

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**EFEITO DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA NA PRODUÇÃO DE
TOMATE**

CARLOS EDUARDO DA SILVA OLIVEIRA

CASSILÂNDIA – MS
FEVEREIRO/2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**EFEITO DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA NA PRODUÇÃO DE
TOMATE**

CARLOS EDUARDO DA SILVA OLIVEIRA

Orientador: Prof. Dr. Tiago Zoz

Co-orientador: Prof. Dr. Travis Wilson Witt

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura.

CASSILÂNDIA – MS

FEVEREIRO/2020

O46e Oliveira, Carlos Eduardo da Silva
Efeito da irrigação com água salina na produção de
tomate/ Carlos Eduardo da Silva Oliveira. – Cassilândia, MS:
UEMS, 2020.
54p.

Dissertação (Mestrado) – Agronomia – Universidade
Estadual de Mato Grosso do Sul, 2020.
Orientador: Prof. Dr. Tiago Zoz.

1. Salinidade 2. Produção de tomate 3. Potencial osmótico
I. Zoz, Tiago II. Título

CDD 23. ed. - 631.587



Governo do Estado de Mato Grosso do Sul
Fundação Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
PROPP - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
UEMS - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - Sede Dourados
UUCass - Unidade Universitária de Cassilândia
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
PGAC - Área de Concentração em Sustentabilidade na Agricultura



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: EFEITO DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA NA PRODUÇÃO DE TOMATE

AUTOR(A): CARLOS EDUARDO DA SILVA OLIVEIRA

ORIENTADOR(A): TIAGO ZOZ

CO-ORIENTADOR(A): TRAVIS WILSON WITT

Aprovado como parte das exigências para obtenção de MESTRE EM AGRONOMIA, Área de concentração: "**Sustentabilidade na Agricultura**", pela Comissão Examinadora

Prof. Dr. Tiago Zoz
Orientador(a)

Prof. Dr. Denise Renata Pedrinho - Participação via web confência

Prof. Dr. Eduardo Pradi Vendruscolo

Data da realização: 22 de fevereiro de 2020.

“Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais. Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos. Melhor é errar por tentar do que errar por omitir.”

Augusto Cury.

A minha esposa, Ágatha.
Aos meus pais, José Carlos e Isabel.
A minha irmã, Carla Beatriz
A minha sobrinha Isabela
Ao meu avô José Rodrigues

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar à frente em todos os projetos e planos da minha vida.

A minha esposa Ágatha Ferreira da Costa, por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis desta caminhada e nos mais felizes, me auxiliando em diversas atividades.

A minha mãe Isabel Aparecida da Silva Oliveira, ao meu pai José Carlos de Oliveira e a minha irmã Carla Beatriz de Oliveira Silva, por me apoiarem em todos os momentos.

A minha sobrinha Isabela de Oliveira Silva, que contribuiu com um ganho emocional trazendo felicidade em momentos ruins, pela sua simplicidade e amorosidade.

Ao Dr. Tiago Zoz, pela orientação, pelos conhecimentos transmitidos e pelo estímulo e confiança que depositou em meu trabalho durante esta trajetória, estando sempre disponível, e pelo grande apanhado de conhecimento transmitido sobre melhoramento genético de plantas.

Ao Dr. Cássio Seron e a Dra. Fabiana Rando pelas contribuições técnicas e científicas durante o desenvolvimento dos ensaios.

Ao Dr. Eduardo Pradi Vendruscolo pelas contribuições técnicas e científicas ao decorrer da execução da dissertação.

Aos discentes de graduação e futuros colegas de profissão Rafael, Lucas, Ricardo, Izadora e Kelly, por contribuírem na condução dos ensaios.

A todo o corpo docente do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Sustentabilidade na Agricultura) da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia.

A todos os técnicos e funcionários que contribuíram diretamente com minha jornada ao decorrer do curso.

A todos meus familiares que estiveram sempre me auxiliando psicologicamente e emocionalmente, para que chegasse ao findar desta pós-graduação. Gostaria de dar ênfase para aqueles que me auxiliaram de forma direta sendo: meu avô José e minha avó Pedralina (*in memória*), minha tia Neusa Barbosa, meu primo Mauro Junior.

