



ROGÉRIO RANGEL RODRIGUES

**PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO
TOMATEIRO EM DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO
SOLO**

**LAVRAS – MG
2017**

ROGÉRIO RANGEL RODRIGUES

**PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO TOMATEIRO EM
DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistema Agrícolas, área de concentração em Engenharia e Manejo da Irrigação e Drenagem, para a obtenção do título de Doutor.

Dr. Geraldo Magela Pereira

Orientador

Dra. Luciane Vilela Resende

Coorientadora

LAVRAS – MG

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo (a) próprio (a) autor (a).

Rodrigues, Rogério Rangel.

Produção e qualidade pós-colheita do tomateiro em diferentes
tensões de água no solo / Rogério Rangel Rodrigues. - 2017.
93 p. : il.

Orientador(a): Geraldo Magela Pereira.

Coorientador(a): Luciane Vilela Resende.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.
Bibliografia.

1. *Solanum lycopersicon* L. 2. Produção. 3. Qualidade. I.
Pereira, Geraldo Magela. II. Resende, Luciane Vilela. III. Título.

ROGÉRIO RANGEL RODRIGUES

**PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO TOMATEIRO EM
DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO**

**PRODUCTION AND POST-HARVEST QUALITY OF TOMATOES IN DIFFERENT
SOIL WATER TENSION**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistema Agrícolas, área de concentração em Engenharia e Manejo da Irrigação e Drenagem, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 19 de abril de 2017.

Dr. Adriano Valentim Diotto

UFLA/DEG

Dr. Fábio Ponciano de Deus

UFLA/DEG

Dra. Joelma Rezende Durão Pereira

UNILAVRAS

Dra. Luciane Vilela Resende

UFLA/DAG

Dr. Geraldo Magela Pereira

Orientador

Dra. Luciane Vilela Resende

Coorientadora

LAVRAS - MG

2017

Aos meus pais e à conquista do meu objetivo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida.

Aos meus pais pelo amor e carinho.

Ao meu orientador e coorientadora, pelo compartilhamento de tantas experiências.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Engenharia pela oportunidade de realização deste trabalho.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

À amiga e amada Nicolly K. C Silva e meu amigo Samuel C. P. pelo companheirismo.

Ao Laboratório de Ciências dos Alimentos da UFLA pela disponibilização dos equipamentos, professor, técnico e alunos.

Ao meu amigo Jonathas José Garcia, pelas muitas experiências e conselhos concedidos.

MUITO OBRIGADO!

*“Quero aqui justificar que se, por vezes, misturo o simples ao sofisticado, não é por leviandade e sim por entender que **tudo é a mesma coisa**. Se traço muitos paralelos em torno da mensagem do meu objetivo, não é por falta de ritmo e sim por acreditar que somos carentes de muitas explicações para compreender pouca coisa. Quando digo que tudo é a mesma coisa, não pretendo, de modo algum, dizer que tudo é semelhante a tudo. Não visio à fisionomia e sim à essência. Não visio ao que os olhos podem ver, mas ao que a consciência detecta”.*

Jonathas José Garcia (Viagem para o infinito)

RESUMO

Diferentes cultivares de tomateiro podem apresentar necessidade hídrica diferenciada, tornando-se indispensável o estudo da demanda hídrica por essas culturas. Desta forma, objetivou-se avaliar a influência de diferentes tensões de água no solo sobre a produção e qualidade pós-colheita de frutos do tomateiro, cultivar Dominador F1, sob cultivo protegido e irrigado por gotejamento. O experimento foi instalado em casa de vegetação com delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por seis tensões de água no solo como indicativos do momento de irrigar. As tensões preestabelecidas foram 20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa a 20 cm de profundidade. Aos 140 dias após o transplântio as variáveis avaliadas foram: produção total, comercial e não comercial de frutos; produtividade total, comercial e não comercial de frutos; número de frutos por planta; classificação dos frutos comerciais; massa média dos frutos comerciais; incidência de podridão apical (%); eficiência no uso da água (EUA); acidez titulável (AT); sólidos solúveis totais (SST); pH; relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AT); pectina solúvel; vitamina C; firmeza; coloração e teor de macro e micronutrientes da parte aérea. Os resultados demonstraram que para a obtenção dos maiores valores de produção e produtividade de frutos comerciais, número de frutos por planta, número de frutos grandes e médios e massa média de frutos comerciais, deve-se irrigar quando a tensão de água no solo estiver, em torno, de 20 kPa, à profundidade de 0,20 m. As diferentes tensões de água no solo não influenciaram, significativamente, a acidez titulável, pH, relação sólidos solúveis totais e acidez titulável e pectina solúvel. A eficiência no uso da água, em função das tensões de água no solo, aumentou até a tensão de 116,57 kPa. Das características de qualidade avaliadas, os teores de sólidos solúveis totais, de vitamina C, firmeza e índice L^* de coloração, apresentaram efeito significativo com as tensões de água no solo. Os maiores teores de macro (P e S) e micronutrientes (B e Cu) da parte aérea total do tomateiro Dominador F1, foi obtido na tensão de 20 kPa, tendo o seu valor reduzido linearmente com o aumento da tensão de água no solo.

Palavras – chave: *Solanum lycopersicon* L., produção, qualidade.

ABSTRACT

Different tomato varieties could have different water requirements, making it essential studies about the water demand for this crop. This study aim was to evaluate the soil water tension influence on production and post-harvest quality of tomato fruits, variety Dominador F1, under drip irrigation and cultivated in greenhouse. The study was conducted in a randomized block design with four replications and the treatments were six soil water tensions as indicative of the irrigation trigger point. The pre-set tensions were 20, 45, 70, 95, 120 and 145 kPa at 20 cm depth. At 140 days after transplanting the evaluated variables were: total, commercial and non-commercial fruits production; Total, commercial and non-commercial fruit yield; Number of fruits per plant; Classification of commercial fruits; Average mass of commercial fruits; Blossom end rot incidence (%); Water use efficiency (WUE); Titratable acidity (TA); Total soluble solids (TSS); pH; Ratio total soluble solids by titratable acidity (TSS/TA); Soluble pectin; Vitamin C; Firmness; Coloration and content of macro and micronutrients of the aerial part. The results showed the highest values of commercial production and productivity, number of fruits per plant, number of large and medium fruits and average mass of commercial fruits, occurs when the soil water tension is around 20 kPa, at 0.20m depth. The different water stresses did not significantly affect titratable acidity, pH, ratio of total soluble solids by titratable acidity and soluble pectin. The water use efficiency increased up to a tension of 116.57 kPa as a function of soil water stresses. From the quality characteristics evaluated, total soluble solids, vitamin C, firmness and L* coloring index had a significant effect on soil water stress. The highest levels of macro (P and S) and micronutrients (B and Cu) at the total aerial part were obtained in the tension of 20 kPa, its value reducing linearly with the increase soil water tension.

Keywords: *Solanum lycopersicon* L., production, quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista frontal da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2015.	33
Figura 2 - Curva característica de água no solo gerada, utilizando-se o modelo descrito por Van Genuchten (1980). UFLA, Lavras, MG, 2015.	34
Figura 3 - Vista de uma parcela experimental no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2015.	38
Figura 4 - Esquema da parcela experimental com o sistema de irrigação implantado e os sensores de umidade. UFLA, Lavras, MG, 2015.	38
Figura 5 - Vista do medidor de potencial matricial do sensor watermark instalado na parcela experimental no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2015.	39
Figura 6 - Aspecto do fruto produzido no experimento utilizando o híbrido Dominador F1. UFLA, Lavras, MG, 2015.	41
Figura 7 - Tutoramento com estacas na vertical e uso de fitilhos para a condução do tomateiro. UFLA, Lavras, MG, 2015.	44
Figura 8 - Temperatura (°C) máxima, mínima e média do ar ocorrida no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2015.	49
Figura 9 - Umidade relativa do ar (%) máxima, média e mínima ocorrida no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2015.	50
Figura 10 - Variação das tensões da água no solo, no tratamento T1 (20 kPa) e T2 (45 kPa), esquerda e direita, respectivamente, durante a condução do experimento. UFLA, Lavras, MG, 2015.	52
Figura 11 - Variação das tensões da água no solo, no tratamento T3 (70 kPa) e T4 (95 kPa), esquerda e direita, respectivamente, durante a condução do experimento. UFLA, Lavras, MG, 2015.	52
Figura 12 - Variação das tensões da água no solo, no tratamento T5 (120 kPa) e T6 (145 kPa), esquerda e direita, respectivamente, durante a condução do experimento. UFLA, Lavras, MG, 2015.	52
Figura 13 - Número de frutos por planta (NF/P) do tomateiro Dominador F1, em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).	54
Figura 14 - Massa média de frutos comerciais (MFC) do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).	55
Figura 15 - Produção total (PT), comercial (PC) e não comercial (PNC) de frutos por planta, do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).	57

Figura 16 - Produtividade total (PVT), comercial (PVC – diâmetro transversal > 50 mm) e não comercial (PVNC - diâmetro transversal < 50 mm) de frutos do tomateiro Dominador F1, em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).	58
Figura 17 - Número de frutos comerciais por classe (FP: fruto pequeno – 50 < 65 mm; FM: fruto médio - 65 < 80 mm; FGR: fruto grande – 80 < 100 mm) do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).....	60
Figura 18 - Eficiência no uso da água (EUA) pelo tomateiro Dominador F1, em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).	62
Figura 19 - Firmeza (FIR) de frutos do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).	64
Figura 20 - Incidência de podridão apical nos frutos do tomateiro Dominador F1, em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).....	65
Figura 21 - Sólidos solúveis totais (SST) de frutos do tomateiro Dominador F1, em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).....	68
Figura 22 - Teor de vitamina C (VC) de frutos do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).	72
Figura 23 - Índice de coloração L* de frutos do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).....	74
Figura 24 - Teor de fósforo (TP) no terço inferior, médio, superior e total da planta do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).....	77
Figura 25 - Teor de enxofre (TS) no terço inferior, médio, superior e total da planta do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).....	78
Figura 26 - Teor de cobre (TCu) no terço inferior, médio, superior e total da planta do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).....	82
Figura 27 - Teor de boro (TB) no terço médio e total da planta do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise física e química de amostras de solo coletadas na área experimental*. UFLA, Lavras, MG, 2015.	36
Tabela 2 - Dose de adubo e fontes de nutrientes utilizados na fertirrigação. UFLA, Lavras, MG, 2015,	42
Tabela 3 - Época de aplicação dos defensivos (DAT: dias após o transplante), nome comercial utilizado, princípio ativo e dosagens aplicadas. UFLA, Lavras, MG, 2015,.....	43
Tabela 4 - Tensões de água no solo aplicadas (Tensão kPa), lâminas aplicadas antes de diferenciar os tratamentos (Adic.), durante o ciclo (Irrig.), total (Tot.), média por irrigação (mpi), intervalo médio entre irrigações (TR) e número de irrigações (NI). UFLA, Lavras, MG, 2015,	51
Tabela 5 - Resumo da análise de variância e de regressão para número de frutos por planta (NF/P) e massa média de frutos comerciais (MFC) do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	53
Tabela 6 - Resumo da análise de variância e de regressão para produção comercial (PC), não comercial (PNC), total (PT), produtividade total (PVT), comercial (PVC) e não comercial (PVNC) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	56
Tabela 7 - Resumo da análise de variância e de regressão para o número de frutos comerciais por classe (FP: fruto pequeno – 50 < 65 mm; FM: fruto médio – 65 < 80 mm; FGR: fruto grande – 80 < 100 mm; e FG: fruto gigante - > 100 mm) do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	59
Tabela 8 - Resumo da análise de variância e de regressão para a eficiência no uso da água (EUA) do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	61
Tabela 9 - Resumo da análise de variância e de regressão para pectina solúvel (PEC), firmeza dos frutos (FIR) e incidência de podridão apical (PA) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,.....	63
Tabela 10 - Resumo da análise de variância e de regressão para acidez titulável (AT) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	66
Tabela 11 - Resumo da análise de variância e de regressão para sólidos solúveis totais (SST) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,.....	67

Tabela 12 - Resumo da análise de variância e de regressão para poder hidrogeniônico (pH) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,.....	69
Tabela 13 - Resumo da análise de variância e de regressão para relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AT) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	70
Tabela 14 - Resumo da análise de variância e de regressão para teor de vitamina C (VC) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	71
Tabela 15 - Resumo da análise de variância e de regressão para a média dos índices de coloração para o estágio de maturação vermelho claro de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	73
Tabela 16 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de macronutrientes do terço inferior do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	75
Tabela 17 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de macronutrientes do terço médio do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	75
Tabela 18 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de macronutrientes do terço superior do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	76
Tabela 19 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de macronutrientes da parte aérea total do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	76
Tabela 20 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de micronutrientes do terço inferior do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	79
Tabela 21 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de micronutrientes do terço médio do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	80
Tabela 22 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de micronutrientes do terço superior do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	80

Tabela 23 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de micronutrientes da parte aérea total do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,	81
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	Aspectos gerais da cultura do tomateiro	22
2.2	Cultivo em ambiente protegido	24
2.3	Métodos e manejo de irrigação na cultura do tomateiro	25
2.4	Necessidade hídrica na cultura do tomateiro	27
2.5	Atributos de qualidade de frutos do tomateiro	29
2.5.1	Podridão apical	29
2.5.2	Acidez titulável	30
2.5.3	Sólidos solúveis totais	30
2.5.4	Poder hidrogeniônico (pH)	30
2.5.5	Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável	31
2.5.6	Pectina solúvel	31
2.5.7	Vitamina C	31
2.5.8	Firmeza	32
2.5.9	coloração	32
3	MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1	Caracterização da área experimental	32
3.2	Solo	33
3.3	Delineamento e montagem experimental	37
3.4	Equipamentos e manejo da irrigação	38
3.5	Cultivar utilizada	41
3.6	Práticas culturais	42
3.6.1	Adubação	42
3.6.2	Controle fitossanitário	43
3.6.3	Tutoramento	43
3.6.4	Desbrota	44
3.6.5	Raleio dos frutos	44
3.7	Variáveis meteorológicas	44
3.8	Variáveis agronômicas analisadas	45
3.8.1	Número de frutos por planta	45
3.8.2	Massa média de frutos comerciais	45

3.8.3	Produção total de frutos, comercial e não comercial por planta	45
3.8.4	Produtividade total de frutos, comercial e não comercial	45
3.8.5	Número de frutos comerciais por classe	46
3.8.6	Eficiência no uso da água (EUA)	46
3.9	Qualidade pós-colheita	46
3.9.1	Incidência de podridão apical	46
3.9.2	Acidez titulável (AT)	46
3.9.3	Sólidos solúveis totais (SST)	47
3.9.4	Poder hidrogeniônico (pH)	47
3.9.5	Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável.....	47
3.9.6	Pectina solúvel	47
3.9.7	Vitamina C.....	47
3.9.8	Firmeza.....	48
3.9.9	Coloração	48
3.10	Teor de macro e micronutrientes da parte aérea	48
3.11	Análise estatística	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1	Condições climáticas na casa de vegetação	49
4.2	Avaliação do sistema de irrigação	50
4.3	Tensões e lâminas de água aplicadas	51
4.4	Características agronômicas.....	53
4.4.1	Número de frutos por planta. Massa média de frutos comerciais. Produção total de frutos, comercial e não comercial por planta. Produtividade total de frutos, comercial e não comercial.....	53
4.4.2	Número de frutos comerciais por classe	59
4.4.3	Eficiência no uso da água (EUA)	61
4.5	Qualidades pós-colheita	63
4.5.1	Pectina solúvel. Firmeza dos frutos. Podridão apical	63
4.5.2	Acidez titulável	66
4.5.3	Sólidos solúveis totais (SST)	67
4.5.4	Poder hidrogeniônico (pH)	69
4.5.5	Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável.....	70
4.5.6	Vitamina C.....	71
4.5.7	Coloração	72

4.6 Teor de macro e micronutrientes da parte aérea	74
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
6 CONCLUSÕES.....	85
REFERÊNCIAS	86

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicon* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas do mundo. Seu fruto contém grande quantidade de água (93 a 95%), sendo a prática da irrigação indispensável ao seu cultivo. É uma das hortaliças mais exigentes em água, devendo o teor de umidade do solo apresentar pouca variação. Tanto o excesso quanto o déficit de água é prejudicial à cultura (CHITARRA; CHITARRA, 2005; ALVARENGA et al., 2013).

Os principais danos ocasionados pelo manejo inadequado da irrigação no tomateiro são: rachaduras nos frutos, podridão apical, queda de flores e frutos, frutos ocos, menor produção de matéria seca, alteração no pH, no teor de sólidos solúveis totais, alteração na troca gasosa, alteração na concentração de ácido abscísico, número de frutos comerciais, ataque de doença, no uso eficiente da água, na qualidade nutricional do tomate, entre outros danos (SÁ et al., 2005; MACÊDO; ALVARENGA, 2005; OZBAHCE; TARI, 2010; SAMAILA et al., 2011; WANG; LIU; JENSEN, 2012; MUKHERJEE; SARKAR; CHAKRABORTY, 2012; SUN; FENG; LIU, 2013; KUŞÇU; TURHANA; DEMIR, 2014; HOTT et al., 2014).

A produtividade, influenciada pelo manejo inadequado da irrigação, é uma das principais variáveis de interesse dos produtores de tomate. Segundo IBGE (2017), a produtividade média nacional, para o ano de 2016, foi de aproximadamente 64 t ha⁻¹. No entanto, pesquisas têm demonstrado que se pode alcançar produtividades maiores com adequado suprimento de água para o tomateiro, conforme demonstrado por Sá et al. (2005), obtendo produtividade de 83, 56 t ha⁻¹ para o híbrido Raíza N, e por Kalungu (2008), com produtividade de 78,7 t ha⁻¹ com a cultivar Débora Plus.

Outra variável de grande interesse pelos produtores é a qualidade do fruto. Esta está relacionada com a aceitação pelos consumidores e, conseqüentemente, a venda do produto. Como exemplo, tem-se a influência negativa da alta disponibilidade de água durante o estágio de amadurecimento do fruto de tomate, pois reduz a quantidade de açúcar no fruto (sólido solúvel total) (HANSON; HUTMACHER; MAY, 2006).

O estudo do manejo adequado da irrigação não pode ser generalizado para o tomateiro, pois cada cultivar responde de forma diferente ao conteúdo de água no solo. De acordo com Marouelli, Silva e Silva (2012), as tensões de água no solo recomendadas para reiniciar as irrigações variam de 30 a 70 kPa. Essa variação na tensão de água no solo demonstra haver

necessidade de estudos mais específicos para o tomateiro, pois há respostas diferenciadas entre as cultivares.

Morales (2012), ao avaliar a resistência ao déficit hídrico em 20 famílias de tomateiro, observou maior produção de frutos, produtividade, podridão apical e conteúdo de água na folha em algumas cultivares do tomateiro em detrimento de outras. Esse fato corrobora para a importância do estudo da necessidade hídrica para cada cultivar.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência de diferentes tensões de água no solo sobre a produção e qualidade de pós-colheita de frutos do tomateiro, cultivar Dominador F1, sob cultivo protegido e irrigado por gotejamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura do tomateiro

Dezenas de espécies movimentam a economia em toda região brasileira, e o tomate é um dos grandes destaques. O rendimento em 2015 foi de, aproximadamente, 64 t ha⁻¹, tendo como principais produtores os estados de Goiás, São Paulo e Minas gerais (CARVALHO; KIST; TREICHEL, 2016).

O tomateiro (*Solanum lycopersicon* L.) tem como centro primário de origem a América do Sul, especificamente o estreito território limitado, ao norte, pelo Equador, ao sul, pelo norte do Chile, a oeste, pelo Oceano Pacífico e a leste, pela Cordilheira dos Andes (JARAMILLO et al., 2007; SILVA et al., 2010). No México, segundo centro de origem, o tomate passou a ser cultivado e domesticado por tribos indígenas primitivas. No Brasil, a introdução do tomate deveu-se a imigrantes europeus no final do século XIX (ALVARENGA, 2013).

No comércio há diferentes formas, cores e tamanhos de frutos de tomate. Os tomates são classificados de acordo com o seu uso, seja para o consumo in natura ou indústria, e de acordo com a forma externa do fruto. As cultivares de tomate podem ser classificadas em grupos, a saber: Santa Cruz, Caqui, Salada, Saladete (Italiano) e Minitomate (ALVARENGA; MELO; SHIRAHIGE, 2013). Segundo o mesmo autor, o tomate do grupo Salada detém aproximadamente 55% do mercado brasileiro.

O tomateiro é uma planta herbácea e perene, sendo cultivada como anual, com ciclo variando de 90 a 120 dias. Pode apresentar crescimento determinado ou indeterminado, dependendo da cultivar. O caule é flexível e não suporta o peso da planta, por isso, é necessário tutorar as plantas destinadas ao consumo in natura. O sistema radicular é constituído por raízes principal, secundárias e adventícias, sendo 70% das raízes localizadas até 20 cm de profundidade (SILVA et al., 2010).

