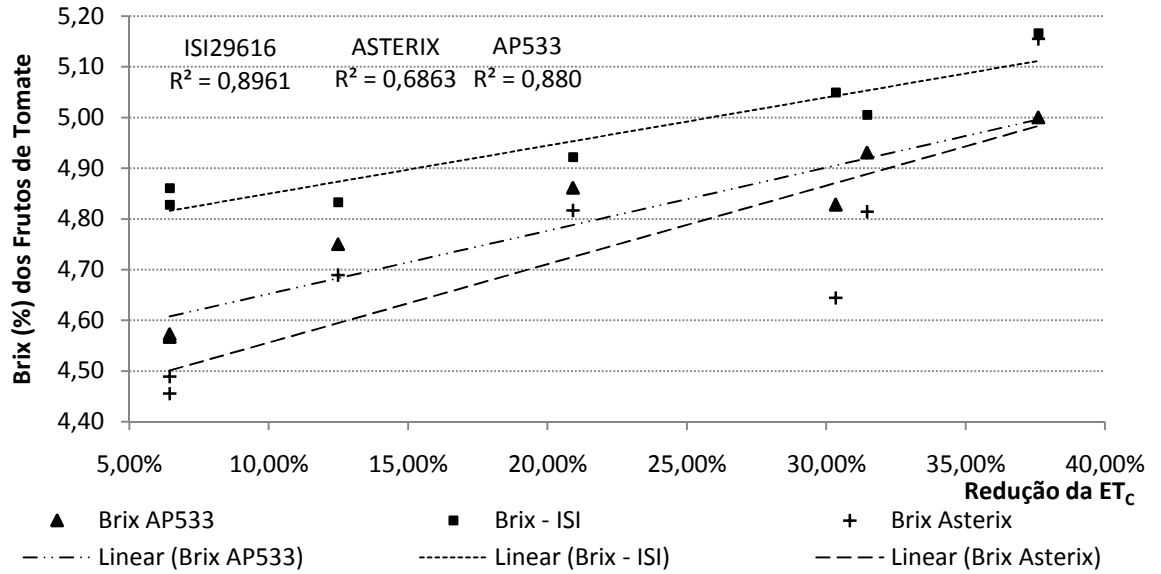


Figura 13 – Brix dos frutos de tomate em relação à redução da ET<sub>c</sub> no período de maturação de frutos, para os híbridos AP533, ISI-29616 e ASTERIX, no município de Goiânia-GO.

As maiores produtividades de frutos maduros para os híbridos Asterix, AP-533 e ISI-29616 em relação às reduções da ET<sub>c</sub>, foram: 113, 136 e 121 t/ha sendo as reduções 17,79, 13,63 e 6,44%, respectivamente. Os resultados para os três híbridos foram bastante coerente com Doorenbos e Kassam (2000), onde os tratamentos com maiores reduções da ET<sub>c</sub>, tiveram menores produtividades.

Os maiores valores de °Brix ocorreram nas maiores reduções da ET<sub>c</sub>. Para os híbridos ASTERIX, ISI 29616 e AP 533 os maiores valores de Brix, de acordo com as equações encontradas, foram 4.98, 5.00 e 5.11, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Marouelli e Silva (2007), na região de Brasília-Brasil, onde observaram valores maiores de °Brix quando submeteram o híbrido AP 533, também utilizado neste trabalho e irrigado por gotejamento, a maiores déficits hídricos na fase de maturação.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, considerando as condições da área experimental e os diferentes tratamentos, podemos concluir que:

- A resposta de cada híbrido foi diferente em relação aos tratamentos impostos. Com isso, para tomar alguma decisão prática e econômica, deve-se analisar o híbrido em questão, visto que existem diversos híbridos e suas criações são muito dinâmicas, e não generalizar um resultado obtido.
- As maiores produtividades de frutos maduros e polpa de tomate para o híbrido ISI 29616 foram obtidas com praticamente a mesma lâmina de irrigação, 89% da IRN.
- As lâminas de 75 e 100% da IRN aumentaram as produções de frutos verdes para os híbridos AP 533 e ISI 29616. As diferentes datas de suspensão da irrigação não influenciaram a quantidade de frutos verdes.
- Houve um aumento no apodrecimento de frutos apenas para o híbrido AP 533 quando a irrigação foi suspensa bem próxima da colheita, 122 dias após o transplante e 15 dias antes da colheita.
- Não houve diferença estatística em relação às suspensões da irrigação e as produtividades de frutos maduros e polpa de tomate.
- A concentração de sólidos solúveis foi aumentada quando se fez suspensões antecipadas da irrigação. Nos tratamentos S1 (91 dias após o transplante e 46 dias antes da colheita) e S2 (102 dias após o transplante e 35 dias antes da colheita) houve um maior valor de °Brix para os três híbridos (ASTERIX, AP 533 e ISI 29616). Para o híbrido ISI 29616, não houve diferença do °Brix dos frutos para o tratamento S2 e S3.
- A redução da  $ET_C$  foi uma referência confiável na correlação entre produtividade de frutos e concentração de sólidos solúveis. Para os híbridos ASTERIX, AP 533 e ISI 29616 as maiores produtividades de frutos ocorreram com as reduções de  $ET_C$  de 17.79, 13.63 e 6.44%, respectivamente. Já os maiores valores de °Brix ocorreram nas maiores reduções da  $ET_{PC}$ .

## 5. REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del Cultivo**. Roma: FAO, 2006. 335 p. (Paper, 56).

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

CAHN, M.D.; HERRERO, B.R.; HANSON, T.K.; HARTZ, A.; MIYAO, E.M. Water management strategies for improving fruit quality of drip-irrigated processing tomatoes. **Acta Hort.**, n. 542, p. 111-116, 2001.