E a todos os mestrandos da pós-graduação em agronomia (sustentabilidade na agricultura), que me acompanharam por estes dois anos, nos dias bons e ruins, com ênfase para (Mennes, Josiane, Mariana e Camila).

Ao meu colega de profissão, engenheiro agrônomo Cláudio Gladenucci, por sua contribuição técnica em produção de tomate nos mais diversos ambientes de produção brasileiro.

As empresas que financiaram a pesquisa, de forma financeira (Agriscience consultoria e pesquisa agrícola e pecuária) e em forma de doações de sementes (Hazera Seeds Brasil, Basf – Nunhems, Agristar – TopSeed e Feltrin Sementes).

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE FIGURAS	11
CAPITULO 1. EFEITO DA ÁGUA SALINA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATE	15
1.1 INTRODUÇÃO	16
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	17
<i>1.2.1 Caracterização experimental</i>	17
<i>1.2.2 Tratamentos e delineamento experimental</i>	17
<i>1.2.3 Avaliações</i>	18
<i>1.2.4 Índices de tolerância a salinidade</i>	18
<i>1.2.5 Análise estatística</i>	19
1.3 RESULTADOS	19
<i>1.3.1 Salinidade na produção de mudas</i>	19
<i>1.3.2 Efeito do genótipo na produção de mudas irrigados com água salina</i>	22
1.4 DISCUSSÃO	23
1.5 CONCLUSÕES	25
1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPITULO 2. PRODUÇÃO E DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE CULTIVARES DE TOMATE IRRIGADOS COM ÁGUA SALINA	29
2.1 INTRODUÇÃO	30
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	32
<i>2.2.1. Caracterização e condução experimental</i>	32
<i>2.2.2 Tratamentos e delineamento experimental</i>	34
<i>2.2.3 Avaliações</i>	35
<i>2.2.5. Análise estatística e multivariada</i>	35
2.3 RESULTADOS	38
<i>2.3.1. Produção de tomate irrigados com água salina</i>	38
<i>2.3.2. Qualidade de frutos de tomate irrigados com água salina</i>	42
<i>2.3.3 Divergência genética das cultivares de tomate submetidos ao nível moderado de salinidade da água de irrigação</i>	46
2.4 DISCUSSÃO	48

2.5 CONCLUSÕES	51
2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Efeito de diferentes cultivares na altura de plântulas (ALT), massa seca das raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) de mudas de três genótipos tomate, Cassilândia-MS, 2019.....	22
Tabela 2. Efeito de diferentes cultivares no tempo médio de emergência (TME), índice de velocidade de emergência (IVE), índice de vigor de comprimento (IVC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de três genótipos de tomate, Cassilândia-MS, 2019.....	23
Tabela 3. Resumo da análise de variância para diâmetro transversal do fruto (DIAMT), diâmetro longitudinal do fruto (DIAML), número de frutos por cacho (NFRUTOS), peso médio dos frutos por planta (PESOF), altura de plantas (ALT) e produtividade de frutos (PROD) de 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com água salina, Cassilândia-MS, 2019.....	39
Tabela 4. Diâmetro transversal dos frutos, diâmetro longitudinal dos frutos e altura de plantas de 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com água salina, Cassilândia-MS, 2019.....	39
Tabela 5. Número de frutos por cacho das 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.....	40
Tabela 6. Peso fresco médio dos frutos de 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.....	41
Tabela 7. Produtividade de frutos de tomate de 12 cultivares submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.....	42
Tabela 8. Resumo da análise de variância para vitamina C (VITC), pH (pH), acidez total titulável (ACIDEZT) e grau brix (BRIX) de 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com água salina, Cassilândia-MS, 2019.....	43
Tabela 9. Vitamina C dos frutos de tomate maduro de 12 cultivares submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.....	43
Tabela 10. Sólidos solúveis dos frutos de tomate dos 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.....	44
Tabela 11. pH da polpa dos frutos de tomate dos 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.....	45
Tabela 12. Acidez total titulável de polpa dos frutos de tomate de 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.....	45

Tabela 13. Variância de cada componente principal e sua importância em relação à variância total.46

Tabela 14. Variância de cada componente principal e sua importância em relação à variância total.47