De acordo com Silva et al. (2010), o sistema radicular do tomateiro se apresenta concentrado nos primeiros 25 cm abaixo da superfície na fase vegetativa e até 40 cm após início da frutificação. As flores são hermafroditas, conferindo autogamia às plantas, com baixa frequência de fecundação cruzada (menos de 5%). O interesse comercial está no fruto, que é do tipo baga, com ampla variação entre as cultivares, em peso (20 a 400 g), coloração (amarela, rósea ou vermelha), formato (oblongo, redondo ou achatado), número de lóculos

(bilocular, trilocular ou plurilocular). O fruto atinge a maturação em torno de 30 a 40 dias após fecundação do óvulo (FILGUEIRA, 2008; ALVARENGA; COELHO, 2013a).

De acordo com Mattedi et al. (2007) e Alvarenga (2013a), o tomate é considerado um alimento funcional, pois além das funções nutritivas básicas possui licopeno, carotenoide de ação antioxidante, e ácido fenólico, que aumenta a atividade enzimática e absorção de nutrientes e inibe a formação de nitrosaminas. É um fruto de poucas calorias, rico em vitamina C e A e sais minerais, principalmente potássio, fósforo, cálcio, sódio e ferro. Para Carvalho e Pagliuca (2007), o consumo de licopeno, presente tanto no fruto fresco quanto processado, tem função preventiva de diferentes tipos de cânceres, principalmente do aparelho digestivo.

As condições climáticas como temperatura, umidade relativa do ar, intensidade luminosa e umidade do solo exercem grande influência sobre as características morfológicas e fisiológicas do tomateiro. As temperaturas extremas são prejudiciais e a duração destas pode comprometer o desenvolvimento da planta, interferindo na atuação dos hormônios responsáveis desde a formação da flor e do pólen, até a fixação e amadurecimento dos frutos. De maneira geral, para o desenvolvimento e produção, o tomateiro suporta ampla variação de temperatura do ar, variando de 10 a 34 °C (ALVARENGA; COELHO, 2013b).

A umidade relativa, quando excessiva proporciona condições favoráveis à incidência de doenças que limitam a produtividade do tomateiro. Em condições de ambiente protegido, em que o clima interno é alterado, para que haja um bom desenvolvimento do tomateiro, o mesmo deve ser cultivado em ambiente com umidade relativa variando entre 50 a 70% (ALVARENGA; COELHO, 2013b).

Com relação ao fotoperíodo, o ideal é que se tenha de 9 a 15 horas de iluminação diária. Valores de radiação total diária em torno de $0,85 \text{ MJ m}^{-2}$ são as limiaries consideradas mínimas para que o florescimento tenha sucesso, sendo preferível maior iluminação em menor período de tempo do que iluminação mais fraca durante mais tempo (ALVARENGA; COELHO, 2013b).

A água é um dos fatores mais limitantes ao crescimento e desenvolvimento do tomateiro. Quando em déficit, as plantas apresentam dificuldades de desenvolvimento e baixa produtividade, principalmente se esse ocorrer na fase de floração e frutificação. Porém, se houver água em excesso, pode favorecer a ocorrência de doenças, menor oxigenação do sistema radicular e queda de flores. Por essa razão, o cultivo a campo é realizado geralmente

em épocas de baixa pluviosidade (MAROUELLI, 2008; SILVA et al., 2010; ALVARENGA et al., 2013).

Dentre os principais danos ocasionados tanto pelo excesso quanto pelo déficit de água no solo é a redução na produção de frutos e, conseqüentemente, na produtividade. De acordo com IBGE (2017), a produtividade do tomateiro de mesa, em 2016, foi de aproximadamente 64 t ha⁻¹, produtividade semelhante ao de 2015 (CARVALHO; KIST; TREICHEL, 2016). No entanto, pesquisas têm demonstrado maiores produtividades com o suprimento adequado de água à cultura (SÁ et al., 2005; DELAZI et al., 2016).

2.2 Cultivo em ambiente protegido

Para o cultivo do tomateiro o sistema de produção pode variar de acordo com a região, com o poder aquisitivo do produtor, quanto ao grupo a que pertence a cultivar, com o hábito de crescimento e com a cultivar. Esse sistema de produção ainda se subdivide em sistema a céu aberto e em ambiente protegido. O clima pode ser um fator determinante na produção de hortaliças, tanto pelo excesso de chuvas no verão, quanto pelo frio e ventos fortes no inverno, podendo prolongar o ciclo da cultura ou danificá-la. Neste contexto, o cultivo protegido torna-se primordial para a resolução deste entrave (ALVARENGA; COELHO, 2013b).

Esse sistema de produção agrícola permite melhor controle das condições edafoclimáticas como: temperatura, umidade do ar, radiação, solo, vento e composição atmosférica. O ambiente protegido pode ser um túnel (baixo ou alto), uma estufa agrícola (sem controle do ambiente) ou até mesmo uma casa-de-vegetação, onde o controle do ambiente é intensificado (PURQUERIO; TIVELLI, 2009; ALVARENGA; COELHO, 2013b). De acordo com Alvarenga e Coelho (2013b), no ambiente protegido ainda se subdivide em cultivo no solo, em substrato, hidropônico e aeropônico.

As estufas são utilizadas para assegurar a produção e qualidade das culturas. O conceito de cultivo em estufa representa a passagem de extensa produção, para a produção de tomate intensivo. Para esse fim, têm-se que atender as condições ideais para o desenvolvimento das culturas. Os controles de temperatura do ar, umidade relativa do ar, ventos e da composição da atmosfera são essenciais, como são, além disso, o controle de água (umidade do solo) e fertilizantes, mantendo o nível de oxigênio adequado próximo das raízes para garantir a qualidade e produtividade ideal (JARAMILLO et al., 2007).

O cultivo em ambiente protegido tem apresentado uma série de vantagens, como a proteção contra condições climáticas extremas e o controle sobre outros fatores climáticos. Desta forma, esse ambiente favorece produção fora de época, melhor qualidade, preservação da estrutura do solo, materiais de plantio selecionado, um aumento significativo de produção, redução nos custos de produção, diminuição do uso de pesticidas, uso mais eficiente da área de cultivo, fixação do homem no campo (JARAMILLO et al., 2007) e, além disso, aumenta o tempo de colheita dos frutos.

Além do controle parcial das condições edafoclimáticas, o ambiente protegido permite a realização de cultivos em épocas que normalmente não seriam ideais para a produção a céu aberto. Esse sistema também auxilia na redução das necessidades hídricas (irrigação). Outro motivo para produzir em ambiente protegido é o melhor aproveitamento dos recursos de produção, como nutrientes, luz solar e CO₂, resultando em precocidade de produção e redução do uso de insumos, como fertilizantes e defensivos, devido à maior eficiência de aplicação e uso pelas plantas (PURQUERIO; TIVELLI, 2009).

Diversas pesquisas têm demonstrado diferenças significativas na produção e produtividade de culturas em ambiente protegido e no campo, além de economia de fertilizantes, produtos químicos e água. Seleguini, Seno e Faria júnior (2007), avaliando híbridos de tomateiro industrial cultivados em ambiente protegido e em campo aberto observaram que o ambiente protegido proporcionou frutos de melhor aparência para venda como frutos de mesa e, ainda, precocidade de produção em relação ao cultivo no campo.

No entanto, para Santos e Pereira (2004), as pesquisas com cultivos em ambiente protegido ainda são insuficientes para subsidiar o aproveitamento do potencial dessa tecnologia nas diferentes regiões climáticas do país, especialmente no que tange ao adequado manejo da irrigação. Pensamento este corroborado por Silva et al. (2013), confirmando que ainda são escassos, na literatura, trabalhos que relacionem a prática da irrigação em ambiente protegido, com ênfase para a região semiárida.

Desta forma, pesquisas tem demonstrado que as diferentes cultivares, ambientes e práticas culturais adotadas no manejo do tomateiro em ambiente protegido, têm sido a causa de variações na produtividade do tomateiro (GUALBERTO; OLIVEIRA; GUIMARÃES, 2007).

2.3 Métodos e manejo de irrigação na cultura do tomateiro

A irrigação no tomateiro tem sido, basicamente, conduzida por dois métodos: aspersão e localizada. A irrigação por aspersão, por molhar as folhas, provoca mais doenças de origem fúngica do que os métodos por sulcos ou gotejamento. Este fato pôde ser comprovado por Cabral et al. (2013), avaliando o progresso temporal da septoriose, causada por *Septoria lycopersici*, em tomateiro orgânico em distintos sistemas e estratégias de manejo de irrigação (gotejo, sulco, microaspersão e aspersão convencional) nas condições de inverno seco da Região Centro-Oeste, concluíram que as maiores incidências ocorreram nos tratamentos irrigados por aspersão convencional (30-35%), enquanto as menores severidades foram verificadas com microaspersão (6-10%), gotejamento e sulco (4%), indicando que quanto menos água for aspergido sobre a planta do tomateiro menor é a severidade da doença.

A irrigação por gotejamento, embora exija investimentos altos, torna possível a aplicação da água com frequência maior, com alta eficiência de aplicação, economia de água e energia, permite a fertirrigação, pode ser automatizado, uso em terrenos declivosos, entre outros benefícios (MATOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009). No entanto, além do método adequado de irrigação, o correto manejo é fundamental para o sucesso produtivo da cultura. Thompson et al. (2007) relatou que o manejo inadequado da irrigação por gotejamento, o que em muitas operações ainda é baseada na experiência do produtor, é uma das razões para a lixiviação de nitrato em produção de tomate de estufa em Almeria, Espanha.

Diversas pesquisas têm demonstrado diferenças significativas entre o método de irrigação por gotejamento e por sulco. Choudhary et al. (2010) concluíram que para a obtenção de alta produtividade de tomate e de melhor qualidade de frutos usando águas sódicas, a irrigação por gotejamento deve ser preferido sobre irrigação por sulco. Qiu et al. (2011), ao estudarem a evapotranspiração de pimenta cultivada em ambiente protegido, com métodos de sulco e irrigação por gotejamento, observaram que a evapotranspiração total foi de 562,3 e 361,6 mm para o método por sulco e gotejamento, respectivamente. Além disso, observaram que a irrigação por gotejamento aumentou a eficiência no uso da água em 80,4%, contra 18,2% na irrigação por sulco.

Para o manejo da irrigação, pesquisas têm demonstrado diversos equipamentos e métodos passíveis de serem utilizados, tais como: tensiômetro (HOTT et al., 2014), frequência de irrigação (PIRES et al., 2011), sensores de umidade do solo (por exemplo, “watermark”) (KLOSS; SCHUTZE; SCHMIDHALTER, 2014), monitoramento direto das relações hídricas da planta (JONES, 2004), dados climáticos (SOARES et al., 2013),

Lisimetria de drenagem (SOARES et al., 2012), Tanque classe A (SIMSEK; COMLEKCIOGLU; OZTURK, 2011), sensor de capacitância (TDR ou FDR), entre outros.

Nota-se que existe uma gama de equipamentos empregados no manejo da irrigação. No entanto, de acordo com Alvarenga et al. (2013), um dos mais empregados é o Sensor de Matriz Granular (GMS) também conhecido como “Watermark”, sendo que a leitura da tensão de água no solo (kPa), pode ser realizada por “dataloggers” ou até mesmo ser transmitida via wireless. Segundo o mesmo autor, a vantagem deste tipo de equipamento é que não ocorre intrusão de ar no sensor, dispensando a manutenção, além de ler valores de até 199 kPa, embora acima de 150 kPa o solo já estaria muito seco para o tomateiro, o que de acordo com Marouelli, Silva e Silva (2012), as tensões recomendadas para reiniciar as irrigações (tensões críticas) consideradas do solo, varia entre 30 a 70 kPa.

Sá et al. (2005) ao avaliarem o comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo, em ambiente protegido, observaram que para a obtenção de maiores produtividades de frutos totais, frutos comerciais e menor incidência de frutos com podridão apical, as irrigações devem ser realizadas quando as tensões de água no solo, a 0,10 m de profundidade, estiverem em torno de 80 kPa. Além disso, também observaram que a eficiência no uso da água, apresentou resposta linear crescente com o aumento da tensão de água no solo.

2.4 Necessidade hídrica na cultura do tomateiro

Devido a grande quantidade de água presente no fruto do tomateiro (93 a 95%), a prática da irrigação torna-se indispensável no cultivo desta hortaliça, considerada uma das mais exigentes em água. O déficit hídrico pode resultar em rachaduras no fruto, podridão apical, queda de flores e frutos ocos. O excesso também é prejudicial, podendo favorecer a podridão apical, queda de flores, redução do crescimento radicular e alteração no metabolismo de transformações de compostos nitrogenados, ocasionando sintomas de deficiência de nitrogênio (ALVARENGA et al., 2013).

Na literatura existem trabalhos científicos demonstrando o real efeito do manejo da irrigação na cultura do tomateiro. Hott et al. (2014) avaliaram a produção de biomassa na fase vegetativa do tomateiro, cultivado em ambiente protegido, em função da tensão de água no solo e concluíram que, a tensão de água no solo influenciou a produção de biomassa na fase inicial da cultura do tomateiro e que o aumento da tensão de água no solo a partir de 25 kPa,

diminuiu a produção de matéria fresca e seca da parte aérea. Também observaram que, a redução nos valores de tensão acarreta ganhos em massa fresca de raiz e que tensões menores que 25 kPa não são necessárias durante a fase vegetativa do tomateiro.

Soares et al. (2013a) avaliando a morfologia e qualidade pós-colheita do tomateiro, sob estresse hídrico nas fases fenológicas, observaram que lâminas de água crescentes promoveram, na fase de floração e frutificação, aumento na taxa de crescimento absoluto em altura de planta. Também observaram que, a fase de floração é a mais sensível à restrição hídrica na formação de fitomassa seca da parte aérea, que o teor de sólidos solúveis totais (SST) e o pH dos frutos diminuem com o aumento da lâmina de irrigação, e que lâminas de água entre 71 e 112% da evapotranspiração real da cultura, resultam em maior acidez total titulável dos frutos. Resultados semelhantes já haviam sido encontrados por Soares et al. (2012) nas variáveis, acidez titulável com lâminas de irrigação entre 84 e 98% da evapotranspiração real na fase vegetativa e de floração, e redução no pH do fruto com ocorrência de déficit na fase de frutificação.

Respostas fisiológicas do tomateiro na fase de floração sob estresse hídrico foram observadas por Soares et al. (2012), em que relataram variações nas trocas gasosas e na eficiência instantânea da carboxilação em função das diferentes lâminas de água na fase de floração, demonstrando também, que a condutância estomática do tomateiro é a variável fisiológica mais sensível à redução das lâminas de irrigação.

De acordo com Soares et al. (2011), quanto aos aspectos de qualidade dos frutos, o estresse é menos danoso na fase de floração, e os maiores frutos são obtidos na lâmina de 120% da evapotranspiração real da cultura aplicada na fase de floração.

Alterações no pH do xilema, na concentração de ácido abscísico (ABA) e na concentração iônica do tomate, sob déficit hídrico, também foi observado por Wang, Liu e Jensen (2012). Outros autores também tem encontrado respostas na fisiologia e morfologia do tomateiro sob déficit hídrico, como encontrado por Macêdo e Alvarenga (2005) para Sólidos solúveis totais (SST), pectina, acidez total, pH e número de frutos comerciais; por Meric et al. (2011), Kuşçu, Turhana e Demir (2014) e Mukherjee, Sarkar e Chakraborty (2012) na eficiência do uso da água; por Sun, Feng e Liu (2013) para podridão apical; por Barbagallo, Silvestro e Patanè (2013) para rendimento, características físico-químicas, padrão antioxidante, atividade da polifenol oxidase e qualidade visual; por Marouelli e Silva (2007) e Silva et al. (2013) para número de frutos e produção por planta; Samaila et al. (2011) para

qualidade nutricional do tomate; por Cabral et al. (2013) para a incidência de mancha de septória; e por Sacco et al. (2013) para polimorfismo em gene de tomate.

Delazari (2014), ao avaliar a produção e qualidade de frutos do tomateiro (híbrido comercial Carina TY) no sistema Viçosa de tutoramento, em função do estado hídrico-nutricional, observou efeito significativo para teores de macro e micronutrientes na folha do tomateiro. De acordo com o autor, a lâminas de irrigação aplicadas influenciaram apenas os teores de fósforo, potássio, enxofre e manganês, não diferindo para os demais nutrientes (N, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e B).

Morales (2012), ao avaliar a resistência ao déficit hídrico em 20 famílias de tomateiro, observou ter havido respostas diferenciadas entre as cultivares em função da restrição hídrica. O mesmo autor constatou maior produção de frutos, produtividade, podridão apical e conteúdo de água na folha, em algumas cultivares do tomateiro em detrimento de outras.

De acordo com as literaturas citadas, nota-se que a restrição de água no solo poderá ter efeito positivo ou negativo, até certo ponto, sobre as variáveis agrônomicas e de qualidade do tomateiro, e que as respostas são diferenciadas para cada cultivar utilizada.

2.5 Atributos de qualidade de frutos do tomateiro

De acordo com Ferreira, Freitas e Lazzari (2004), o termo qualidade é muito abrangente e subjetivo, assumindo várias definições, não sendo um atributo único e/ou bem definido, mas um conjunto de características. Segundo esses autores, no ponto de vista da ciência dos alimentos, a qualidade é composta pelas características que diferenciam unidades individuais de um produto, sendo significativa a determinação do grau de aceitabilidade pelo consumidor.

Para Chitarra e Chitarra (2005), as características de qualidade de produtos hortícolas podem ser expressas pela aparência, como, por exemplo, integridade, frescor, sabor e textura, características combinadas com outras propriedades físicas, químicas ou estéticas, visando relacionar a composição química com atributos sensoriais e nutricionais. Segundo Vilas Boas (2006), o comprometimento de qualquer desses atributos afeta diretamente a qualidade do fruto e seu valor comercial.

2.5.1 Podridão apical

A podridão apical é uma desordem fisiológica que ocorre em frutos de tomateiro, está relacionada com a deficiência de cálcio e agravada pelo estresse hídrico. Corresponde ao colapso de células próximas ao terminal estilar, resultando no escurecimento do tecido logo abaixo da epiderme (CHITARRA; CHITARRA, 2005). De acordo com Kinet e Peet (1997), essa desordem fisiológica é caracterizada pelo aparecimento de tecido necrótico na parte distal do fruto.

2.5.2 Acidez titulável

O sistema de produção pode influenciar na acidez titulável (teor de ácido cítrico) (KROLOW; SCHWENGBER; RERRI, 2007). De acordo com Panagiotopoulos e Fordham (1995), frutos de tomate com teores de ácido cítrico abaixo de 0,44% são considerados insípidos.

Para Grierson e Kader (1986), o “flavor” está relacionado principalmente com os açúcares (°Brix) e ácidos e suas interações. Nesse caso, quanto maior o teor de açúcar e de ácido, melhor o sabor do fruto. Para Kader et al. (1978), frutos de alta qualidade contêm mais de 0,32% de acidez titulável.

2.5.3 Sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais indica a quantidade de açúcares presente nas frutas, sendo essa variável uma característica de interesse para frutos comercializados in natura, pois o mercado prefere frutos doces (CONTI; MINAMI; TAVARES, 2002).

Segundo Hanson, Hutmacher e May (2006), uma alta disponibilidade de água para as plantas durante o estágio de amadurecimento dos frutos pode ter um efeito negativo sobre o teor de sólidos solúveis totais, pois pode reduzir a quantidade de açúcares nas frutas, aumentando o custo de sua desidratação durante a produção de polpa de tomate.

2.5.4 Poder hidrogeniônico (pH)

Indicadores de qualidade, como o pH dos frutos, são utilizados para avaliar a qualidade de tomates pós-colheita (FERREIRA, 2004). Frutos com valor de pH abaixo de 4,5

é considerado não ácido (GOULD, 1974). O pH dos frutos, apesar de ser mais importante para o processo industrial (inibição de bactérias) (MACÊDO; ALVARENGA, 2005), influencia o sabor dos mesmos (VILAS BOAS, 2014).

2.5.5 Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável

Segundo Bohatch, Marchi e Casagrande (2001), durante o processo de maturação a acidez do fruto diminui e o teor de sólidos solúveis aumenta. Valores elevados da relação SST/AT determina sabor suave devido à excelente combinação de açúcar e ácido, indicando ser um ótimo produto para processamento bem como consumo in natura, enquanto que valores baixos se correlacionam com ácido e sabor desagradável (FERREIRA, 2004). Para Kader et al. (1978), frutos de alta qualidade contêm relação SST/AT maior que 10.

2.5.6 Pectina solúvel

As pectinas, geralmente, estão associadas com a celulose e hemicelulose, que auxiliam na adesão entre as células, sendo considerada a pectina o principal agente cimentante da parede celular, contribuindo para a firmeza, resistência mecânica e coesividade do tecido (PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009). De acordo com Vilas Boas (2014), o cálcio tem grande influência em reduzir a solubilização de substâncias pécicas e, conseqüentemente, menor perda de firmeza em frutos. Para Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) o conteúdo de água no solo pode influenciar o teor de cálcio no fruto do tomateiro, conforme corroborado por Macedo e Alvarenga (2005), encontrando efeito significativo para a pectina solúvel em frutos de tomateiro submetido a diferentes lâminas de irrigação.

2.5.7 Vitamina C

Apesar dos teores de vitamina C recomendado por Davies, Austin e Partridge (1991) ser de 23 mg/100g de fruto fresco, vários trabalhos tem demonstrado que estes teores no fruto podem variar de 7,20 a 45,60 mg/100g, sendo dependente da época do ano, cultivar, luz, adubação, substrato e lâminas de irrigação (ABACK; CELIKEL, 1994; SAMPAIO; FONTES, 1998; SOARES et al., 2013b).

