

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESENVOLVIMENTO DO TOMATE EM DIFERENTES NÍVEIS DE
IRRIGAÇÃO E DE DOSES DE SALINIDADE**

JOSUÉ FERREIRA SILVA JUNIOR

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de mestre em
Agronomia (Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU – SP

Dezembro – 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESENVOLVIMENTO DO TOMATE EM DIFERENTES NÍVEIS DE
IRRIGAÇÃO E DE DOSES DE SALINIDADE**

JOSUÉ FERREIRA SILVA JUNIOR

Orientador: Antonio Evaldo Klar

Co-Orientador: Antonio Ismael Inácio Cardoso

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de mestre em
Agronomia (Irrigação e Drenagem)

BOTUCATU – SP

Dezembro – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Silva Junior, Josué Ferreira, 1985-
S586d Desenvolvimento do tomate em diferentes níveis de irrigação e de doses de salinidade / Josué Ferreira Silva Junior. - Botucatu : [s.n.], 2012

xii, 74 f. : il. color, grafs. ,tabs.

Dissertação(Mestrado)- Universidade Estadual Paulista.
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013

Orientador: Antonio Evaldo Klar

Co-orientador: Antonio Ismael Inácio Cardoso

Inclui bibliografia

1. Tomate - Cultivo. 2. Solos - Salinidade. 3. Irrigação - Manejo. I. Klar, Antonio Evaldo. II. Cardoso, Antonio Ismael Inácio. III. Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho"(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DESENVOLVIMENTO DO TOMATE EM DIFERENTES NÍVEIS DE
IRRIGAÇÃO E DE DOSES DE SALINIDADE"

ALUNO: JOSUÉ FERREIRA SILVA JÚNIOR

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO EVALDO KLAR

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ANTONIO EVALDO KLAR



PROF. DR. LIGIA SAMPAIO REIS



PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO

Data da Realização: 18 de dezembro de 2012.

OFEREÇO

A minha família, pelo apoio e carinho, que me confortou e encorajou ao longo dessa batalha.

A minha namorada Ilca Puertas, pela paciência e companheirismo nas horas difíceis.

DEDICO

A Deus, por todas as conquistas alcançadas e por todas as coisas boas, e ruins, que me fizeram mais fortes.

A minha mãe Lourdes, por seu amor incondicional e por seu exemplo de bondade.

A professora Ligia Sampaio Reis, por me incentivar na pesquisa, por acreditar e por torcer junto comigo nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

Ao programa de pós-graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem) da Faculdade de Ciências Agronômicas, ao qual estive vinculado, e ao Depto. De Engenharia Rural, pela infraestrutura disponibilizada.

Ao Prof. Dr. Antonio Evaldo Klar, por me aceitar (como orientado) e compartilhar comigo seus ensinamentos e experiência de vida.

Ao Prof. Dr. Antonio Ismael Inácio Cardoso, pela cordialidade e ajuda fundamental na execução deste projeto.

Aos professores Hélio Grassi Filho e Ligia Sampaio Reis, pela disponibilidade em participar e contribuir para melhoria deste trabalho.

Aos amigos, Adriana Tanaka e Alexsandro Oliveira, pela determinação e compromisso na execução desse projeto.

A minha namorada, Ilca Puertas, por dispor de seu tempo à execução desse experimento e por seu suporte em momentos de dificuldade.

Ao técnico Gilberto, a quem recorri inúmeras vezes e, sempre solícito, amparou minhas necessidades.

A minha mãe, por toda sua educação e por me tornar o que sou. A ela devo meu caráter e por ela tenho me dedicado constantemente na luta de um futuro melhor.

As minhas irmãs, Ângela Emanuella e Luana Luara, pela amizade ao longo desses anos.

Ao meu pai, Josué Ferreira, por sempre me incentivar à educação.

A minha prima, Alana Teles, pelas horas de cumplicidade, por seu estímulo e carinho, que abrandaram a distância.

Aos meus tios, Samuel Ferreira e Maria Auxiliadora, por todos esses anos divididos entre alegrias e tristezas, e por ser minha segunda família.

Aos meus tios, Antônio Aprígio e Maura Aprígio, pelo apoio, carinho e preocupação a mim dedicados.

Aos meus avós, pelo amor e carinho doados a mim. Em especial ao meu avô, Emanuel Ferreira, pela referência de pai carinhoso e amigo, e homem de caráter e respeito.

Aos amigos alagoanos, Carlos Jorge, Pedro Bento, Sihélio Cruz, Silvia Sanielle, Lucas Holanda, Givaldo Neto e Gabriel Lyra por tornarem Botucatu uma lugar mais nordestino.

Aos que direta, ou indiretamente, contribuíram para a conclusão desse trabalho.

Obrigado.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	13
SUMMARY	14
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Aspectos gerais da cultura do tomateiro	17
2.2 Qualidade da água para irrigação.....	19
2.3 Estresse hídrico	20
2.4 Estresse salino	22
2.5 Prolina	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Local e condições climáticas do experimento	26
3.2 Preparo das mudas	28
3.3 Solo	29
3.4 Calagem e adubação	29
3.5 Transplante das mudas.....	30
3.6 Preparo das águas de irrigação.....	30
3.7 Manejo de irrigação	31
3.8 Tratos culturais.....	32
3.9 Parâmetros biométricos.....	33
3.9.1 Altura de plantas	33
3.9.2 Diâmetro do caule.....	33
3.9.3 Determinação da fitomassa verde e seca das plantas.....	33
3.9.4 Determinação da área foliar.....	34
3.9.5 Teor relativo de água na planta (TRA).....	34
3.10 Análises bioquímicas	35
3.10.1 Coleta e armazenamento do material vegetal.....	35
3.10.2 Obtenção do extrato bruto	35
3.10.3 Determinação do teor de proteína solúvel	36
3.10.4 Determinação do teor de L-prolina.....	36

3.10.5 Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD; EC 1.15.1.1).....	36
3.10.6 Atividade da enzima peroxidase.....	37
3.11 Delineamento experimental	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Altura.....	38
4.2 Diâmetro	40
4.3 Fitomassa verde	42
4.4 Fitomassa seca	45
4.5 Área foliar	48
4.6 Teor relativo de água na folha (TRA).....	51
4.7 Número de frutos (NF), peso médio de frutos (PMF) e porcentagem de frutos doentes (PFD).....	52
4.8 Prolina	56
4.9 S.O.D.....	58
4.10 Peroxidase	60
5 CONCLUSÕES	62
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Perda de turgescência e enrolamento foliar em plantas de tomate como resposta inicial ao déficit hídrico.	21
Figura 2. Área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas, FCA/UNESP, Botucatu - SP. A seta indica o ambiente protegido utilizado.	26
Figura 3. Esquema representativo da área experimental, equipamentos e espaçamento utilizados.	27
Figura 4. Evaporação semanal média do TCA (A), temperatura do ar e umidade relativa do ar médias (B), registrados diariamente dentro do ambiente protegido no período de avaliação da cultura do tomate.	28
Figura 5. Curva padrão de salinidade para determinação das CE elétricas. Laboratório de Água-Solo-Planta do Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP.	31
Figura 6. Efeito do estresse hídrico no desenvolvimento de plantas de tomateiro aos 75(A) e 120(B) DAS.	39
Figura 7. Interação dos estresses hídrico e salino no diâmetro de colmo em plantas de tomateiro aos 105(A) e 120(B) DAS.	41
Figura 8. Efeito do excesso de água e acúmulo de sais na região basal da haste em tomateiro.	42
Figura 9. Fitomassa verde de plantas de tomateiro submetidos a diferentes manejos de irrigação aos 75 DAS.	43

Figura 10. Efeito matricial e osmótico na fitomassa verde em plantas de tomateiro aos 105(A) e 120(B) DAS.	44
Figura 11. Produção de fitomassa seca em plantas de tomateiro submetidos a estresse hídrico aos 75(A) e 90(B) DAS.	46
Figura 12. Efeito dos estresses matricial e osmótico no acúmulo de fitomassa seca em plantas de tomateiro aos 105(A) e 120(B) DAS.	47
Figura 13. Área foliar em plantas de tomateiro submetidos a deficiência aos 75(A) e 90(B) DAS.	49
Figura 14. Área foliar em plantas de tomateiro submetidos a estresse salino aos 105 DAS....	50
Figura 15. Área foliar em plantas de tomateiro submetidas a estresse hídrico e salino aos 120DAS.	50
Figura 16. Teor relativo de água na folha em plantas de tomate submetidas ao estresse hídrico e salino aos 120DAS.	52
Figura 17. Número médio de frutos em plantas de tomateiro sob estresses hídrico e salino...53	
Figura 18. Peso verde de frutos de tomate em condição de deficiência hídrica e doses crescentes de salinidade.....	54
Figura 19. Porcentagem de frutos deficientes (PFD), podridão apical, em frutos de tomate submetidos ao estresse hídrico e salino.	55
Figura 20. Conteúdo de prolina em folhas de tomate sob efeito de estresse hídrico e salino, aos 75(A) e 120(B) DAS.	57

Figura 21. Atividade da SOD em folhas de tomate submetidos a estresse hídrico aos 75 DAS.	58
Figura 22. Atividade da SOD em folhas de tomate submetidos a estresse hídrico aos 75 DAS.	59
Figura 23. Atividade da enzima peroxidase em folhas de tomate submetidas a estresse hídrico e salino aos 75(A) e 120(B) DAS.....	61

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Análise química de macronutrientes do solo na profundidade de 0 – 0,20 m.	29
Tabela 2. Análise química de micronutrientes do solo na profundidade de 0 – 0,20 m.	29
Tabela 3. Análise física do solo da área experimental do Departamento de Engenharia Rural na profundidade de 0 – 20m.	30
Tabela 4. Relação entre potenciais de água e porcentagem de umidade no solo. Laboratório de Água-Solo-Planta, Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu.	32
Tabela 5. Resumo da análise de variância para a variável altura de plantas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.	38
Tabela 6. Resumo da análise de variância para a variável diâmetro do colmo em plantas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.	40
Tabela 7. Resumo da análise de variância para a variável fitomassa verde de plantas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.	42
Tabela 8. Resumo da análise de variância para a variável fitomassa seca de plantas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.	45
Tabela 9. Resumo da análise de variância para a variável área foliar em plantas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.	48
Tabela 10. Resumo da análise de variância para a variável teor relativo de água em folhas de tomateiro aos 90, 105 e 120 DAS.	51

Tabela 11. Resumo da análise de variância para as variáveis número de frutos (NF), peso médio de frutos (PMF) e porcentagem de frutos deficientes (PFD) em plantas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.	53
Tabela 12. Resumo da análise de variância para a variável conteúdo de prolina em folhas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.	56
Tabela 13. Resumo da análise de variância para a variável atividade da enzima SOD em folhas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.....	58
Tabela 14. Resumo da análise de variância para a atividade da enzima peroxidase em folhas de tomate aos 75 e 120 DAS.	60

DESENVOLVIMENTO DO TOMATEIRO EM DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E DE DOSES DE SALINIDADE. Botucatu, 2012. 74 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: JOSUÉ FERREIRA SILVA JUNIOR

Orientador: ANTONIO EVALDO KLAR

Co-Orientador: ANTONIO ISLMAEL INÁCIO CARDOSO

RESUMO

O tomate é uma das hortaliças mais importante da agroindústria brasileira. Neste estudo, foram testados os efeitos de três doses de salinidade da água de irrigação (0, 3 e 5 dS m⁻¹) e três níveis mínimos de irrigação (-10, -30 e -60 kPa) sobre o desenvolvimento de tomateiro tipo industrial, Kátia. As mudas foram transplantadas em vasos e o cultivo foi em casa de vegetação até a maturação dos frutos. As irrigações foram procedidas por pesagem dos vasos quando atingiam os valores mínimos aproximados dos potenciais definidos no projeto. Os resultados mostram que o efeito da interação entre estresse hídrico e salino reduziram os parâmetros: diâmetro do caule, área foliar, teor relativo de água na folha, número de frutos, porcentagem de frutos com podridão apical, teor de prolina, atividade da enzima SOD e atividade da enzima Peroxidase. A interação entre os estresses não apresentou significância para os parâmetros: altura de plantas, fitomassa, verde e seca, e peso médio dos frutos. Nesta condição o efeito principal do estresse hídrico se mostrou mais efetivo na redução desses parâmetros.

Palavras chave: Potencial matricial, potencial osmótico e Solanácea.

GROWTH OF TOMATO IN DIFFERENT LEVELS OF IRRIGATION AND SALINITY.

Botucatu, 2012. 75 p. Dissertação (Master in Agronomy / Irrigation and Drainage) - Faculty of Agronomic Sciences, State University of São Paulo.

Author: JOSUÉ FERREIRA SILVA JUNIOR

Adviser: ANTONIO EVALDO KLAR

Co-Adviser: ANTONIO ISLMAEL INÁCIO CARDOSO

SUMMARY

Tomato is the most important vegetable crop of the Brazilian agribusiness. Few researches have evaluated the tolerance of this crop to saline stress. In this study, the effects of three doses of salinity of the irrigation water (0, 3 and 5 dS m⁻¹) and three levels of irrigation (-10, -30 e -60 kPa) were tested on development of industrial tomato, Kátia. Seedlings were transplanted in pots and grown under plastic covering until fruit ripening. The irrigations were proceeded by weighing the pots when they reached the minimum values approximate the potential defined in the project. Results show that the effect of the interaction between water and salt stress reduced the parameters: stem diameter, leaf area index, relative water content, number of fruit, and percentage of fruits with blossom-end rot, proline, activity of SOD enzyme and activity of peroxidase enzyme. The interaction between the stresses not presented significance for the parameters: height of plants, fresh and dry matter, and fruit weight. In this condition the main effect of water stress was more effective in the reduction of these parameters.

Keywords: matric potential, osmotic potential and Solanacea.

1 INTRODUÇÃO

O uso da irrigação tem contribuído para o aumento da produtividade agrícola, além da incorporar, ao sistema produtivo, áreas cujo potencial para exploração da agricultura é limitado, principalmente em razão de seus regimes pluviais. Por outro lado, a irrigação tem causado problemas ao meio ambiente pelo uso inadequado da água salina resultando na perda da capacidade produtiva do solo.

O objetivo principal da irrigação é proporcionar às culturas, no momento oportuno, a quantidade de água necessária para seu ótimo crescimento e, assim, evitar a diminuição dos rendimentos, provocada pela falta de água durante as etapas de desenvolvimento sensíveis à escassez. A agricultura irrigada depende tanto da quantidade quanto da qualidade da água. Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é um fator limitante ao desenvolvimento de algumas culturas (Bernardo, 1996).

Uma das formas utilizadas para o controle da salinidade é a lixiviação dos sais da zona radicular das plantas, aplicando-se uma quantidade de água superior àquela necessária a planta. Entretanto, essa prática pode não ser viável em certas áreas, devido às limitações na disponibilidade de água ou pela elevação do lençol freático. Medidas alternativas incluem o uso de plantas tolerantes ao sal e o uso de corretivos de solo e cátions que possam mitigar os efeitos do estresse salino e de íons-específicos nas plantas.

Sabe-se que em condições de estresse salino e/ou déficit hídrico as culturas sofrem diversos distúrbios fisiológicos, que levam à redução no crescimento e, conseqüentemente, redução em seu rendimento. Por outro lado, existem trabalhos que relatam haver incremento na qualidade de frutos de tomate quando irrigados com água salina de condutividade elétrica moderada (MITCHEL et al., 1991; CAMPOS et al., 2009).

Ayers e Westcot (1991) consideram o tomateiro uma cultura moderadamente sensível aos efeitos dos sais, apresentando reduções em seu rendimento potencial com águas de condutividade elétrica acima de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$. Em relação ao estado hídrico, Boyer (1978) caracteriza o tomateiro como uma planta moderadamente sensível ao estresse hídrico, sendo o potencial de água letal equivalente a $-1,4 \text{ MPa}$.

Diante do exposto, o trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar as características bioquímicas e do desenvolvimento de tomateiro submetido a diferentes doses de salinidade na água de irrigação e diferentes manejos de irrigação com base nos potenciais matriciais de água no solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura do tomateiro

O tomate (*Solanum lycopersicon* L.) tem, como centro primário de origem, 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 (ANDRADE et al., 2009). No México, segundo centro de origem, o tomate passou a ser cultivado e “melhorado”. Na Europa, foi introduzido pelos espanhóis, entre os anos de 1523 a 1554, sendo utilizado como planta ornamental. Os frutos, pelo temor de toxicidade da época, só vieram a ser utilizados na culinária décadas depois (FILGUEIRA, 2003). A primeira referência histórica da aceitação do tomate na alimentação humana foi feita em 1554 na Itália, onde esta hortaliça integrou-se profundamente à gastronomia. No Brasil, a introdução do tomate deveu-se a imigrantes europeus no final do século XIX (ALVARENGA, 2004).