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Índice de velocidade de emergência (A) índice de qualidade de Dickson (B), índice de vigor de comprimento(C) e porcentagem de emergência de plântulas de tomate cultivadas sob irrigação com água salina, Cassilândia-MS, 2019..... 20
- Figura 2.** . Massa seca da parte aérea (A), massa seca total (B), massa seca das raízes (C) e altura de plântulas de tomate cultivadas sob irrigação com água salina, Cassilândia-MS, 2019 21
- Figura 3.** Efeito da irrigação salina no desenvolvimento das mudas de tomate, Cassilândia – MS, 2019. 22
- Figura 4.** Dispersão gráfica dos escores de doze cultivares de tomate em relação aos componentes principais 1 e 2 em condições de irrigação moderada de salinidade na produção. 47
- Figura 5.** Dispersão gráfica dos escores de doze cultivares de tomate em relação aos componentes principais 1 e 2 em condições de irrigação severa de salinidade na produção. . 48

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

CE	condutividade elétrica
CEa	condutividade elétrica da gua
CE50	condutividade elétrica que reduz 50 % do rendimento relativo
CTC	capacidade de troca de cátions
ITE	ndice de tolerância de estresse
*	significativa a 5% de probabilidade
**	significativa a 1% de probabilidade
%	porcentagem
C	graus Celsius
Brix	graus Brix
h ²	herdabilidade
CVe	coeficiente de variação experimental
CVg	coeficiente de variação genética
ITE	ndice de tolerância ao estresse
ERO	espécies reativas de oxignio
UR	umidade relativa do ar
MaxT	temperatura máxima
MedT	temperatura média
MinT	temperatura mínima

INTRODUÇÃO GERAL

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das principais hortaliças produzidas no Brasil e no mundo. Em 2018, 4,08 milhões de toneladas de tomate foram produzidas no Brasil em uma área de aproximadamente 59,7 mil hectares, o que representou uma produtividade média de 68,3 Mg ha⁻¹ (IBGE, 2019). No entanto, a rentabilidade da produção de tomate em muitas áreas do Brasil tem sido frequentemente limitada devido ao excesso de sais dissolvidos na solução do solo ou na água de irrigação (Medeiros et al., 2012).

A salinidade tem sido apontada como um dos estresses abióticos que mais limitam o crescimento das plantas e a produtividade de frutos de tomate, especialmente em áreas de cultivo protegido (Guedes et al., 2015). Portanto, a qualidade da água utilizada para irrigação deve merecer maior atenção em condições de cultivo protegido. Isso porque nestas condições de cultivo não há a lixiviação dos sais do solo pela água das chuvas como ocorre naturalmente nas áreas de produção em campo aberto. Guedes et al. (2015) reportaram que a qualidade da água utilizada para a irrigação é fator primordial para que as plantas possam expressar seu máximo desenvolvimento e potencial de produção. Neste contexto, verifica-se que nível de sal solúvel na água de irrigação deve ser, preferencialmente, inferior a 0,75 dS m⁻¹ para a produção de mudas e inferior a 1,5 dS m⁻¹ para a produção de hortaliças em cultivo protegido (Nikolaou et al., 2019).

O excesso de sais na solução do solo altera a capacidade das plantas em absorver, transportar e utilizar os nutrientes necessários para o seu crescimento e desenvolvimento (Safdar et al., 2019). O desequilíbrio nutricional causado pela salinidade decorre, principalmente, da menor taxa de absorção e assimilação de íons essenciais à planta, principalmente, de K⁺ e Ca²⁺ (Brito et al., 2014). No entanto, estas alterações podem variar de acordo com as espécies e, ou cultivares utilizadas. A menor taxa de crescimento das plantas em condições de salinidade está relacionada com a inibição osmótica da absorção de água pelas raízes e com os efeitos fitotóxicos de íons específicos que levam ao estresse oxidativo secundário nas plantas (Acosta-Motos et al., 2017). Portanto, o excesso de sais na solução do solo pode afetar negativamente o metabolismo fisiológico, o crescimento e a produtividade das hortaliças (Lima et al., 2016).