COLLA, G.; CASA, R.; LOCASCIO, B.; SACCARDO, F.; TEMPERINI, O.; LEONI, C. Responses of processing tomato to water regime and fertilization in Central Italy. **Acta Horticulturae**, n. 487, p. 531-535, 1999.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J.T.L.; SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 50, p. 155-162, 1980.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeitos da água no rendimento das culturas**. Roma: FAO, 1979. (Estudos FAO - Irrigação e Drenagem, 33).

GARCIA, C.J.B. **Irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial na cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.) com dois sistemas de plantio**. 2003. 67 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, SP.

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

HARTZ, T. **Drip irrigation and fertigation management of processing tomato**. Disponível em: <<http://vric.ucdavis.edu/veginfo/commodity/tomato/hartz-tomato-fertigation05.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2006.

HARTZ, T.K. Water management in drip-irrigated production. **Hort. Technology**, v. 6, n. 3, p. 165-167, 1996.

HARTZ, T.K.; HOCHMUTH, G.J. Fertility management of drip-irrigated vegetable. **Hort-Technology**, v. 6, n. 3, p. 168-172, 1996.

JOHNSTONE, P.R.; HARTZ, T.K.; LESTRANGE, M.; NUNEZ, J.J.; MIYAO, E.M. Managing fruit soluble solids with late-season deficit irrigation in drip-irrigated processing tomato production. **HortScience**, v. 40, n. 6, p. 1857-1861, 2005.

KELLER, J. **Sprinkle & trickle irrigation**. Logan: Utah State University, 1984. 620 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133 p.

LOPES, A.C.; SANTOS, J.R.M.; ÁVLISA, A.C.; BEZERRA, I.C.; DUVAL, A.M.Q. Doenças: identificação e controle. In: SILVA, B.C.; GIORDANO, L.B.B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa, 2000. cap. 8, p. 88-101.

LOPES, M.C.; STRIPARI, P.C. A cultura do tomateiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: UNESP, 1998. cap. 9, p. 257-319.

LÓPEZ, J.; BALLESTEROS, R.; RUIZ, R.; CIRUELOS, A. Influence on tomato yield and brix of an irrigation cut-off fifteen days before the predicted harvest date in southwestern Spain. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 542, p. 117-125, 2001.

LOWENGART-AYCICEGI, A.; MANOR, H.; KRIEGER, R.; GERA, G. Effects of irrigation schuling on drip-irrigated processing tomatoes. **Acta Horticulturae**, v. 487, p. 513-518, 1999.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R.; HERNANDEZ, S.; DANTAS, G.G. Épocas de paralisação das irrigações e lâminas de água durante o estágio de maturação de tomateiro para processamento irrigado por gotejamento. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16, 2006, Goiânia. **CD-ROM....** Goiânia: ABID, 2006.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R.; OLIVEIRA, C.A.S. Produção de tomate industrial sob diferentes regimes de umidade no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 9, p. 1531-1537, 1991.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R.; SILVA, W.L.C. Avaliação de diferentes manejos de água durante o estágio de maturação de tomateiro para processamento industrial irrigado por gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45, 2005, Fortaleza. **CD-ROM...** Fortaleza: ABH, 2005.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Irrigação. In: SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. (Orgs.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa, 2000. p. 60-71.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002. 32 p. (Circular Técnica, 30).

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Water tension thresholds for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. **Irrig. Sci.**, v. 25, p. 411-418, 2007.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; MORETTI, C.L. Production, quality and water use efficiency of processing tomato as affected by the final irrigation timing. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 225-230, 2004.

MAY, D.M.; GONZALES, J. Major California processing tomato cultivars respond differently in yield and fruit quality to various levels of moisture stress. **Acta Hort.**, n. 487, p. 525-529, 1999.

MAY, D.M.; WOLCOTT, T.; PETERS, D.; GRIMES, D.W. Moisture stress as it affects yields, soluble solids and viscosity of tomatoes. **Acta Hort.**, n. 272, p. 123-129, 1990.

PRIETO M.H.; LÓPEZ, J; BALLESTEROS, R. Influence of irrigation system and strategy of the agronomic and quality parameters of the processing tomatoes in Extremadura. **Acta Horticulturae**, n. 487, p. 575-579, 1999.

RENQUIST, A.R.; REID, J.B. Processing tomato fruit quality: Influence of soil water deficits at flowering and ripening. **Austral. J. Agr. Res.**, n. 52, p. 793-799, 2001.

RICHARDS, L.A. Pressure membrane apparatus construction and use. **Agriculture Engineering**, St. Joseph, v. 28, p. 451-454, 1947.

SANDERS, D.C.; HOWELL, T.A.; HILE, M.M.S.; HODGES, L.; MEEK, D.; PHENE, C.J. Yield and quality of processing tomatoes in response to irrigation rate and schedule. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 114, n. 6, p. 904-908, 1989.

SOUZA, P.R. Alguns aspectos de influência do clima e temperatura sobre a cultura do arroz irrigado no sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 389, p. 9-22, 1990.

WARINGTON, I.J.; KANEMASU, E.T. Corn growth response to temperature and photoperiod, 1, seedling emergence, tassel initiation and anthesis. **Agronomy Journal**. Madson, n. 75, p. 154-180, 1983.



## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

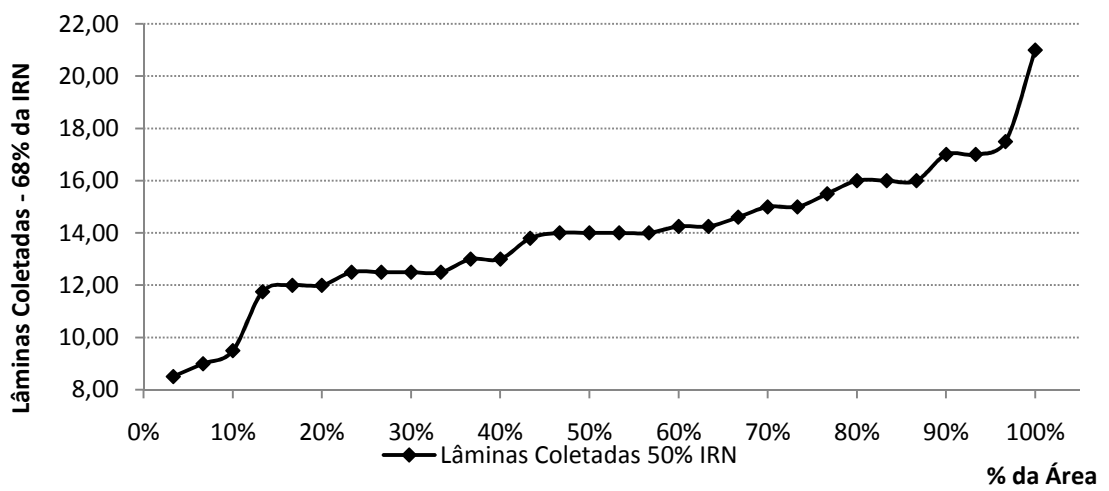


Figura 1A – Lâminas de irrigação coletadas, para o tratamento de 68% da IRN, para a determinação da eficiência de distribuição de água.

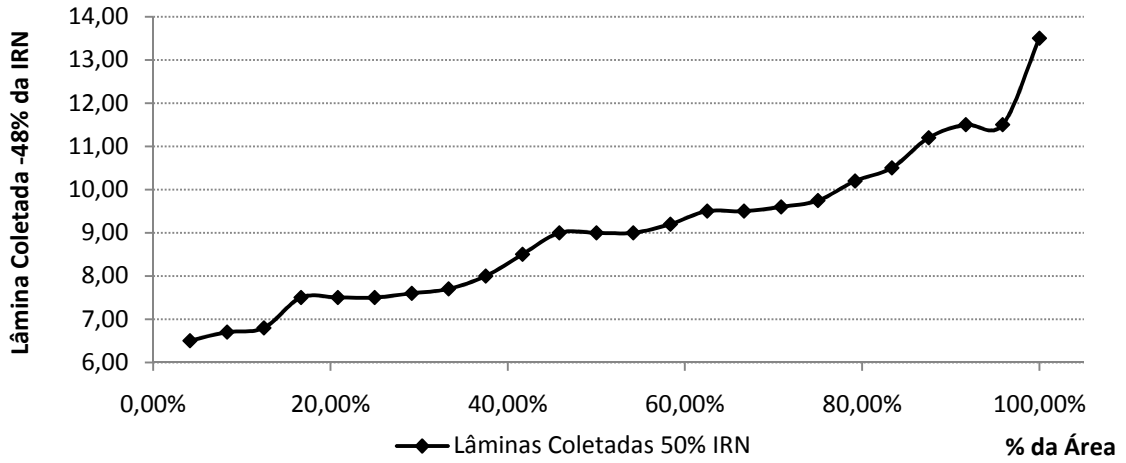


Figura 2A – Lâminas de irrigação coletadas, para o tratamento de 48% da IRN, para a determinação da eficiência de distribuição de água.

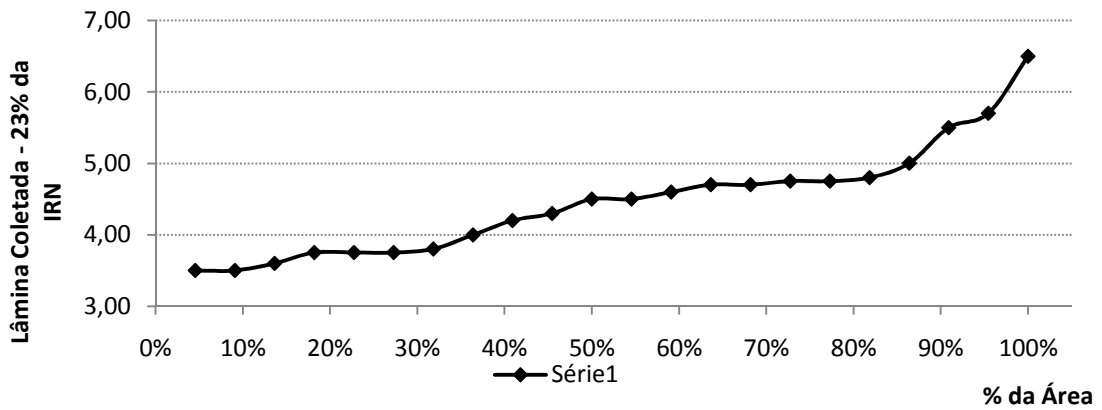


Figura 3A – Lâminas de irrigação coletadas, para o tratamento de 23% da IRN, para a determinação da eficiência de distribuição de água.