Taxonomicamente o tomateiro pertence à classe Dicotyledoneae, ordem Tubiflorae e família Solanaceae. Originalmente, de acordo com Linnaeus, o tomateiro foi inicialmente integrado ao gênero *Solanum*, recebendo a denominação *Solanum lycopersicon* L. Entretanto, em 1754, Miller reclassificou os tomates, criando um novo gênero denominado *Lycopersicon*, renomeando o tomate cultivado como *Lycopersicon esculentum* Mill. (ALVARENGA, 2004). Contudo, estudos baseados em técnicas moleculares utilizando-se DNA mitocondrial, demonstraram que os tomates e as espécies do gênero *Solanum*, tais como as batatas, estão muito relacionados filogeneticamente, apoiando desta forma a inclusão das espécies de tomate novamente no gênero *Solanum*, retornando para a nomenclatura inicialmente imposta por Linnaeus (*S. lycopersicon* L.), gerando muitas divergências entre

botânicos adeptos à taxonomia clássica e os adeptos de técnicas mais modernas (PERALTA; SPOONER, 2000).

O tomateiro situa-se entre as hortaliças mais cultivadas no mundo, apresentando área plantada de 4,41 milhões de hectares, com uma produtividade média, aproximada, de 34,5 toneladas por hectare, atingindo uma produção de 151,69 milhões de toneladas colhidas. Entre os principais países produtores, destacou-se, no ano de 2010, a China como o maior produtor (47,1 milhões de toneladas), seguida pelos Estados Unidos da América (12,8 milhões de toneladas), Índia (12,4 milhões de toneladas) e Turquia (10,0 milhões de toneladas). O Brasil é o nono maior produtor mundial dessa hortaliça e o primeiro da América Latina, com produção de 4,1 milhões de toneladas (FAO, 2012). A produção de tomate vem crescendo ao longo dos anos. Esse crescimento é impulsionado pelas redes *fast food* e a necessidade de maior rapidez no preparo dos alimentos, que elevaram a demanda por alimentos industrializados ou semiprontos. Mais recentemente, a demanda por tomate foi reforçada pela busca de alimentos mais saudáveis, favorecendo também o crescimento da venda do produto fresco (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007).

A demanda hídrica do tomateiro depende de vários fatores, como as condições climáticas, o sistema de irrigação e a cultivar adotados, e varia entre 300 e 600 mm. Considerando o sistema de cultivo que adota transplante de mudas, o ciclo de desenvolvimento do tomateiro pode ser subdividido em cinco estádios distintos com relação às necessidades hídricas e de irrigação da cultura: formação de mudas, inicial, vegetativo, frutificação e maturação. A duração de cada estágio do desenvolvimento depende principalmente da cultivar e das condições climáticas. A duração do ciclo do tomateiro, desde o transplante de mudas até a colheita, varia de 95 a 125 dias. Para irrigação por gotejamento consideram-se tensões críticas do solo variando entre 30 e 70 kPa (MAROUELLI et al., 2012). Segundo Alvarenga (2000), a demanda máxima de água exigida pelo tomateiro ocorre durante a floração e o crescimento dos frutos.

Quanto à salinidade, o tomateiro é considerado uma cultura moderadamente sensível aos efeitos dos sais com águas de condutividade elétrica (CE) acima de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$. As plantas podem apresentar redução de 100% em seu rendimento potencial quando expostas a água de irrigação com CE igual ou superior a $8,4 \text{ dS m}^{-1}$ (AYERS; WESTCOT, 1991). Em situações extremas de salinidade, a cultura do tomate não é capaz de

realizar o ajuste osmótico necessário para suprir sua demanda por água, e, conseqüentemente, por nutrientes, ocasionando decréscimo de turgor e produtividade.

2.2 Qualidade da água para irrigação

Dentre os aspectos envolvendo o manejo da irrigação, um dos mais importantes é o estudo da qualidade da água. Quaisquer águas, independentemente de serem oriundas de mananciais de superfície, como açudes, barragens, lagoas e rios ou de mananciais subterrâneos como poços amazonas, tubular, artesianos ou de aquíferos de alta profundidade, representam um complexo de sais. Qualitativamente, as espécies catiônicas mais importantes são cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^{2+}), potássio (K^{+}) e dentre os aniônicos, cloreto (Cl^{-}), carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^{-}), sulfato (SO_4^{2-}) e boro (CAVALCANTE, 2012).

Esse mesmo autor ressalta que o uso pouco eficiente de água para produção de alimentos transformou, pelo acúmulo de sais, extensas áreas antes produtivas em terras devolutas e sem nenhum valor produtivo. No Brasil, mais concentradamente nas regiões semiáridas do Nordeste, os problemas são semelhantes. Mais de 35% da soma das áreas irrigadas dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte apresentam declínio de rendimento promovido pela salinidade oriunda, em maior parte, da irrigação.

Segundo Ayers e Westcot (1991), a qualidade da água para irrigação está relacionada a seus efeitos prejudiciais aos solos e às culturas, requerendo muitas vezes técnicas especiais de manejo para controlar ou compensar eventuais problemas relacionados a sua utilização. Ainda segundo os mesmo autores, os problemas causados pela qualidade da água podem ser resumidos nos seguintes efeitos principais: salinidade, permeabilidade do solo e toxidez às plantas cultivadas.

Em geral, as águas que contêm menos de 600 mg L^{-1} de sais totais, podem ser usadas para irrigação de quase todos os cultivos. Águas com concentração salina entre 500 e 1.500 mg L^{-1} têm sido usadas na irrigação de plantas sensíveis a sais em solos de boa drenagem interna ou providos de sistema de drenagem. As águas que contêm de 1.500 a 2.000 mg L^{-1} podem ser usadas na irrigação de culturas moderadamente tolerantes se uma maior frequência de irrigação combinada com uma lâmina de lixiviação for adotada.

Entretanto, águas que contêm de 3.000 a 3.500 mg L⁻¹ só poderão produzir rendimentos com culturas altamente tolerantes (CORDEIRO, 2001).

Segundo o mesmo autor, outro problema que tange a qualidade da água é a alta proporção de sódio em relação ao cálcio e magnésio que pode resultar em solo sódico. Isso porque o sódio desloca o cálcio e o magnésio adsorvidos causando a dispersão dos coloides. Então, para avaliação da qualidade da água para irrigação, em relação ao perigo de sódio, considera-se, além da relação de adsorção de sódio (RAS) o carbonato de sódio residual (CSR).

2.3 Estresse hídrico

A irrigação é um dos aspectos primordiais no desenvolvimento de culturas hortícolas. Entretanto, o uso da água deve ser feito de maneira racional e equilibrada, para que se evitem perdas na qualidade e na produção das culturas pelo seu uso em excesso ou por sua escassez (REIS, 2006). O teor relativo de água (TRA) é um dos indicadores das relações hídricas da planta, que corresponde à quantidade de água no tecido num dado instante, comparando com a capacidade máxima de água que ele poderá reter (CAIRO, 1995).

Larcher (2006) relata que um organismos vegetal atravessa uma sucessão de características em resposta a condições de estresse, subdivididas em três fases: fase de alarme, onde ocorre a perda da estabilidade das estruturas que mantêm as funções vitais (processos bioquímicos ligados ao mecanismo fotossintético); fase de resistência, a qual tem maior durabilidade quando as plantas são submetidas a um estresse contínuo, iniciando assim um processo de rusticidade, no qual dependendo da duração a planta pode apresentar adaptações através do ajuste osmótico, por exemplo; fase de exaustão a qual ocorre quando a planta está submetida a condições sub-ótimas por um período prolongado ou intenso deixando a planta suscetível à pragas ou doenças por consequência da diminuição de suas defesas.

A deficiência hídrica afeta vários processos bioquímicos e fisiológicos e induz respostas metabólicas e fisiológicas, como o fechamento estomático, declínio na taxa de crescimento, acúmulo de solutos, de substâncias antioxidantes e expressão de genes específicos de estresse (STEPONKUS, 1990; SINGH-SANGWAN et al., 1994). A perda de água pode reduzir o potencial hídrico das plantas, causando diminuição na turgescência,

condutância estomática, fotossíntese e, finalmente, menores crescimento e produtividade (KUMAR; SINGH, 1998).

Conforme Blum (2005), o crescimento da planta depende da expansão e divisão celular, sendo a expansão celular relativamente mais sensível a falta de água. Essa expansão celular depende da manutenção do turgor, extensibilidade da parede celular e outros fatores possivelmente relacionados a sinalização do ácido abscísico (ABA). Reduções na expansão celular e no crescimento são as primeiras respostas ao déficit hídrico e serve para moderar o uso de água pela planta, e também pode conduzir a reduções na produtividade da cultura. Se essa redução não for suficiente para sustentar o turgor das células, a transpiração é reduzida pelo fechamento estomático. Inicialmente o fechamento dos estômatos reduz a transpiração, aumentando a eficiência no uso de água pelas plantas, porém, também compromete a assimilação de CO₂. Em estado avançado de estresse, ambos, transpiração e eficiência no uso de água pelas plantas, são reduzidos drasticamente. O murchamento das folhas é uma das expressões de perda de turgor, ocorrendo de diferentes formas de acordo com a espécie, como o enrolamento das folhas pela cultura do tomate (Figura 1).



Figura 1. Perda de turgescência e enrolamento foliar em plantas de tomate como resposta inicial ao déficit hídrico.

Existe uma variabilidade muito grande no grau de tolerância a falta de água entre espécies e, mesmo dentro de uma espécie, entre variedades (LUDLOW, 1976).

Além disto, o estágio de desenvolvimento da planta em que ocorre o estresse também é crítico (PIMENTEL, 2004). De acordo com Boyer (1978), o tomateiro é uma planta moderadamente sensível ao estresse hídrico, sendo o potencial de água letal equivalente a -1,4 MPa.

2.4 Estresse salino

Segundo Holanda et al. (2010), o expressivo aumento populacional impôs a necessidade de se aumentar a produção mundial de alimentos, fator que, aliado ao acelerado desenvolvimento industrial fez aumentar a demanda de água. Considerando o abastecimento doméstico e a dessedentação animal como prioritários, estes passaram a ater a preferência de uso da água garantida pela Lei Federal nº 9443/97, conhecida como “Lei das Águas”, de modo que as fontes de água de melhor qualidade lhes são asseguradas se destinando para a agricultura irrigada, em caso de conflito de uso, as de qualidade inferior (AIROLDI et al., 2005; AMORIM et al., 2008).

A salinização é um fator limitante para o desenvolvimento e produtividade das plantas (ALLAKHVERDIEV et al., 2000) e vem afetando os recursos hídricos de zonas áridas, semiáridas e mediterrâneas (ESTEVES; SUZUKI, 2008). O excesso de sais na zona radicular tem em geral um efeito deletério no crescimento das plantas que se manifesta por uma equivalente redução na taxa de transpiração e crescimento. A excessiva salinidade reduz o desenvolvimento devido ao aumento de energia que precisa ser despendida para absorver água do solo e ao ajustamento bioquímico necessário para sobreviver sob estresse (RHOADES et al., 1992).

A salinidade devida a altos níveis de Na^+ ou Cl^- pode provocar a inibição da absorção dos íons K^+ e Ca^{2+} pelas raízes, provocando sintomas de deficiências, redução no crescimento e afetando também o teor de aminas, bem como o de proteínas (CRAMER et al., 1991). Segundo Melander e Horvath (1977), a diminuição dos níveis de proteínas pode ser resultado da hidrólise proteica ou diminuição de síntese proteica, ou ainda, de ambos os processos. Tem sido discutido na literatura o acúmulo de prolina devido à hidrólise de proteínas, em situações de estresse salino (TORELLO; RICE, 1986; HUBER et al., 1977).

A condutibilidade elétrica (CE) é o parâmetro mais empregado para expressar a concentração de sais solúveis na água. A determinação é rápida e tem boa precisão para a maioria das águas (DONEEN, 1975). Durante o efeito da salinidade, determinados processos são danificados, tais como: síntese de proteínas, metabolismos de lipídios e fotossíntese (ESTEVES; SUZUKI, 2008). Uma das respostas iniciais é a redução da expansão da superfície foliar, acompanhado de uma intensificação do estresse (WANG; NIL, 2000). Para driblar os efeitos deletérios da salinidade, as plantas utilizam estratégias bioquímicas que incluem acumulação ou exclusão seletiva de íons, controle da entrada de íons pelas raízes e transporte para as folhas, compartimentalização de íons a nível celular e estrutural, síntese de osmólitos (e. g. prolina), alterações nas vias fotossintéticas, modificações na estrutura de membrana, indução de enzimas antioxidantes e hormônios (ESTEVES; SUZUKI, 2008).

2.5 Prolina

A prolina é a molécula mais estudada em plantas submetidas a estresses abióticos, em decorrência da sua importância no ajuste osmótico (HEUER, 1994; MADAN et al., 1995). Em algumas espécies de plantas, a deficiência hídrica pode induzir ajuste osmótico resultando, durante a condição de seca, na manutenção da turgescência celular a baixos potenciais hídricos. O ajuste osmótico é importante mecanismo de tolerância à seca, porque capacita a planta a continuar a expansão celular, realizar ajustes estomáticos e fotossintéticos, otimizar o crescimento vegetal e ter, em alguns casos, produção rentável (HEUER, 1994; KUMAR; SINGH, 1998).

Sob a influência do estresse, a síntese de proteínas é inibida e a degradação de proteínas é acelerada, o que leva a um acúmulo de aminoácidos e aminas livres. Uma característica marcante de um distúrbio no metabolismo das proteínas é a mudança nas proporções dos aminoácidos e, frequentemente, um aumento elevado na concentração de prolina (LARCHER, 2006). Vários autores relataram acúmulo de prolina quando as plantas foram submetidas ao déficit hídrico (SHEVYAKOVA, 1984; HARE; CRESS, 1997; CARCELLER et al., 1999; LAZCANO-FERRAT; LOVATT, 1999). Tal acúmulo teria também a função de proteger as células dos processos de desnaturação sob estresse hídrico e

salino (SHEVYAKOVA, 1984), ou ainda participar na constituição de um estoque de N e C que poderia ser utilizado depois do período de estresse (TAYLOR, 1996).

Sob condições de estresse salino, em algumas espécies, o acúmulo de aminoácidos livres, principalmente prolina, aumenta devido à presença de NaCl em comparação com as plantas crescidas em meio não salino (LANGDALE et al., 1973; CÂMARA et al., 1998). O acúmulo de prolina é rápido e parece ser uma adaptação ao estresse salino (BERTELI et al., 1995), defendendo os tecidos vegetais contra estresse osmótico e/ou atuando como protetor enzimático (SOLOMON et al., 1994; LIU; ZHU, 1997). Quando o estresse salino é mais severo, o ajustamento osmótico envolve maior gasto de energia devido à síntese de solutos orgânicos (RODRÍGUEZ et al., 1997). Os solutos orgânicos no citossol contribuem para o equilíbrio osmótico intracelular, quando a concentração de íons orgânicos é alta no vacúolo, podendo também proteger enzimas citossólicas quando a concentração de íons aumenta (GREENWAY; MUNNS, 1980).

Embora vários trabalhos tenham relacionado a função protetora da prolina na adaptação das células sob estresse osmótico, ainda existem dúvidas se o acúmulo desse composto nos tecidos das plantas proporciona vantagem adaptativa ou simplesmente é uma consequência acidental de outros estresses, induzindo mudanças no metabolismo (HARE; CRESS, 1997).

2.6 Enzimas antioxidantes

O estresse acarreta danos oxidativos às células vegetais. As espécies reativas de oxigênio (ROS) são moléculas formadas durante funções metabólicas normais nos cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos ou induzidas por estímulos ambientais aos quais as plantas estão constantemente expostas (ÉAUX; TOLEDANO, 2007). As ROS são, sobretudo, subprodutos do metabolismo celular regular, mas podem ser geradas com alterações no sistema de transporte de elétrons durante condições de estresse. O principal ponto de produção de ROS na célula durante o estresse são as organelas com alta atividade de oxidação metabólica ou com fluxo de elétrons sustentado: cloroplastos e mitocôndrias. O fenômeno de fotorrespiração, nos peroxissomos, é outra forma de produção de ROS (BREUSEGEM et al., 2001). As espécies reativas de oxigênio podem agir causando danos celulares ou como

moléculas sinalizadoras que ativam múltiplas respostas de defesa. A predominância de uma destas funções depende da capacidade do controle da produção e sequestro das ROS (GADJEV et al., 2006). A sinalização para o mecanismo de desintoxicação das plantas, provavelmente, não ocorre devido às mudanças iônicas ou osmóticas, mas ao nível de ROS presente nas células (ZHU, 2002).