O tomate é uma cultura considerada moderadamente sensível aos efeitos adversos da salinidade, que tem seu desenvolvimento e sua produtividade limitada quando a condutividade elétrica do solo (CE) estiver entre 0,5 e 2,5 dS m⁻¹ (Medeiros et al., 2012; Silva et al., 2013;

Guedes et al., 2015). Este nível máximo de salinidade que pode ser tolerado pelas plantas sem afetar negativamente seu desenvolvimento é a salinidade limiar (SL) (Maas e Hoffman, 1977). O amplo intervalo de valores de salinidade limiar reportado para o tomate sugere que a resposta da cultura à salinidade é variável em virtude do cultivar, do estágio de desenvolvimento da planta e do manejo adotado (Guedes et al., 2015).

A salinidade pode afetar o crescimento das plantas em todos os estádios de desenvolvimento. No entanto, a germinação das sementes e o crescimento inicial das plantas são os dois estádios mais sensíveis à salinidade da água de irrigação (Oliveira et al., 2019). A salinidade afeta negativamente a germinação e o estabelecimento das plantas por meio do estresse osmótico, estresse oxidativo e efeitos fitotóxicos de íons-específicos, como o Cl^- e o Na^+ (Acosta-Motos et al., 2017). Após a germinação, as plântulas de tomate quando expostas às condições de salinidade possuem a capacidade de realizar o ajustamento osmótico, que pode permitir a manutenção da absorção de água e da turgescência das células e, conseqüentemente, manter o crescimento e o desenvolvimento das plântulas (Medeiros et al., 2012). No entanto, o nível de sal na solução do solo não pode ultrapassar a valor da salinidade limiar da cultura, que é dependente do estágio de desenvolvimento das plantas. As mudas mais jovens tendem a ser mais sensíveis a altos níveis de salinidade do que as plantas em pleno desenvolvimento (Nikolaou et al., 2019).

CAPITULO 1. A SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO PREJUDICA O DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE TOMATE

RESUMO: O tomate é moderadamente sensível aos efeitos da salinidade, entretanto, não existem estudos sobre os efeitos da salinidade na fase de produção de mudas da cultura, com isto, objetivou-se com esta pesquisa estimar a máxima salinidade da água de irrigação que não prejudica a produção de mudas de tomate. O ensaio foi conduzido em ambiente protegido, o delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 8x3, sendo oito níveis de salinidade da água de irrigação e três cultivares de tomate. O tomate é sensível ao efeito da salinidade da água de irrigação na fase de produção de mudas. A redução de 50% no acúmulo de massa seca do sistema radicular ocorreu com CEa 2,82 dS m⁻¹. O redução de mais de 50% do índice de qualidade de Dickson foi com CEa 6,38 dS m⁻¹. A salinidade reduziu o vigor e a qualidade das mudas produzidas, que dificulta seu pegamento a campo. A emergência das plântulas foi pouco afetada pelos efeitos da irrigação com os níveis severos de salinidade da água, e nestes níveis as plântulas levaram maior tempo para emergir. O fornecimento da água salina com condutividade elétrica superior a 2,82 dS m⁻¹ prejudica o crescimento do sistema radicular da plântula, comprometendo o desempenho no campo após transplântio. As cultivares Santa Cruz e Ipa 6 originaram mudas com crescimento superior ao cultivar Santa Adélia.

Palavras-chave: Salinidade, *Solanum lycopersicon*, potencial osmótico, desenvolvimento radicular.

THE SALINITY OF IRRIGATION WATER HARM THE DEVELOPMENT OF TOMATO SEEDLINGS

ABSTRACT: Tomatoes are moderately sensitive to the effects of salinity, however, there are no studies on the effects of salinity in the production phase of seedlings of the crop, with this aim, this research aimed to estimate the maximum salinity of irrigation water that does not harm the production of tomato seedlings. The test was conducted in a protected environment, the experimental design was randomized blocks in an 8x3 factorial scheme, with eight levels of irrigation water salinity and three tomato cultivars. Tomato is sensitive to the effect of irrigation water salinity on seedling production. The 50% reduction in the dry mass accumulation of the root system occurred with CEa 2.82dS m⁻¹. The reduction of more than 50% of Dickson's quality index was with CEa 6.38dS m⁻¹. Salinity reduced the vigor and quality of the seedlings

produced, which makes it difficult to catch them in the field. Seedling emergence was little affected by the effects of irrigation with severe levels of water salinity, and at these levels seedlings took longer to emerge. The supply of saline water with electrical conductivity greater than 2.82dS m^{-1} prevents the growth of the seedling root system, compromising the performance in the field after transplanting. The cultivars Santa Cruz and Ipa 6 originated seedlings with higher growth than the cultivar Santa Adélia.