## APÊNDICE B

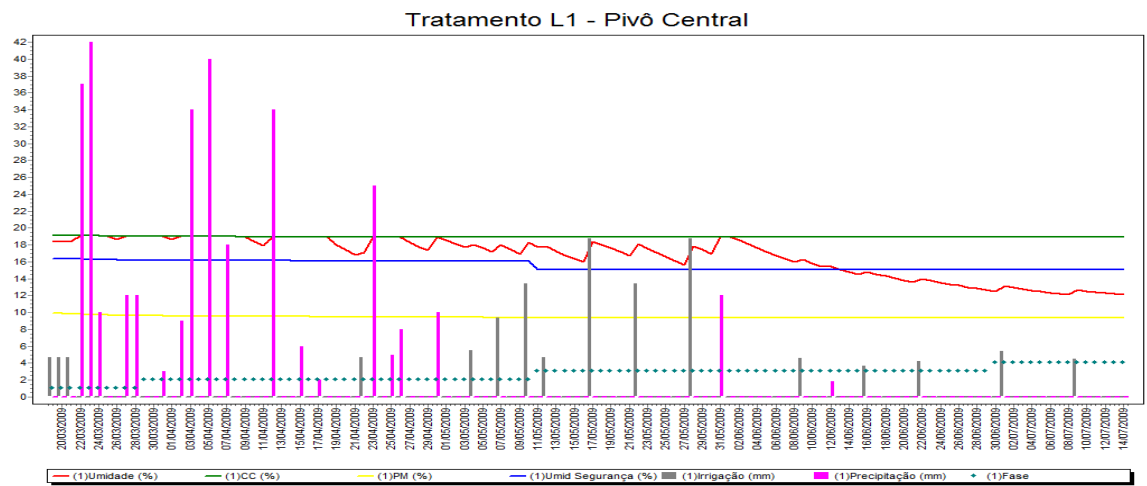


Figura 1B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em pivô central na lâmina de 23% da IRN.

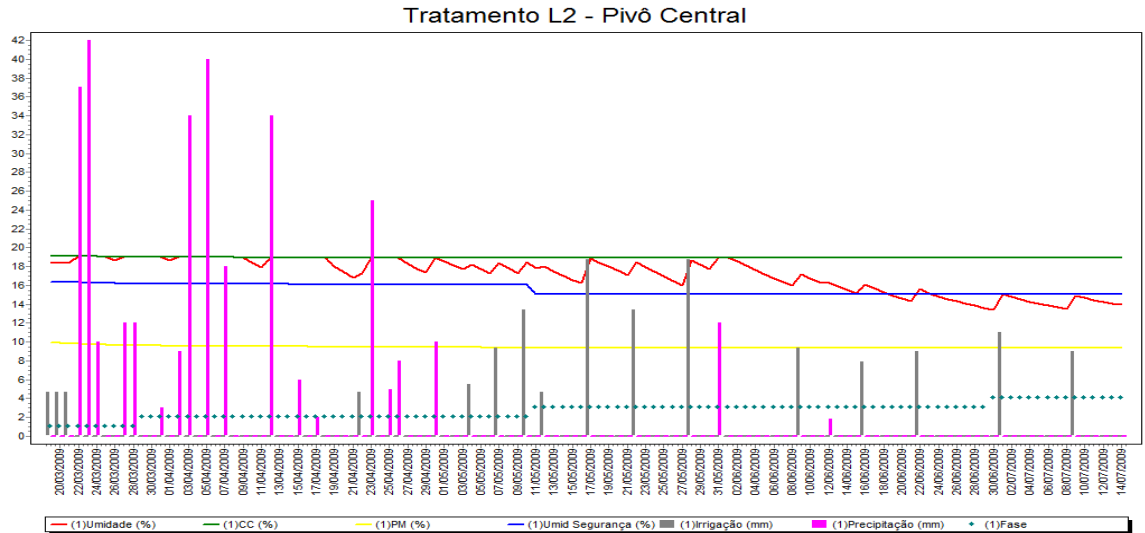


Figura 2B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em pivô central na lâmina de 48% da IRN.

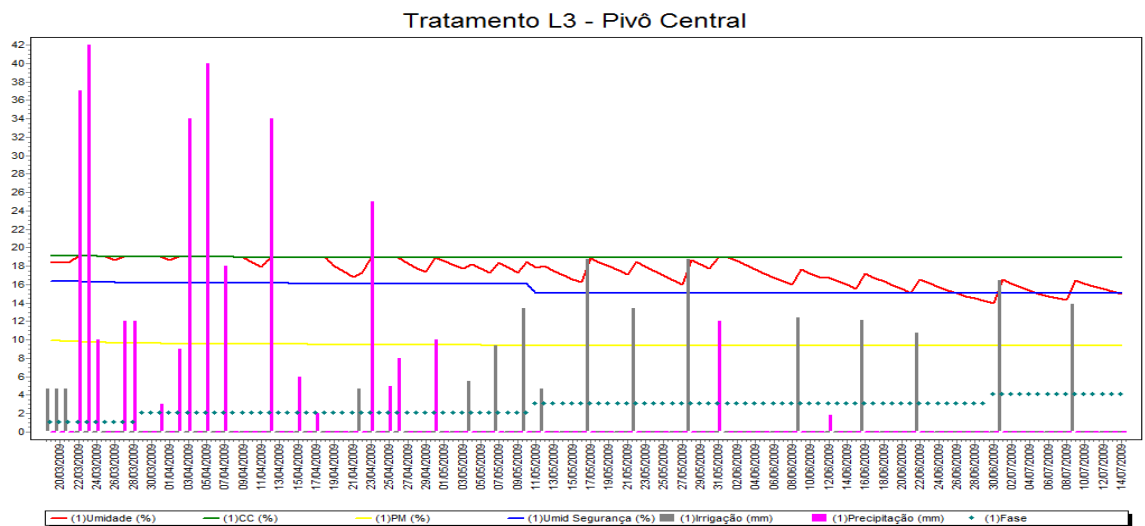


Figura 3B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em pivô central na lâmina de 68% da IRN.