Os organismos aeróbicos, quando em condições de estresse, produzem espécies reativas de oxigênio (ROS), tais como radicais superóxido ($O_2^{\bullet-}$), radicais hidroxila ($OH^{\bullet}$) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) durante o metabolismo do oxigênio (BOWLER et al., 1992; SCANDALIOS, 1993). As espécies reativas de oxigênio causam uma cascata de reações oxidativas resultando no descoramento (*bleaching*) da clorofila e destruição de membranas (SHAALTIEL; GRESSEL, 1986). O peróxido de hidrogênio, bem como o superóxido, pode facilmente difundir-se através da bicamada de lipídios (HAYAKAWA et al., 1984) e, deste modo, mover-se do cloroplasto ao citosol.

Os organismos aeróbicos desenvolvem sistemas complexos de proteção para competir com estresse oxidativo, consistindo de diversas enzimas antioxidantes, entre elas, a superóxido dismutase (SOD, EC 1.15.1.1) desempenham papel chave no sistema de defesa antioxidante através da dismutação de $O_2^{\bullet-}$ a H_2O_2 e 1O_2 e peroxidase (POX, E.C. 1.11.1.7). Plantas com elevados níveis de antioxidantes, constitutivos e induzidos, têm mostrado maior resistência ao estresse oxidativo (WISE; NAYLOR, 1987; SPYCHALLA; DESBOROUGH, 1990). Portanto, o monitoramento dessas enzimas pode ser utilizado como marcadores bioquímicos, para a avaliação dos diferentes níveis de estresse das plantas.

As enzimas peroxidases estão presentes em uma vasta gama de isoformas em diferentes tecidos das células e compartimentos celulares (HARBORNE, 1997). Essas enzimas são essenciais para a sobrevivência da planta ao estresse oxidativo, sendo responsável pelo sequestro do peróxido de hidrogênio (JENNIFER; GREENBERG, 2004). O ineficiente sequestro de peróxido de hidrogênio resulta na formação de radicais de hidroxila, extremamente reativos, que produzem danos em um grande número de biomoléculas (FOREMAN et al., 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e condições climáticas do experimento

O experimento foi conduzido, entre Junho e Outubro de 2011, em ambiente protegido situado na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA / UNESP), Campus de Botucatu – SP (Figura 2).



Figura 2. Área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas, FCA/UNESP, Botucatu - SP. A seta indica o ambiente protegido utilizado.

A altitude média é de 786 m, a latitude é 22°51'03" Sul e a longitude 48°25'37" Oeste. Segundo Cunha e Martins (2009) a classificação climática da região, pelo

método de Köppen (VIANA et al., 1997), é do tipo Cfa – clima temperado quente (mesotérmico) úmido, e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C.

O ambiente protegido corresponde ao tipo túnel, com dimensões de 27 m de comprimento; 7 m de largura e altura das laterais de 1,7 m e no centro de 3 m. A estrutura tem a forma de arcos com tubos galvanizados. A cobertura é feita com filme de polietileno aditivado transparente, com 150 µm de espessura. As laterais são de tela “sombrite” com 30% de sombreamento, objetivando a interceptação de insetos e animais. A estufa é posicionada, em seu comprimento, no sentido Norte/Sul. O experimento correspondeu a uma área útil de 108,5m² (Figura 3).



Figura 3. Esquema representativo da área experimental, equipamentos e espaçamento utilizados.

Com o intuito de caracterizar o ambiente climático, foram realizadas medições da evaporação, através do Tanque Classe A (TCA), temperatura do ar e umidade relativa do ar, com termo-higrômetro digital (INCOTERM 7429.02.0.00) instalado no interior do abrigo meteorológico. As leituras ocorreram diariamente, às 9 h da manhã, sendo a temperatura e a umidade do ar representadas pela médias dos seus valores máximos e mínimos, e a evaporação do TCA por sua média semanal (Figura 4).

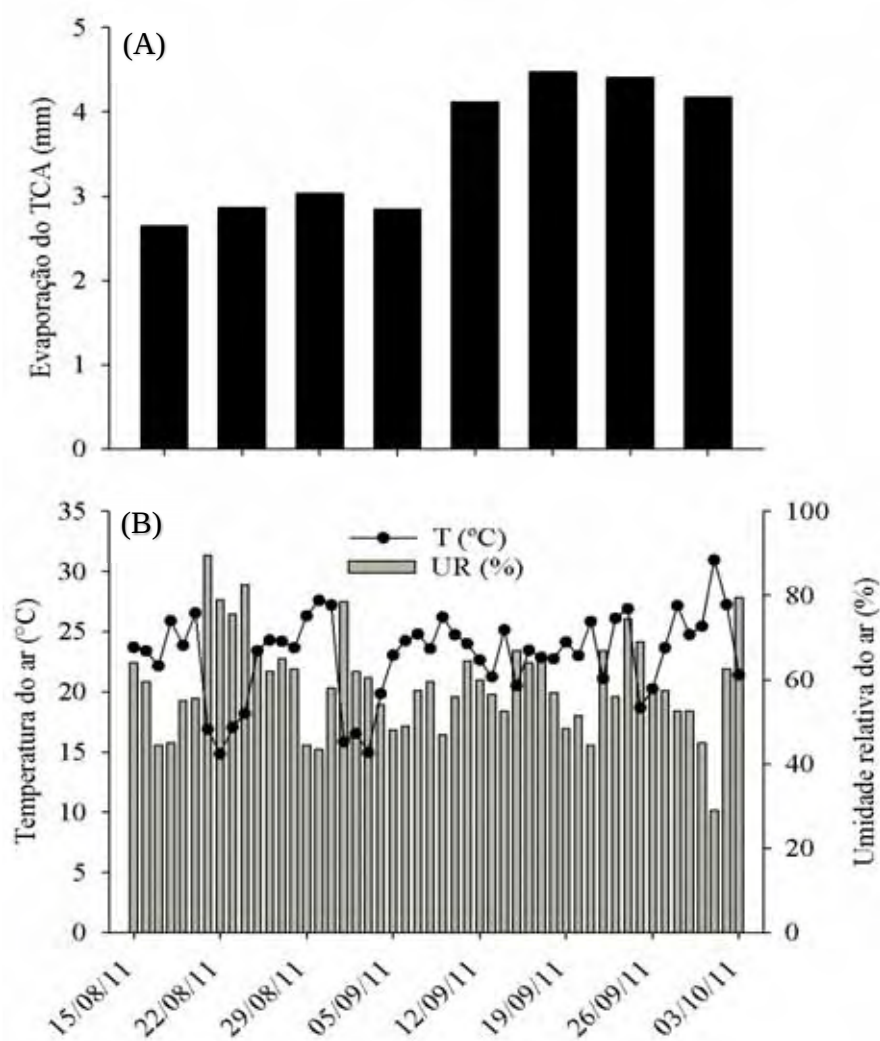


Figura 4. Evaporação semanal média do TCA (A), temperatura do ar e umidade relativa do ar médias (B), registrados diariamente dentro do ambiente protegido no período de avaliação da cultura do tomate.

3.2 Preparo das mudas

As mudas foram conduzidas em bandejas plásticas com 160 células preenchidas com substrato a base de casca de pinus e fibra de coco, BIOPLANT®. Foram semeadas, aproximadamente, três sementes por célula no dia 01/06/2012. O desbaste ocorreu em 01/07/2012, deixando-se uma muda por célula.

3.3 Solo

O solo local, classificado conforme EMBRAPA (1999) como latossolo vermelho distroférico de textura média, foi coletado na profundidade de 0 – 0,20 m. Em seguida foi previamente destorroado, em peneira com malha de 2 mesh e seco ao ar, até obter umidade média de 4%. A teor de umidade no solo ($U\%$) foi determinada pelo método gravimétrico proposto por Klar (1988).

Todos os vasos foram pesados individualmente, e seus valores foram registrados e abatidos da massa total (vaso + solo), garantindo que cada recipiente contivesse 13 kg de solo.

3.4 Calagem e adubação

Uma amostra do solo foi encaminhada ao Laboratório de Análises do Departamento de Recursos Naturais, Setor de Ciência do Solo, da FCA/UNESP – Botucatu, para análise química (Tabela 1 e 2) e física (Tabela 3), segundo metodologia descrita em Raij et al. (2001). Mediante os resultados, realizou-se a calagem e adubação química conforme recomendação contida no Boletim Técnico 100 (TRANI; RAIJ, 1997), com exceção da adubação orgânica que não foi realizada.

Tabela 1. Análise química de macronutrientes do solo na profundidade de 0 – 0,20 m.

pH	M. O.	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						
5,10	11,00	26,00	0,60	22,00	7,00	29,00	55,00	53,00

Tabela 2. Análise química de micronutrientes do solo na profundidade de 0 – 0,20 m.

P resina	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg dm ⁻³ -----					
6,00	0,22	6,00	20,00	10,10	0,80

Tabela 3. Análise física do solo da área experimental do Departamento de Engenharia Rural na profundidade de 0 – 20m.

Textura do Solo	Areia	Argila	Silte
	----- g kg ⁻¹ -----		
Argilosa	380	460	160

A adubação, e a calagem, foram realizadas por vaso com base em seu volume (15 dm³). Os adubos utilizados foram: ureia (0,45 g vaso⁻¹), superfosfato triplo (14,63 g vaso⁻¹) e cloreto de potássio (3,88 g vaso⁻¹). Para calagem foi utilizado cal hidratada agrícola, com poder relativo de neutralização (PRNT) equivalente a 83,6%, poder de neutralização igual a 94,2% e soma de óxidos de 48%. O tempo de reação da calagem foi de 20 dias. Para adubação mineral de cobertura foram parceladas quatro aplicações quinzenais de 3,40 g vaso⁻¹ de ureia e 1,55 g vaso⁻¹ de cloreto de potássio.

3.5 Transplante das mudas

O transplante ocorreu em 16/07/2012, aos 45 dias após semeadura (DAS), quando os vasos foram irrigados até atingirem potencial de água do solo (ψ_s) equivalente a -10 kPa, correspondente a umidade média de 28,6%. Cada vaso recebeu duas mudas. Após 15 dias sucedeu o desbaste, permanecendo a planta com melhor aspecto em relação à cor, crescimento, número de folhas e ausência de doenças. A partir deste momento deu-se início a diferenciação dos tratamentos.

3.6 Preparo das águas de irrigação

Uma solução de 2M de cloreto de sódio (NaCl) foi produzida dissolvendo-se duas vezes o peso molecular do sal (58,44 g) em água destilada para se obter um litro de solução. Essa solução concentrada de NaCl foi diluída nas proporções de 0, 25, 50, 75 e 100mL em 1L de água de abastecimento, e com ajuda de condutivímetro de bancada

foram realizadas quatro leituras para cada diluição. Os valores médios das CE foram submetidos à regressão e ajustados para o modelo linear para confecção da curva padrão de salinidade (Figura 5).

A partir da equação da reta foi possível estipular as diluições de 31,07 e 53,96 mL L⁻¹ da solução 2M de NaCl, necessárias para se obter as CE desejadas de 3 e 5 dS m⁻¹, respectivamente. A água de abastecimento, utilizada para irrigação dos tratamentos (sem adição de sal), obteve CE média equivalente a 0,08 dS m⁻¹. Desta forma, foram utilizadas três doses de salinidade no experimento.

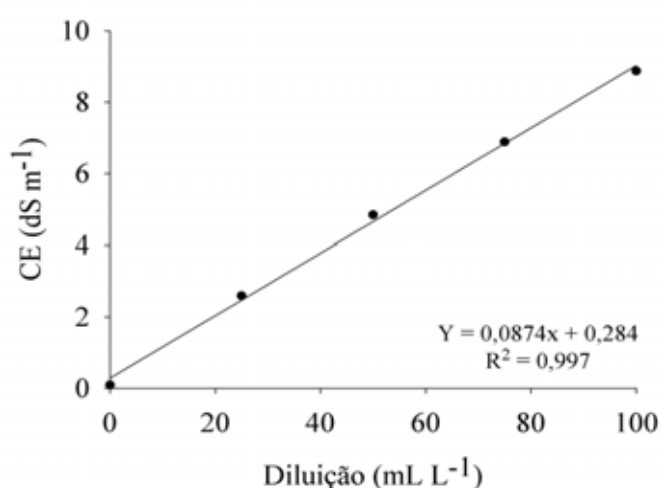


Figura 5. Curva padrão de salinidade para determinação das CE elétricas. Laboratório de Água-Solo-Planta do Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP.

3.7 Manejo de irrigação

O manejo de irrigação deu-se pela leitura de vinte e sete tensiômetros instalados a 0,15 m de profundidade, sendo três tensiômetros por tratamento. A irrigação ocorreu sempre que o potencial matricial médio do solo encontrava-se nas faixas de -30 ou -60 kPa. O terceiro tratamento, sem estresse hídrico, foi mantido em umidade do solo constante (28,60%), irrigando-se por capilaridade.

Para obtenção das umidades, amostras de solo foram encaminhadas ao Laboratório de Água-Solo-Planta para obtenção da curva de retenção de água no solo (Tabela 4), conforme metodologia descrita por Richards (1947).

Tabela 4. Relação entre potenciais de água e porcentagem de umidade no solo. Laboratório de Água-Solo-Planta, Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu.

ψ_s (- kPa)	U%
10	28,60
30	24,49
50	23,22
100	21,16
300	19,99
500	19,85
1500	19,44

A irrigação foi realizada com base na massa dos vasos. Sendo a quantidade de água definida pelo valor necessário para que a massa de solo, em déficit hídrico, atingisse 16,05kg. Esse valor representou a massa do substrato em condição de capacidade de campo (CC) e foi calculado a partir da fórmula:

$$U\% = \frac{PU - PS}{PS} \times 100 \quad (01)$$

Em que,

$U\%$ – corresponde a umidade do solo (g g^{-1});

PU – indica a massa do solo úmido (g);

PS – indica a massa do solo seco em estufa (g).

3.8 Tratos culturais

As plantas foram tutoradas com fitilho a partir dos 60 DAS. O tomate foi conduzido em haste única. Para controle da mosca branca, foram realizadas duas

aplicações de Imidacloprid (CONFIDOR®) e duas aplicações de Thiamethoxan (ACTARA® 25 WG) de forma alternada. Ambos os ingredientes ativos pertencem ao grupo químico Neonicotinóide, que inibe a alimentação, voo e movimento de adultos, além de reduzir a oviposição. O objetivo das aplicações alternadas foi o de se evitar a possível indução de resistência pelos insetos chave aos produtos utilizados. As dosagens seguiram as recomendações descritas no compêndio de defensivos agrícolas (ANDREI, 1997). Como medida preventiva foram instaladas iscas adesivas amarelas entre as linhas das plantas para captura de insetos-praga.

3.9 Parâmetros biométricos

3.9.1 Altura de plantas

A altura das plantas foi determinada em cm, com auxílio de régua graduada. Seu valor correspondeu à distância entre a base, a partir do solo, e o ápice da planta.

3.9.2 Diâmetro do caule

Foram obtidos os valores de diâmetro do colmo das plantas, em cm, utilizando paquímetro digital, modelo WESTERN DC-60. Os valores foram determinados na região basal da planta, rente ao solo.

3.9.3 Determinação da fitomassa verde e seca das plantas

As plantas foram extraídas dos vasos, cortando-se o caule em sua parte basal. A parte aérea das plantas foi separada em folíolos, pecíolos, frutos, cachos e caule. Essas estruturas foram pesadas individualmente, fitomassa verde (FV), e postas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, fitomassa seca (FS). Ambas as fitomassas foram pesadas em balança analítica com precisão de $\pm 0,1$ mg. As massas finais da FV e FS corresponderam à soma das massas dos folíolos, pecíolos, frutos, cachos e caule.

3.9.4 Determinação da área foliar

Dez discos, com 8 mm de diâmetro, foram extraídos de folíolos da folha mais nova totalmente expandida. Os discos foram mantidos em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C durante 24h. A média das massas dos dez discos representou uma área de 0,5 cm². Com a fitomassa das folhas secas foi possível estimar a área foliar das plantas (BENINCASA, 2003).