2.5.8 Firmeza

A firmeza do fruto é importante tanto porque possibilita que frutos firmes possam ser colhidos em estádios mais adiantados de maturação quanto para a comercialização, pois trata-se de uma característica muito exigida pelos consumidores (PAULA, 2013; ANDREUCCETTI et al., 2007).

De acordo com Oliveira et al. (1999), a firmeza do fruto é influenciada pela espessura da casca, firmeza da polpa e pela estrutura interna do fruto, ou seja, relação pericarpo/material placentar, que por sua vez depende da cultivar. Para Auerswald et al. (1999), variedades longa vida apresentam aumento do diâmetro da parede celular, levando maior firmeza aos frutos.

De acordo com Vilas Boas (2014), o cálcio está relacionado a maiores firmezas de frutos e uma maior durabilidade pós-colheita. Como o cálcio é pouco móvel no floema da planta, este exige um suprimento constante desse elemento, sendo que sua absorção é feita mais eficientemente pelo solo (FAQUIN, 2005). No entanto, se a concentração de cálcio no xilema for baixa ou a taxa de transpiração do fruto for muito pequena, como ocorre em condições de baixa umidade do solo (maiores tensões), ocorre uma competição pelo Ca entre as folhas (maior transpiração) e os frutos, causando um inadequado nível de nutriente nos frutos (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

2.5.9 coloração

De acordo com Ribeiro (2012) a mudança da coloração do tomate é considerada como índice de colheita e o ponto de colheita determina maior ou menor resistência do fruto ao manuseio, capacidade de completar a maturação, aparência e qualidade.

Clorofilas e carotenoides são os responsáveis pela coloração. Nos estádios iniciais as clorofilas fornecem a cor verde e com o amadurecimento estas são degradadas e os carotenoides sintetizados. Nos tomates, os principais carotenoides são o licopeno (pigmento majoritário e dar a cor vermelha) e o beta-caroteno (cor amarela) (RIBEIRO, 2012).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em casa de vegetação (ambiente protegido) situada na área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período compreendido entre os meses de março a outubro de 2015. A UFLA situa-se no município de Lavras, sul de Minas Gerais, que está numa altitude média de 910 metros, latitude 21°14' S e longitude 45°00' W.

A casa de vegetação é do tipo teto em arco, construída com estrutura metálica apresentando 3,00 m de pé-direito, 4,50 m de altura no ponto mais alto, 30 m de comprimento e 7 m de largura (210 m²). Foi revestida na parte superior com filme plástico transparente aditivado anti-UV de 150 µm de espessura e nas laterais com tela antiafídeos (FIGURA 1).

Figura 1 - Vista frontal da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2015.



Fonte: Do autor (2017).

3.2 Solo

O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 1999). Após o preparo dos canteiros, foram realizadas 20 amostragens na área (amostra composta), obtendo uma amostra simples para a caracterização físico-química do solo. As amostras foram retiradas da 0 a 40 cm de profundidade.

A curva de retenção de água do solo, que representou a camada de 0 a 40 cm, foi determinada no Laboratório de Ciências do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras, obtendo a umidade do solo nos pontos de baixas tensões (2, 4, 6 kPa) e de altas tensões (10, 33, 100, 500 e 1.500 kPa). Os pontos de baixas tensões foram determinados com base no funil de Haines e os de altas tensões pelo extrator de Richards, pois este método, segundo Or e

Wraith (1997), é recomendado para a determinação da curva de retenção de água do solo na faixa de 10 a 2.000 kPa.

Após o procedimento acima, utilizando o modelo de Van Genuchten (1980), descrito pela Equação 1, gerou-se uma equação matemática que traduz o comportamento da umidade do solo em função do potencial matricial:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha\psi_m)^n]^m} \quad (1)$$

Em que:

θ = umidade atual, com base no volume ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$);

θ_r = umidade residual, com base no volume ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$);

θ_s = umidade de saturação, com base no volume ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$);

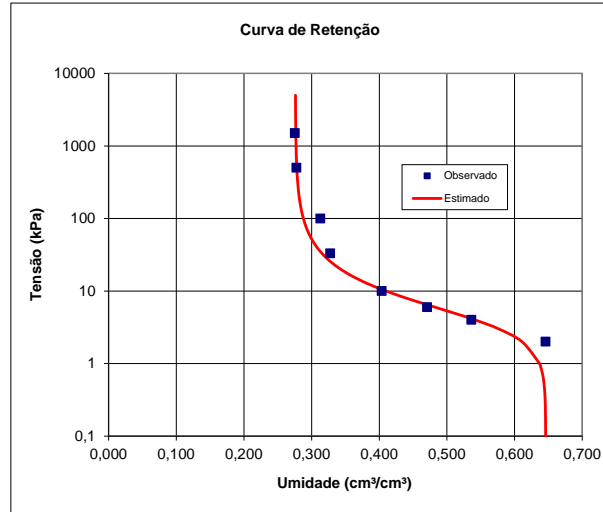
φ_m = potencial matricial (kPa)

n e m = parâmetros de ajuste do modelo;

α = representa o inverso da sucção mínima necessária para o início da remoção de água dos macroporos.

De acordo com Faria et al. (1998), na determinação da umidade na capacidade de campo nos solos argilosos, assume-se uma tensão de 10 kPa. Com base no modelo de Van Genuchten (1980), foi elaborada a curva característica de água no solo para o suporte do manejo da irrigação (FIGURA 2).

Figura 2 - Curva característica de água no solo gerada, utilizando-se o modelo descrito por Van Genuchten (1980). UFLA, Lavras, MG, 2015.



Fonte: Do autor (2017).

A equação de ajuste gerada pela curva característica de água no solo, demonstrado na Figura 2, está apresentado na Equação 2:

$$\theta = 0,2760 + \frac{0,6460 - 0,2760}{[1 + (0,2368\Psi m)^{2,0878}]^{0,5210}} \quad (2)$$

As amostras de solo que foram utilizadas nas análises laboratoriais (físico - química) foram coletadas após a preparação do solo com a ajuda de uma enxada rotativa.

As análises física e química foram realizadas no Departamento de Ciências do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras – UFLA, e os resultados encontram-se na Tabela 1. Não houve necessidade de fazer a correção da acidez do solo.

Tabela 1 - Análise física e química de amostras de solo coletadas na área experimental*. UFLA, Lavras, MG, 2015.

SIGLA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	AMOSTRAS**
			0 a 40 cm
pH	Em água (1:2,5)	-	6,0 (AM)
P	Fósforo (Mehlich 1)	mg dm ⁻³	1,13 (MB)
K	Potássio	mg dm ⁻³	30,0 (b)
Ca	Cálcio	cmol dm ⁻³	3,0 (b)
Mg	Magnésio	cmol dm ⁻³	1,3 (b)
Al	Alumínio	cmol dm ⁻³	0,0 (MB)
H+Al	Acidez potencial	cmol dm ⁻³	1,33 (B)
SB	Soma bases	cmol dm ⁻³	4,38 (b)
(t)	CTC efetiva	cmol dm ⁻³	4,38 (M)
(T)	CTC a pH 7,0	cmol dm ⁻³	5,71 (M)
V	Saturação por bases	%	76,65 (b)
M	Saturação por alumínio	%	0,0 (MB)
MO	Matéria orgânica	dag kg ⁻¹	2,23 (M)
P-rem	Fósforo remanescente	mg L ⁻¹	1,43 (MB)
Zn	Zinco	mg dm ⁻³	0,97 (B)
Fe	Ferro	mg dm ⁻³	88,26 (A)
Mn	Manganês	mg dm ⁻³	69,76 (A)
Cu	Cobre	mg dm ⁻³	6,78 (A)
B	Boro	mg dm ⁻³	0,28 (B)
S	Enxofre	mg dm ⁻³	9,91 (mb)
Areia	-	dag kg ⁻¹	10
Silte	-	dag kg ⁻¹	29
Argila	-	dag kg ⁻¹	61
Textura	Classe textural	-	Argilosa
Da	Densidade absoluta do solo	g cm ⁻³	1,4
CE	Condutividade elétrica	dS m ⁻¹	0,11 (ALC)

*Realizadas no DCS/UFLA.

** A = alto; b = bom; mb = muito bom; B = baixo; M = médio; MB = muito baixo; AM = acidez média; ALC = abaixo do limite crítico para a cultura do tomate (RIBEIRO; GUIMARÃES; VANEGAS, 1999).

Fonte: Do autor (2017).

3.3 Delineamento e montagem experimental

Foi utilizado o delineamento de blocos completos casualizados (DBC), com seis (6) tratamentos e quatro (4) repetições. Os tratamentos foram constituídos por seis tensões de água no solo, como indicativo de reiniciar as irrigações, (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).

De acordo com Silva et al. (2010), o sistema radicular do tomateiro se apresenta concentrado nos primeiros 25 cm da superfície na fase vegetativa e até 40 cm após início da frutificação. Sendo assim, foram instalados 4 (quatro) sensores de matriz granular (Granular Matrix Sensor, GMS, watermark® modelo 200SS), sendo 3 (três) “watermark” a 20 cm de profundidade do solo, que serviram como indicadores indiretos sobre quando e quanto irrigar (sensores de decisão), e 1 (um) a 40 cm de profundidade visando apenas monitorar a umidade do solo, nessa profundidade, sendo usado o espaçamento entre sensores de 60 cm.

Para o efeito acima, e como forma de minimizar os custos de aquisição dos sensores, foram utilizados 48 sensores de matriz granular (GMS), “watermark”, sendo instalados quatro sensores por tratamento e em apenas dois blocos.

Cada parcela experimental teve as dimensões de 1,40 m de largura e 2,90 m de comprimento (4,06 m²). As parcelas experimentais foram compostas por duas linhas de plantas espaçadas de 1,0 m entre si e 0,60 m entre plantas (FIGURA 3). Foram consideradas parcelas úteis as compostas pelas plantas centrais (quatro plantas), pois, no total de 8 plantas que compuseram cada parcela experimental, foram descartadas 4 plantas, sendo duas plantas em cada extremidade, visando reduzir o efeito bordadura. O espaçamento entre as parcelas foi de 0,80 m.

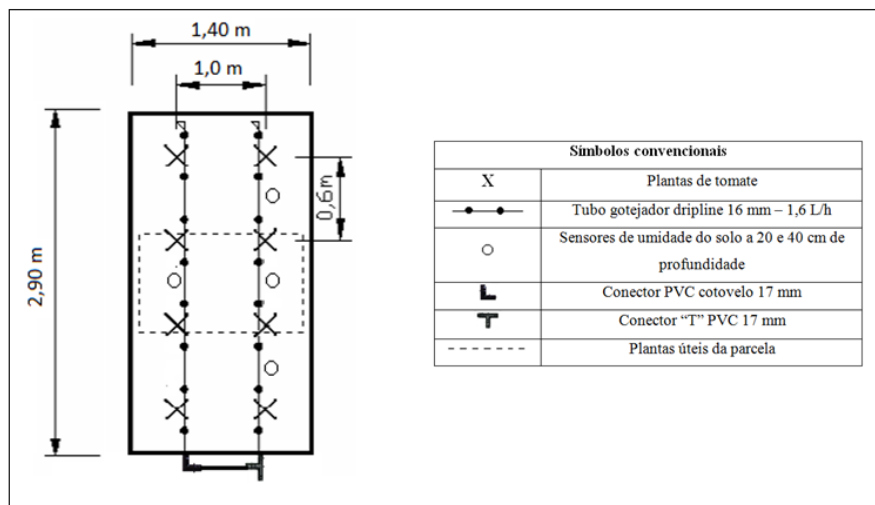
Figura 3 - Vista de uma parcela experimental no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2015.



Fonte: Do autor (2017).

Na Figura 4 está representado o esquema de uma parcela experimental, incluindo a disposição dos sensores de umidade (“watermark”).

Figura 4 - Esquema da parcela experimental com o sistema de irrigação implantado e os sensores de umidade. UFLA, Lavras, MG, 2015.



Fonte: Do autor (2017).

3.4 Equipamentos e manejo da irrigação

Foi instalado o sistema de irrigação por gotejamento utilizando emissores do tipo in-line, autocompensantes e distanciados entre si por 0,30 m. Os emissores apresentaram vazão média de $1,74 \text{ L h}^{-1}$ com pressão de $1,95 \text{ kgf cm}^{-2}$.

Uma vez que cada parcela experimental foi composta por duas linhas de plantas, espaçadas em 1,0 m, em cada linha foi instalado um tubo gotejador a fim de fornecer água às plantas, ou seja, em cada parcela experimental foi necessário dois tubos gotejadores.

Foi utilizada uma válvula solenóide para cada tratamento. Essas válvulas foram acionadas por um controlador previamente programado em cada irrigação para funcionar o tempo necessário para repor a lâmina estimada indiretamente pelos sensores de umidade. Buscava-se, em todas as irrigações, elevar à capacidade de campo a umidade correspondente a tensão verificada no momento de irrigar.

O cálculo do tempo de funcionamento do sistema de irrigação em cada tratamento foi feito com base nos sensores de umidade instalados. O momento de irrigar foi estabelecido quando quatro sensores, de seis instalados (três no bloco 1 e 2), apresentaram a tensão correspondente do tratamento, obtendo-se a média da leitura.

O manejo da irrigação foi realizado com base na umidade do solo, utilizando-se sensores de matriz granular (watermark) e um medidor de potencial matricial (FIGURA 5). Todos os sensores utilizados foram previamente testados.

Figura 5 - Vista do medidor de potencial matricial do sensor watermark instalado na parcela experimental no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2015.



Fonte: Do autor (2017).

A quantidade de água a ser aplicada em cada tratamento foi a necessária para elevar a umidade atual com base no volume (EQUAÇÃO 2) à umidade na capacidade de campo ($0,41 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), sendo determinada com base na tensão de 10 kPa, considerando a profundidade efetiva do sistema radicular de 0,2 m até a fase de florescimento e de 0,4 m após o florescimento (SILVA et al., 2010).

A lâmina líquida, bruta e o tempo de funcionamento do sistema de irrigação, utilizados para elevar a umidade do solo atual à capacidade de campo, foi determinada pela Equação 3, 4 e 5, respectivamente.

$$LL = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) z \quad (3)$$

$$LB = \frac{LL}{Ea CUD} \quad (4)$$

$$T = \frac{LB A}{e qa} \quad (5)$$

Em que:

LL= Lâmina líquida de irrigação (mm);

θ_{cc} = Umidade na capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_{atual} = Umidade atual ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

Z = Profundidade efetiva do sistema radicular (mm);

LB = Lâmina bruta de irrigação (mm);

Ea = Eficiência de aplicação de água pelo sistema de irrigação (adimensional) (Ea utilizada = 95%);

CUD = Coeficiente de uniformidade de distribuição do sistema de irrigação (adimensional);

T = Tempo de irrigação para elevar a umidade do solo à capacidade de campo (h);

A = área ocupada pela planta (m^2);

qa = vazão média dos emissores (L h^{-1});

e = número de emissores por planta (dois).

Para a determinação do CUD (EQUAÇÃO 6), foi avaliada a uniformidade de aplicação de água em um dos tratamentos escolhido aleatoriamente, utilizando-se a média de quatro repetições (quatro blocos). Para isso, foram coletadas as vazões dos 16 emissores contidos na parcela. O valor de CUD encontrado foi de 98%.

$$CUD = 100 \frac{q_{25}}{q_m} \quad (6)$$

Em que:

q_{25} = valor médio das 25% menores vazões observadas, $L h^{-1}$;

q_m = vazão média dos gotejadores, $L h^{-1}$.

O manejo inicial da irrigação antes do diferenciamento dos tratamentos, até aos 18 dias após o pegamento das mudas, foi realizado com sensores “watermark”, cuja tensão crítica estabelecida para o início das irrigações foi de 13 kPa, procurando-se assim, manter a umidade do solo, próxima da capacidade de campo.

3.5 Cultivar utilizada

Foram utilizadas mudas da cultivar híbrida Dominador F1 (FIGURA 6), do grupo Salada, tipo de fruto caqui e longa vida. Esta cultivar tem um ciclo em torno de 120 dias, e desenvolve-se bem no período de Fevereiro a Novembro (AGRISTAR, 2015).

Figura 6 - Aspecto do fruto produzido no experimento utilizando o híbrido Dominador F1. UFLA, Lavras, MG, 2015.



Fonte: Do autor (2017).

Essa cultivar apresenta alta resistência ao TYLCV (Geminivírus) e resistência aos seguintes fitopatógenos: *Fusarium oxysporum f. SP. Lycopersici* raças 1 e 2, *Meloidogyne incógnita*, *Tomato mosaic virus*, *Verticillium albo-atrum* e *Verticillium dahliae*. Apresenta sanidade de plantas e frutos uniformes. Tem hábito de crescimento indeterminado, alto vigor e bom enfolhamento até o ponteiro. Apresenta ótima pós-colheita e alta sanidade no período da chuva e tolerante à rachadura nos frutos. Os frutos são firmes, com padrão em todo e com

coloração vermelha intensa. Apresenta tamanho médio de 7 cm de diâmetro e 9 cm de altura, com peso médio de 230 g (AGRISTAR, 2015).

3.6 Práticas culturais

3.6.1 Adubação

A adubação básica foi realizada dois dias antes do transplântio, sendo aplicadas quantidades com base na análise química e física do solo (TABELA 1). Toda a adubação de cobertura foi feita via fertirrigação.

Aos 80 (oitenta) dias após o transplântio (DAT), foi aplicado (via foliar) nitrato de cálcio (100g/20L) semanalmente no tomateiro, visando suprir a necessidade desse nutriente pela cultura e evitar a podridão apical. De acordo com Vilas Boas (2014), apesar da absorção do cálcio ser mais eficiente quando aplicado via solo, o mesmo é pouco móvel na planta, justificando a aplicação foliar em casos de baixa disponibilidade ou deficiência desse elemento.

A quantidade de fertilizantes utilizados na fertirrigação encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Dose de adubo e fontes de nutrientes utilizados na fertirrigação. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Misturas	Época de aplicação	Adubos	% de cada	$\text{g m}^{-2} \text{ semana}^{-1}$
Primeira	1ª a 4ª semana	MAP	70	4,50
		KNO ₃	30	
Segunda	5ª a 8ª semana	MAP	50	4,0
		KNO ₃	40	
		Ureia	10	
Terceira	9ª a 12ª semana	MAP	20	4,0
		KNO ₃	70	
		Ureia	10	
Quarta	13ª a 16ª semana	KNO ₃	85	3,3
		Ureia	15	

Fonte: Vilas Boas (2014).

3.6.2 Controle fitossanitário

O controle de doenças foi feito preventivamente. O controle de pragas foi feito nas primeiras semanas de transplante, pois se notou a presença de pragas cortando as mudas do tomateiro. Desta forma, foram realizadas sete aplicações ao longo do ciclo da cultura (TABELA 3).

O uso da cultivar Dominador F1 possibilitou a redução drástica de defensivos aplicados, uma vez que a variedade em uso é resistente a várias doenças, conforme já mencionado no item 3.6.

Tabela 3 - Época de aplicação dos defensivos (DAT: dias após o transplante), nome comercial utilizado, princípio ativo e dosagens aplicadas. UFLA, Lavras, MG, 2015,

DAT	Nome comercial	Princípio ativo	Dosagem aplicada (20 L de água)
1	Fastac	Alfa-cipermetrina	50 mL
8	Fastac	Alfa-cipermetrina	50 mL
15	Fastac	Alfa-cipermetrina	50 mL
41	Rovral	Iprodiona	10 mL
55	Rovral	Iprodiona	10 mL
69	Rovral	Iprodiona	10 mL
125	Fastac	Alfa-cipermetrina	50 mL

Fonte: Do autor (2017).

3.6.3 Tutoramento

O tutoramento foi realizado com estacas individuais na vertical, utilizando-se arame (fio 16) e fitilhos (FIGURA 7). Também foram utilizadas varas de bambu, visando a sustentação do tomateiro na fase de produção de frutos. A cultivar utilizada é de crescimento indeterminado. Logo, foi feita a capação da planta quando a mesma apresentou sete cachos. O fio de arame foi esticado a uma altura de 1,80 m acima do nível do canteiro.

Foi utilizado um fitilho por planta, permitindo a condução da mesma até a fase final do experimento.

Figura 7 - Tutoramento com estacas na vertical e uso de fitilhos para a condução do tomateiro. UFLA, Lavras, MG, 2015.



Fonte: Do autor (2017).

3.6.4 Desbrota

A desbrota foi realizada durante todo o ciclo da cultura. Visou à eliminação dos brotos laterais que surgiram nas axilas de cada folha. Desta forma, deixou-se apenas um ramo por planta, visando diminuir o número de cachos e frutos por planta, e, conseqüentemente, aumentar o peso médio dos frutos.

3.6.5 Raleio dos frutos

Objetivando aumentar o tamanho e melhorar a qualidade dos frutos, foi realizado o raleio dos frutos assim que os mesmos começaram a crescer, deixando-se apenas seis frutos por cacho e sete cachos por planta.

3.7 Variáveis meteorológicas

Durante toda a condução do experimento foi registrado diariamente a temperatura máxima e mínima do ar, assim como a umidade relativa máxima e mínima do ar, utilizando-se um higrômetro digital, devidamente instalado no centro da casa de vegetação.