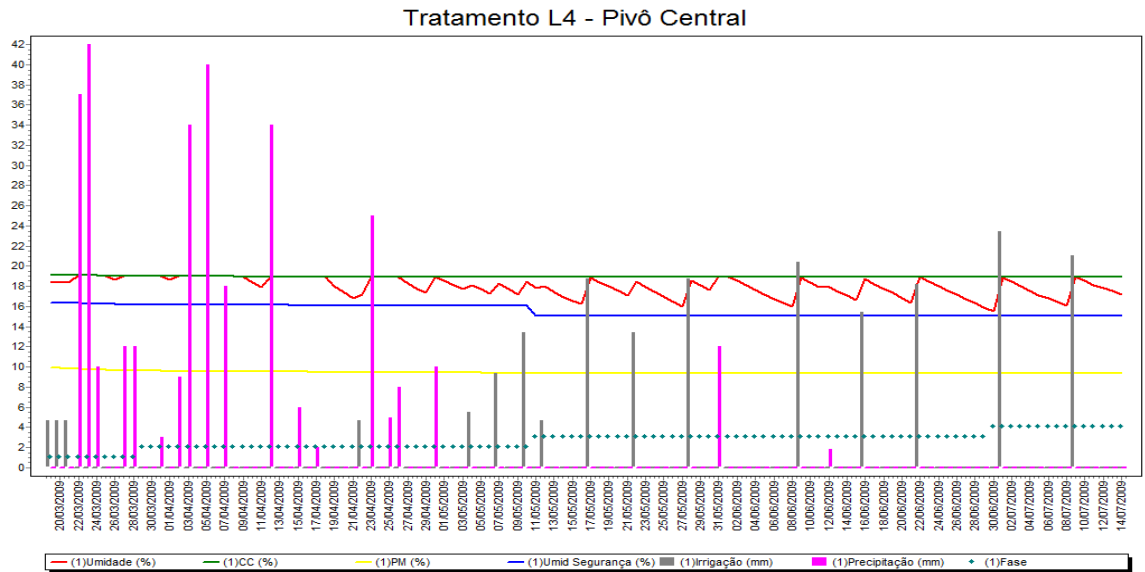


Figura 4B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em pivô central na lâmina de 102% da IRN.

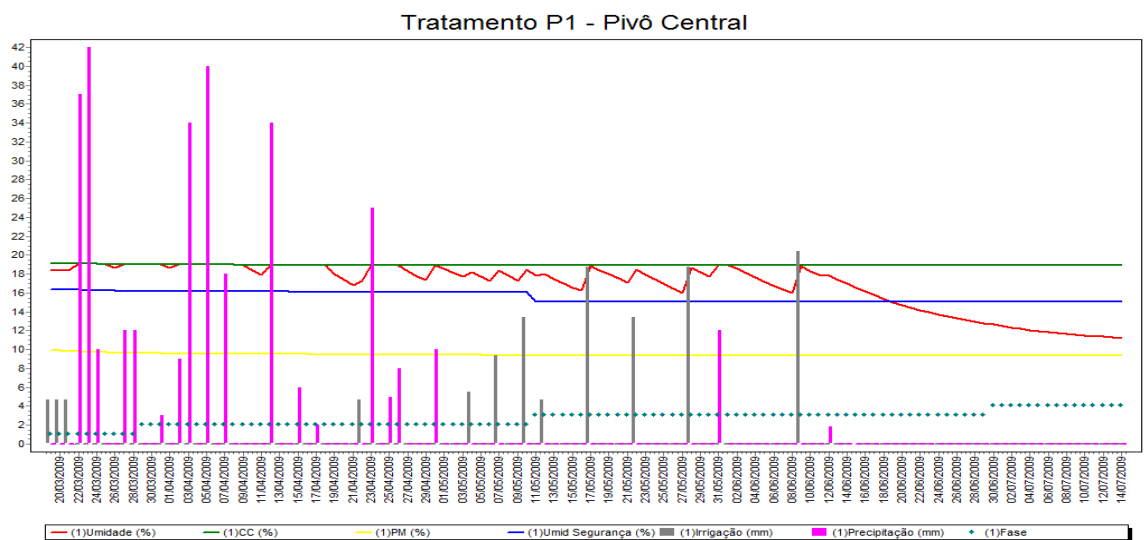


Figura 5B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em pivô central no tratamento S1.

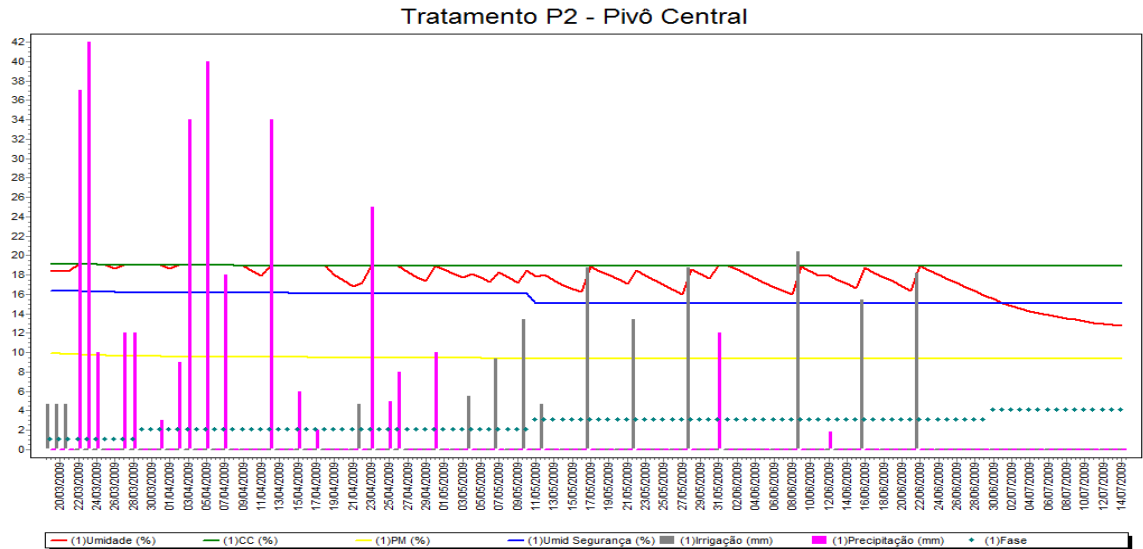


Figura 6B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em pivô central no tratamento S2.