3.9.5 Teor relativo de água na planta (TRA)

Realizaram-se três avaliações do teor relativo de água nas plantas, aos 90, 105 e 120 DAS. Foram retirados dez discos, com 8 mm de diâmetro, da folha e pesados em balança analítica de precisão, obtendo-se a massa do material fresco. Logo após, os discos foram colocados em pequenos frascos de vidros, com 10 mL de água destilada, e levados à geladeira, onde permaneceram por 12h. Passado este período, os discos foram secos em sua superfície com lenço de papel e pesados novamente para a obtenção da massa do material saturado. Em seguida, os discos foram levados à estufa (65°C) até se obter massa constante, caracterizando a massa do material seco. O teor relativo de água foi calculado através da fórmula (KLAR, 1988):

$$TRA = \frac{P - P_s}{P_{st} - P_s} \times 100 \quad (03)$$

Em que,

TRA – teor relativo de água na folha (%);

P – massa do material verde (g);

P_s – massa do material seco à 65°C (g);

P_{st} – massa do material saturado (g)

3.10 Análises bioquímicas

3.10.1 Coleta e armazenamento do material vegetal

Para a realização das análises bioquímicas, foram coletadas quatro plantas de cada tratamento. Após a coleta as folhas foram acondicionadas em tubos plásticos do tipo *Falcon* e imediatamente imersas em nitrogênio líquido para congelamento rápido. Em seguida, os tubos foram mantidos em *Freezer* a -80 °C.

Para o processamento, as folhas foram moídas em almofariz, na presença de nitrogênio líquido, até a obtenção de um pó fino. Após pesagem, as amostras foram armazenadas transferidas para frascos *Eppendorf* e armazenadas em *Freezer* a -80 °C.

3.10.2 Obtenção do extrato bruto

As amostras foram processadas para obtenção de dois extratos diferentes: o primeiro para a análise do teor de L-prolina e o segundo para as análises de atividade enzimática.

Para o primeiro extrato (análise de prolina), amostras de tecido foliar (100 mg) foram ressuspensas em 2,0 mL de ácido sulfosalicílico (3% em água destilada). Após centrifugação por 10 min a 4.000 x g, o sobrenadante foi coletado e armazenado em freezer a - 80° C.

O extrato para as análises das enzimáticas (SOD e Peroxidase) e para a análise da concentração de proteína foi obtido pela ressuspensão do material vegetal (200 mg) em 2,0 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M, em pH 7,8. Após centrifugação por 20 minutos a 5.000 x g, o sobrenadante foi coletado e armazenado em freezer a -80° C.

3.10.3 Determinação do teor de proteína solúvel

A concentração de proteína solúvel presente nos extratos foi determinada em triplicata, utilizando-se o método descrito por Bradford (1976) com albumina de soro bovino (BSA) como proteína padrão.

3.10.4 Determinação do teor de L-prolina

O teor de L-prolina ($\mu\text{g } \mu\text{L}^{-1}$ extrato) foi determinado utilizando-se o método proposto por Bates et al. (1973). Para a realização do teste colorimétrico, pipetou-se alíquotas de 100 μL do extrato bruto; 2,0 mL de ninhidrina ácida; 2,0 mL de ácido acético glacial. Após aquecimento em banho-maria à aproximadamente 100 °C por 60 minutos, resfriaram-se os frascos e efetuou-se leitura a 520 nm. Como referência, utilizou-se curva padrão com (0, 20, 40, 60, 80 e 100 mg) de L-prolina p.a.

3.10.5 Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD; EC 1.15.1.1)

A determinação da atividade da SOD considerou a capacidade da enzima em inibir a fotoredução do NBT (Azul de nitrotetrazólio cloreto). A atividade foi determinada pela adição de 50 μL de extrato bruto a uma solução contendo 13 mM de metionina, 75 μM de NBT, 100 nM de EDTA e 2 μM de riboflavina em 3,0 mL de tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 7.8, conforme descrito por (DEL LONGO et al., 1993).

A reação foi iniciada pela iluminação dos tubos, em câmara composta por tubos fluorescentes (15 W), a 25° C. Após 5 minutos de incubação, o final da catálise foi determinado pela interrupção da luz (GIANNOPOLITIS; RIES, 1977). O composto azul formado (formazana) pela fotoredução do NBT foi determinado pelo incremento na absorção, feita por espectrofotometria com leituras a 560 nm. Os tubos considerados branco para a análise receberam os mesmos reagentes, porém foram mantidos cobertos com papel alumínio, portanto, abrigados da luz. Uma unidade de SOD foi definida como a quantidade de enzima necessária para a inibição de 50 % da fotoredução do NBT. Para o cálculo da atividade

específica da enzima, considerou-se a percentagem de inibição obtida, o volume da amostra e a concentração de proteína na amostra ($\mu\text{g } \mu\text{L}^{-1}$).

3.10.6 Atividade da enzima peroxidase (POX, E.C. 1.11.1.7)

A atividade da enzima é determinada através da diluição (1:25) de 100 μL de extrato bruto e adicionados 4,9 mL de solução tampão fosfato de potássio 25mM, em pH 7,8 contendo 20 mM de Pyrogallol e 20 mM H_2O_2 . Após incubação por um minuto a reação deve ser paralisada com 0,5 mL de H_2SO_4 e a leitura de absorbância é feita a 420 nm; A atividade específica ($\mu\text{Kat } \mu\text{g Prot}^{-1}$) da enzima é calculada usando-se um coeficiente de extinção molar de $2,47 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ (PEIXOTO et al., 1999).

3.11 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo com três repetições, sendo três doses de salinidade (0, 31,07 e 53,96 mL L^{-1}) e três níveis de irrigação (-10, -30 e -60 kPa). As avaliações ocorreram aos 75, 90, 105 e 120 DAS, exceto para a variável TRA, que ocorreu apenas aos 90, 105 e 120 DAS.

Todos os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância ($F \leq 0,05$), e as médias submetidas ao teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Os procedimentos estatísticos foram conduzidos utilizando-se o PROC GLM do SAS, versão 9.2 (SAS Institute, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Altura

O estudo da análise de variância (Tabela 5), para a variável altura de plantas, mostrou efeito significativo dos diferentes níveis de irrigação adotados para a primeira e última avaliações, não havendo interferência significativa das doses de salinidade e da interação entre esta e dos níveis de irrigação.

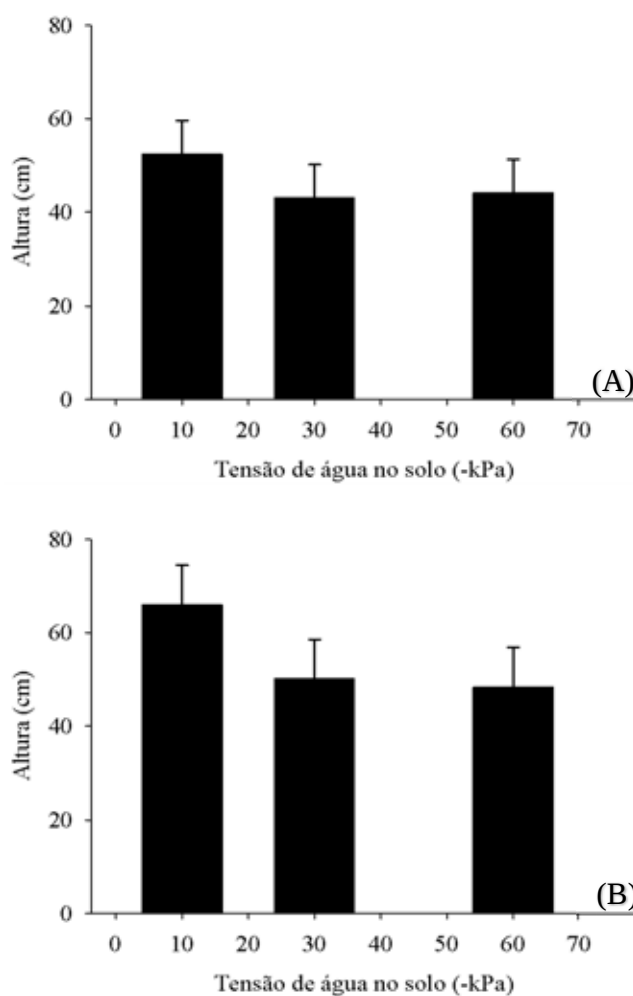
Tabela 5. Resumo da análise de variância para a variável altura de plantas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.

Fator de Variação	GL	QM			
		75 DAS	90 DAS	105 DAS	120 DAS
Salinidade (dS m ⁻¹)	2	24,94 ^{ns}	142,67 ^{ns}	52,48 ^{ns}	59,24 ^{ns}
Irrigação (-kPa)	2	238,52 ^{**}	148,62 ^{ns}	19,46 ^{ns}	853,00 ^{**}
Salinidade x Irrigação	4	13,28 ^{ns}	69,37 ^{ns}	185,16 ^{ns}	2,16 ^{ns}
C. V. (%)		12,73	19,59	16,53	12,85

(**) Significativo e (ns) não significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro; C.V. = coeficiente de variação.

O estresse hídrico proporcionado pela falta de água às plantas de tomate promoveram reduções significativas, no desenvolvimento da planta, de 17,94 e 15,86% para os tratamentos -30 e -60 kPa, respectivamente, quando comparados ao tratamento -10 kPa

aos 75 DAS (Figura 6A). De forma semelhante, aos 120 DAS, os tratamentos -30 e -60 kPa apresentaram reduções significativas de 24,11 e 26,75%, respectivamente, quando comparados ao tratamento - 10 kPa (Figura 6B).



Barra de erros equivale ao desvio mínimo significativo (DMS).

Figura 6. Efeito do estresse hídrico no desenvolvimento de plantas de tomateiro aos 75(A) e 120(B) DAS.

O déficit hídrico causa a perda de turgescência das células das plantas, afetando vários processos fisiológicos, como a expansão celular (SANTOS; CARLESSO, 1998), consequentemente, o primeiro sintoma do estresse hídrico é a diminuição no desenvolvimento das plantas. Macêdo (2002), estudando os efeitos de lâminas de irrigação no

tomateiro, observou redução linear de 5,24 cm no desenvolvimento das plantas para cada redução de 20% na quantidade de água aplicada (tendo como base a evapotranspiração real).

4.2 Diâmetro

O diâmetro não foi afetado pelos efeitos principais dos estresse hídrico ou salino, nem pela ação combinada de ambos aos 75 DAS. Reduções de 12,07 e 18,11%, no diâmetro do caule, foram observados, respectivamente, nos tratamentos -30 e -60 kPa quando comparados ao tratamento -10 kPa, aos 90 DAS. A interação entre os estresses hídrico e salino, aplicados à cultura, interferiram significativamente no diâmetro do caule aos 105 e 120 DAS (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para a variável diâmetro do colmo em plantas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.

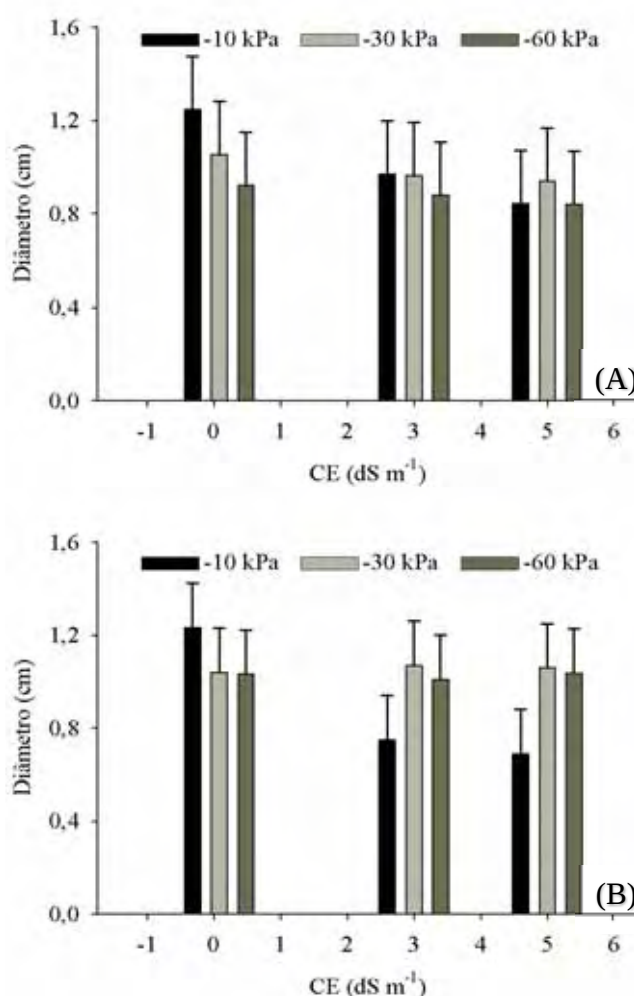
Fator de Variação	GL	QM			
		75 DAS	90 DAS	105 DAS	120 DAS
Salinidade (dS m^{-1})	2	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,07 ^{**}	0,08 ^{**}
Irrigação (-kPa)	2	0,05 ^{ns}	0,05 ^{**}	0,05 ^{**}	0,07 ^{**}
Salinidade x Irrigação	4	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,03 ^{**}	0,09 ^{**}
C. V. (%)		14,78	12,59	8,24	6,68

(**) Significativo e (ns) não significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro; C.V. = coeficiente de variação.

Reduções de 25,79 e 12,65%, nos diâmetros, foram observadas, aos 105 DAS, na comparação entre os tratamentos -10 e -60 kPa e entre os tratamentos -30 e -60 kPa, respectivamente, na CE 0,08 dS m^{-1} . Houve reduções significativas no diâmetro das plantas de 22,19 e 32,35% entre as CE 3 e 5 dS m^{-1} quando comparadas a CE 0,08 dS m^{-1} , respectivamente. Essas reduções foram observadas apenas para os tratamentos com irrigação constante, -10 kPa, aos 105 DAS (Figura 7A).

Quando irrigados com água de CE 0,08 dS m^{-1} , os tratamentos -30 e -60 kPa reduziram significativamente o diâmetro do caule em 15,67 e 16,22%, respectivamente, se comparados ao tratamento -10 kPa, aos 120 DAS. Em média, os

tratamentos -30 e -60 kPa superaram, respectivamente, em 29,90 e 25,74% o diâmetro encontrado no tratamento -10 kPa, irrigados com água de CE 3 dS m⁻¹. De forma semelhante, os tratamentos -30 e -60 kPa, irrigados com água de CE 5 dS m⁻¹, superaram em 34,91 e 33,44%, respectivamente, o diâmetro do tratamento -10 kPa, ambos aos 120 DAS (Figura 7B).



Barra de erros equivale ao desvio mínimo significativo (DMS).

Figura 7. Interação dos estresses hídrico e salino no diâmetro de colmo em plantas de tomateiro aos 105(A) e 120(B) DAS.

As reduções acentuadas do diâmetro de colmo em plantas de tomate, 39,19 e 44,05%, foram encontradas nos tratamentos -10 kPa em CE = 3 e 5 dS m⁻¹, respectivamente, quando comparados a CE = 0,08 dS m⁻¹, ocorreram devido ao acúmulo de sal

no solo, o que ocasionou dano a parte basal do caule (Figura 8). Alguns trabalhos relatam a diminuição no diâmetro de caule provocado pelos estresses hídrico (SOARES et al., 2011) e salino (GOMES et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2007; NAJLA et al. 2007).



Figura 8. Efeito do excesso de água e acúmulo de sais na região basal da haste em tomateiro.

4.3 Fitomassa verde

Um resumo da análise estatística para o comportamento da variável fitomassa verde é apresentado na Tabela 7.

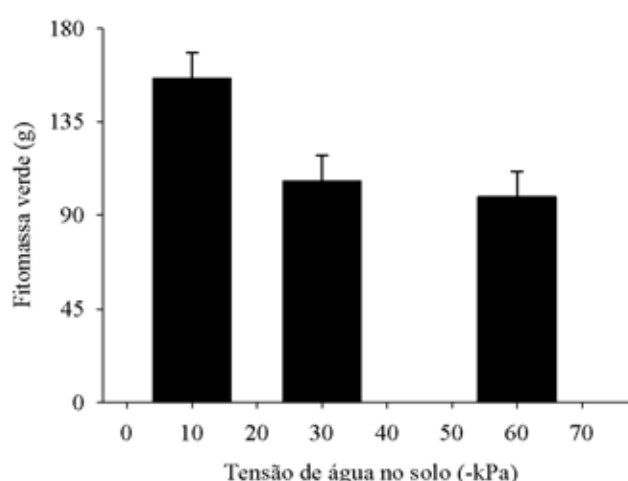
Tabela 7. Resumo da análise de variância para a variável fitomassa verde de plantas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.

Fator de Variação	GL	QM			
		75 DAS	90 DAS	105 DAS	120 DAS
Salinidade (dS m ⁻¹)	2	52,84 ^{ns}	721,80 ^{ns}	1.893,90 ^{**}	1.508,12 ^{**}
Irrigação (-kPa)	2	8.669,00 ^{**}	6.391,65 ^{**}	2.116,66 ^{**}	3.738,51 ^{**}
Salinidade x Irrigação	4	174,00 ^{ns}	97,88 ^{ns}	495,49 ^{**}	10,73 ^{ns}
C. V. (%)		8,46	15,14	9,10	12,03

(**) Significativo e (ns) não significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro; C.V. = coeficiente de variação.