Keywords: Salinity, *Solanum lycopersicon*, osmotic potential, root development.

1.1 INTRODUÇÃO

A produção de mudas de hortaliças é um processo importante para os agricultores, pois mudas saudáveis e vigorosas garantem um melhor desenvolvimento das plantas após o transplante para o campo (Gupta et al., 2012). Na produção de mudas de tomate, o uso de substrato livre de patógenos proporciona uma melhor sanidade e qualidade das mudas produzidas, entretanto, o uso de irrigação na produção de mudas é indispensável, e a qualidade da água a ser utilizada é determinante neste processo. O cultivo em solos salinos e o uso de água salina na irrigação tem sido um dos principais desafios ambientais, que vem limitando a produção agrícola mundial e deve ser superado pelos agricultores (Cirillo et al., 2016).

A salinidade afeta o crescimento das plantas em todos os estágios de crescimento e desenvolvimento, no entanto, a sensibilidade é variável para cada estágio. A germinação de sementes é um dos estágios de crescimento das plantas mais sensíveis à salinidade e, é severamente inibida com o aumento do nível salino (Fuller et al., 2012). A salinidade excessiva pode causar toxicidade iônica e deficiência hídrica e de nutrientes, o que resulta em inibição do crescimento das plantas (Porcel et al., 2012; Acosta-Motos et al., 2017). Desta forma, a concentração excessiva de sal na solução do solo e da água de irrigação afeta negativamente a fisiologia, o crescimento e a produtividade das culturas (Lima et al., 2016; Sá et al., 2018).

A manutenção da homeostase iônica, o equilíbrio entre a transpiração foliar, a absorção de água pela raiz, e o aumento da absorção de nutrientes são fundamentais para que as plantas tolerem o estresse salino (Munns e Tester, 2008). Desse modo, a alta demanda hídrica exigida pelas plantas faz com que o uso da irrigação seja a forma de garantir o desenvolvimento e a manutenção da produtividade (Araujo et al., 2016).

Existe um nível máximo de salinidade na zona radicular que pode ser tolerado pelas plantas sem que afete seu crescimento. Este nível de salinidade pode ser determinado de forma

indireta, via condutividade elétrica do extrato de saturação (Mass e Hoffman, 1977). O tomate é considerado moderadamente sensível a salinidade. Estudos indicam que a produtividade do tomate é prejudicada quando a condutividade elétrica do extrato de saturação é superior a 2,5 dS m⁻¹ (Maas e Hoffman 1977; Guedes et al., 2015). Entretanto, a tolerância ao estresse salino é variável entre os genótipos e cultivares de tomate (Alian et al., 2000).

Apesar de haver inúmeros estudos com salinidade em tomate, os efeitos da salinidade na fase de produção de mudas são pouco conhecidos. Devido ocorrer a substituição do substrato a cada vez que as mudas são produzidas, a salinidade do extrato não influencia a produção de mudas de tomate, desde que o produtor utilize um substrato adequado. Entretanto, se nesta fase o produtor não tiver água com qualidade disponível para a rega, a produção de mudas pode ser prejudicada pelo acúmulo de sais provenientes da água no substrato. Desta maneira, o estudo foi elaborado com o objetivo de estimar o nível máximo de salinidade da água de irrigação que não prejudica a produção de mudas de tomate.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1. Caracterização experimental