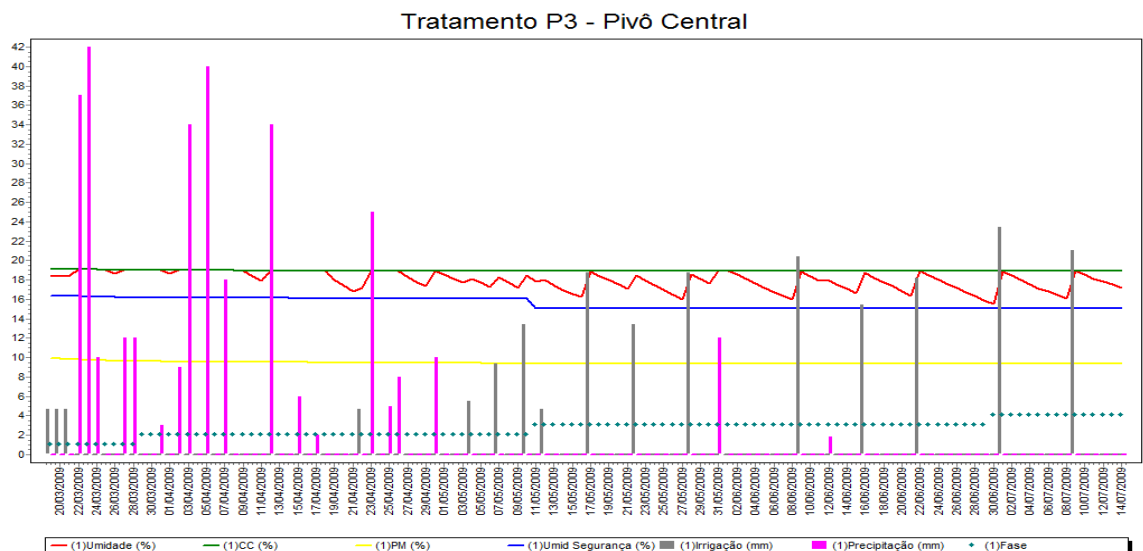


Figura 7B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em pivô central no tratamento S3.

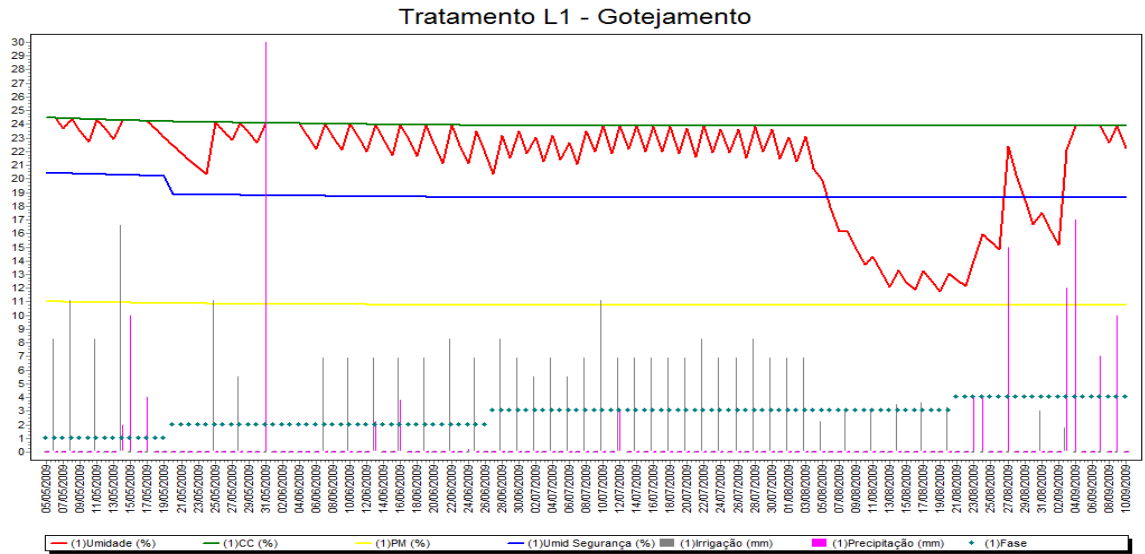


Figura 8B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em gotejamento com uma lâmina de 25% da IRN.

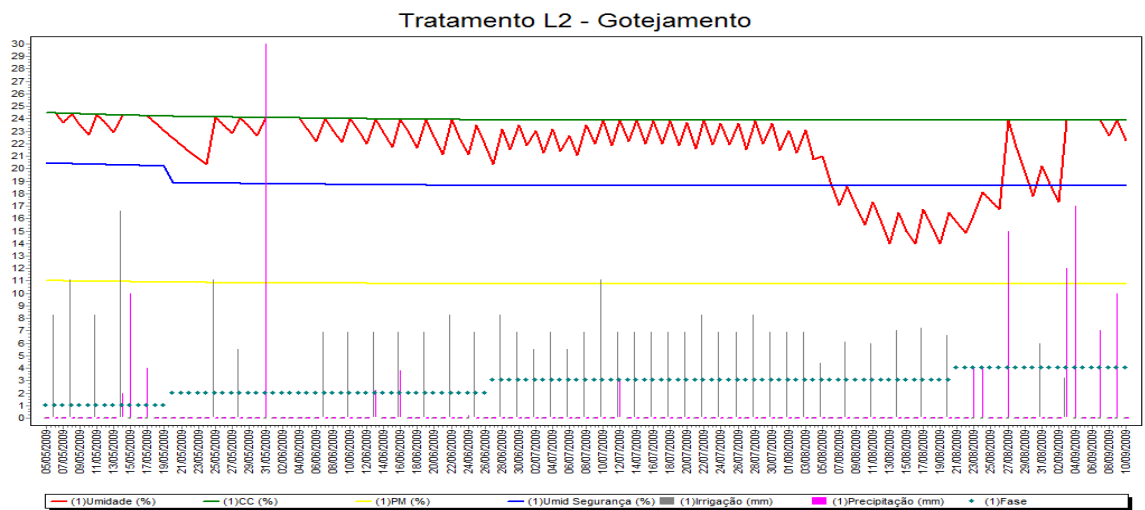


Figura 9B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em gotejamento com uma lâmina de 50% da IRN.