Apenas a deficiência hídrica interferiu significativamente na fitomassa verde das plantas de tomate, aos 75 e 90 DAS. A interação dos estresses hídrico e salino foi significativa aos 105 DAS. Para última avaliação, realizada aos 120 DAS, a análise de variância demonstrou que os efeitos principais dos níveis de irrigação e das doses de salinidade influenciaram significativamente a fitomassa verde em tomateiros.

Os níveis de irrigação adotados promoveram redução significativa na fitomassa verde em plantas de tomate, comparando-se os tratamentos -30 e -60 kPa com o tratamento -10 kPa as reduções observadas foram de 31,71 e 36,69%, respectivamente, aos 75 DAS (Figura 9). De forma análoga, foram observadas reduções de 28,16 e 36,06% para os tratamentos -30 e -60 kPa quando comparados ao tratamento -10 kPa, respectivamente, aos 90 DAS.

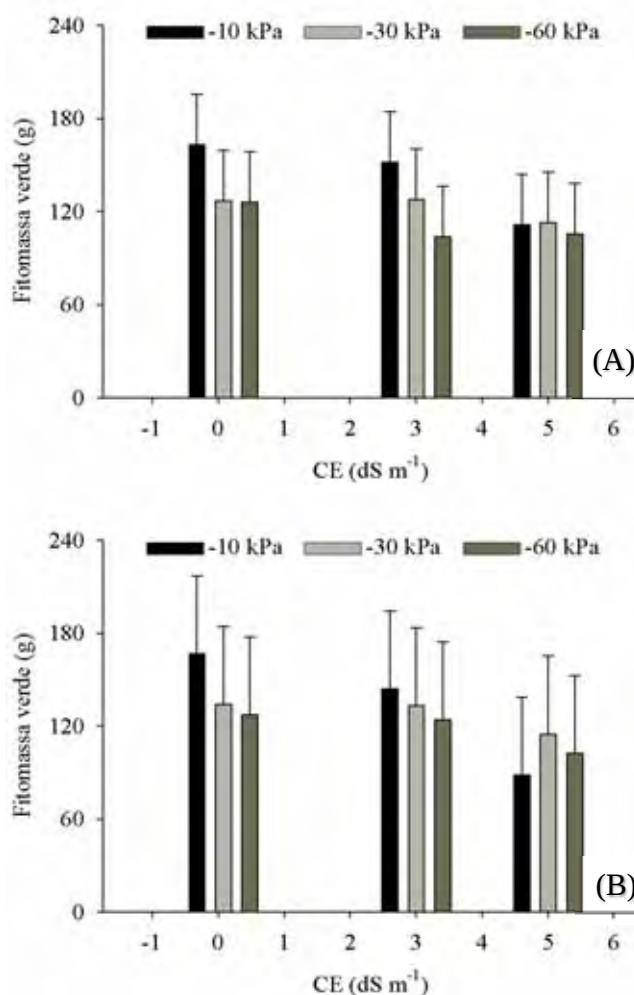


Barra de erros equivale ao desvio mínimo significativo (DMS).

Figura 9. Fitomassa verde de plantas de tomateiro submetidos a diferentes manejos de irrigação aos 75 DAS.

Os níveis de irrigação diferiram significativamente entre si nas condutividades elétricas de 0,08 e 3 dS m⁻¹. Para a dose zero de salinidade, as reduções foram de 22,22 e 22,71% entre os tratamentos -30 e -60 kPa quando comparados ao tratamento -10 kPa, e, para CE 3 dS m⁻¹, houve diferença significativa entre os níveis -10 e -30 kPa de

31,58%. O tratamento -10 kPa apresentou diferença significativa entre as CE 0,08 e 5 dS m⁻¹ de 31,74% (Figura 10A), aos 105 DAS, evoluindo para 46,95% aos 120 DAS (Figura 10B).



Barra de erros equivale ao desvio mínimo significativo (DMS).

Figura 10. Efeito matricial e osmótico na fitomassa verde em plantas de tomateiro aos 105(A) e 120(B) DAS.

Alguns trabalhos mostram resultados semelhantes, em que a deficiência hídrica e/ou salina interferem na fitomassa verde das plantas. Malheiros et al. (2012), utilizando efluente tratado de indústria de sorvete no cultivo hidropônico de tomate cereja, observou perdas lineares no acúmulo de fitomassa verde em detrimento da salinidade presente nesse efluente. Esse autor ressalta que a salinidade média contida no efluente, 4,32 dS m⁻¹, contribui para a diminuição na absorção de nutrientes essenciais a planta, incapacitando-a

do pleno desenvolvimento. Birhanu e Tilahun (2010) encontraram reduções de 59% na fitomassa verde de plantas de tomate submetidas à deficiência hídrica.

4.4 Fitomassa seca

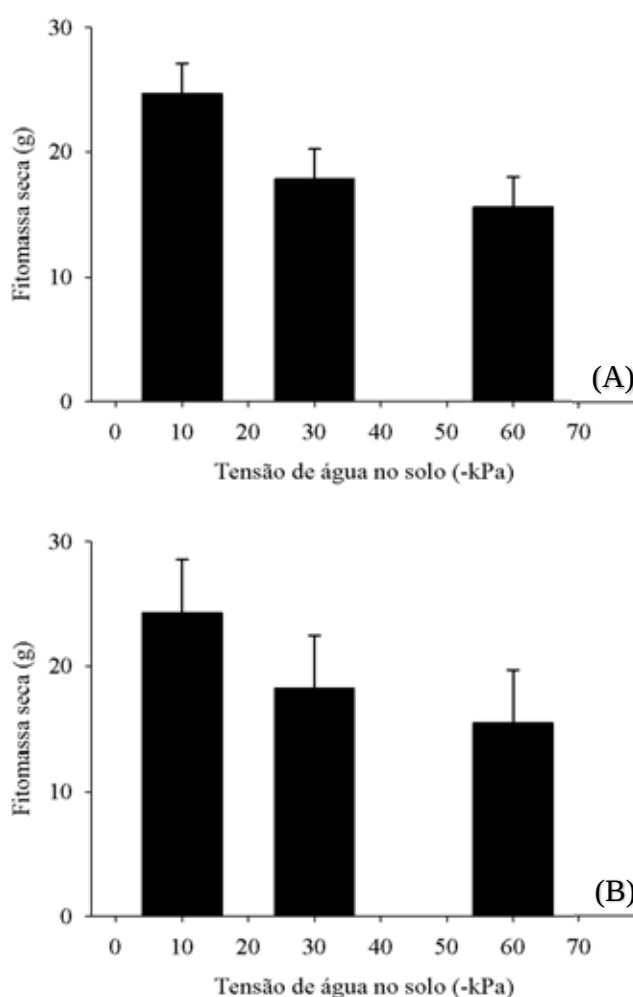
De forma semelhante aos resultados observados para a variável fitomassa verde, a deficiência hídrica interferiu significativamente na fitomassa seca das plantas de tomate, aos 75 e 90 DAS. A interação dos estresses hídrico e salino foi significativa aos 105 DAS, e, para última avaliação, a análise de variância demonstrou que os efeitos principais dos níveis de irrigação e das doses de salinidade influenciaram significativamente o acúmulo de matéria seca no tomateiro (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para a variável fitomassa seca de plantas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.

Fator de Variação	GL	QM			
		75 DAS	90 DAS	105 DAS	120 DAS
Salinidade (dS m ⁻¹)	2	1,69 ^{ns}	18,81 ^{ns}	41,47 ^{**}	157,42 ^{**}
Irrigação (-kPa)	2	203,71 ^{**}	184,26 ^{**}	96,37 ^{**}	56,14 ^{**}
Salinidade x Irrigação	4	5,83 ^{ns}	6,53 ^{ns}	21,30 ^{**}	33,20 ^{ns}
C. V. (%)		10,31	18,26	11,08	16,14

(**) Significativo e (ns) não significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro; C.V. = coeficiente de variação.

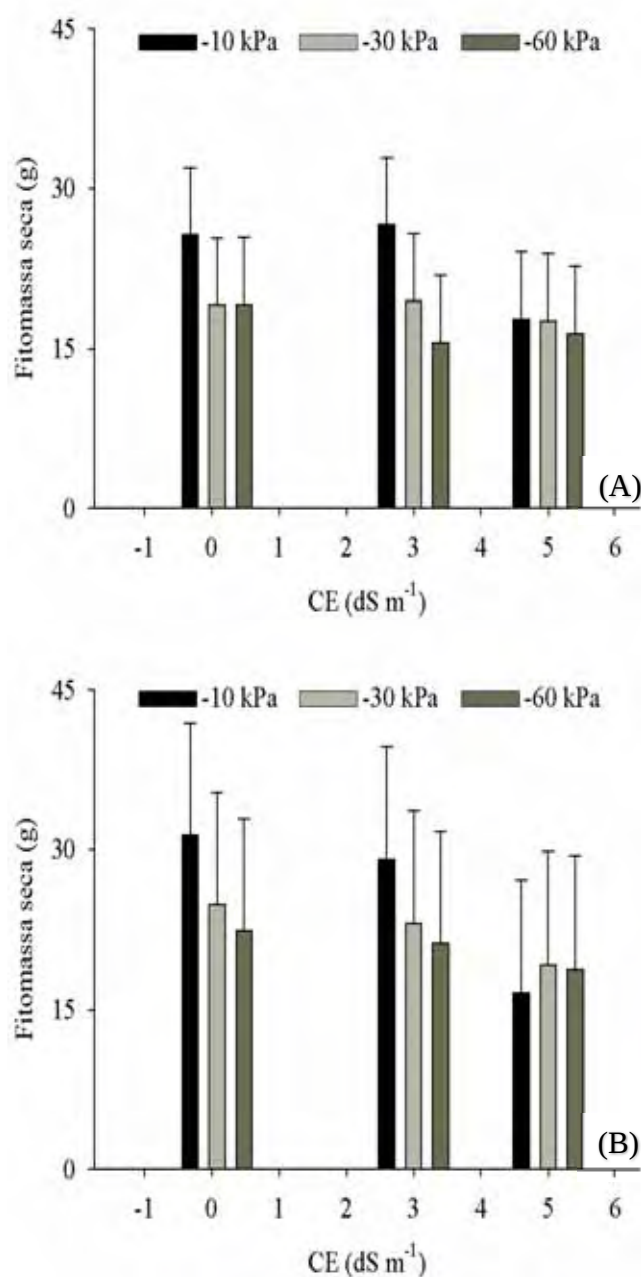
Os níveis de irrigação adotados promoveram redução significativa na fitomassa verde em plantas de tomate. Comparando-se os tratamentos -30 e -60 kPa com o tratamento -10 kPa, as reduções observadas foram de 27,86 e 36,96%, respectivamente, aos 75 DAS (Figura 11A). De forma análoga, foram observadas reduções de 25,03 e 36,40% para os tratamentos -30 e -60 kPa, quando comparados ao tratamento -10 kPa, respectivamente, aos 90 DAS (Figura 11B).



Barra de erros equivale ao desvio mínimo significativo (DMS).

Figura 11. Produção de fitomassa seca em plantas de tomateiro submetidos a estresse hídrico aos 75(A) e 90(B) DAS.

Semelhante à fitomassa verde das plantas, os níveis de irrigação diferiram significativamente entre si nas condutividades elétricas de 0,08 e 3 dS m⁻¹. Para a dose zero de salinidade, as reduções foram de 25,62 e 25,42% entre os tratamentos -30 e -60 kPa quando comparados ao tratamento -10 kPa, e, para CE 3 dS m⁻¹, houve diferença significativa entre os níveis -10 e -30 kPa de 41,55%. O tratamento -10 kPa apresentou diferença significativa entre as CE 0,08 e 5 dS m⁻¹ de 30,71% (Figura 10A), aos 105 DAS, subindo para 47,14% aos 120 DAS (Figura 10B).



Barra de erros equivale ao desvio mínimo significativo (DMS).

Figura 12. Efeito dos estresses matricial e osmótico no acúmulo de fitomassa seca em plantas de tomateiro aos 105(A) e 120(B) DAS.

Alguns autores citam a redução no acúmulo de fitomassa seca, como consequência dos estresses hídrico e salino (CUARTERO; MUÑOZ, 1999; BLANCO; FOLEGATTI, 2008).

4.5 Área foliar

A área foliar foi afetada pela ação do déficit hídrico aos 75 e 90 DAS, pelo efeito principal das doses de salinidade aos 105 DAS e pela interação dos estresses salino e hídrico aplicados à planta, aos 120 DAS (Tabela 9).

Tabela 9. Resumo da análise de variância para a variável área foliar em plantas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.

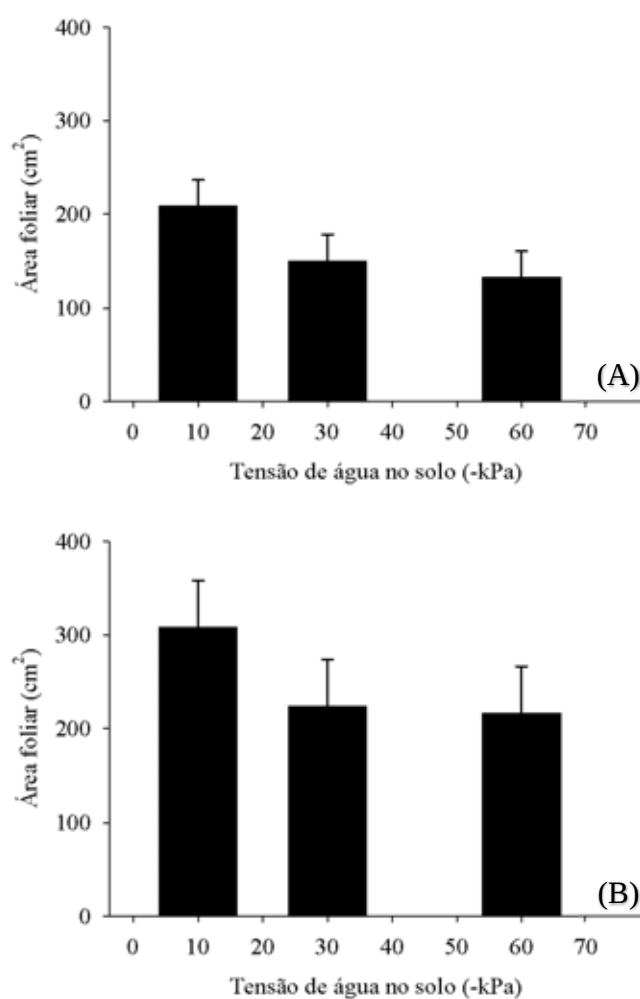
Fator de Variação	GL	QM			
		75 DAS	90 DAS	105 DAS	120 DAS
Salinidade (dS m ⁻¹)	2	422,54 ^{ns}	4.393,95 ^{ns}	2.983,41 ^{**}	1.159,93 ^{**}
Irrigação (-kPa)	2	14.066,50 ^{**}	23.276,40 ^{**}	145,08 ^{ns}	3.455,69 ^{**}
Salinidade x Irrigação	4	673,23 ^{ns}	1.540,48 ^{ns}	1.504,31 ^{ns}	848,99 ^{**}
C. V. (%)		14,03	16,76	14,01	24,17

(**) Significativo e (ns) não significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro; C.V. = coeficiente de variação.

O valor máximo encontrado para área foliar ocorreu aos 90 DAS, 344,06 cm². Esse valor foi observado para o tratamento sem estresse hídrico e salino. O valor mínimo encontrado para essa variável, 13,17 cm², ocorreu aos 120 DAS, para o tratamento irrigado por capilaridade e CE 5 dS m⁻¹.

É possível observar a variação da área foliar ao longo das épocas de avaliação, essa variação ocorre devido a senescência das folhas em seu processo natural de desenvolvimento, alcançando um pico e reduzindo seu valor na maturação. Porém, essa diminuição torna-se acentuada quando em situação de estresse abiótico.