3.8 Variáveis agronômicas analisadas

As avaliações agronômicas foram realizadas semanalmente após as colheitas, que duraram aproximadamente 60 dias.

3.8.1 Número de frutos por planta

O número total de frutos por parcela útil, foi dividido pelo número de plantas na parcela útil (4), sendo determinado o número de frutos por planta.

3.8.2 Massa média de frutos comerciais

Foi determinada dividindo a massa de frutos comercial pelo número de frutos comercial, sendo os resultados expressos em gramas.

3.8.3 Produção total de frutos, comercial e não comercial por planta

A produção total de frutos comercial foi obtida pela pesagem dos frutos com diâmetro transversal maior ou igual a 50 mm e sem defeitos, e a produção total de frutos não comercial pela pesagem dos frutos miúdos, ou seja, com diâmetro transversal inferior a 50 mm e com defeitos (danificados por insetos, pelo sol e danos fisiológicos). Os valores foram expressos em kg planta⁻¹.

3.8.4 Produtividade total de frutos, comercial e não comercial

Com base na massa total de frutos comercial e não comercial por parcela útil, e a população de plantas por hectare (16667 plantas ha⁻¹), foi estimada a produtividade total e os resultados foram expressos em t ha⁻¹.

3.8.5 Número de frutos comerciais por classe

Os frutos comerciais foram classificados de acordo com o maior diâmetro equatorial, sendo: fruto pequeno – $50 < 65$ mm; fruto médio – $65 \leq 80$ mm; fruto grande – $80 < 100$ mm; e fruto gigante - > 100 mm (CEASAMINAS, 2015).

3.8.6 Eficiência no uso da água (EUA)

A eficiência no uso da água foi estimada em função da relação entre a produção total de frutos (comercial e não comercial) (kg) e a quantidade de água aplicada (m^3), em cada tratamento ao final do ciclo. O resultado foi expresso em $kg\ m^{-3}$.

3.9 Qualidade pós-colheita

Foram coletados dois frutos por planta (primeiro cacho), totalizando oito por parcela, para as análises de qualidade dos frutos no Laboratório de Pós-colheita de frutas e hortaliças do Departamento de Ciências dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, MG.

3.9.1 Incidência de podridão apical

Foi determinado o número total de frutos com incidência de podridão apical e relacionou-se com o total colhido. O resultado foi expresso em % de incidência de podridão apical.

3.9.2 Acidez titulável (AT)

Foi medida por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N, usando como indicador a fenolftaleína (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985) e os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico.

3.9.3 Sólidos solúveis totais (SST)

O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado diretamente do suco por refratometria, utilizando-se um refratômetro digital de compensação automática a 25 °C, e os resultados expressos em %, conforme AOAC (2002).

3.9.4 Poder hidrogeniônico (pH)

O pH foi determinado utilizando um pHmetro Schott Handylab, segundo técnica da Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 2002).

3.9.5 Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável

Para a determinação do ratio utilizou-se a relação sólidos solúveis totais (SST)/acidez titulável (AT) (KADER et al., 1978).

3.9.6 Pectina solúvel

Para a determinação da pectina solúvel, a polpa do fruto foi extraída de acordo com as técnicas de McCride e McColomb (1952) e seus teores determinados espectrofotometricamente a 530 nm, segundo Bitter e Muir (1973). Os resultados foram expressos em mg de pectina por 100 g de polpa.

3.9.7 Vitamina C

O teor de vitamina C (ácido ascórbico) foi determinado pelo método colorimétrico com 2,4 dinitrofenilhidrazina, conforme Strohecker e Henning (1967). A leitura foi realizada em espectrofotômetro Beckman 620 nm e os resultados foram expressos em mg por 100 g de polpa.

3.9.8 Firmeza

A firmeza dos frutos foi determinada com auxílio de penetrômetro McCormick com pontas de 8,0 mm de diâmetro. As medidas foram realizadas após remoção da casca na região equatorial do fruto. Foram feitas duas leituras por frutos, evitando-se as paredes radiais, por visualização das linhas que saem da região apical. Os resultados foram expressos em Newton (N).

3.9.9 Coloração

A coloração dos frutos foi determinada em quatro pontos distintos da casca, utilizando-se o colorímetro Minolta CR.400, com a determinação na CIE $L^* a^* b^*$. De acordo com McGuire (1992), a coordenada L^* representa quão clara ou escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). A coordenada a^* pode assumir valores de 80 (verde) a +100 (vermelho). A variável b^* pode variar de -50 (totalmente azul) a +70 (totalmente amarelo). Essas variáveis são utilizadas para cálculos que permitem a obtenção das coordenadas cilíndricas, que são ângulos de cor ou tonalidade (h°) que identificam a cor em um ângulo de 360° e croma (C) que representa a pureza de cor.

3.10 Teor de macro e micronutrientes da parte aérea

Para a obtenção dos teores de macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Mn, Zn e Fe) da parte aérea do tomateiro, a planta foi dividida, igualmente, em três terços (inferior, médio e superior). O teor dos elementos da parte aérea total foi obtido pela soma dos três terços da planta.

Foram retiradas amostras das folhas e do caule para secagem em estufa a $65 \sim 70^\circ\text{C}$ até peso constante. As amostras foram trituradas em moinho de facas tipo Wiley, condicionadas em sacos de papel e levadas ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da UFLA, sendo determinado os teores dos elementos pela metodologia de Sarruge e Haag (1974) adaptada pelo laboratório.

3.11 Análise estatística

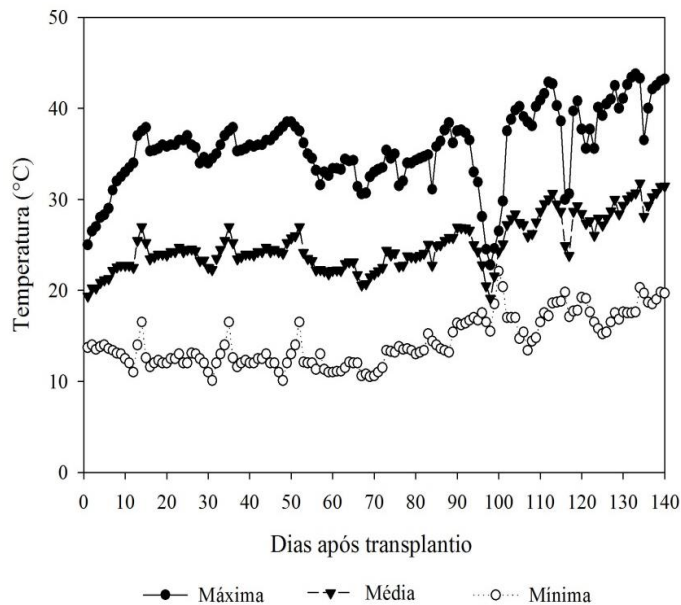
A análise estatística dos dados incluiu a análise de variância com realização do teste F e análises de regressão a 5% e 1% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições climáticas na casa de vegetação

Na Figura 8 e 9 está apresentada a variação da temperatura e umidade relativa do ar máxima, mínima e média, respectivamente, no interior da casa de vegetação, medido ao longo do experimento (140 dias). A temperatura média do ar no interior da casa de vegetação foi de 25,0 °C, a mínima média atingida foi de 14,4 °C e a máxima média foi de 35,6 °C, resultando em uma amplitude térmica de 21,2 °C. Estas temperaturas estão bem próximas do ideal para o desenvolvimento e produção do tomateiro, que segundo Alvarenga e Coelho (2013b), suporta amplitude de temperatura entre 10 a 34 °C.

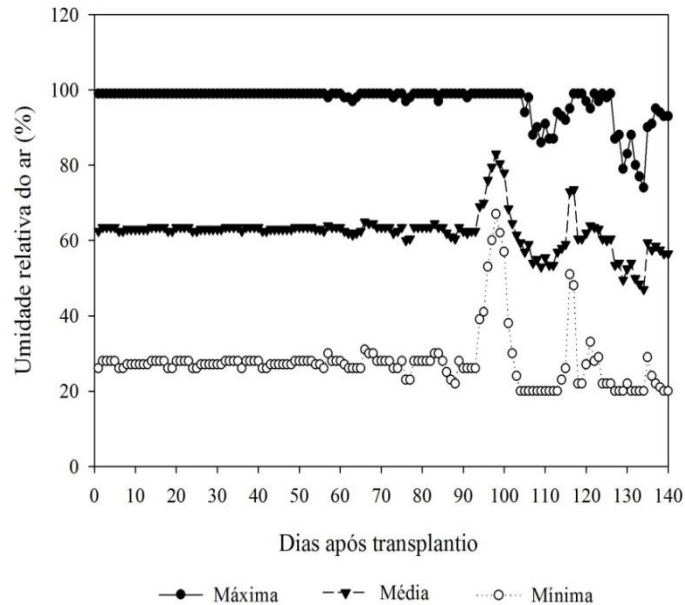
Figura 8 - Temperatura (°C) máxima, mínima e média do ar ocorrida no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2015.



Os valores da umidade relativa do ar máximos, médios e mínimos podem ser observados na Figura 9. A umidade relativa do ar média no período foi de 62,3%. Este valor

está dentro da faixa considerada como ótima (50% a 70%), o que pode reduzir a incidência de doenças que limitam a produtividade do tomateiro (ALVARENGA; COELHO, 2013b).

Figura 9 - Umidade relativa do ar (%) máxima, média e mínima ocorrida no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2015.



Fonte: Do autor (2017).

4.2 Avaliação do sistema de irrigação

Os emissores utilizados possuem uma faixa de compensação de vazão, compreendida entre as pressões de 60 a 410 kPa, entretanto, a pressão de funcionamento do sistema foi mantida em 200 kPa, por meio de uma válvula reguladora de pressão, instalada no cabeçal de controle.

Foi realizado um teste de uniformidade de vazão. Para isso, aleatoriamente, o teste foi feito em uma parcela de cada bloco. A pressão de funcionamento média, medida no final das laterais logo após o último emissor, foi de 195 kPa. A vazão média encontrada foi de $1,74 \text{ L h}^{-1}$ estando, portanto, muito próxima ao valor indicado pelo fabricante ($1,60 \text{ L h}^{-1}$).

Calculou-se também o coeficiente de variação de vazão (CVq), determinado pelo desvio-padrão dos valores de vazão da amostra, em relação à vazão média. O valor encontrado foi de 2,63%, indicando uma excelente uniformidade de vazão nos tratamentos, de acordo com Frizzone et al. (2012). O coeficiente de uniformidade encontrado (CUD) foi de 98%.

4.3 Tensões e lâminas de água aplicadas

Na Tabela 4 são apresentados os dados relativos ao manejo da irrigação (tratamentos) do tomateiro durante o experimento. Para isso, a lâmina aplicada foi calculada com base em duas profundidades, sendo de 20 cm até o final do florescimento e 40 cm após o florescimento (ALVARENGA, 2013).

Tabela 4 - Tensões de água no solo aplicadas (Tensão kPa), lâminas aplicadas antes de diferenciar os tratamentos (Adic.), durante o ciclo (Irrig.), total (Tot.), média por irrigação (mpi), intervalo médio entre irrigações (TR) e número de irrigações (NI). UFLA, Lavras, MG, 2015,

Tensão (kPa)	Lâmina (mm)				TR (dias)	NI
	Adic.	Irrig.	Tot.	Mpi		
20 (T1)	38,58	877,87	916,45	28,32	3,9	31
45 (T2)	38,58	481,24	519,82	43,75	10,7	11
70 (T3)	38,58	251,73	290,31	50,35	22,4	5
95 (T4)	38,58	159,39	197,97	53,13	33,3	3
120 (T5)	38,58	107,32	145,90	53,66	45	2
145 (T6)	38,58	108,57	147,15	54,28	49	2

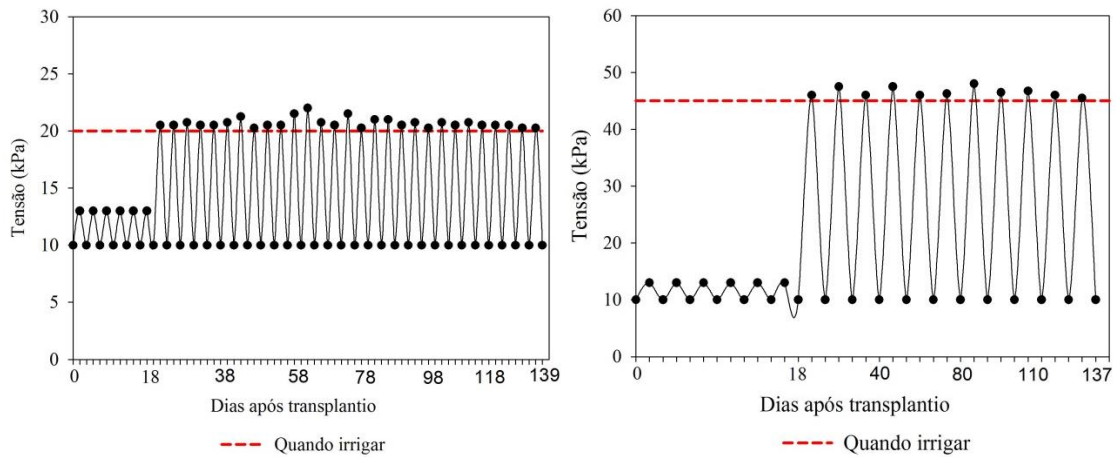
Fonte: Do autor (2017).

Visando o estabelecimento da cultura, foram feitas irrigações sempre que o sensor de umidade do solo ("watermark") acusasse uma tensão média de 13 kPa, resultando em uma lâmina de 38,58 mm aos 18 dias após transplântio. No 18º dias após transplântio, foi feita a última irrigação de estabelecimento e dado início à diferenciação dos tratamentos.

O total de água repostado à cultura ao longo do ciclo, para cada tratamento, foi de 916,45 mm (T1), 519,82 mm (T2), 290,31 mm (T3), 197,97 mm (T4), 145,90 mm (T5) e 147,15 mm (T6). Estes valores estão próximos dos encontrados por Sá et al. (2005) para a cultivar Raiza N. No entanto, os valores encontrados neste trabalho poderiam ter sido maiores, se não fosse utilizado o *mulching*, conforme constatado na literatura (CAMPAGNOL et al., 2014).

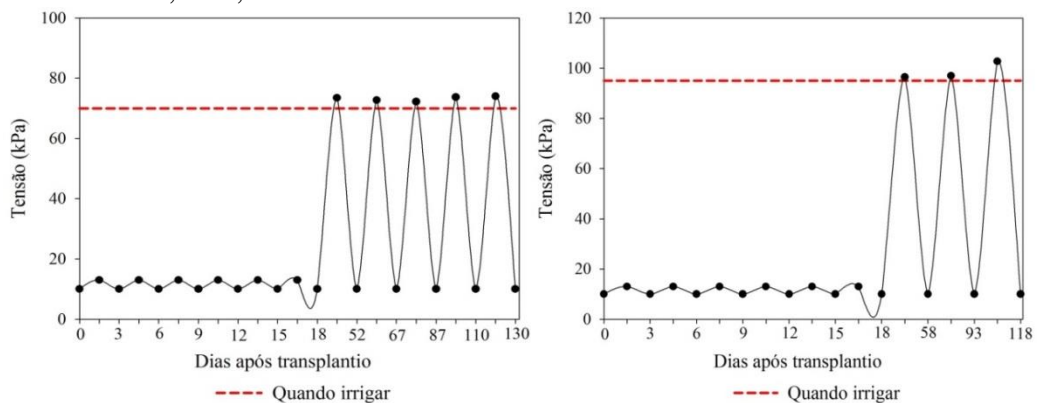
Nas Figuras de 10 a 12 estão representadas as tensões médias registradas pelos sensores de umidade, instalados na profundidade de 20 cm, usado para a tomada de decisão e cálculo da lâmina de irrigação aplicada.

Figura 10 - Variação das tensões da água no solo, no tratamento T1 (20 kPa) e T2 (45 kPa), esquerda e direita, respectivamente, durante a condução do experimento. UFLA, Lavras, MG, 2015.



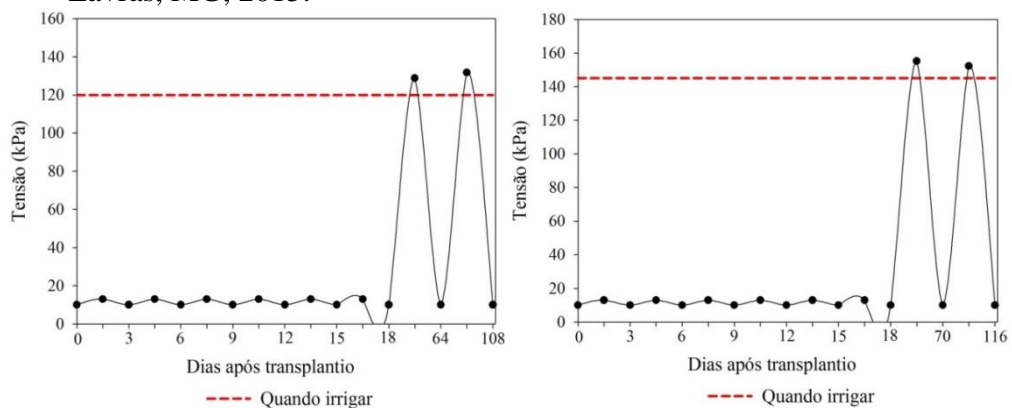
Fonte: Do autor (2017).

Figura 11 - Variação das tensões da água no solo, no tratamento T3 (70 kPa) e T4 (95 kPa), esquerda e direita, respectivamente, durante a condução do experimento. UFLA, Lavras, MG, 2015.



Fonte: Do autor (2017).

Figura 12 - Variação das tensões da água no solo, no tratamento T5 (120 kPa) e T6 (145 kPa), esquerda e direita, respectivamente, durante a condução do experimento. UFLA, Lavras, MG, 2015.



Fonte: Do autor (2017).

4.4 Características agronômicas

4.4.1 Número de frutos por planta. Massa média de frutos comerciais. Produção total de frutos, comercial e não comercial por planta. Produtividade total de frutos, comercial e não comercial

O número de frutos por planta (NF/P) e a massa média de frutos comerciais do tomateiro Dominador F1 foi influenciado significativamente pelos níveis de tensão de água no solo, a 1% de probabilidade, pelo teste F (TABELA 5).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância e de regressão para número de frutos por planta (NF/P) e massa média de frutos comerciais (MFC) do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.	
		NF/P	MFC (g fruto ⁻¹)
Tensão	5	88,42 ^{**}	4798,13 ^{**}
Bloco	3	33,26 ^{ns}	563,14 ^{ns}
Resíduo	15	12,43	172,57
Média	-	32,48	73,93
C. V. (%)	-	10,86	17,77
Linear	1	400,80 ^{**}	20297,51 ^{**}
Quadrática	1	11,35 ^{ns}	2963,74 ^{**}
Cúbica	1	28,70 ^{ns}	660,19 ^{ns}
Desvio	2	0,63 ^{ns}	34,60 ^{ns}
Resíduo	15	12,43	172,57

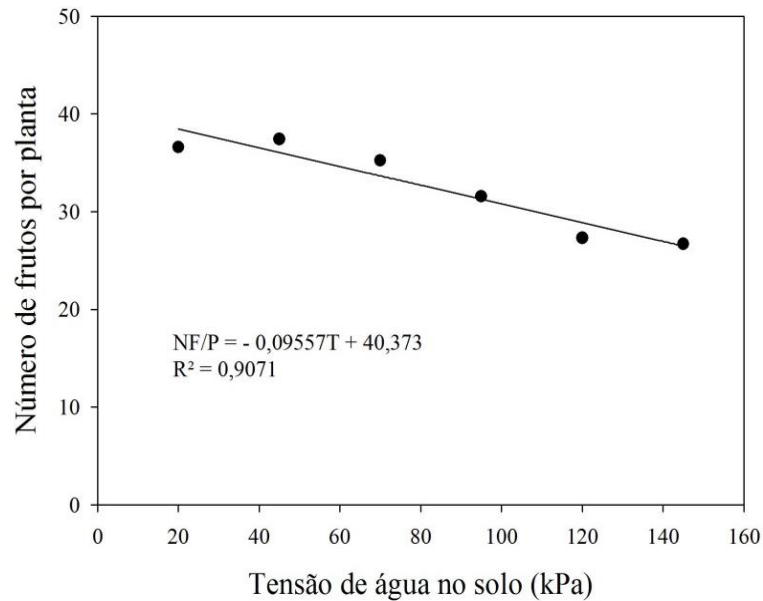
^{**} significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

As variações ocorridas no número de frutos por planta podem ser explicadas pela regressão linear inversa, a 1% de probabilidade (FIGURA 13).