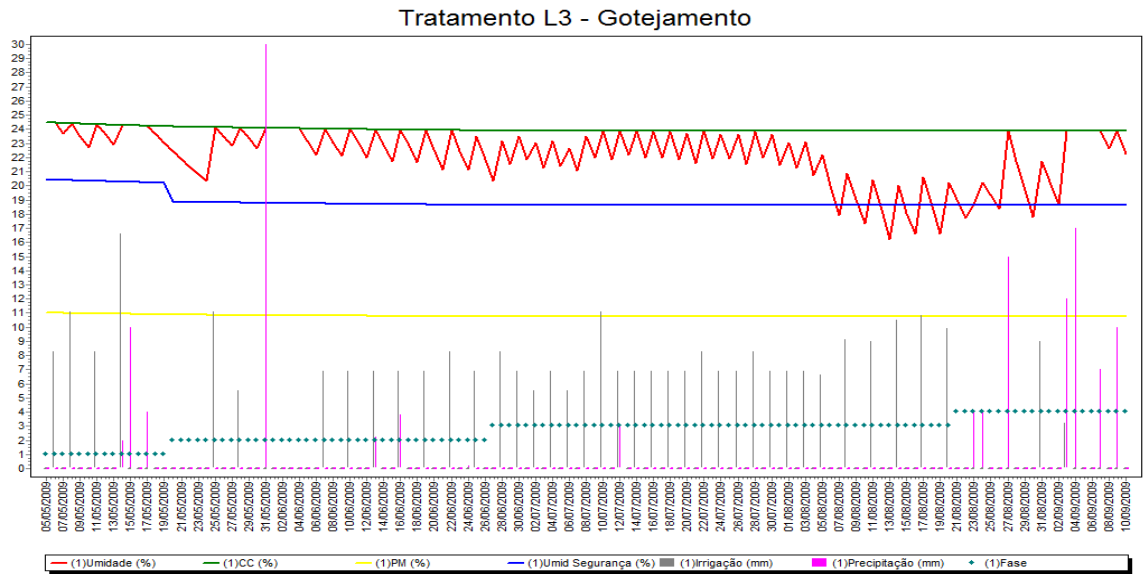


Figura 10B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em gotejamento com uma lâmina de 75% da IRN.

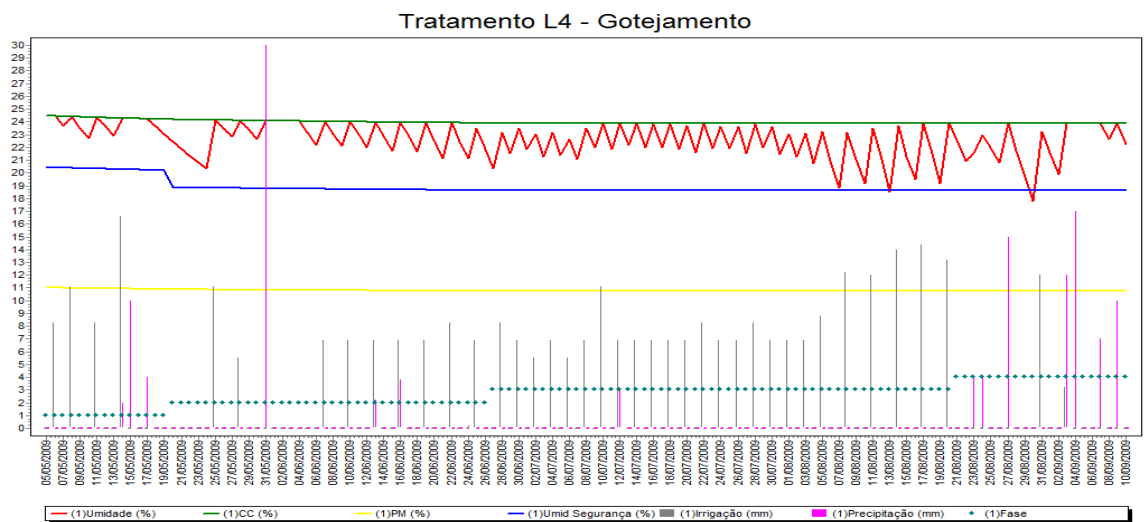


Figura 11B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em gotejamento com uma lâmina de 100% da IRN.