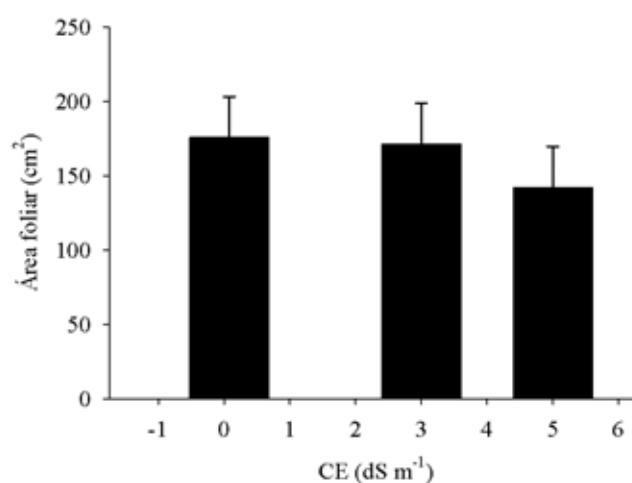
A área foliar média das plantas obtida pelo tratamento -10 kPa apresentou valores superiores em 27,88 e 36,15% às encontradas pelos tratamentos -30 e -60 kPa, respectivamente, aos 75 DAS (Figura 13A). Da mesma forma, aos 90 DAS, apenas os tratamentos em déficit hídrico exerceram influência negativa nesse parâmetro, sendo os valores do tratamento irrigado por capilaridade 27,33 e 29,76% superiores os valores encontrados pelos tratamentos -30 e -60 kPa, respectivamente (Figura 13B).



Barra de erros equivale ao desvio mínimo significativo (DMS).

Figura 13. Área foliar em plantas de tomateiro submetidos a deficiência aos 75(A) e 90(B) DAS.

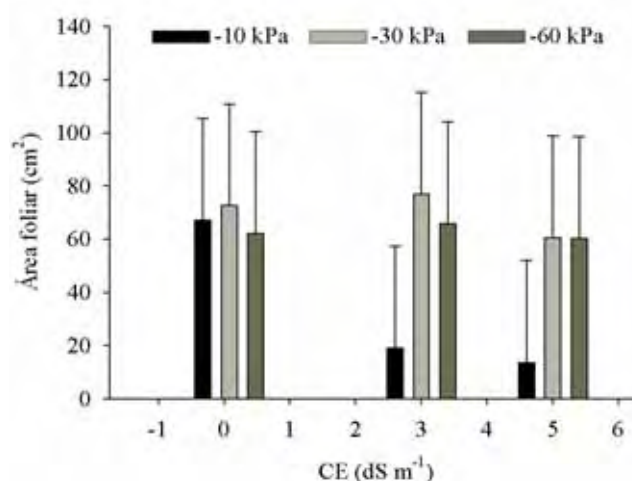
O efeito principal das doses salinas foi significativo aos 105 DAS. Perdas de 19,04 e 16,99 % foram observadas na comparação entre as CE 0,08 e 5 dS m⁻¹, e entre as CE 3 e 5 dS m⁻¹, respectivamente (Figura 14).



Barra de erros equivale ao desvio mínimo significativo(DMS).

Figura 14. Área foliar em plantas de tomateiro submetidos a estresse salino aos 105 DAS.

Ao final das avaliações, os tratamentos de -30 e -60 kPa foram, significativamente, superiores ao tratamento -10 kPa em 76,97 e 71,11 %, respectivamente, para a CE 3 dS m⁻¹. O mesmo ocorre para CE 5 dS m⁻¹, que apresentou valores superiores em 77,32 e 77,44 %, respectivamente, nas comparações entre os tratamentos -30 e - 60 kPa com o tratamento -10 kPa.



Barra de erros equivale ao desvio médio significativo (DMS).

Figura 15. Área foliar em plantas de tomateiro submetidas a estresse hídrico e salino aos 120DAS.

Dentro do tratamento -10 kPa o efeito osmótico diminuiu significativamente a área foliar em 71,65 e 79,60 % na comparação entre as CE 3 e 5 dS m⁻¹ com a CE 0,08 dS m⁻¹.

Lycoskoufis et al. (2012), investigando o impacto da salinidade induzida por altas concentrações de NaCl em plantas de tomate, observou a supressão da área foliar com o incremento da salinidade, devido à queda no número de folhas. Maggio et al. (2007) também chegou à mesma conclusão, com relação aos efeitos do estresse salino em plantas de tomate. Munns (1993), entretanto, relata que a redução da área foliar possa ser devido à redução no tamanho das folhas das plantas, quando expostas a salinidade elevada. Esse efeito é devido à mudança no turgor causada pela elevada pressão osmótica na zona da raízes, assim como por mudanças na permeabilidade das membranas celulares, causadas por íons tóxicos nos espaços internervais e parede celular, que levam a diminuição da divisão celular e diminuição no alongamento celular.

4.6 Teor relativo de água na folha (TRA)

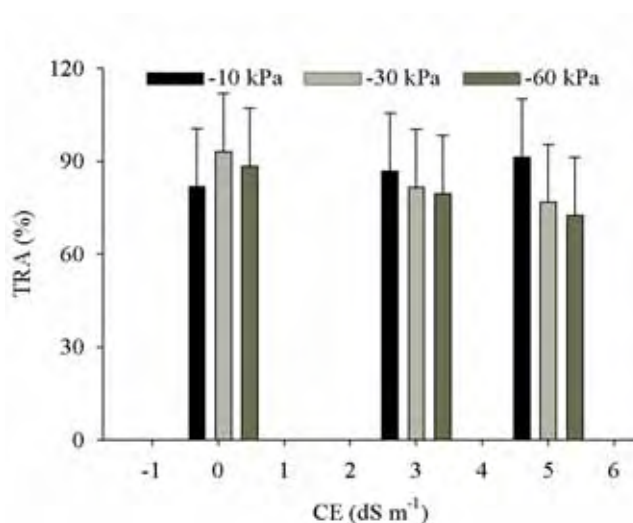
Os efeitos isolados de doses de salinidade e níveis de irrigação, bem como a interação entre eles, não foram significativos pela análise de variância (Tabela 10), aos 90 e 105 DAS. Entretanto, a interação dos fatores osmótico e matricial apresentaram efeito significativo sobre o TRA, aos 120 DAS.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para a variável teor relativo de água em folhas de tomateiro aos 90, 105 e 120 DAS.

Fator de Variação	GL	QM		
		90 DAS	105 DAS	120 DAS
Salinidade (dS m ⁻¹)	2	9,62 ^{ns}	15,50 ^{ns}	135,38 ^{ns}
Irrigação (-kPa)	2	52,35 ^{ns}	35,65 ^{ns}	94,26 ^{ns}
Salinidade x Irrigação	4	15,13 ^{ns}	27,14 ^{ns}	168,69 ^{**}
C. V. (%)		7,12	7,22	7,85

(**) Significativo e (ns) não significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro; C.V. = coeficiente de variação.

Analisando a Figura 16 é possível observar o efeito dos níveis de diferentes níveis de irrigação e doses de salinidade no teor relativo de água nas folhas do tomateiro. Apenas a comparação entre os tratamentos -10 e -60 kPa, em CE 5 dS m⁻¹, apresentou diminuição significativa de 17,94%.



Barra de erros equivale ao desvio mínimo significativo (DMS).

Figura 16. Teor relativo de água na folha em plantas de tomate submetidas ao estresse hídrico e salino aos 120DAS.

Resultados semelhantes foram encontrados por Neocleous e Vasilakakis (2007), Sairam et al. (2002) e Ghoulam et al. (2002), mostrando que o TRA sofre influência direto dos potenciais matriciais e osmóticos. Entretanto alguns autores relatam não haver efeito significativos dos potenciais no conteúdo relativo de água na folha (ERASLAN et al., 2008).

4.7 Número de frutos (NF), peso médio de frutos (PMF) e porcentagem de frutos com podridão apical (PFD)

A interação entre os efeitos dos níveis de irrigação e doses de salinidade foi significativa entre as variáveis número de fruto e porcentagem de frutos com

podridão apical. Os efeitos de níveis de irrigação e doses de salinidade agiram de forma isolada para o peso médio de frutos (Tabela 11).

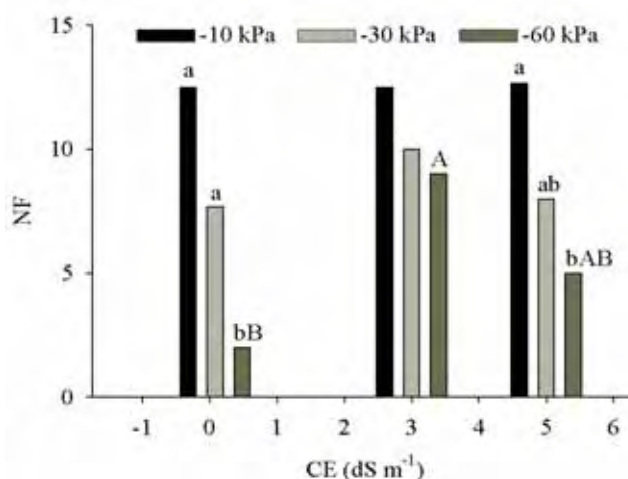
Tabela 11. Resumo da análise de variância para as variáveis número de frutos (NF), peso médio de frutos (PMF) e porcentagem de frutos deficientes (PFD) em plantas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.

Fator de Variação	GL	QM		
		NF ¹	PMF ¹	PFD ¹
Salinidade (dS m ⁻¹)	2	22,23**	323,88**	1.643,07 ^{ns}
Irrigação (-kPa)	2	117,81**	326,23**	2.912,87**
Salinidade x Irrigação	4	9,78**	77,40 ^{ns}	2.286,74**
C. V. (%)		11,97	11,62	19,99

(1) Os dados foram transformados em $\sqrt{x}$;

(**) Significativo e (ns) não significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro; C.V. = coeficiente de variação.

O NF diminuiu significativamente entre os níveis de irrigação, nas CE 0,08 e 5 dS m⁻¹. O tratamento -60 kPa, quando comparado aos tratamentos -30 e -10 kPa, apresentou reduções respectivas de 73,91 e 84%, em CE 0,08 dS m⁻¹, e de 37,5 e 60,53%, em CE 5 dS m⁻¹. Houve diferença de 77,78% entre as CE 3 e 0,08 dS m⁻¹, em -60 kPa (Figura 17).



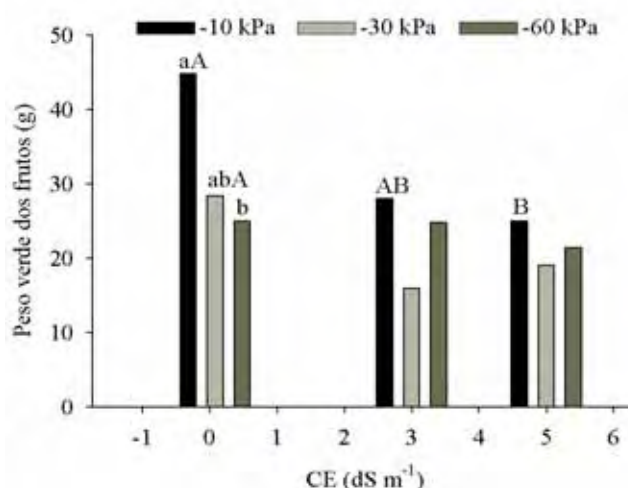
Letras iguais minúsculas, para níveis de irrigação, e letras iguais maiúsculas, para doses de salinidade, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Figura 17. Número médio de frutos em plantas de tomateiro sob estresses hídrico e salino.

Hamdy et. al (2002), avaliando a resposta de tomate de crescimento indeterminado em diferentes solos e águas de diferentes níveis de salinidade, observaram reduções significativas no rendimento de frutos por planta com o incremento da salinidade. O efeito dos níveis de irrigação também contribuiu para o abaixamento no NF, Monte et. al (2009), avaliando o manejo de irrigação em tomate para a região de Seropédica/RJ, observaram que a redução no fornecimento de água às plantas favoreceu a redução no número de frutos e, também, no tamanho desses frutos.

Os déficit hídrico e o estresse salino influenciaram significativamente o peso verde dos frutos. O maior valor, 44,84 g, foi observado no tratamento -10 kPa e CE 0,08 dS m⁻¹. O menor valor, 15,99 g, foi obtido no tratamento -30 kPa e CE 3 dS m⁻¹. Os diferentes manejos de irrigação diferiram significativamente entre si para a CE 0,08 dS m⁻¹, apresentando diminuição em peso de 44,24% na comparação entre os níveis -10 e -60 kPa (Figura 18). 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 da evapotranspiração de 100 para 33%.

A diferença entre as CE 0,08 e 5 dS m⁻¹, 44,12%, foi significativa para o nível de irrigação -10 kPa (Figura 18). Segundo Cuartero e Muñoz (1999), sob salinidade

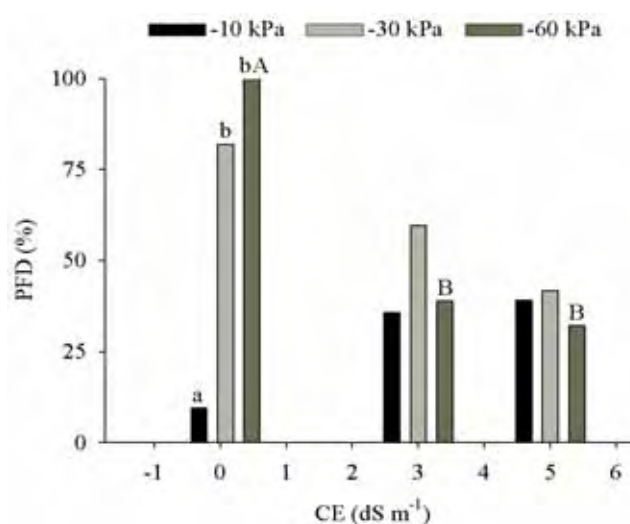


Letras iguais minúsculas, para níveis de irrigação, e letras iguais maiúsculas, para doses de salinidade, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Figura 18. Peso verde de frutos de tomate em condição de deficiência hídrica e doses crescentes de salinidade.

moderada, a redução no rendimento do tomateiro se deve sobretudo à redução no peso médio de frutos. Outras culturas, como o algodão (OLIVEIRA et al., 2012) e a mamona (SILVA et al., 2008), também apresentam redução no peso médio dos frutos como consequência do efeito osmótico ocasionado pela salinidade.

O déficit hídrico afetou significativamente a qualidade dos frutos. O aparecimento de podridão apical foi verificado em todos os tratamentos, sendo o menor valor observado no tratamento -10 kPa para CE 0,08 dS m⁻¹ (9,38%). O maior valor, 100%, ficou para o tratamento -60 kPa com água de CE 0,08 dS m⁻¹. A diferença entre esses tratamentos foi significativa, bem como para a comparação entre o tratamento -10 kPa e -30 kPa na mesma CE, que ficou em torno de 74%. Em média 48% dos frutos apresentaram problemas relacionados a podridão apical (Figura 19).



Letras iguais minúsculas, para níveis de irrigação, e letras iguais maiúsculas, para doses de salinidade, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Figura 19. Porcentagem de frutos deficientes (PFD), podridão apical, em frutos de tomate submetidos ao estresse hídrico e salino.

Há cerca de 106 anos, a podridão apical (PA) do tomate foi identificada como uma desordem fisiológica e há 60 anos é chamada de desordem relacionada à deficiência de cálcio (SURE, 2001). Recentemente, Nonami et al. (1995) propuseram que a PA não é diretamente causada pela deficiência de cálcio mas o resultado da expressão de algum gene em condições de estresse. Dessa forma, Sure (2001) propôs que a anomalia não é

causada por um simples fator, mas por pelo menos dois eventos, em série, como maior suscetibilidade a diversos estresses devido ao aumento na concentração de giberelina, resultando em acentuado decréscimo na concentração de Ca, causando aumento na permeabilidade das membranas celulares e ocorrência de algum estresse acima de determinada intensidade (e. g. déficit hídrico e altas concentrações salinas).

4.8 Prolina

Todos os fatores de variação influenciaram significativamente o teor de prolina em plantas de tomate submetido a estresse hídrico e salino (Tabela 12).