Figura 13 - Número de frutos por planta (NF/P) do tomateiro Dominador F1, em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



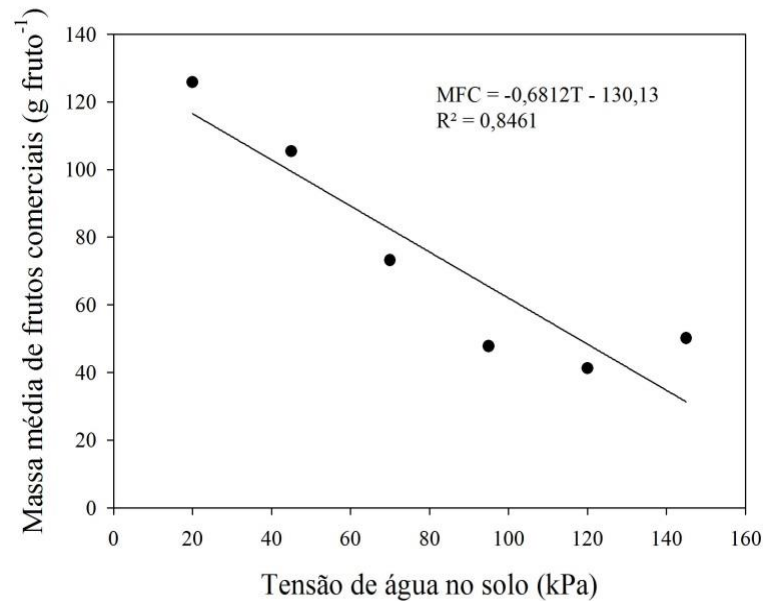
Fonte: Do autor (2017).

Nota-se, pela Figura 13, que houve um decréscimo do número de frutos por planta, à medida que se aumentaram as tensões da água no solo, e que 90,7% das variações dessa variável, em função das tensões de água no solo, podem ser explicadas pela regressão linear inversa.

O maior número de frutos por planta foi obtido na tensão de 20 kPa (36,62) e o menor valor em 145 kPa (26,69). Pela equação gerada, nota-se que com o acréscimo de uma unidade de tensão ocorre a redução de 0,09557 frutos por planta, considerando o intervalo estudado. Isso quer dizer que, nesse intervalo, quanto menor o turno de rega, maior é o número de frutos por planta, pois a água é aplicada em pequenas intensidades, porém com alta frequência, de modo a manter a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo. Resultado semelhante a este foi encontrado por Morales et al. (2015), encontrando um maior número de frutos de tomate em solos com teor de umidade próximo a capacidade de campo. Santana et al. (2010) encontraram maiores números de frutos de tomate com a aplicação de uma lâmina de irrigação de aproximadamente 500 mm.

A massa média de frutos comerciais apresentou comportamento linear decrescente nos diferentes níveis de tensão de água no solo (FIGURA 14). O coeficiente de determinação apresentado (R^2) demonstra que 84,61% das variações ocorridas nessa variável, em função das tensões de água no solo, podem ser explicadas pela regressão linear.

Figura 14 - Massa média de frutos comerciais (MFC) do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



Fonte: Do autor (2017).

A maior massa média de frutos comerciais foi obtida quando se usou a tensão de 20 kPa (125,82 g fruto⁻¹), decrescendo linearmente até a tensão de 145 kPa com massa de 50,18 g fruto⁻¹. Para cada unidade acrescentada na tensão de água no solo, há uma redução da massa média de frutos comerciais de, aproximadamente, 0,68 g fruto⁻¹. Desta forma, nota-se redução de 60,11% na massa média de frutos comerciais entre as tensões de 20 e 145 kPa. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a redução no peso fresco do fruto é um dos sintomas ocasionado pelo déficit hídrico.

Visualmente foi observado no experimento que as maiores tensões de água no solo influenciaram, principalmente, o número e massa dos frutos dos cachos mais próximos do ápice da planta, como os cachos cinco, seis e sete. Isso se deve, provavelmente, a uma menor movimento de água e nutrientes para o ápice da planta nas maiores tensões de água no solo.

Silva et al. (2013), estudando o cultivo de tomate em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração, observaram redução de 48,96% em peso, quando se reduziu o fornecimento de água para o tomateiro. Os dados obtidos por Morales et al. (2015) corroboram com este trabalho, pois encontraram maior massa média de fruto (94,16 g fruto⁻¹) em um maior conteúdo de água no solo (umidade próxima à capacidade de campo). Soares et al. (2013a) também encontrou média maior (61,14 g fruto⁻¹) para frutos do tomateiro com reposição de até 120% da evapotranspiração real da cultura.

Para a produção total, comercial e não comercial de frutos do tomateiro Dominador F1, observa-se na Tabela 6 que os níveis de tensão de água no solo exerceram influência significativa, a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância e de regressão para produção comercial (PC), não comercial (PNC), total (PT), produtividade total (PVT), comercial (PVC) e não comercial (PVNC) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.					
		PC	PNC	PT	PVT	PVC	PVNC
		----- Kg planta ⁻¹ -----			----- t ha ⁻¹ -----		
Tensão	5	0,85**	0,13**	0,75**	258,78**	2860,64**	43,99**
Bloco	3	291,23 ^{ns}	0,03 ^{ns}	7,16*	2456,33*	291,23 ^{ns}	9,87 ^{ns}
Resíduo	15	0,30	0,02	0,18	63,25	102,28	8,38
Média	-	2,53	0,53	3,06	56,70	46,92	9,78
C. V. (%)	-	21,56	29,59	14,03	14,03	21,56	29,59
Linear	1	37,42**	0,10 ^{ns}	33,67**	11546,65**	12831,29**	33,87 ^{ns}
Quadrática	1	2,99**	0,52**	1,01*	349,41*	1024,13**	177,14**
Cúbica	1	1,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,06**	364,68*	397,42 ^{ns}	0,70 ^{ns}
Desvio	2	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	10,46 ^{ns}	25,18 ^{ns}	4,11 ^{ns}
Resíduo	15	0,30	0,02	0,18	63,25	102,28	8,38

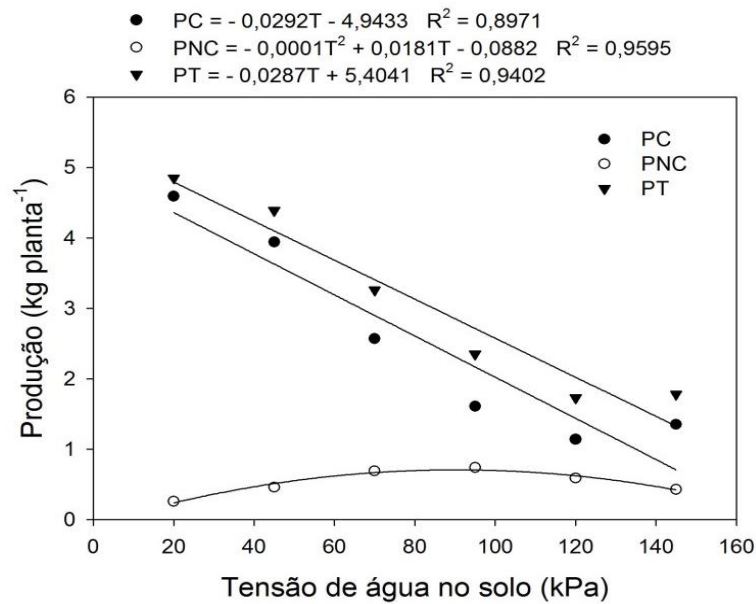
* e ** significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

A produção total e comercial de frutos por planta se relacionaram de forma linear decrescente ($p \leq 0,01$) e a produção não comercial de forma quadrática ($p \leq 0,05$) com o aumento da tensão de água no solo (FIGURA 15). Os coeficientes de determinação apresentados (R^2) demonstram que 94,02%, 89,71% e 95,95% das variações ocorridas na produção total, comercial e não comercial de frutos por planta, respectivamente, em função das tensões de água no solo, são explicadas pelas regressões apresentadas.

Figura 15 - Produção total (PT), comercial (PC) e não comercial (PNC) de frutos por planta, do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



Fonte: Do autor (2017).

A máxima produção total e comercial de frutos por planta foi obtida quando se usou a tensão de 20 kPa (4,85 e 4,59 kg planta⁻¹ respectivamente), reduzindo seu valor até a tensão de 145 kPa. Desta forma, fica evidenciado o efeito das altas tensões de água no solo sobre a produção de frutos do tomateiro.

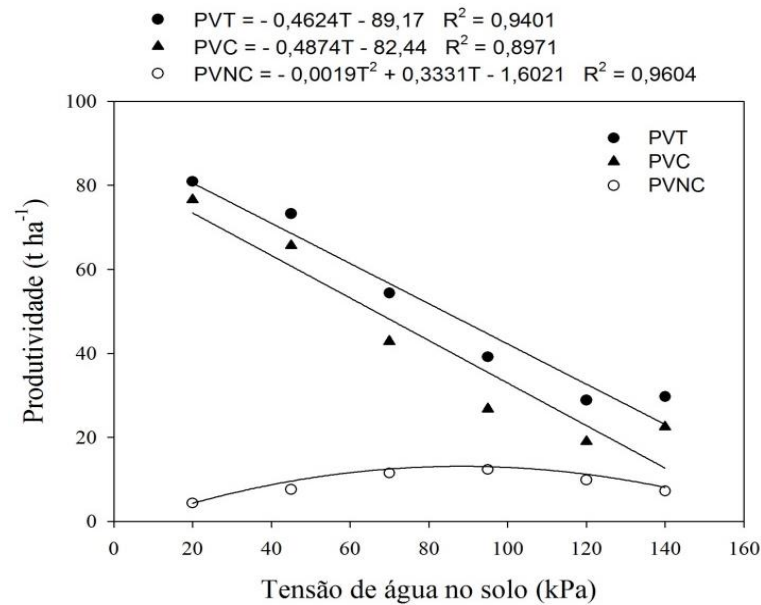
Para a produção de frutos não comerciais, observa-se um comportamento quadrático crescente, cujo ponto de máxima foi obtido na tensão de 90,5 kPa, resultando em uma produção de 0,7 kg planta⁻¹. A menor produção de fruto não comercial foi obtida com a tensão de 20 kPa (0,26 kg planta⁻¹). A produção total (comercial + não comercial) foi de 4,85 kg planta⁻¹ na tensão de 20 kPa. Resultado semelhante foi encontrado por Morales (2012), ao avaliar a resistência ao déficit hídrico em famílias de tomateiro, onde observou-se que a produção de frutos pela cultivar TOM-684 reduziu de 4,99 para 1,85 kg planta⁻¹, ao diminuir o conteúdo de água no solo de 100% para 25% da capacidade de campo, respectivamente.

Nas condições deste trabalho, a maior produção total e comercial de frutos do tomateiro ocorreu na tensão de 20 kPa, ou seja, com um maior conteúdo de água no solo. No entanto, nem sempre uma maior disponibilidade hídrica proporcionará maior produção econômica de frutos (rentabilidade financeira). Monte et al. (2013) concluíram que o aumento na quantidade de água aplicada via irrigação, acima de 80% da evapotranspiração da cultura,

promove maior consumo de água e energia sem, no entanto, proporcionar aumento na produção comercial de frutos do tomateiro.

A produtividade comercial e total reduziram linearmente com as tensões de água no solo, e a produtividade não comercial respondeu de forma quadrática (FIGURA 16).

Figura 16 - Produtividade total (PVT), comercial (PVC – diâmetro transversal > 50 mm) e não comercial (PVNC - diâmetro transversal < 50 mm) de frutos do tomateiro Dominador F1, em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



Fonte: Do autor (2017).

A maior produtividade de frutos comerciais para a cultivar estudada ocorreu quando se usou a tensão de 20 kPa (76,57 t ha⁻¹), reduzindo seu valor até a tensão de 145 kPa (22,47 t ha⁻¹). Para a produtividade de frutos não comerciais, observa-se um comportamento quadrático crescente, cujo ponto de máxima foi obtido na tensão de 87,66 kPa, resultando em uma produtividade de 13,00 t ha⁻¹. A menor produtividade de frutos não comercial foi obtida com a tensão de 20 kPa (4,84 t ha⁻¹). A produtividade total (comercial + não comercial), em 20 kPa, foi de 80,92 t ha⁻¹, estando acima da média nacional obtida no ano de 2016, que foi de, aproximadamente, 64 t ha⁻¹ (IBGE, 2017).

Observa-se ainda que 89,71% e 96,04% das variações ocorridas na produtividade de frutos comerciais e não comerciais, respectivamente, em função das tensões de água no solo, são explicadas pelas regressões. A tensão que proporcionou maior produtividade de frutos comerciais (20 kPa) difere da encontrada por Sá et al. (2005), que para o híbrido Raíza N,

para a tensão crítica de 80 kPa obteve produtividade de 83,56 t ha⁻¹, com o sensor de umidade instalado a 20 cm de profundidade. Isso demonstra que, primeiramente, é importante informar a profundidade que se instalou o sensor de umidade, e que a tensão crítica pode variar para cada cultivar utilizada, carecendo de estudos individuais.

Morales et al. (2015), ao avaliarem a resistência ao déficit hídrico em 20 famílias de tomateiro, observou comportamento diferenciado entre elas, como incidência de podridão apical, teor de água na folha e a produção de frutos. Kalungu (2008), trabalhando com a cultivar Débora Plus, constatou produtividade comercial de 78,7 t ha⁻¹ com maiores lâminas de reposição (72,48 L planta⁻¹ ciclo⁻¹).

4.4.2 Número de frutos comerciais por classe

Nota-se na Tabela 7 que o número de frutos comerciais pequenos (FP) foi influenciado significativamente ($p \leq 0,05$) pela tensão de água no solo e que o número de frutos médios (FM) e grande (FGR) foram influenciados a 1% de probabilidade pelo teste F. Para o número de frutos gigantes (FG) não houve significância.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância e de regressão para o número de frutos comerciais por classe (FP: fruto pequeno – 50 < 65 mm; FM: fruto médio – 65 < 80 mm; FGR: fruto grande – 80 < 100 mm; e FG: fruto gigante - > 100 mm) do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFPA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.			
		FP	FM	FGR	FG
Tensão	5	64,87*	10,06**	0,41**	0,01 ^{ns}
Bloco	3	6,49 ^{ns}	122,27 ^{ns}	20,49 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Resíduo	15	17,03	4,94	0,38	0,01
Média (mm)	-	13,09	7,91	2,52	0,04
C. V. (%)	-	31,52	28,12	24,43	260,77
Linear	1	86,64*	528,69**	89,72**	-
Quadrática	1	171,43**	81,76**	11,07**	-
Cúbica	1	58,65 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,80 ^{ns}	-
Desvio	2	3,81 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,43 ^{ns}	-
Resíduo	15	17,03	4,94	0,38	-

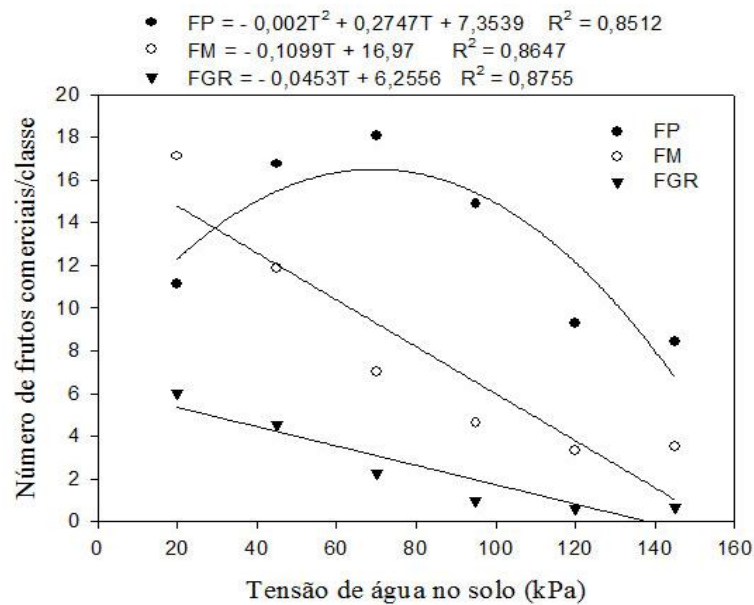
** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

Na Figura 17 estão apresentadas as regressões para o número de frutos por classe, em que observa-se comportamento quadrático para o número de frutos pequenos e linear para frutos médio e grande.

Figura 17 - Número de frutos comerciais por classe (FP: fruto pequeno – 50 < 65 mm; FM: fruto médio - 65 < 80 mm; FGR: fruto grande – 80 < 100 mm) do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



Fonte: Do autor (2017).

O número de frutos pequenos (50 < 65 mm) apresentou comportamento quadrático com o ponto de máxima em 68,67 kPa, obtendo 16,79 frutos. Observa-se ainda que 85,12% da variação do número de frutos pequenos em função da tensão de água no solo pode ser explicada pela regressão quadrática.

Para o número de frutos médios (65 < 80 mm), observa-se que a tensão de 20 kPa foi a que proporcionou o melhor resultado (17,12 frutos) e que 86,47% da variação dessa variável em função das tensões de água no solo pode ser explicada pela regressão linear.

Para o número de frutos grandes (80 < 100), nota-se que o maior valor foi obtido em 20 kPa (6 frutos) e que 87,55% da variação dessa variável em função das tensões de água no solo pode ser explicada pela regressão linear. O estudo do efeito das tensões de água no solo sobre o tamanho dos frutos está relacionado a comercialização dos mesmos, uma vez que frutos maiores recebem melhores preços.

Desta forma, nota-se que menores tensões de água no solo (20 kPa) favorecem frutos maiores, diferentemente do encontrado por Sá et al. (2005), encontrando frutos maiores em tensões de 112 kPa. Essa grande diferença pode estar relacionado à profundidade de instalação do sensor. Esse fato pode ter ocorrido devido a profundidade de instalação dos sensores de umidade do solo (10 cm de profundidade). Delazari (2014) também encontrou frutos grandes com maiores lâminas de irrigação para o tomateiro híbrido comercial Carina TY.

4.4.3 Eficiência no uso da água (EUA)

As diferentes tensões de água no solo sobre a eficiência no uso da água (EUA) pelo tomateiro Dominador F1, apresentou efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (TABELA 8).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância e de regressão para a eficiência no uso da água (EUA) do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M. EUA
Tensão	5	91,91 ^{**}
Bloco	3	51,39 [*]
Resíduo	15	14,00
Média (kg m ⁻³)	-	18,97
C. V. (%)	-	19,72
Linear	1	352,12 ^{**}
Quadrática	1	99,68 [*]
Cúbica	1	6,09 ^{ns}
Desvio	2	0,83 ^{ns}
Resíduo	15	14,00

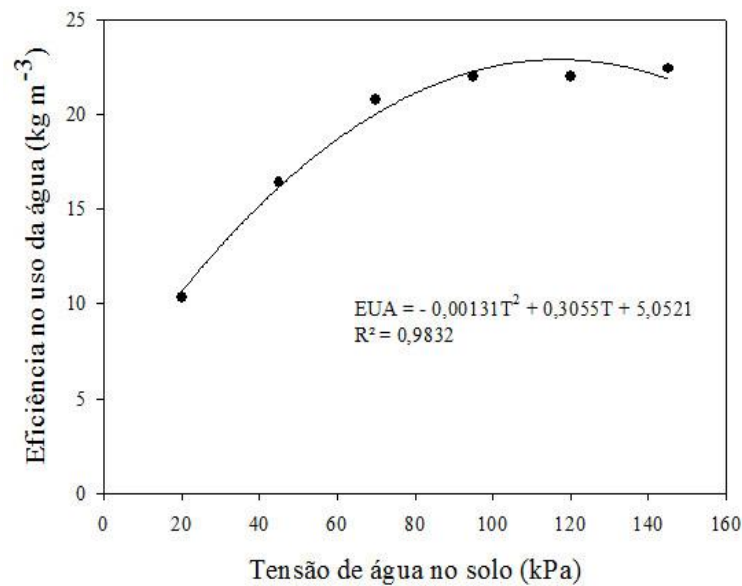
^{**} e ^{*} significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

A eficiência no uso da água pelo tomateiro apresentou comportamento quadrático, em face das diferentes tensões de água no solo (FIGURA 18), sendo que 98,31% da variação no uso eficiente da água em função das tensões de água no solo podem ser explicadas pela regressão quadrática.

Figura 18 - Eficiência no uso da água (EUA) pelo tomateiro Dominador F1, em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



Fonte: Do autor (2017).

A maior eficiência no uso da água (23 kg m^{-3}) foi observada no ponto de máxima da curva, na tensão de $117,5 \text{ kPa}$ (corresponde a uma lâmina de irrigação de, aproximadamente, $117,32 \text{ mm}$). Resultado corroborado por Bernardo (1995), pois segundo o autor, em déficit muito acentuado ocorre a redução dessa variável.

Delazari (2014), avaliando o efeito de lâminas de irrigação sobre o cultivo do tomateiro híbrido comercial Carina TY, também observou efeito significativo entre os tratamentos. De acordo com o autor, a lâmina de $275,5 \text{ mm}$ foi a que proporcionou maior EUA ($36,02 \text{ kg m}^{-3}$). No entanto, as respostas do tomateiro variam para cada cultivar utilizada. Silva et al. (2013), encontraram significância entre lâminas de irrigação com uma EUA de $6,75 \text{ kg m}^{-3}$, para a cultivar Caline IPA 6. Marouelli e Silva (2007) não observaram influência dos regimes de irrigação nos valores da eficiência no uso da água pelo tomateiro 'Heinz 9992', constatando valor médio na EUA de $39,4 \text{ kg m}^{-3}$.