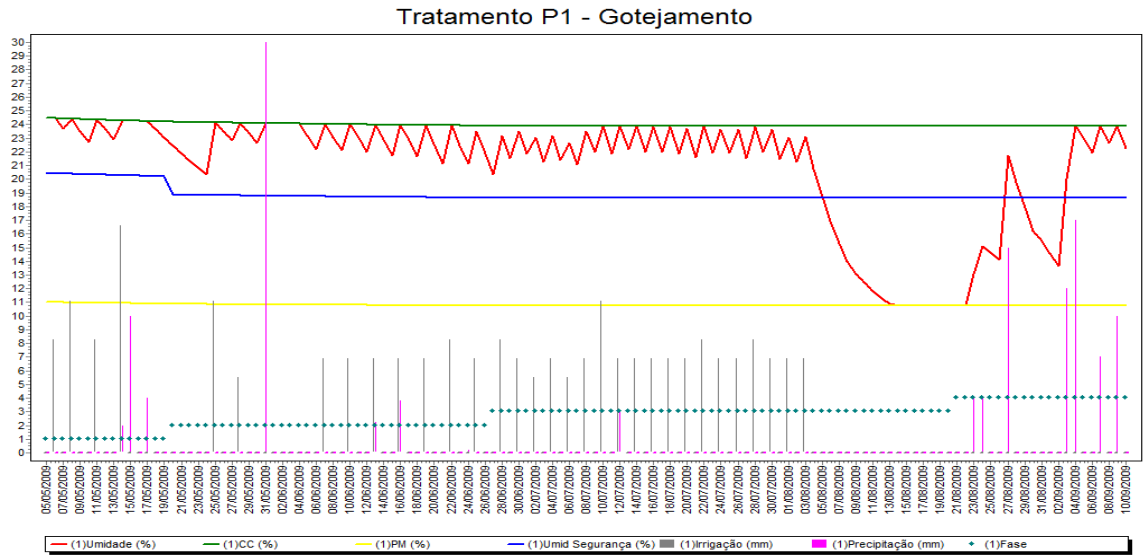


Figura 12B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em gotejamento no tratamento de suspensão S1.

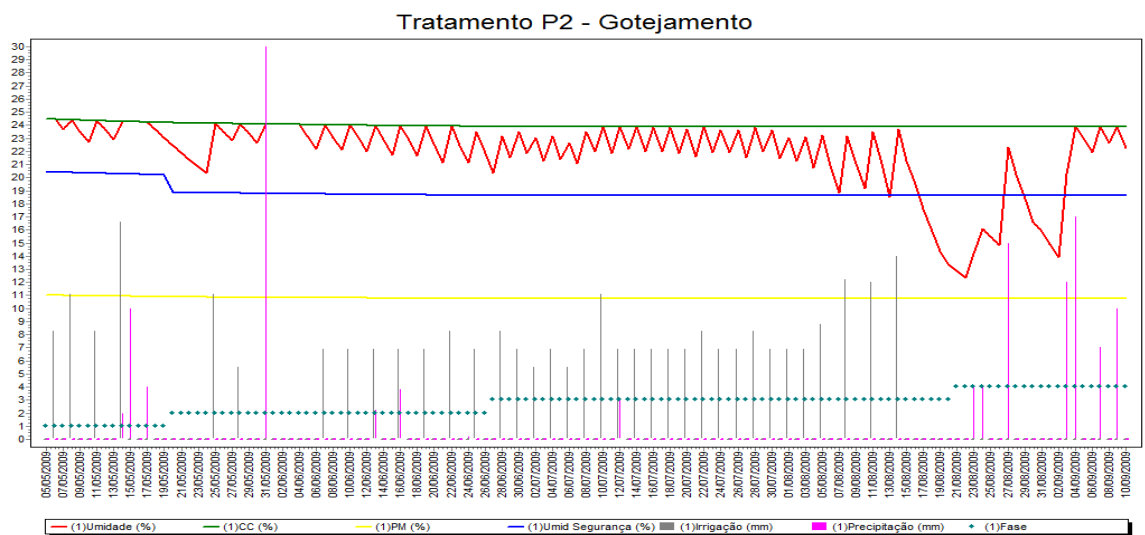


Figura 13B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em gotejamento no tratamento de suspensão S2.

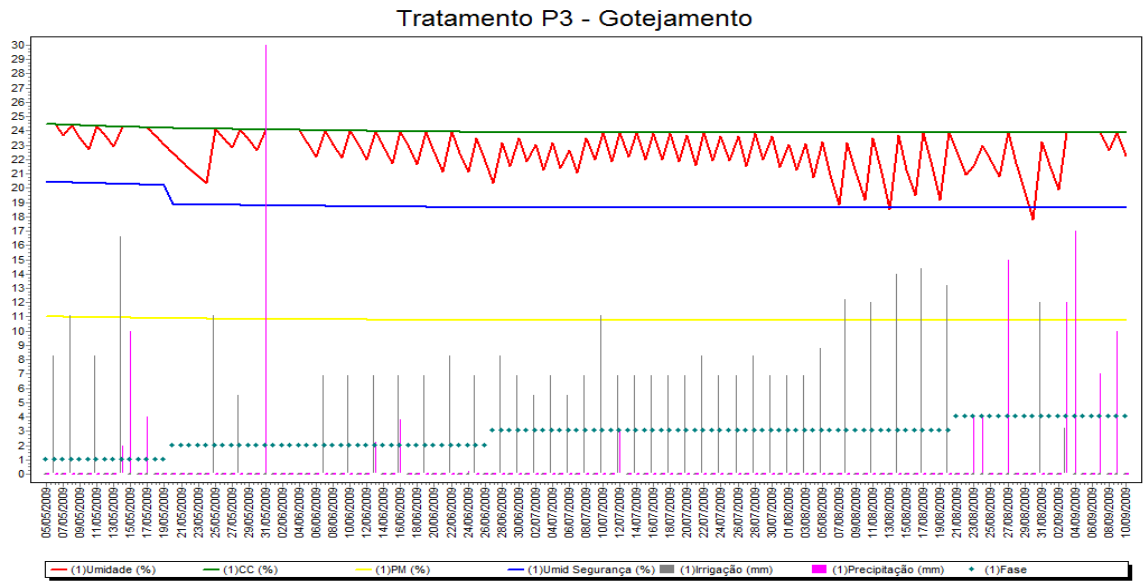


Figura 14B – Curva de evolução da umidade do solo em relação às irrigações realizadas e as precipitações ocorridas para o experimento em gotejamento no tratamento de suspensão S3.