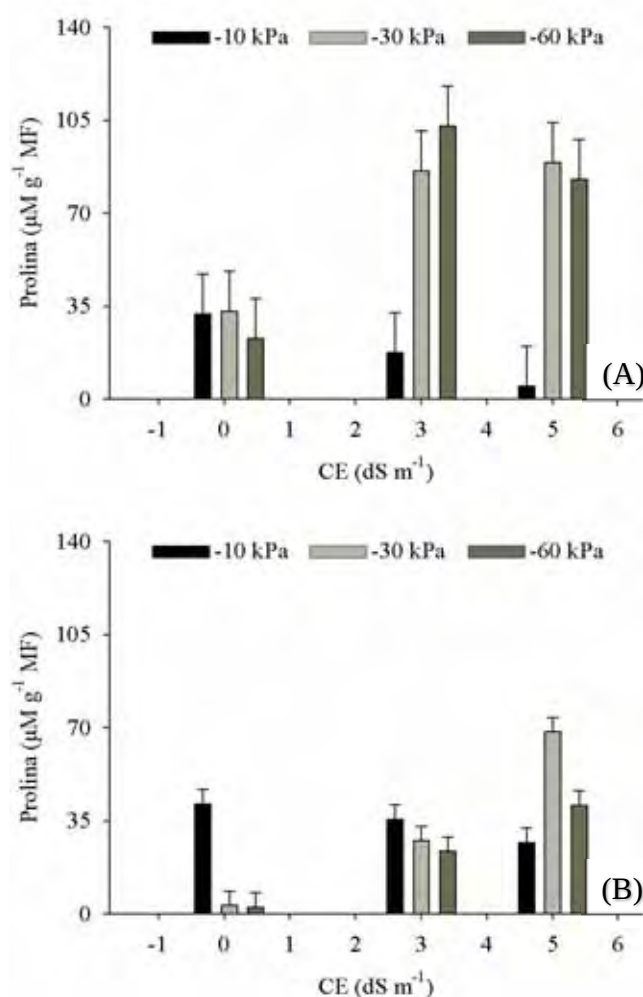
Tabela 12. Resumo da análise de variância para a variável conteúdo de prolina em folhas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.

Fator de Variação	GL	QM	
		75 DAS	120DAS
Salinidade (dS m ⁻¹)	2	3.772,61**	1.989,32**
Irrigação (-kPa)	2	7.878,82**	401,43**
Salinidade x Irrigação	4	2.463,04**	1.264,44**
C. V. (%)		10,07	6,35

(**) Significativo e (ns) não significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro; C.V. = coeficiente de variação.

O efeito da interação, estresse hídrico e salinidade, promoveu incremento na síntese de osmólitos para os tratamentos -30 e -60 kPa, nas CE de 3 e 5 dS m⁻¹, aos 75 DAS. Para a CE 0,08 dS m⁻¹ os diferentes manejos de irrigação não diferiram significativamente entre si, porém para CE 3 dS m⁻¹, os manejos de irrigação -30 e -60 kPa foram superiores ao -10 kPa em 79,74 e 83,07%, respectivamente. De forma semelhante, para CE 5 dS m⁻¹, a comparação entre os mesmos tratamentos foram de 94,11 e 94,52%, respectivamente, ambos resultados foram observados aos 75 DAS (Figura 20A).

Aos 120 DAS, o conteúdo de prolina reduziu substancialmente para a maioria dos tratamentos, com exceção dos tratamentos irrigados a -10 kPa que apresentaram um leve incremento no teor de prolina (Figura 20B).



Barra de erros equivale ao desvio mínimo significativo (DMS).

Figura 20. Conteúdo de prolina em folhas de tomate sob efeito de estresse hídrico e salino, aos 75(A) e 120(B) DAS.

Entre as respostas metabólicas provocadas pela salinidade em vegetais, estão às alterações em enzimas, tais como peroxidases e compostos aminados, como prolina (GIROUSSE et al., 1996). Variações nos níveis de prolina em diversas culturas, como Banana (SILVA JÚNIOR, et al., 2012), Cunchã (MARTINS, 2012), algodão (MENESES, 2006), têm sido correlacionadas com a habilidade para tolerar ou se adaptar às condições salinas e/ou deficiência hídrica. Todavia, o papel da prolina em promover tolerância a esses estresses é discutível. Alguns pesquisadores consideram o acúmulo de prolina como uma mera consequência do estresse, mais do que uma resposta de tolerância (ASHRAF, 1989). Outros,

porém, não observaram qualquer aumento no nível de prolina em condições de estresse hídrico e/ou salino (CHAVAN & KARADGE, 1986), possivelmente devido ao fato de ser uma característica inerente da espécie em ajustar-se às condições adversas.

4.9 Atividade da SOD

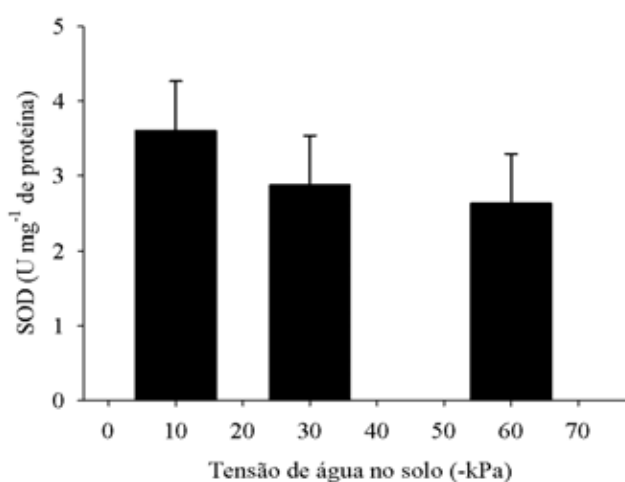
O efeito matricial foi significativo aos 75 DAS, a interação dos efeitos osmótico e matricial na atividade da SOD foi observada aos 120 DAS (Tabela 13).

Tabela 13. Resumo da análise de variância para a variável atividade da enzima SOD em folhas de tomate aos 75, 90, 105 e 120 DAS.

Fator de Variação	GL	QM	
		75 DAS	120DAS
Salinidade (dS m^{-1})	2	0,49 ^{ns}	9,85 ^{**}
Irrigação (-kPa)	2	2,31 ^{**}	0,54 ^{ns}
Salinidade x Irrigação	4	0,25 ^{ns}	15,89 ^{**}
C. V. (%)		18,09	10,66

(**) Significativo e (ns) não significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro; C.V. = coeficiente de variação.

O tratamento -10 kPa apresentou valor da atividade da enzima SOD superior ao dos tratamentos -30 e -60 kPa (Figura 21). Esse valor foi superior em 20,25 e 27%,



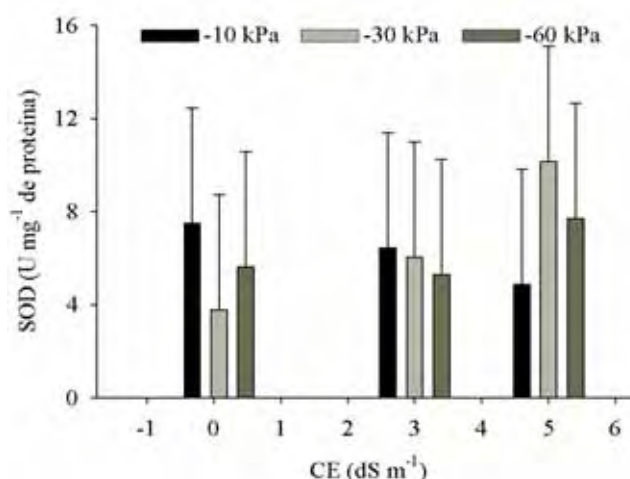
Barra de erros equivale ao desvio mínimo significativo (DMS).

Figura 21. Atividade da SOD em folhas de tomate submetidos a estresse hídrico aos 75 DAS.

respectivamente, para a comparação entre o tratamento -10 kPa e os tratamentos -30 e -60 kPa. Esse resultado não corrobora com o encontrado por Rahman et al. (2002), que observaram aumento significativo na atividade da enzima SOD em plantas de tomate resistentes e não resistentes ao déficit hídrico.

Diferenças significativas foram observadas entre os tratamentos -10 e -30 kPa, em água de CE 5 dS m⁻¹ e entre as CE 3 e 5 dS m⁻¹ para o manejo de irrigação em -30 kPa. Para a primeira situação a diferença entre os tratamentos foi de 52,01% e para a segunda situação a diferença ficou em 62,82% (Figura 22).

Houve uma disposição de aumento na atividade da SOD em função do aumento da salinidade, com exceção do tratamento -10 kPa que apresentou uma diminuição na atividade da SOD com o incremento da salinidade (Figura 22).



Barra de erros equivale ao desvio mínimo significativo (DMS).

Figura 22. Atividade da SOD em folhas de tomate submetidos a estresse hídrico aos 75 DAS.

Esteves e Zuzuki (2008) sugerem que as plantas, quando sujeitas a estresses ambientais (e. g. elevada salinidade, déficit de água), têm o balanço entre a produção de ERO e atividade de antioxidantes aumentada, resultando em prejuízos oxidativos. Plantas com elevados níveis de antioxidantes, constitutivos e induzidos, têm mostrado maior resistência ao estresse oxidativo (WISE; NAYLOR, 1987, SPYCHALLA; DESBOROUGH, 1990). De um modo geral, a atividade das enzimas antioxidativas, como a SOD, aumenta sob estresse salino em plantas (LEE et al., 2001; MITTOVA et al., 2002 e 2003).

4.10 Peroxidase

O efeito da interação entre os fatores doses de salinidade manejo de irrigação foram significativos nas duas avaliações realizadas para atividade da peroxidase (Tabela 14).

Tabela 14. Resumo da análise de variância para a atividade da enzima peroxidase em folhas de tomate aos 75 e 120 DAS.

Fator de Variação	GL	QM ¹	
		75 DAS	120DAS
Salinidade (dS m ⁻¹)	2	1,55**	16,18**
Irrigação (-kPa)	2	7,35**	95,77**
Salinidade x Irrigação	4	8,55**	146,49**
C. V. (%)		8,35	5,14

(1) Valores multiplicados por mil (x1000).

(**) Significativo e (ns) não significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro; C.V. = coeficiente de variação.

A atividade da enzima peroxidase, na primeira avaliação, apresentou diferença significativa entre os tratamentos -10 e -30 kPa, quando irrigados com água de CE 0,08 dS m⁻¹. Para água com CE 5 dS m⁻¹, mostrou diferença significativa entre todos os manejos de irrigação. Em ambos, o tratamento -10 kPa foi superior aos demais manejos. Para água de CE 3 dS m⁻¹ não houve diferença significativa entre os níveis de irrigação adotados. (Figura 23A).

Aos 120 DAS, a atividade da enzima peroxidase aumentou em todos os tratamentos. Nota-se um aumento gradual na atividade dessa enzima quando submetida a estresse hídrico e salino, com exceção do tratamento -10 kPa, que apresentou uma redução na atividade da enzima com o incremento da salinidade. O valor máximo obtido para essa variável foi de 10,91 µKat µg proteína⁻¹, para o tratamento -10 kPa em água de CE 5 dS m⁻¹ (aos 75 DAS), e de 40,38 µKat µg proteína⁻¹, para o tratamento -30 kPa em água de CE 5 dS m⁻¹ (aos 120 DAS).

A alta atividade da enzima em plantas submetidas a estresses, pode indicar a habilidade de certos genótipos em degradar substâncias tóxicas, como radicais livres (peróxidos) liberados nestas condições (SUBASHINI; REDDY, 1990).

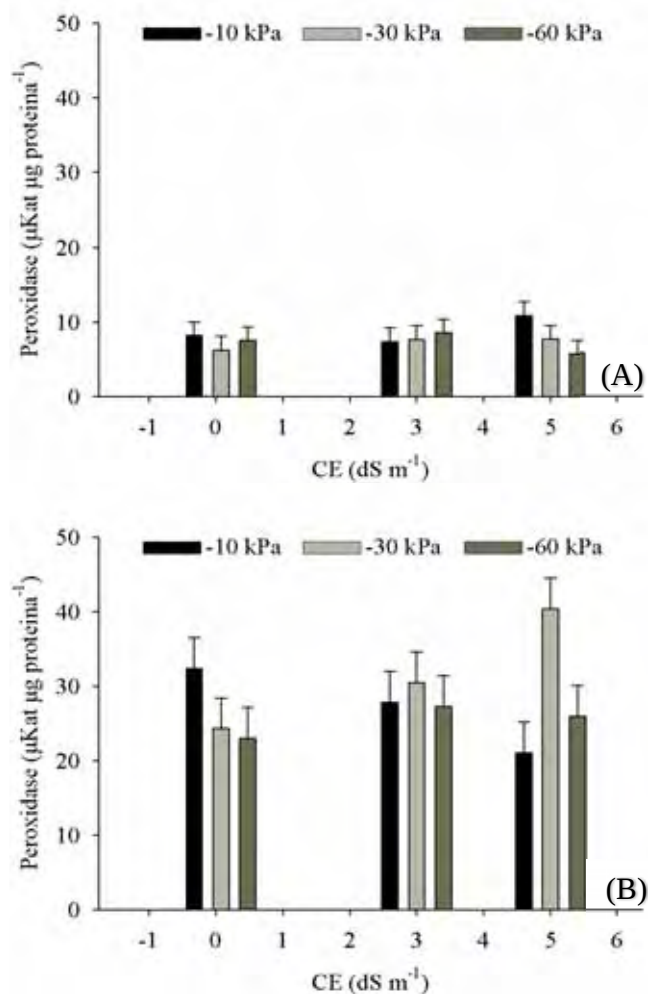


Figura 23. Atividade da enzima peroxidase em folhas de tomate submetidas a estresse hídrico e salino aos 75(A) e 120(B) DAS.

A variação na atividade da peroxidase pode ser uma adaptação útil do vegetal sob efeito da salinidade, podendo este apresentar efeitos fisiológicos, como diminuição do crescimento (DHINDSA; MATAWE, 1981).

5 CONCLUSÕES

Os estresses provocados pela salinidade e/ou pelo déficit hídrico foram efetivos na redução da maioria dos parâmetros avaliados, os efeitos deletérios à planta foram mais pronunciados para as variáveis número de frutos, área foliar, porcentagem de frutos com podridão apical, fitomassas verde e seca, e diâmetro.

A osmoproteção, para ajustamento osmótico, pelo acúmulo de prolina, foi o primeiro mecanismo bioquímico adotado pela cultura nos primeiros quinze dias de exposição aos estresses hídrico e salino. Em seguida foram acionados os mecanismos enzimáticos, para eliminação das espécies reativas de oxigênio.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIROLDI, R. P. S.; TEIXEIRA, M. B.; BOTREL, T. A.; COELHO, R. D. Água limpa. **Cultivar máquinas**, Pelotas, v.3, n.39, p.14-19, Mar. 2005.

ALLAKHVERDIEV, S.I.; SAKAMOTO, A.; NISHIYAMA, Y.; INABA, M. & MURATA, N. Ionic and osmotic effects of NaCl: induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. **Plant Physiology**, v. 123, n. 3, p. 1047–1056, Jul, 2000.

ALVARENGA, M. A. R. **Cultura do tomateiro**. Lavras: UFLA, 2000. 91 p.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. 1 ed. Lavras: UFLA, 2004. 340 p.

AMORIM, J. R. A. DE; RESENDE, R. S.; HOLANDA, J. S. DE; FERNANDES, P. D. Qualidade da água na agricultura irrigada. In: ALBUQUERQUE, P. E. P. DE; DURÃES, F. O. M. (ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 255-316.

ANDRADE, D. E. G. T. de; SOUZA, L. T.; ASSIS, T. C. Murcha-de-fusário: importante doença do tomateiro no Estado de Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v. 6, p. 243-263, 2009.

ANDREI, E. (Coord). **Compêndio de defensivos agrícolas**. São Paulo, v.6, 1997. 458p.

ASHRAF, M. The effects of NaCl on water relations, chlorophyll and protein and proline contents of two cultivars of blackgram (*Vigna mungo* L.). **Plant and Soil**, Dordrecht, v.119, p. 205-210, 1989.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade de água na agricultura**. 2 ed. Campina Grande: UFPB, 1991, 153 p.

BANDEIRA G. R. L.; PINTO, H. C. S.; MAGALHÃES, P. S.; ARAGÃO, C. A.; QUEIROZ, S. O. P.; SOUZA, E. R.; SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Vitoria da Conquista, v. 29, n. 2, p. 237-241, Jun. 2011.

BATES, L. S.; WALDERN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**. v. 39, p. 205-207, 1973.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: Noções básicas. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV, 1996. 596 p.

BERTELI, F.; CORRALES, E.; GUERRERO, C.; ARIZA, M.J.; PILEGO, F.; VALPUESTA, V. Salt stress increases ferredoxin-dependent glutamate synthase activity and protein level in the leaves of tomato. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 93, n. 2, p. 259-264, 1995.

BIRHANU, K; TILAHUN, K. Fruit yield and quality of drip-irrigated tomato under deficit irrigation. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, Africa, v. 10, n.2, p. 2139-2151, fev. 2010.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: III. Produção e qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, Campina Grande, Mar./Abr., 2008.

BLUM, A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potencial – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? **Australian Journal of Agricultural Research**, Australia, v. 56, p. 1159-1168, 2005.

BOWLER, C.; VAN MONTAGU, M.; INZÉ, D. Superoxide dismutase and stress tolerance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 43, p. 83-116, 1992.