4.5 Qualidades pós-colheita

4.5.1 Pectina solúvel. Firmeza dos frutos. Podridão apical

Na Tabela 9 é apresentado o resumo da análise de variância e de regressão para pectina solúvel, firmeza dos frutos e incidência de podridão apical de frutos do tomateiro Dominador F1. De acordo com essa tabela, houve efeito significativo apenas para firmeza dos frutos e podridão apical a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância e de regressão para pectina solúvel (PEC), firmeza dos frutos (FIR) e incidência de podridão apical (PA) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.		
		PEC (%)	FIR (N)	PA (%)
Tensão	5	0,002 ^{ns}	36,46 ^{**}	45,06 [*]
Bloco	3	0,77 [*]	9,63 ^{ns}	13,35 ^{ns}
Resíduo	15	0,90	7,13	10,22
Média	-	247,44	16,68	3,64
C. V. (%)	-	18,08	16,01	87,77
Linear	1	-	174,94 ^{**}	217,30 ^{**}
Quadrática	1	-	0,01 ^{ns}	3,70 ^{ns}
Cúbica	1	-	0,24 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Desvio	2	-	3,55 ^{ns}	2,11 ^{ns}
Resíduo	15	-	7,13	10,22

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

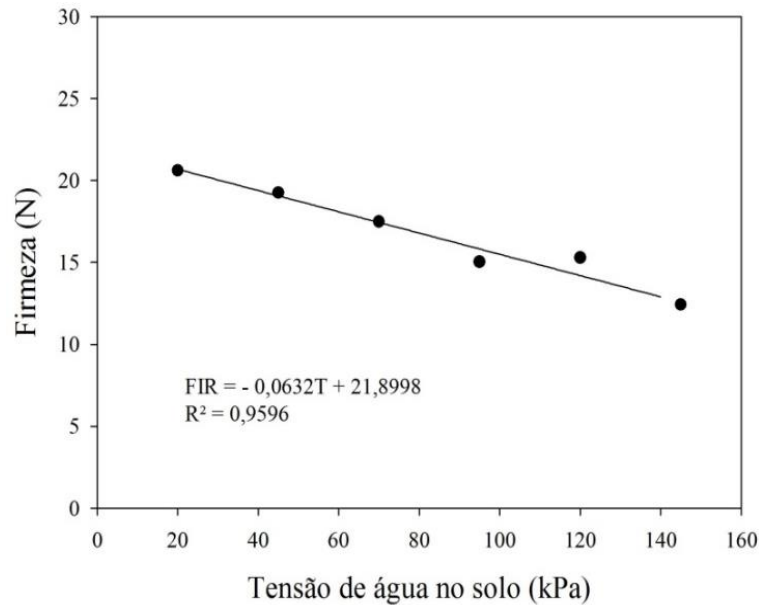
O percentual médio de pectina solúvel foi de 247,44%. De acordo com Vilas Boas (2014), o cálcio tem grande influência em reduzir a solubilização de substâncias pécnicas e, conseqüentemente, menor perda de firmeza em frutos. Como a firmeza dos frutos reduziu linearmente com o aumento da tensão de água no solo (Figura 19), possivelmente pode ter ocorrido maior acúmulo de cálcio em frutos que foram desenvolvidos em tensões menores, como a de 20 kPa.

Macedo e Alvarenga (2005) encontraram efeito significativo para a pectina solúvel em frutos de tomateiro submetido a diferentes lâminas de irrigação, encontrando o maior valor

(204,74 mg/100g) na reposição de 100% e menor valor (144,25 mg/100g) com reposição de 80% da evapotranspiração da cultura.

Na Figura 19 é apresentada a regressão para a firmeza dos frutos do tomateiro Dominador F1 em função das diferentes tensões de água no solo.

Figura 19 - Firmeza (FIR) de frutos do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



Fonte: Do autor (2017).

De acordo com a equação gerada a firmeza do fruto de tomate decresceu linearmente com o aumento da tensão de água no solo. A maior firmeza do fruto ocorreu na tensão de 20 kPa. Nota-se que para cada unidade de tensão acrescentada há uma redução da firmeza do fruto em 0,063 N. A redução da firmeza dos frutos pode ter ocorrido, possivelmente, devido a uma menor translocação de cálcio para os frutos quando se aumentou as tensões de água no solo. De acordo com Vilas Boas (2014), o cálcio está relacionado a maiores firmezas de frutos e uma maior durabilidade pós-colheita.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) o conteúdo de água nas células também é outro fator que contribui para a firmeza dos frutos, pois com o aumento do turgor celular, os vacúolos alargam-se e pressionam as paredes celulares, pressionando fortemente umas contra as outras, proporcionando turgidez ao tecido vegetal.

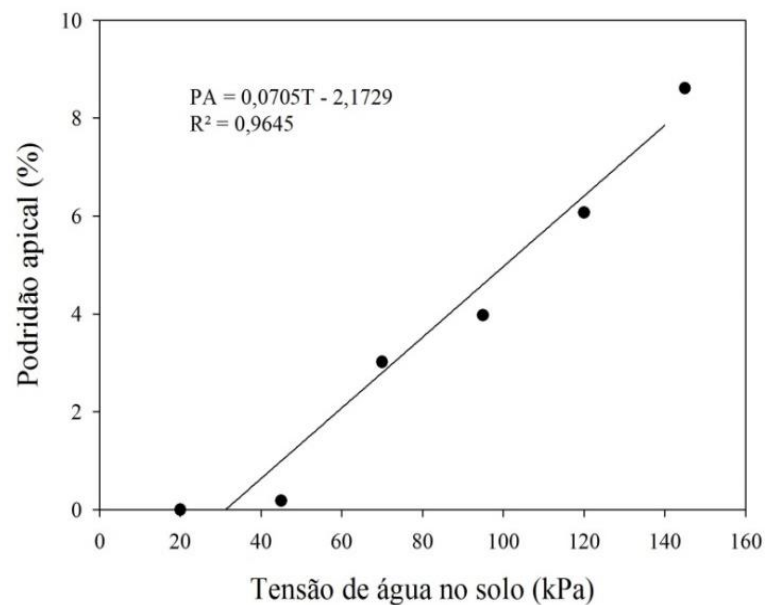
O estágio de maturação dos frutos pode influenciar significativamente a firmeza do mesmo (PAULA, 2013), no entanto, de acordo com os resultados da Tabela 15 para

coloração, nota-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos, inferindo que os frutos estavam com coloração homogênea no momento do teste de firmeza. A firmeza do fruto é importante tanto porque possibilita que frutos firmes possam ser colhidos em estádios mais adiantados de maturação quanto para a comercialização, pois trata-se de uma característica muito exigida pelos consumidores (PAULA, 2013; ANDREUC CETTI et al., 2007).

De acordo com Oliveira et al. (1999), a firmeza do fruto é influenciada pela espessura da casca, firmeza da polpa e pela estrutura interna do fruto, ou seja, relação pericarpo/material placentar, que por sua vez depende da cultivar. Para Auerswald et al. (1999), variedades longa vida apresentam aumento do diâmetro da parede celular, levando maior firmeza aos frutos.

Na Figura 20 está representando, por regressão linear, o comportamento da incidência de podridão apical em função das diferentes tensões de água no solo.

Figura 20 - Incidência de podridão apical nos frutos do tomateiro Dominador F1, em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



Fonte: Do autor (2017).

A resposta do tomateiro à podridão apical, nas diferentes tensões de água no solo, foi linear e crescente com o aumento da tensão de água no solo (menor conteúdo de água no solo). Os menores valores foram obtidos nas tensões de 20 e 40 kPa (0 e 0,18%, respectivamente).

A ocorrência desse distúrbio (podridão apical) pode variar para cada cultivar, deficiência hídrica (MORALES et al., 2015) e deficiência de cálcio na planta (VILAS BOAS, 2014). Sá (2004), ao avaliar o efeito do déficit hídrico sobre o híbrido Raísa N, observou efeito significativo entre os tratamentos, porém com incidência de podridão apical abaixo de 1%, considerado baixo pelo autor. De acordo com o mesmo autor, tanto o excesso quanto o déficit de água pode provocar o aparecimento de podridão apical (menor absorção de cálcio), pois para o híbrido Raísa N a tensão que proporcional menor (0,32%) aparecimento desse distúrbio foi 80 kPa. Para Papadopoulos (1991), na maioria dos casos, a deficiência de cálcio na planta é induzida, sendo a principal causa o stress de água na planta devido a irrigações deficitárias ou excessivas, ou então devido a oscilações do teor de umidade do solo, como constado por Ozbahce e Tari (2010).

Para Faquin (2005), se a concentração de cálcio no xilema for baixa ou a taxa de transpiração do fruto for muito pequena (como ocorre em altas tensões de água no solo), ocorre a competição de cálcio entre folhas e frutos, acarretando em baixo suprimento desse elemento no fruto, podendo favorecer a podridão apical.

4.5.2 Acidez titulável

As diferentes tensões de água no solo não influenciaram significativamente a acidez total (TABELA 10).

Tabela 10 - Resumo da análise de variância e de regressão para acidez titulável (AT) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.
		AT
Tensão	5	0,001 ^{ns}
Bloco	3	0,005*
Resíduo	15	0,001
Média (% de ácido cítrico)	-	0,42
C. V. (%)	-	8,53

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

Apesar do sistema de produção influenciar na acidez titulável (teor de ácido cítrico) (KROLOW; SCHWENGBER; RERRI, 2007), para as condições desse trabalho não houve tal influência, apresentando um valor médio de 0,42%. Resultado semelhante foi encontrado por Macêdo e Alvarenga (2005) para o híbrido F1 Bonus (0,27%) e por Delazari (2014) para o tomateiro híbrido comercial Carina TY. De acordo com Panagiotopoulos e Fordham (1995), frutos de tomate com teores de ácido cítrico abaixo de 0,44% são considerados insípidos.

Para Grierson e Kader (1986), o “flavor” está relacionado principalmente com os açúcares (°Brix) e ácidos e suas interações. Nesse caso, quanto maior o teor de açúcar e de ácido, melhor o sabor do fruto. Para Kader et al. (1978), frutos de alta qualidade contêm mais de 0,32% de acidez titulável, valor abaixo do encontrado neste trabalho (0,42%).

4.5.3 Sólidos solúveis totais (SST)

Os sólidos solúveis totais foram influenciados significativamente ($p \leq 0,01$) pelo fator tensão de água no solo, pelo teste F (TABELA 11).

Tabela 11 - Resumo da análise de variância e de regressão para sólidos solúveis totais (SST) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M. SST
Tensão	5	0,62 ^{**}
Bloco	3	0,26 ^{ns}
Resíduo	15	0,12
Média (%)	4,44	
C. V. (%)	7,70	
Linear	1	0,87 [*]
Quadrática	1	0,53 [*]
Cúbica	1	0,50 ^{ns}
Desvio	2	0,59 [*]
Resíduo	15	0,12

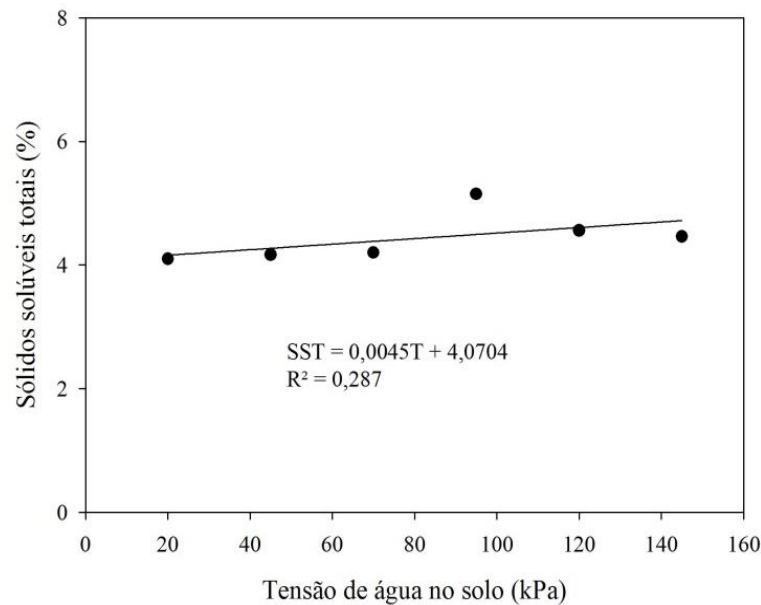
^{**} e ^{*} significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

Os sólidos solúveis totais apresentou comportamento linear crescente em função das tensões de água no solo, com nível de significância de 5%, indicando haver um aumento dessa variável até a tensão máxima avaliada (FIGURA 21).

Figura 21 - Sólidos solúveis totais (SST) de frutos do tomateiro Dominador F1, em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



Fonte: Do autor (2017).

O menor percentual de sólidos solúveis totais foi observado na tensão de 20 kPa, havendo um ligeiro aumento nas maiores tensões. A equação gerada, apesar de significativa ($p \leq 0,01$), apresentou um baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,287$), indicando uma baixa explicação da variação dos sólidos solúveis totais em função das tensões pela equação gerada. Assim, para cada unidade de tensão acrescentada (kPa), verifica-se, pela equação gerada, que há o acréscimo de 0,0045%.

Delazari et al. (2016) encontrou efeito quadrático para o teor de sólidos solúveis totais, com o aumento das lâminas de irrigação. De acordo com o autor, o valor mais elevado (4,2%) foi obtido com a aplicação de 446 mm de água no ciclo do tomateiro híbrido UG 8169.

Segundo Hanson et al. (2006), uma alta disponibilidade de água para as plantas durante o estágio de amadurecimento dos frutos pode ter um efeito negativo sobre o teor de sólidos solúveis totais, pois pode reduzir a quantidade de açúcares nas frutas, aumentando o custo de sua desidratação durante o produção de polpa de tomate.

De acordo com Hobson e Grierson (1993), tomates comerciais maduros apresentam média de 4,5% de sólidos solúveis, valor próximo ao encontrado neste trabalho. Para Kader et al. (1978), frutos de alta qualidade contêm mais de 3% de sólidos solúveis totais.

4.5.4 Poder hidrogeniônico (pH)

As diferentes tensões de água no solo não influenciaram significativamente o pH do fruto do tomateiro Dominador F1 (TABELA 12).

Tabela 12 - Resumo da análise de variância e de regressão para poder hidrogeniônico (pH) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.
		pH
Tensão	5	0,001 ^{ns}
Bloco	3	0,004*
Resíduo	15	0,0008
Média	-	4,38
C. V. (%)	-	0,64

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

O pH médio encontrado nesse estudo foi de 4,38, o que classifica o fruto como não ácidos, pois está abaixo do valor limite (4,5) proposto por Gould (1974). O pH baixo é mais importante para o processo industrial, em face da inibição do crescimento de bactérias (MACÊDO; ALVARENGA, 2005).

Kalungu (2008), ao avaliar a influência de lâminas de irrigação e doses de potássio sobre o tomateiro Débora Plus, observou que tanto a menor quanto a maior lâmina de reposição de água no solo proporcionaram menor valor de pH do fruto (em torno de 4,0). Soares et al. (2013a) observaram um acréscimo de 2,09% no pH dos frutos do tomateiro com o aumento de 20% da lâmina de água (Evapotranspiração de 120%) em comparação a evapotranspiração de 60%.

Para o pH do fruto do tomateiro, Delazari (2014), avaliando o efeito de lâminas de irrigação sobre o tomateiro híbrido comercial Carina TY não encontrou efeito significativo

entre os tratamentos, obtendo valor de pH na faixa de 4,24 a 4,39, estando dentro da faixa considerada ideal (4,0 a 4,5) para tomate de qualidade, segundo Bernardi et al. (2007).

4.5.5 Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável

Observa-se na Tabela 13 que para a relação sólidos solúveis totais e acidez titulável não houve efeito significativo com as tensões de água no solo, obtendo valor médio de 10,65.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância e de regressão para relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AT) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.
		SST/AT
Tensão	5	2,40 ^{ns}
Bloco	3	0,77 ^{ns}
Resíduo	15	0,90
Média	-	10,65
C. V. (%)	-	8,93

^{ns} não significativo pelo teste F.

Fonte: Do autor (2017).

De acordo com Brasil (1986), esta relação (SST/AT) é utilizada como medida para verificar se a matéria-prima está com grau de maturação tal que resulte num produto com aceitação organoléptica e de qualidade. Quando esta relação está desequilibrada, dá ao paladar a sensação de um produto “diluído” ou “muito ácido”.

Soares et al. (2013a) encontrou efeito significativo para a relação SST/AT em função das lâminas de irrigação aplicada sobre o tomateiro cultivar Super Marmande. Os autores constataram que a lâmina de reposição de 66% da evapotranspiração real da cultura, durante a fase de frutificação, obteve média de 5,16 por fruto, e que houve redução dessa relação com o acréscimo de água no solo.

De acordo com Ferreira (2004), valores elevados da relação SST/AT determina sabor suave devido à excelente combinação de açúcar e ácido, indicando ser um ótimo produto para processamento bem como consumo in natura, enquanto que valores baixos se correlacionam com ácido e sabor desagradável. Para Kader et al. (1978), frutos de alta qualidade contêm relação SST/AT maior que 10, valor menor que a média encontrada neste trabalho (10,65).

4.5.6 Vitamina C

Na Tabela 14 está apresentando o resumo da análise de variância e regressão para o teor de vitamina C do tomateiro Dominador F1 submetido a diferentes tensões de água no solo. A tensão de água no solo comprometeu significativamente ($p \leq 0,01$) o teor de vitamina C nos frutos, apresentando como média geral 18,02 mg/100g.

Tabela 14 - Resumo da análise de variância e de regressão para teor de vitamina C (VC) de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.
		VC
Tensão	5	46,86**
Bloco	3	14,96 ^{ns}
Resíduo	15	8,42
Média (mg/100g)	-	18,02
C. V. (%)	-	16,10
Linear	1	198,70**
Quadrática	1	15,09 ^{ns}
Cúbica	1	5,35 ^{ns}
Desvio	2	7,59 ^{ns}
Resíduo	15	8,42

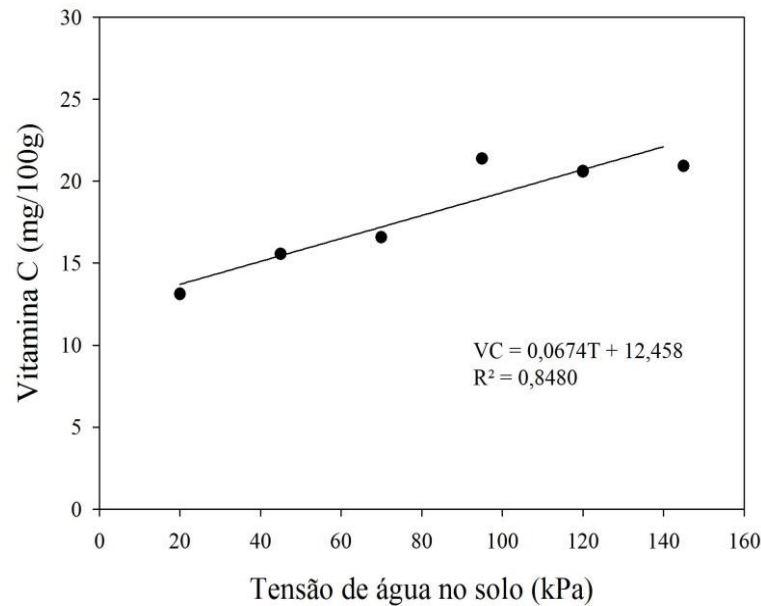
* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

Na Figura 22 é apresentando a regressão para o teor de vitamina C nos frutos em função das diferentes tensões de água no solo.

Figura 22 - Teor de vitamina C (VC) de frutos do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



Fonte: Do autor (2017).

A resposta para o teor de vitamina C foi linear crescente com a tensão de água no solo. O menor teor dessa variável ocorreu na tensão de 20 kPa (13,81 mg/100g). Esse fato já era esperado, pois há aumento da produção de ácido ascórbico (Vitamina C) em condições de estresse hídrico. Resultado semelhante foi observado por Soares et al. (2013b), para a cultivar Super Marmande, constatando que frutos produzidos com as maiores lâminas de água na fase de frutificação apresentaram menores teores de vitamina C - ácido ascórbico - (11,10 mg/100g).

Apesar dos teores de vitamina C encontrados neste trabalho serem menores do que os recomendados por Davies (1991), (23 mg/100g de fruto fresco), vários trabalhos tem demonstrado que estes teores no fruto podem variar de 7,20 a 45,60 mg/100g, sendo dependente da época do ano, cultivar, luz, adubação e substrato (ABACK; CELIKEL, 1994; SAMPAIO; FONTES, 1998; SOARES et al., 2013b).

4.5.7 Coloração

Para a variável coloração, baseada nos índices L*, a*, b*, c* e h°, pode-se observar que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) somente para o índice L*, conforme Tabela 15. A não significância dos mais índices de coloração demonstra heterogeneidade entre os frutos

colhidos para as análises, levando em consideração o índice a^* , que avalia o quanto mais verde ou vermelho o fruto se encontra.