BOYER, J. S. Water deficits and photosynthesis. In: KOSLOWSKI T. T. **Water deficits and plant growth**. 2 ed. New York: Academic Press, 1978. p. 153-190.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. **Analitical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BREUSEGEM, F.V.; VRANOVÁ, E.; DAT, J.F.; INZÉ, D. The role of active oxygen species in plant signal transduction. **Plant Science**, v. 161, p. 405-414, 2001.

CAIRO, P.A.R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquitas: UESB, p. 31, 1995.

CÂMARA, T.R.; WILLADINO, L.; TORNÉ, J.M.; RODRIGUEZ, P.; SANTOS, M.A. Efeito da putrescina e do estresse salino em calos de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 10, n. 2, p. 153-156, 1998.

CARCELLER, M.; PRYSTUPA, P.; LEMCOFF, J. H. Remobilization of proline and other nitrogen compounds from senescing leaves of maize under water stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 183, p. 61-66, 1999

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, jun. 2007.

CAVALCANTE, L. F. Água para agricultura. In: CAVALCANTE, L. F. **O maracujazeiro amarelo e a salinidade**. 1 Ed. Areia: UFPB, 2012. p. 1-15.

CHAVAN, P. D.; KARADGE, B. A. Growth, mineral nutrition, organic constituents and rate of photosynthesis in *Sesbania grandiflora* L. grown under saline conditions. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.93, p.395-404, 1986.

CORDEIRO, G. G. **Qualidade da água para fins de irrigação**: Conceitos básicos e práticos. 1 ed. Petrolina: EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 2001. 32p.

CRAMER, G.R.; EPSTEIN, E.; LAÜCHLI, A. Effects of sodium, potassium and calcium on salt-stressed barley. II. Elemental analysis. **Physiologia Plantarum**, v. 81, p. 197-202, 1991.

CUARTERO, J.; MUÑOZ, R. F. Tomato and salinity. **Scientia Horticulturae**, v.78, p.83-125, 1999.

CUNHA, R. A.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, v. 14, n. 1, p 1-11, 2009.

DEL LONGO, O.T.; GONZÁLES, C.A.; PASTORI, G.M.; TRIPPI, V.S. Antioxidant defenses under hyperoxygenic and hyperosmotic conditions in leaves of two lines of maize with differential sensitivity to drought. **Plant Cell Physiology**, v.34, p.1023-1028, 1993.

DHINDSA, R.S.; MATAWE, W. Drought tolerance in two mosses correlated with difference against lipid peroxidation. **Journal of Experimental Botany**, v.32, p.19-21, 1981.

DONEEN, L. D. Water quality for irrigated agriculture. In: POLJAKOFF-MAYBER, A.; GALE, J. **Plants in saline environments**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. p.56-76.

ÉAUX, B; TOLEDANO, M.B. Ros as signalling molecules: mechanisms that generate specificity in ROS homeostasis. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 8, p. 813-824, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasilienses**, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.

ERASLAN, F.; GÜNES, A.; INAL, A.; ÇIÇEK, N.; ALPASLAN, M. Comparative physiological and growth responses of tomato and pepper plants to fertilizer induced salinity and salt stress under greenhouse conditions. **International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology**, p. 687-696, 2008.

FAO. **Faostat**. Disponível em: <faostat.fao.org>. Acesso em: 23 out. 2012.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2003. p.193-214.

FOREMAN, J; DEMIDCHIK, V; BOTHWELL, J.H.F; MYLONA, P; MIEDEMA, H; TORRES, M.A, et al. Reactive oxygen species produced by NADPH oxidase regulate plant cell growth. **Nature**; v. 6, p. 422-442, 2003.

GADJEV, I.; VANDERAUWERA, S.; GECHEV, T.S.; LALOI, C.; MINKOV, I.N.; SHULAEV, V.; APEL, K.; INZE, D.; MITTLER, R.; BREUSEGEM, F.V. Transcriptomic Footprints Disclose Specificity of Reactive Oxygen Species Signaling in Arabidopsis. **Plant Physiology**, v. 141, p. 436-445, 2006.

GHOULAM, C.; FOURSRY, A.; FARES, K. Effects of salt stress on growth inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. **Environmental and Experimental Botany**, v. 47, n. 1, p. 39-50, 2002.

GIANNOPOLITIS, C.N.; RIES, S.K. Superoxide dismutases: I- Occurrence in higher plants. **Physiologia Plantarum**, v.59, p.309-314, 1977.

GIROUSSE, C.; BOURNOVILLE, R.; BONNEMAIN, J. L. Water deficit-induced changes in concentrations in proline and some other amino acids in the phloem sap of alfafa. **Plant Physiology**, Rockville, v. 111, p. 109-113, 1996.

GOMES, J. W. S.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; BLANCO, F. F.; SOUSA NETO, O. N. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 850-856, out-dez, 2011.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 31, p. 149-190, 1980.

HAMDY, A.; KATERJI, N.; MASTRORILLI, M.; van HOORN, I. W. Response of tomatoes, a crop of indeterminate growth, to soil salinity. In: KATERJI, N.; HAMDY, A.; van HOORN, I. W.; MASTRORILLI, M. **Mediterranean crop responses to water and soil salinity**: Eco-physiological and agronomic analyses. Bari: CIHEAM, 2002. P. 119-132 (Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches; n. 36)

HARBORNE, J. B. Biochemical plant ecology. In P. M. Dey, and J. B. Harborne (eds.) **Plant Biochemistry**. Academic Press, San Diego, CA, p. 501-516, 1997.

HARE, P. D.; CRESS, W. A. Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 21, p. 79-102, 1997.

HAYAKAWA, T.; KANEMATSU, S.; ASADA, K. Occurrence of Cu-Zn-superoxide dismutase in the intrathylakoid space of spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiol.**, v. 25, p. 883-9, 1984.

HEUER, B. Osmoregulatory role of proline in water and salt stress plants. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker, cap. 17, p. 363-38, 1994.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p. 43-61.

HUBER, W.; KREUTMAIER, F.; SANKHLA, N. Eco-physiological studies on Indian arid zone plants: VI. Effect of NaCl and ABA on amino-acid and protein metabolism in leaves of *Phaseolus aconitifolius*. **Zeitschrift fur Pflanzenzuchtung**, v. 81, p. 234-247, 1977.

IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 23 out. 2012.

JENNIFER, M. M.; GREENBERG, J. T. Free Radicals and Oxidative Stress. In: LARRY NOODEN (ed.) **Plant Cell Death Processes**, Elsevier, Inc. p. 203-214, 2004.

KLAR, A.E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1988. 408p.

KUMAR, A.; SINGH, D. P. Use of physiological indices as a screening technique for drought to tolerance in oilseed. Brassica species. **Annals of Botany**, London, v. 81, s.n., p. 413-420, 1998.

LANGDALE, G.W.; THOMS, J.R.; LITTLETON, T.G. Nitrogen metabolism of stargrass as affected by nitrogen and salinity. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, n. 3, p. 468-470, 1973.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, p. 531, 2006.

LAZCANO-FERRAT, I.; LOVATT, C. J. Relationship between relative water content, nitrogen pools, and growth of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. acutifolius* A. Gray during water deficit. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 467-475, 1999.

LEE, D. H.; KIM, Y.S.; LEE, C. B. 2001. The inductive responses of the antioxidant enzymes by salt stress in the rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 158, p. 737-745.

LIU, J.; ZHU, J.K. Proline accumulation and salt-stress-induced gene expression in a salt hypersensitive mutant of arabidopsis. **Plant Physiology**, Rockville, v. 114, n. 2, p. 591-596, 1997.

LUDLOW, M. M.; POWLES, S. B. Effects of photoinhibition induced by water stress on growth and yield of grain sorghum. **Journal of Plant Physiology**, Australia, v. 15, p. 179-194, 1988.

LYCOSKOUFIS, I.; MAVROGIANOPOULOS, G.; SAVVAS, D.; NTATSI, G. Impact of salinity induced by high concentration of NaCl or by high concentration of nutrients on tomato plants. **Acta Horticulturae**, v. 952, p. 689-696, 2012.

MACÊDO, L. S. **Lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade de frutos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) em ambiente protegido**. UFLA, Lavras, 2002. 134p. (Tese doutorado).

MADAN, S.; NAINAWATEE, H. S.; JAIN, R. K.; CHOWDHURY, J. B. Proline and proline metabolizing enzymes in in-vitro selected NaCl-tolerant *Brassica juncea* L. under salt stress. **Annals of Botany**, London, v. 76, p. 51-57, 1995.

MAGGIO, A.; RAIMONDI, G.; MARTINO, A.; DE PASCALE, S. Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, p. 276-282, 2007.

MALHEIROS, S. M. M.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, P. R. F.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; SANTOS, A. N. Cultivo hidropônico de tomate cereja utilizando-se efluente tratado de uma indústria de sorvete. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.10, p. 1085-1092, 2012.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. da; SILVA, W. L. de C. e. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 24 p.

MARTINS, S. S.; PEREIRA, M. C.; LIMA, M. A. G.; QUEIROZ, A. A.; SILVA, S. A. B.; MISTURA, C.; RODRIGUES, J. D.; ORIKA ONO, E. Morfofisiologia da cunhã cultivada sob estresse salino. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 1, p. 13-24, jan/mar, 2012.

MELANDER, W; HORVATH, C. Salt effects on hydrophobic interactions in precipitation and chromatography of proteins: an interpretation of lyotropic series. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 183, p. 200-215, 1977.

MENESES, C. H. S. G.; LIMA, L. H. G. M.; LIMA, M. M. A.; VIDAL, M. S. Aspectos genéticos e moleculares de plantas submetidas ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 10, n. 1/2, p. 1039-1072, jan./ago., 2006.

MITCHEL, J. P.; SHENNAN, C.; GRATAN, S. R.; MAY, D. M. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 116, n. 2, p. 215-221, 1991.

MITTOVA, V.; TAL, M.; VOLOKITA, M.; GUY, M. Salt stress induces up-regulation of an efficient chloroplast antioxidant system in the salt-tolerant wild tomato species *Lycopersicon pennellii* but not in the cultivated species. **Physiologia Plantarum**, v. 115, p. 393-400, 2002.

MITTOVA, V.; TAL, M.; VOLOKITA, M.; GUY, M. Up-regulation of the leaf mitochondrial and peroxisomal antioxidative systems in response to salt-induced oxidative stress in the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. **Plant, Cell and Environment**, v. 26, p. 845-856, 2003.

MONTE, J. A.; PACHECO, A. S.; CARVALHO, D. F.; PIMENTEL, C. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 222-227, 2009.

MUNNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. **Plant, Cell and Environment**, v. 16, p. 15–24, 1993.

NEOCLEOUS, D.; VASILAKAKIS, M. Effect of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idoeus* L. Autumn Bliss). **Scientia Horticulturae**, v. 112, p. 282–289, 2007.

NAJLA, S.; VERCAMBRE, G.; PAGÈS, L.; GRASSELLY, D.; GAUTIER, H.; GÉNARD, M. Effect of salinity on tomato plant architecture. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 801, p. 1183-1190, 2007.

NONAMI, H.T.; FUKUYAMA, T.; YAMAMOTO, M.; LANG, L.; HASHIMOTO, Y.; ITO, T.; TOGNONI, F.; NAMIKI, T.; NUKAYA, A.; MARUO, T. Blossom-end rot of tomato plants may not be directly caused by calcium deficiency. **Acta Horticulturae**, n. 396, p. 107-114. 1995.

OLIVEIRA, B. C.; CARDOSO, M. A. A.; OLIVEIRA, J. C.; OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, L. F. Características produtivas do tomateiro submetido a diferentes níveis de sais, na água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.11–16, 2007.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. R. A.; FREIRE, A. G.; SOARES, L. C. S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 279-287, 2012.

PEIXOTO, H. P. P.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANA, R.; MOSQUIM, P. R.; MOREIRA, A. M. Aluminium effects on lipid peroxidation and the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v. 11, n. 3, p. 137-143, 1999.

PERALTA, I. E.; SPOONER, D. M. **Classification of wild tomatoes: a review**. Kurtziana, Córdoba, v. 28, n.1, p.45-54, 2000.

PIMENTEL, C. Respostas da planta à seca. In: PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: EDUR, 2004. p. 116-140.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

RAHMAN, S. M. L.; MACKAY, W. A.; QUEBEDEAUX, B.; NAWATA, E.; SAKURATANI, T.; UDDIN, A. S. M. M. Superoxide dismutase activity, leaf water potential, relative water content, growth and yield of a drought-tolerant and a drought-sensitive tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.) cultivars. **Subtropical Plant Science**, v. 54, p. 16-22, 2002.

REIS, L. S. **Balanço de energia e evapotranspiração do tomateiro em ambiente protegido**. 2006. 123 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campo Grande, Campo Grande, 2006.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHAL, A. M. **The use of saline water for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133p.

RICHARDS, L. A. Pressure-membrane apparatus, construction and use. **Agronomy Engineering**, Madison, n. 28, p. 451-454, 1947.

RODRÍGUEZ, H. G.; ROBERTS, J. K. M.; JORDAN, W. R.; DREW, M. C. Growth, water relation, and accumulation of organic and inorganic solutes in roots of maize seedlings during salt stress. **Plant Physiology**, Rockville, v. 113, n. 3, p. 881-893, 1997

SAIRAM, R. K.; ROA, K. V.; SRIVASTAVA, G. C. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. **Plant Science**, v. 163, p. 1037-1046, 2002.

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

SAS Institute Inc. 2008. **SAS/STAT® 9.2 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc, 2008. 584 p.

SAURE, M. C. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) – a calcium or a stress-related disorder? **Scientia Horticulturae**, v. 90, p. 193-208. 2001.

SCANDALIOS, J.G. Oxygen stress and superoxide dismutases. **Plant Physiology**, v. 101, p. 7-12, 1993.

SHAALTIEL, Y.; GRESSEL, J. Multienzyme oxygen radical detoxifying system correlated with paraquat resistance in *Coryza bonariensis*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 26, p. 22-8, 1986.

SHEVYAKOVA, N. I. Metabolism and the physiological role of proline in plants under conditions of water and salt stress. **Soviet Plant Physiology**, New York, v. 30, p. 597- 608, 1984.

SILVA JÚNIOR, G. S.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. G.; MARTINS, L. S. S.; SILVA, L. E. Parâmetros biométricos, nutricionais e bioquímicos em cultivares e somaclones de bananeira submetidos à salinidade. **Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**, v. 4, n. 1, jul., 2012.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L. S.; SOARES, F. A. L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 335-342, 2008.

SINGH-SANGWAN, N.; FAROOQI, A. H. A.; SINGHSANGWAN, R. Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. **New Phytol.**, Cambridge, v.128, s.n., p. 173-179, 1994.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; ARAÚJO, T. T. SILVA SÁ, F. V. Taxas de crescimento do tomateiro sob lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v. 6, n. 2, p. 210-217, abril/junho, 2011.

SOLOMON, A.; BEER, S.; WAISEL, G.; JONES, P.; PALEG, L.G. Effects of NaCl on the carboxylating activity of Rubisco from *Tamarix jordanis* in the presence and absence of proline-related compatible solutes. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 90, n. 1, p. 198-204, 1994.

SPYCHALLA, J.P.; DESBOROUGH, S.L. Superoxide dismutase, catalase, and alpha-tocopherol content of stored potato tubers. **Plant Physiology**, v. 94, p.1214-1218, 1990.

STEPONKUS, P. L. Cold acclimation and freezing injury from a perspective of the plasma membrane. In: KATTERMAN, F. (Ed.). **Environmental injury to plants**. London: Academic Press Inc. cap. 1, p.1-15, 1990.

SUBASHINI, K.; REDDY, G.M. Effect of salt stress on enzyme activities on callus culture of tolerant and susceptible rice cultivars. **Indian Journal of Experimental Biology**, v.28, p.277-279, 1990.

TAYLOR, C. B. Proline and water deficit: ups, downs, ins, and outs. **Plant Cell**, Rockville, v. 8, p. 1221-1224, 1996.

TORRELO, W.A.; RICE, L.A. Effects of NaCl stress on proline and cation accumulation in salt sensitive and tolerant turfgrasses. **Plant and Soil**, v. 93, p. 241-247, 1986.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p. 183-184.

VIANA, T. V. A.; BASTOS, E. A.; ALVES, D. R. B.; FOLEGATTI, M. V. Algoritmo da classificação climática de Köppen. In: Congresso Brasileiro de agrometeorologia, 10, 1997, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. P. 255-259;

WANG, Y.; NIL, N. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 75, p. 623-627, 2000.

WISE, R.R.; NAYLOR, A.W. Chilling-enhanced photooxidation: evidence for the role of singlet oxygen and endogenous antioxidants. **Plant Physiology**, v. 83, p. 278-282, 1987.

ZHU, J.K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review Plant Biology**, v. 53, p. 247-273, 2002.