Tabela 15 - Resumo da análise de variância e de regressão para a média dos índices de coloração para o estágio de maturação vermelho claro de frutos do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.				
		L^*	a^*	b^*	c^*	h^o
Tensão	5	1,63*	2,68 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,38 ^{ns}	7,50 ^{ns}
Bloco	3	5,60**	2,01 ^{ns}	0,86 ^{ns}	2,42 ^{ns}	1,27 ^{ns}
Resíduo	15	0,37	2,56	0,89	2,61	3,26
Média	-	42,84	23,02	18,44	29,56	38,65
C. V. (%)	-	1,42	6,95	5,13	5,47	4,67
Linear	1	4,83**	-	-	-	-
Quadrática	1	1,80*	-	-	-	-
Cúbica	1	0,36 ^{ns}	-	-	-	-
Desvio	2	0,57 ^{ns}	-	-	-	-
Resíduo	15	0,37	-	-	-	-

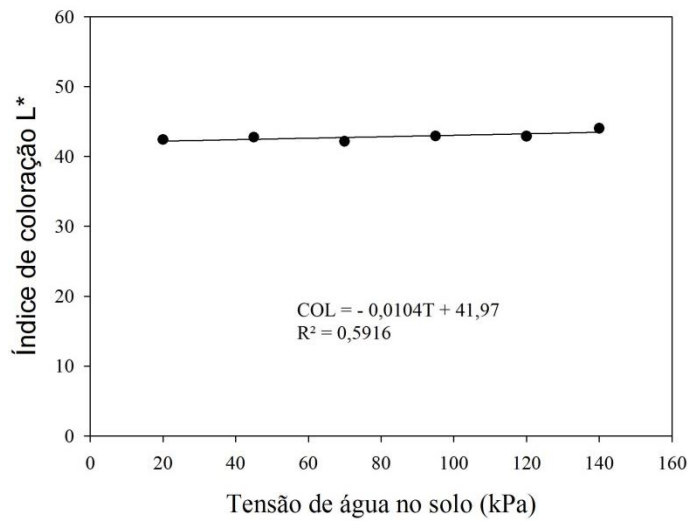
* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

Na Figura 23 está representada, por análise de regressão, a resposta do índice de coloração L^* do fruto do tomateiro a diferentes tensões de água no solo. De acordo com McGuire (1992) o índice L^* representa quão clara ou escura é a amostra, com valores variando de zero (totalmente preta) a cem (totalmente branca).

Figura 23 - Índice de coloração L^* de frutos do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



Fonte: Do autor (2017).

O índice de coloração L^* teve comportamento linear crescente, obtendo menor valor em 20 kPa (42,39). De acordo com McGuire (1992) os índices L^* , a^* , b^* e c^* são utilizados para cálculos que permitem a obtenção das coordenadas cilíndricas que são ângulos de cor ou tonalidade (h°) que identificam a cor em um ângulo de 360° e croma (C) que representa a pureza de cor. Sendo assim, pode-se dizer que não houve influência das tensões de água no solo sobre a coloração do fruto do tomateiro Dominador F1.

Apesar de pouco estudo na literatura com o efeito do déficit hídrico sobre a coloração do fruto do tomateiro, segundo Ribeiro (2012), a mudança da coloração do tomateiro é considerada como índice de colheita, e o ponto de colheita determina maior ou menor resistência do fruto ao manuseio.

4.6 Teor de macro e micronutrientes da parte aérea

Nas Tabelas 16, 17 e 18 são apresentados os resumos das análises de variância e de regressão para os teores de macronutrientes do terço inferior, médio e superior, respectivamente, do tomateiro Dominador F1 submetido a diferentes tensões de água no solo. Na Tabela 19 está essa análise para a parte aérea total da planta.

Tabela 16 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de macronutrientes do terço inferior do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Tensão	5	0,29 ^{ns}	0,01 ^{**}	0,03 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,08 ^{**}
Bloco	2	0,29 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,11 ^{**}	0,28 ^{ns}	0,01 ^{**}	0,08 [*]
Resíduo	10	0,10	0,00	0,03	0,11	0,00	0,01
Média (%)	-	1,78	0,13	1,09	3,10	0,58	0,62
C. V. (%)	-	17,83	17,19	15,76	10,66	4,51	18,54
Linear	1	-	0,05 ^{**}	-	-	-	0,31 ^{**}
Quadrática	1	-	0,01 ^{**}	-	-	-	0,05 ^{ns}
Cúbica	1	-	0,00 ^{ns}	-	-	-	0,01 ^{ns}
Desvio	2	-	0,00 ^{ns}	-	-	-	0,00 ^{ns}
Resíduo	10	-	0,00	-	-	-	0,01

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 17 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de macronutrientes do terço médio do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Tensão	5	0,22 ^{ns}	0,00 ^{**}	0,07 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Bloco	2	0,29 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,41 ^{**}	0,13 ^{ns}	0,01 ^{**}	0,02 ^{ns}
Resíduo	10	0,08	0,00	0,05	0,16	0,00	0,01
Média (%)	-	1,91	0,13	0,95	3,21	0,59	0,61
C. V. (%)	-	15,12	16,69	24,27	12,35	6,29	20,46
Linear	1	-	0,02 ^{**}	-	-	-	-
Quadrática	1	-	0,00 ^{**}	-	-	-	-
Cúbica	1	-	0,00 ^{ns}	-	-	-	-
Desvio	2	-	0,00 ^{ns}	-	-	-	-
Resíduo	10	-	0,00	-	-	-	-

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 18 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de macronutrientes do terço superior do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Tensão	5	0,22 ^{ns}	0,00 ^{**}	0,18 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Bloco	2	0,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,37 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{**}	0,04 ^{ns}
Resíduo	10	0,10	0,00	0,07	0,11	0,00	0,01
Média (%)	-	1,90	0,12	0,92	2,81	0,56	0,54
C. V. (%)	-	17,34	17,81	27,28	11,84	4,50	21,23
Linear	1	-	0,03 ^{**}	-	-	-	-
Quadrática	1	-	0,00 ^{ns}	-	-	-	-
Cúbica	1	-	0,00 ^{ns}	-	-	-	-
Desvio	2	-	0,00 ^{ns}	-	-	-	-
Resíduo	10	-	0,00	-	-	-	-

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 19 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de macronutrientes da parte aérea total do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Tensão	5	0,53 ^{ns}	0,07 ^{**}	0,33 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,42 [*]
Bloco	2	2,16 ^{**}	0,00 ^{ns}	5,28 ^{**}	0,99 ^{ns}	0,11 ^{**}	0,44 ^{**}
Resíduo	10	0,22	0,00	0,30	0,79	0,00	0,06
Média (%)	-	5,59	0,38	2,96	9,12	1,73	1,77
C. V. (%)	-	8,38	14,99	18,24	9,75	3,91	13,90
Linear	1	-	0,30 ^{**}	-	-	-	1,74 [*]
Quadrática	1	-	0,05 ^{**}	-	-	-	0,23 ^{ns}
Cúbica	1	-	0,00 ^{ns}	-	-	-	0,03 ^{ns}
Desvio	2	-	0,00 ^{ns}	-	-	-	0,04 ^{ns}
Resíduo	10	-	0,00	-	-	-	0,06

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

Pela análise, nota-se que não houve efeito significativo entre os tratamentos para os teores de macronutrientes N, K, Ca e Mg nos três terços da planta e na planta toda (média de 5,59; 2,96; 9,12 e 1,73% - equivalente a 55,9; 29,6 e 17,3 g kg⁻¹ - para N, K, Ca e Mg, respectivamente). Houve efeito significativo apenas para o elemento P nos três terços da

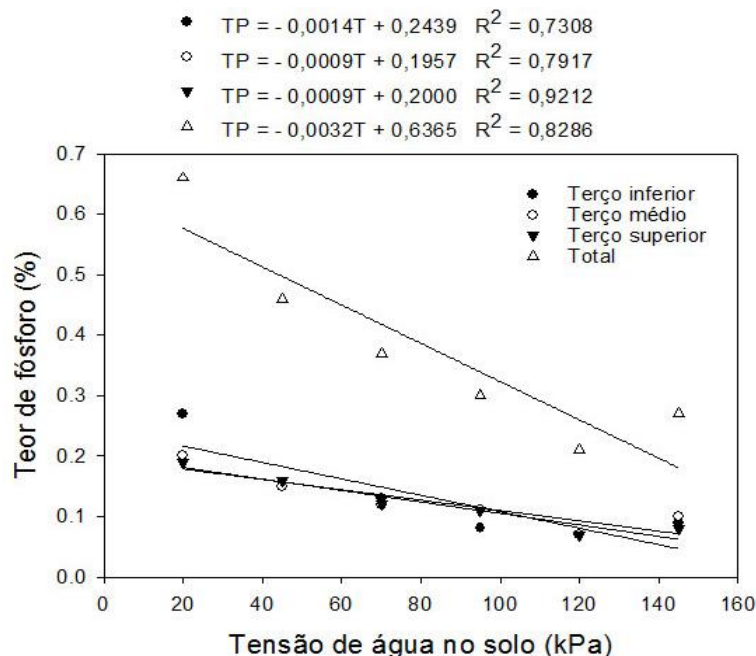
planta. E para o elemento S o efeito dos tratamentos foi significativo apenas no terço inferior da planta.

Delazari (2014), também não encontrou efeito significativo das lâminas de irrigação aplicada sobre os teores de N, Ca e Mg. Os valores encontrados por esse autor ficou entre 36,1 a 61,9 g kg⁻¹ para o N, entre 56,7 a 66,4 g kg⁻¹ para o Ca e entre 5,8 a 8,4 g kg⁻¹ para o Mg. De acordo com Jones Junior (1999), os valores considerados ideais para o tomateiro é de 28 a 60 g kg⁻¹ para o N (2,8 a 6,0%), de 9 a 72 g kg⁻¹ para o Ca (9,0 a 7,2%) e de 4 a 13 g kg⁻¹ para o Mg (0,4 a 1,3%). Logo, nota-se que os valores encontrados no presente trabalho está dentro dos limites ideais, com exceção do Mg, que está um pouco acima do limite superior do ideal.

Ao se avaliar o teor de macronutrientes na parte aérea total, nota-se que o efeito foi significativo apenas para P e S, não diferindo entre os demais tratamentos.

A análise de regressão para o teor de fósforo nos três terços da planta e da parte aérea total está demonstrada na Figura 24.

Figura 24 - Teor de fósforo (TP) no terço inferior, médio, superior e total da planta do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



Fonte: Do autor (2017).

Nota-se que o teor de fósforo apresentou comportamento linear decrescente com o aumento das tensões de água no solo. Os maiores valores, em 20 kPa, foi de 0,27% no terço

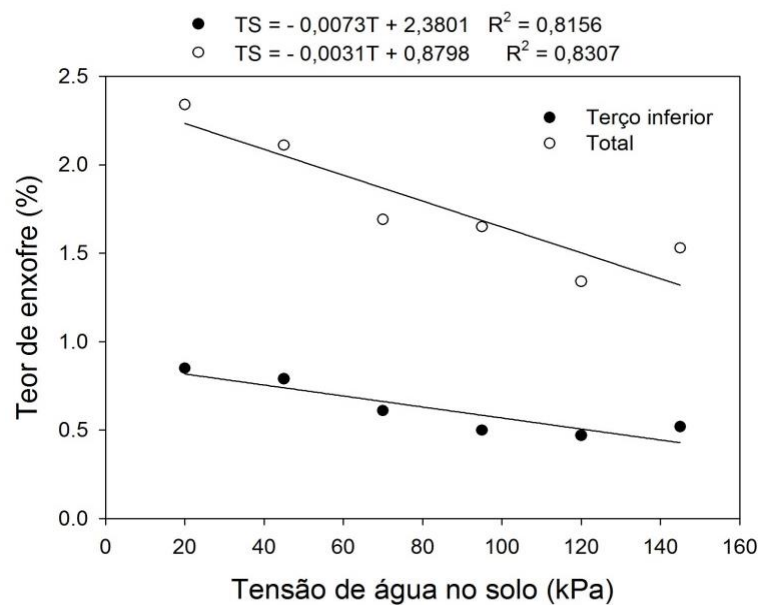
inferior, de 0,20% no terço médio, de 0,19% no terço superior e de 0,66% na planta toda (somatório dos três terços).

Ao se avaliar o teor de fósforo total da planta, nota-se que o teor mínimo encontrado (0,28%) e o máximo (0,66%) estão dentro dos limites (0,25 a 0,75%) dos níveis adequados deste elemento obtidos em análise foliar para a cultura do tomateiro, segundo Embrapa (2006).

Delazari (2014), avaliando lâminas de irrigação e doses de nutrientes, encontrou efeito significativo para as lâminas de irrigação sobre o teor de fósforo na folha do tomateiro híbrido comercial Carina TY, encontrando variações entre 3,44 a 5,71 g kg⁻¹ desse nutriente, bem próximos aos encontrados neste trabalho (2,8 a 6,6 g kg⁻¹).

Na Figura 25 está apresentada a análise de regressão para o comportamento do teor de enxofre em função das tensões de água no solo.

Figura 25 - Teor de enxofre (TS) no terço inferior, médio, superior e total da planta do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



Fonte: Do autor (2017).

O teor de enxofre no terço inferior e na planta toda (total) apresentou resposta linear decrescente com o aumento das tensões de água no solo. Os maiores valores foram obtidos na tensão de 20 kPa (0,85 e 2,34% para o terço inferior e total da planta, respectivamente) e os menores foram observados na tensão de 145 kPa (0,52 e 1,53%, para o terço inferior e total da planta, respectivamente). De acordo com as equações geradas, para ambas as partes avaliadas,

mais de 80% da variação do teor de enxofre na planta em função das tensões de água no solo pode ser explicado pelas regressões lineares apresentadas.

Delazari (2014), ao avaliar a influência de lâminas de irrigação no teor de enxofre na folha do tomateiro, constatou diferença estatística entre os tratamentos, e que a equação estimada pela análise de regressão mostrou que o teor de enxofre na folha caiu linearmente com o aumento da lâmina aplicada de água, apresentando teor entre 5,4 e 12,4 g kg⁻¹ (0,54 a 1,24%). Para o terço inferior, o presente trabalho encontrou valores entre 5,2 e 8,5 g kg⁻¹ (0,52 a 0,85%) e para a parte aérea total os valores foram maiores (entre 15,3 e 23,4 g kg⁻¹) (1,53 a 2,34%). Contudo, esses valores estão dentro do considerado adequado segundo Jones Junior (1999), cuja faixa deve ficar entre 3,0 e 42,0 g kg⁻¹ (0,3 a 4,2%).

Nas Tabelas 20, 21 e 22 são apresentados os resumos das análises de variância e de regressão para os teores de micronutrientes do terço inferior, médio e superior, respectivamente, do tomateiro Dominador F1 submetido a diferentes tensões de água no solo. Na Tabela 23 está essa análise para a parte aérea total da planta.

Tabela 20 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de micronutrientes do terço inferior do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.				
		B	Cu	Mn	Zn	Fe
Tensão	5	51,06 ^{ns}	52,48 ^{**}	9237,60 ^{ns}	209,74 [*]	9433,69 ^{ns}
Bloco	2	97,40 ^{ns}	0,09 ^{ns}	111,33 ^{ns}	316,43 [*]	98456,19 [*]
Resíduo	10	29,93	5,29	3332,41	50,86	5390,66
Média (mg kg ⁻¹)	-	18,03	9,09	190,48	45,23	688,93
C. V. (%)	-	30,35	25,31	30,31	15,77	10,66
Linear	1	-	218,68 ^{**}	-	149,69 ^{ns}	-
Quadrática	1	-	43,33 [*]	-	201,79 ^{ns}	-
Cúbica	1	-	0,06 ^{ns}	-	113,62 ^{ns}	-
Desvio	2	-	0,16 ^{ns}	-	291,79 [*]	-
Resíduo	10	-	5,29	-	50,86	-

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 21 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de micronutrientes do terço médio do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.				
		B	Cu	Mn	Zn	Fe
Tensão	5	106,94*	49,35**	2614,03 ^{ns}	95,55 ^{ns}	19260,07 ^{ns}
Bloco	2	1,85 ^{ns}	0,49 ^{ns}	3967,84 ^{ns}	124,20 ^{ns}	43161,99*
Resíduo	10	20,45	3,34	3163,36	152,08	10485,19
Média (mg kg ⁻¹)	-	21,03	9,89	212,77	39,24	697,99
C. V. (%)	-	21,50	18,48	26,43	31,43	14,67
Linear	1	362,74**	181,72**	-	-	-
Quadrática	1	93,99 ^{ns}	60,47**	-	-	-
Cúbica	1	7,23 ^{ns}	2,35 ^{ns}	-	-	-
Desvio	2	35,36 ^{ns}	1,11 ^{ns}	-	-	-
Resíduo	10	20,45 ^{ns}	3,34	-	-	-

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 22 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de micronutrientes do terço superior do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.				
		B	Cu	Mn	Zn	Fe
Tensão	5	73,62 ^{ns}	31,18**	3825,98 ^{ns}	67,16 ^{ns}	20720,46 ^{ns}
Bloco	2	21,85 ^{ns}	0,10 ^{ns}	5701,31 ^{ns}	1,78 ^{ns}	26810,88 ^{ns}
Resíduo	10	35,20	2,41	2334,39	80,80	14073,27
Média (mg kg ⁻¹)	-	20,95	9,85	193,24	32,93	598,55
C. V. (%)	-	28,32	15,75	25,00	27,30	19,82
Linear	1	-	126,90**	-	-	-
Quadrática	1	-	16,02*	-	-	-
Cúbica	1	-	8,25 ^{ns}	-	-	-
Desvio	2	-	2,34 ^{ns}	-	-	-
Resíduo	10	-	2,41	-	-	-

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 23 - Resumo da análise de variância e de regressão para o teor de micronutrientes da parte aérea total do tomateiro Dominador F1, submetido a diferentes tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2015,

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.				
		B	Cu	Mn	Zn	Fe
Tensão	5	454,08*	385,89**	27211,59 ^{ns}	882,17 ^{ns}	31481,52 ^{ns}
Bloco	2	177,30 ^{ns}	0,76 ^{ns}	59517,71 ^{ns}	831,97 ^{ns}	442269,36 ^{ns}
Resíduo	10	95,41	26,90	8439,47	587,51	28001,44
Média (mg kg ⁻¹)	-	60,01	28,83	596,49	117,40	1985,47
C. V. (%)	-	16,28	17,99	15,40	20,65	8,43
Linear	1	2110,90**	1562,92**	-	-	-
Quadrática	1	50,04 ^{ns}	337,19**	-	-	-
Cúbica	1	61,54 ^{ns}	21,64 ^{ns}	-	-	-
Desvio	2	23,95 ^{ns}	3,85 ^{ns}	-	-	-
Resíduo	10	95,41 ^{ns}	26,90	-	-	-

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Fonte: Do autor (2017).

Pela análise, nota-se que houve efeito significativo entre os tratamentos para os teores de micronutrientes Cu e Zn no terço inferior, para B e Cu no terço médio, para Cu no terço superior e para B e Cu na parte aérea total da planta (somatório dos três terços).

Ao se avaliar o teor de micronutriente na parte aérea total, constatou-se que o efeito foi significativo para B e Cu, não diferindo para os demais nutrientes (Mn, Zn e Fe) (média de 596,49; 117,40 e 1985,47 mg kg⁻¹, respectivamente). No entanto, Delazari (2014) ao avaliar e efeito de lâminas de irrigação sobre o teor de micronutriente em folhas do tomateiro (folha imediatamente abaixo do cacho, por ocasião da colheita do primeiro fruto maduro), constatou efeito significativo apenas para o nutriente manganês (Mn), havendo redução desse nutriente com aumento das lâminas de irrigação. De acordo com o autor, a faixa obtida ficou entre 360,5 a 718,9 mg kg⁻¹, valor superior pouco acima da faixa considerada adequada por Jones Junior (1999), cujo valor deve ficar entre 250,0 e 500,0 mg kg⁻¹. No presente trabalho o teor de manganês também ficou um pouco acima (596,49 mg kg⁻¹,) do recomendado por Jones Junior (1999). Esse fato pode ser justificado pelo fato das amostras terem sido retiradas das folhas e do caule do tomateiro e pela soma dos três terços da planta (planta total).

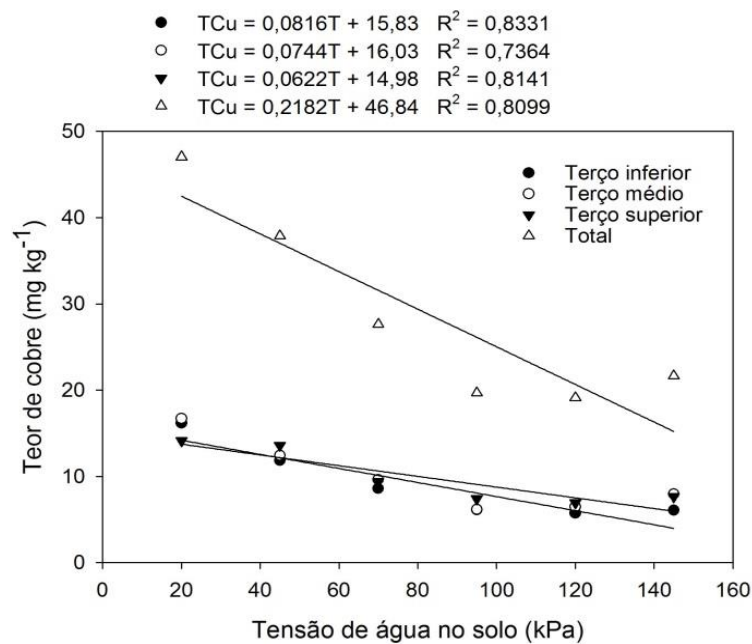
O valor médio do teor de Zn (117,40 mg kg⁻¹) encontrado neste trabalho está um pouco acima da faixa considerada adequada por Jones Junior (1999), que é de 20,0 a 100,0 mg kg⁻¹. Delazari (2014) não encontrou resposta significativa para o teor de Zn em folhas de

tomateiro submetido a diferentes tensões de água no solo, observando teores entre 35,3 e 45,4 mg kg^{-1} .

O teor médio de Fe encontrado neste trabalho ($1985,47 \text{ mg kg}^{-1}$) está muito acima da faixa considerada ideal por Jones Junior (1999), devendo ficar entre 40,0 e 300,0 mg kg^{-1} . Delazari (2014) também não encontrou resposta significativa para esse nutriente em função de lâminas de irrigação, observando teores entre 254,8 e 389,0 mg kg^{-1} . O teor elevado de Fe encontrado neste trabalho pode ser justificado pelo alto teor ($88,26 \text{ mg dm}^{-3}$) encontrado na análise de solo (TABELA 1), classificando o mesmo como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1999).

A análise de regressão para o teor de cobre nos três terços da planta e da parte aérea total está demonstrada na Figura 26.

Figura 26 - Teor de cobre (TCu) no terço inferior, médio, superior e total da planta do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



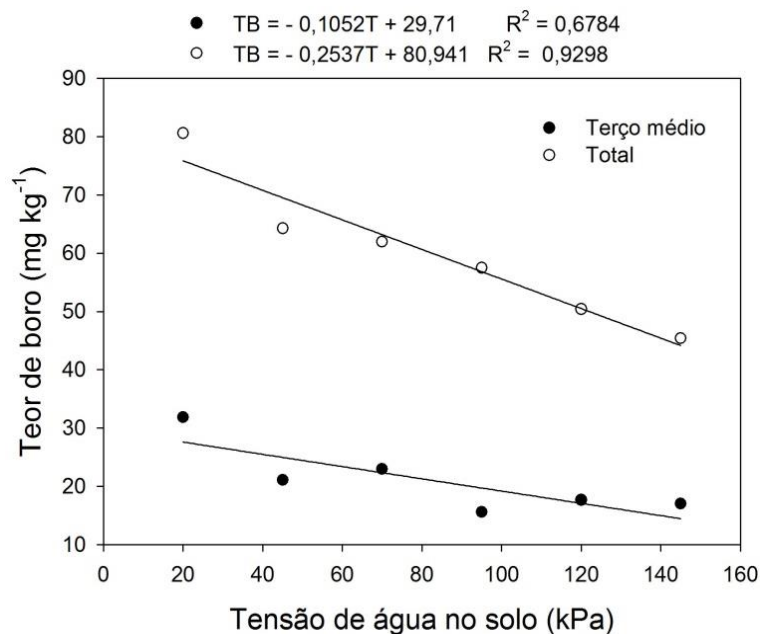
Fonte: Do autor (2017).

O teor de cobre apresentou comportamento linear decrescente com o aumento das tensões de água no solo em todas as partes da planta avaliadas. Os maiores valores, em 20 kPa, foi de $16,2 \text{ mg kg}^{-1}$ no terço inferior, de $16,7 \text{ mg kg}^{-1}$ no terço médio, de $14,3 \text{ mg kg}^{-1}$ no terço superior e de $47,03 \text{ mg kg}^{-1}$ na planta toda (somatório dos três terços).

Delazari (2014) não observou efeito significativo das lâminas de irrigação sobre o teor de cobre nas folhas do tomateiro. De acordo com o autor, a faixa observada na folha ficou entre 660,2 a 868,1 mg kg⁻¹. De acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Jones Junior (1999), os teores de cobre nas plantas variaram entre 2 e 75 mg kg⁻¹ de matéria seca, considerando-se teores entre 5 e 20 mg kg⁻¹ como adequados para um crescimento normal. Os teores de cobre no presente trabalho, na planta toda, ficou entre 47,03 mg kg⁻¹ (20 kPa) e 21,67 mg kg⁻¹, estando fora dos limites considerados ideais. Esse maior teor de cobre na parte superior do tomateiro pode ser justificado pelo alto teor deste elemento no solo, conforme Tabela 1 (6,78 mg dm⁻³).

Na Figura 27 está apresentada a variação do teor de boro em função da tensão de água no solo para o terço médio e em toda a planta (somatório dos três terços).

Figura 27 - Teor de boro (TB) no terço médio e total da planta do tomateiro Dominador F1 em diferentes tensões de água no solo (20, 45, 70, 95, 120 e 145 kPa).



Fonte: Do autor (2017).

O teor de boro total da planta (somatório dos três terços) apresentou comportamento linear decrescente com o aumento da tensão de água no solo. O maior valor foi observado na tensão de 20 kPa (80,57 mg kg⁻¹) e o menor em 145 kPa (45,40 mg kg⁻¹). De acordo com a equação gerada, para cada unidade de tensão acrescentada, há redução no teor de boro de 0,2537 mg kg⁻¹. Comportamento semelhante foi constatado no terço médio da planta, porém

com menores concentrações, ficando entre 31,87 e 17 mg kg⁻¹ nas tensões de 20 e 145 kPa, respectivamente.

Delazari (2014), ao avaliar o efeito de lâminas de irrigação sobre o teor de boro em folhas de tomateiro, não constatou efeito significativo entre os tratamentos. A faixa de concentração obtida foi de 49,4 a 84,0 mg kg⁻¹, valores próximos aos encontrados neste trabalho. De acordo com Jones Junior (1999), os valores adequados para concentração de Boro devem estar entre 25,0 a 100,0 mg kg⁻¹.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Durante a condução das irrigações foi observado que os sensores utilizados, apesar de previamente calibrados, apresentaram maior variação na leitura das tensões de água no solo, entre as repetições, para tensões acima de 100 kPa;

- Os maiores valores das variáveis avaliadas foram encontrados na tensão de 20 kPa, sugerindo o estudo em menores valores de tensão de água no solo;

- Para a avaliação conjunta das variáveis pectina solúvel, firmeza e podridão apical, é necessário avaliar a concentração de cálcio nos frutos do tomateiro.

6 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi desenvolvido e dos resultados obtidos para a cultura do tomateiro, Dominador F1, pode-se concluir que:

- Para a obtenção de maiores valores de: produção e produtividade de frutos comerciais, número de frutos por planta, número de frutos grandes e médios e massa média de frutos comerciais, deve-se irrigar quando a tensão de água no solo estiver em torno de 20 kPa, à profundidade de 20 cm;

- A eficiência no uso da água, em função das tensões de água no solo, aumentou até a tensão de 116,57 kPa;

- Das características de qualidade avaliadas, os teores de sólidos solúveis totais (SST), de vitamina C, firmeza e índice L^* de coloração, apresentaram efeito significativo com as tensões de água no solo;

- Os maiores teores de macro (P e S) e micronutrientes (B e Cu) da parte aérea total do tomateiro Dominador F1, foi obtido na tensão de 20 kPa, tendo seu valor reduzido com o aumento da tensão de água no solo.

REFERÊNCIAS

- ABACK, K.; CELIKEL, G. Comparison of some turkish originate organic and inorganic and inorganic substrates for tomato soilless culture. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 366, p. 423-425, 1994.
- AGRISTAR. 2015. **Semente Tomate Caqui (IND) Híb Dominador F1**. Disponível em: <<http://agristar.com.br/topseed-premium/tomate-caqui-ind-hib/dominador-f1/2730>>. Acesso em: abril de 2015.
- ALVARENGA, M. A. R. et al. Irrigação e Fertirrigação. In: _____. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed., rev. e ampl. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. cap. 6, p. 131-180.
- ALVARENGA, M. A. R. Origem, botânica e descrição da planta. In: _____. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed., rev. e ampl. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. cap. 1, p. 12-21.
- ALVARENGA, M. A. R.; COELHO, F. S. Sistema de produção. In: _____. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed., rev. e ampl. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013b. cap. 8, p. 202-243.
- ALVARENGA, M. A. R.; COELHO, F. S. Valor nutricional. In: _____. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed., rev. e ampl. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013a. cap. 2, p. 23-30.
- ALVARENGA, M. A. R.; MELO, P. C. T. de; SHIRAHIGE, F. H. Cultivares. In: _____. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed., rev. e ampl. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. cap. 4, p. 40-62.
- ANDREUCCETTI, C. et al. Qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. Andréa tratados com etileno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 122-126, 2007.
- AOAC – Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of the Association of AOAC International/Dr Willian HORWITZ, W. (Ed.). 17. ed. Maryland: AOAC international, 2002.
- AUERSWALD, H. et al. Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of thenutrient solution. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 82, n. 3, p. 227-242, 1999.
- BARBAGALLO, R. N.; SILVESTRO, I.; PATANÈ, C. Yield, physicochemical traits, antioxidant pattern, polyphenol oxidase activity and total visual quality of field-grown processing tomato cv. brigade as affected by water stress in mediterranean climate. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New york, v. 93, n. 6, p 1449-1457, 2013.
- BERNARDI A. C. C. et al. Produção e qualidade de frutos de tomateiro cultivado em substrato com zeólita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 306-311, 2007.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657 p.

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbozole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 4, n. 4, p. 330-334, 1973.

BOHATCH A.; MARCHI, J. F.; CASAGRANDE, A. **Transformação artesanal de frutas: sucos, néctares e polpas**. EMATER-PR, Série Produtor n. 82, 2001,44p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. **Dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1986. Seção 1, pt. 2.

CABRAL, R. N. et al. Septoria leaf spot in organic tomatoes under diverse irrigation systems and water management strategies. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 392-400, 2013.

CAMPAGNOL, R. et al. Impactos do nível de irrigação e da cobertura do solo na cultura do tomateiro. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 3, p. 345-357, 2014.

CARVALHO, C. de; KIST, B. B.; TREICHEL, M. **Anuário brasileiro das hortaliças**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 64 p.

CARVALHO, J. C.; PAGLIUCA, L. G. **Tomate**: um mercado que não para de crescer globalmente. **Revista Hortifruti Brasil**, São Paulo, v. 6, n. 58, p. 6-14, 2007.

CEASAMINAS. 2015. Serviços: **Agroqualidade**. Disponível em: <<http://www.ceasaminas.com.br/agroqualidadetomate.asp>>. Acesso em: 24 de agosto de 2015.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CHOUDHARY, O. et al. Yield and quality of two tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars as influenced by drip and furrow irrigation using waters having high residual sodium carbonate. **Irrigation Science**, Berlin, v. 28, n. 6, p.513-523, 2010.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 10-17, 2002.

DAVIES, M. B.; AUSTIN, J.; PARTRIDGE, D. A. **Vitamin C**: in chemistry and biochemistry. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1991, 154p.

DELAZARI, F. T. et al. Irrigation water management during the ripening of tomato aiming fruit quality. **African Journal of Agricultural Research**, Nigéria, v. 11, n. 44, p. 4525-4531, 2016.

DELAZARI, F. T. Produção e qualidade de frutos do tomateiro no sistema viçosa de tutoramento em função do estado hídrico-nutricional. 2014. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014, 68 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de tomate para industrialização**. Embrapa Hortaliças. Sistema de Produção, 1 e 2º Ed., versão eletrônica, 2006.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. UFLA/FAEPE. Lavras, MG. 183 p. 2005.

FARIA, M. A. et al. **Manejo da irrigação**. Lavras:UFLA/SBEA, 1998. 378p.

FERREIRA, S. M. R. Características de qualidade do tomate de mesa (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) cultivado nos sistemas convencional e orgânico comercializado na região metropolitana de Curitiba. **Tese** (Doutorado em tecnologia de alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. 249 p.

FERREIRA, S. M. R.; FREITAS, R. J. S.; LAZZARI, E. N. Padrão de identidade e qualidade de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de mesa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 329-335, 2004.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 402 p.

FRIZZONE, J. A. et al. **Microirrigação**: Gotejamento e Microaspersão. Maringá: Eduem, 2012. 356 p.

GOULD, W. A. **Tomato production, processing and quality evaluation**. Westport: The AVI, Connecticut, 1974. 445p.

GRIERSON, D.; KADER, A. A. Fruit ripening and quality. In: ATHERTON, J. G.; RUDICH, J. (Eds.). **The tomato crop**: a scientific basis for improvement. London: Chapman and Hall, 1986. cap. 6, p. 241-280.

GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUIMARÃES, A. M. Desempenho de cultivares de tomateiro para mesa em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 244-246, 2007.

HANSON, B. R.; HUTMACHER, R. B.; MAY, D. M. Drip Irrigation of Tomato and Cotton Under Shallow Saline Ground Water Conditions. **Irrigation and Drainage Systems**, Holanda, v. 20, n. 2-3, p.155-175, 2006.

HOBSON, G. E.; GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (ed). **Biochemistry of fruit ripening**. Londres: Chapman; Hall, Cap. 14, p. 405-442, 1993.

HOTT, M. de O. et al. Produção de biomassa na fase vegetativa do tomateiro em função da tensão de água no solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.10, n.18; p. 2389-2398, 2014.

IBGE (2017). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em < [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201701.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201701.pdf) >. Acesso em 23 de abril de 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz I. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed. IAL, São Paulo, SP, 1985. 533p.

JARAMILLO, J. et al. **Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas**. 2007. 65 p.

JONES JUNIOR; J. B. 1999. **Tomato plant culture - in the field, greenhouse, and home garden**. New York: CRC Press. 199 p.

JONES, H. G. Irrigation scheduling: Advantages and pitfalls of plant-based methods. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 407, p. 2427-2436, 2004.

KADER, A. A. et al. Composition and flavor quality of fresh quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 103, n. 3, p. 6-13, 1978.

KALUNGU, J. W. Respostas do tomateiro a diferentes lâminas de irrigação, doses de potássio e cobertura do solo em ambiente protegido. 2008. 80 p. **Dissertação** (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

KINET, J. M.; PEET, M. M. Tomato. In: WIEN, H. C. (Ed.). **The physiology of vegetable crops**. New York: CAB International, p. 207-258, 1997.

KLOSS, S.; SCHUTZE, N.; SCHMIDHALTER, U. Evaluation of very high soil-water tension threshold values in sensor-based deficit irrigation systems. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Ney York, v. 140, n. 9, p. 1-11, 2014.

KROLOW, A. C.; SCHWENGBER, J.; FERRI, N. Avaliações físicas e químicas de morango cv. Aromas produzidos em sistema orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 2, n. 2, p. 1732-1735, 2007.

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

MACÊDO, L. de S.; ALVARENGA, M. A. R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 296-304, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. POTAFOS. Piracicaba, SP, 1997. 309 p.

- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. 3 ed. atual, Viçosa: Ed. UFV, 2009. 355 p.
- MAROUELLI, W. A. Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 15p. (Boletim Técnico).
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. da; SILVA, W. L. de C. e. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 24 p.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. Water tension threshold for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. **Irrigation Science**, New York, v.25, n. 4, p.411-418, 2007.
- MATEDDI, A. P. **Introdução à cultura do tomateiro**. In: DA SILVA, D. J. H., DO VALE, F. X. R. (eds.)Tomate: Tecnologia de Produção. Viçosa: UFV, 2007, p.1-11.
- McCRIDE, P. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, Washington D. C., v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.
- McGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **Horticultural Science**, Florida, n. 27, v. 12, p. 1254-1255, 1992.
- MERIC, M. K. et al. Effects of nutrition systems and irrigation programs on tomato in soilless culture. **Agricultural Water Management**, Bursa, v. 99, n. 1, p.19–25, 2011.
- MONTE, J. A. et al. Growth analysis and yield of tomato crop under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 9, p. 926–931, 2013.
- MORALES, R. G. F. Resistência ao déficit hídrico em famílias de tomateiro derivados de *Solanum pennellii*. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012, 93 p.
- MORALES, R. G. F. et al. Selection of tomato plant families using characters related to water deficit resistance. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 27-33, 2015.
- MUKHERJEE, A.; SARKAR, S.; CHAKRABORTY, P. K. Marginal analysis of water productivity function of tomato crop grown under different irrigation regimes and mulch managements. **Agricultural Water Management**, Bursa, v. 104, p. 121-127, 2012.
- OLIVEIRA, M. E. B. et al. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 326-332, 1999.
- OR, D.; WRAITH, J. M. **Agricultural and environmental soil physics**. Logan: USU, 1997. 218 p.

OZBAHCE, A.; TARI, A. F. Effects of different emitter space and water stress on yield and quality of processing tomato under semi-arid climate conditions. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 1405-1410, 2010.

PAIVA, E. P.; LIMA, M. S.; PAIXÃO, J. A. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, Internet, v. 10, n. 4, p. 196-211, 2009.

PANAGIOTOPOULOS, L. J.; FORDHAM, R. Effects of water stress and potassium fertilisation on yield and quality (flavour) of table tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 379, p. 113-120, 1995.

PAPADOPOULOS, A. P. **Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media**. Ontario: Communications Branch, Agriculture Canada Ottawa, 1991. 79 p.

PAULA, J. T. de. Qualidade pós-colheita de genótipos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação. 2013. 79 p. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013.

PIRES, R. C. de M. et al. Irrigation frequency and substrate volume effects in the growth and yield of tomato plants under greenhouse conditions. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 4, p. 400-405, 2011.

PURQUERIO, L. V.; TIVELLI, S. W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. (2009). Disponível em: < http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MANEJO_Cultivo_Protegido/Man...>. Acesso em: 10 de Setembro 2015.

QIU, R. et al. Energy partitioning and evapotranspiration of hot pepper grown in greenhouse with furrow and drip irrigation methods. **Scientia Horticulturae**, Leiden, v.129, n. 4, p.790-797, 2011.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VANEGAS, A. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. aproximação, Editora: Viçosa, MG, 1999. 359 p.

RIBEIRO, M. C. B. Qualidade de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita. 2012. 185p. **Tese** (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SÁ, N. S. A. de et al. Comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, campina grande, v.9, n. 3, p. 341-347, 2005.

SÁ, N. S. A.; Cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. 2004. 71p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SACCO, A. et al. Evaluation of Tomato Genetic Resources for Response to Water Deficit. **American Journal of Plant Sciences**, Delaware, v. 4, n. 12, p. 131-145, 2013.

SAMAILA, A. et al. Nutritional quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) as influenced by mulching, nitrogen and irrigation interval. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 3, n. 1, p. 266-270, 2011.

SAMPAIO, R. A.; FONTES, P. C. Qualidade de frutos de tomateiro fertirrigado com potássio em solo de coberto com polietileno preto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n.2, p.136-139, 1998.

SANTANA, M. J. de. et al. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 443-454, 2010.

SANTOS, S. T.; PEREIRA, G. M. Comportamento da alface americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 569-577, 2004.

SARRUGE, J. R., HAAG, H. P. **Análise química em planta**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.

SELEGUINI, A.; SENO, S.; FARIA JÚNIOR, M. J. de A. Híbridos de tomateiro industrial cultivados em ambiente protegido e campo aberto. **Científica**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 80 - 87, 2007.

SILVA, A. A. et al. **Tomate**. Vitória, ES: Incaper, 2010. 430 p.

SILVA, J. M. da et al. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 40-46, 2013.

SIMSEK, M.; COMLEKCIOGLU, N.; OZTURK, I. The effects of the regulated deficit irrigation on yield and some yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under semi-arid conditions. **African Journal of Biotechnology**, Abuja, v. 10, n. 20, p. 4057-4064, 2011.

SOARES, L. A. dos A. et al. Componentes de produção do tomateiro sob lâminas de irrigação nas fases fenológicas. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 3, p. 84-90, 2013b.

SOARES, L. A. dos A. et al. Morfofisiologia e qualidade pós-colheita do tomateiro sob estresse hídrico nas fases fenológicas. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 1, p.239-246, 2013a.

SOARES, L. A. dos A. et al. Crescimento do tomateiro e qualidade física dos frutos sob estresse hídrico em ambiente protegido. **Revista Verde**, Mossoró, v.6, n. 3, p. 203-212, 2011.

SOARES, L. A. dos A. et al. Qualidade de frutos de tomateiro em cultivo protegido sob diferentes lâminas de irrigação nas fases fenológicas. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 8, n. 4, p. 113-117, 2012.

STROHECKER, R. L.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madri: Paz Montalvo; 1967.

SUN, Y.; FENG, H; LIU, F. Comparative effect of partial root-zone drying and deficit irrigation on incidence of blossom-end rot in tomato under varied calcium rates. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 64, n. 7, p. 2107–2116, 2013.

THOMPSON, R. B. et al. Identification of irrigation and n management practices that contribute to nitrate leaching loss from an intensive vegetable production system by use of a comprehensive survey. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 89, n. 3, p. 261-274, 2007.

VAN GENUCHTEN, M. TH. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

VILAS BOAS, A. A. de C. Qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes de cálcio. **Dissertação** (Mestrado em fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014, 94p.

VILAS BOAS, E. V. B. **Qualidade de alimentos vegetais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 68 p.

WANG, Y.; LIU, F.; JENSEN, C. R. Comparative effects of deficit irrigation and alternate partial root-zone irrigation on xylem ph, aba and ionic concentrations in tomatoes. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 63, n. 5, p. 1-11, 2012.