O experimento foi conduzido de março a maio de 2019, em condições de cultivo protegido, com temperatura controlada a 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$), com umidade relativa do ar de 68% ($\pm 8\%$) e radiação 0,5 ($\pm 0,2\text{W m}^{-2}$). A semeadura foi realizada em bandejas de isopor contendo 128 células, com volume de 40 cm³ preenchida com substrato comercial Maxxi® indicado para produção de mudas de tomate, com pH (H₂O) = 6,8, pH (CaCl₂) = 5,6, matéria orgânica = 200 g dm⁻³, P (Mehlich⁻¹) = 50,8 mg dm⁻³, K⁺ = 386,0 mg dm⁻³, K⁺ = 1,04 cmol_c dm⁻³, Ca²⁺ = 15,51 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺ = 10,45 cmol_c dm⁻³, H+Al = 4,00 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ = 0,00 cmol_c dm⁻³, CTC = 31,00 cmol_c dm⁻³, SB = 27,00 cmol_c dm⁻³, Zn = 22,50 mg dm⁻³, Cu = 0,20 mg dm⁻³, Fe = 109,00 mg dm⁻³, Mn = 54,30 mg dm⁻³, B = 1,33 mg dm⁻³, S = 15,20 mg dm⁻³, V = 87,1% e condutividade elétrica do extrato de 1,23 dS m⁻¹.

Foram utilizados três cultivares de tomate: Santa Cruz Kada (Grupo: Salada; Ciclo: 120 dias; Hábito de crescimento: Indeterminado), Santa Adélia (Grupo: Italiano; Ciclo: 120 dias; Hábito de crescimento: Determinado) e IPA 6 (Grupo: Salada; Ciclo: 115 dias; Hábito de crescimento: Determinado).

1.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições de oito mudas, em esquema fatorial 3 x 8. Foram produzidas mudas de três cultivares de tomate, irrigadas com água, com oito níveis de salinidade. Foi considerado como controle a utilização de água sem a adição de NaCl, a qual possuía 0,02 dS m⁻¹ de condutividade elétrica. Os demais níveis de salinidade da água foram obtidos com a diluição de NaCl, e correspondem as seguintes condutividades elétricas da solução: 1, 2, 3, 4, 6, 8 e 10 dS m⁻¹. O preparo da água com diferentes níveis de salinidade foi realizado de acordo com a equação obtida em um estudo anterior: $CE = 0,1676 + 2,0193 Q_{NaCl}$ ($R^2=0,999$; $p<0,01$), onde, CE = condutividade elétrica da solução (dS m⁻¹), e Q_{NaCl} = quantidade de NaCl (g L⁻¹).

1.2.3 Avaliações

Foram contabilizados diariamente o número de plântulas que completaram o processo de emergência. A partir dos dados obtidos foram estimados, o índice de velocidade de emergência (IVE) Maguire (1962): $IVE = (E1/N1) + (E2/N2) + (E3/N3) + \dots + (EN/NN)$, onde, IVE = índice de velocidade de emergência (plantas emergidas/dia); E1, E2, E3, ..., EN = número de emergência computadas na primeira, segunda, terceira e última contagem; e, N1, N2, N3, ..., NN = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem, e a porcentagem de emergência. Aos 35 dias após a semeadura, foram mensuradas a altura de plântulas (ALT), diâmetro do caule (DIAM), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa de matéria seca das raízes (MSR) e massa de matéria seca total (MST). Foram estimados, o índice de vigor de comprimento (IVC) de plântulas, de acordo com Abdul-Baki e Anderson (1973) $IVC = [\text{altura de plântulas (cm)} \times \text{índice de velocidade de emergência (IVE)}]$, o índice de qualidade de Dickson (IQD), de acordo com a equação proposta por Dickson et al. (1960): $IQD = MST / [(AP/DC) + (MSPA/MSR)]$.

1.2.4 Índices de tolerância a salinidade

Os índices de resposta ao estresse (IRE) das cultivares de tomate foram calculados, a partir dos dados de emergência, altura e de massa seca de plântulas expostas às condições de estresse salino e condições controle, utilizando-se as seguintes equações propostas por Partheeban et al. (2017):

$$ITE-E = (\text{Emergência de plântulas sob estresse} / \text{Emergência de plântulas do controle}) \times$$

100

$$ITE-AP = (\text{Altura das plantas sob estresse}/\text{Altura das plantas do controle}) \times 100$$

$$ITE-MSPA = (\text{Matéria seca da parte aérea das plantas sob estresse}/\text{Matéria seca da parte aérea das plantas do controle}) \times 100$$

$$ITE-MSR = (\text{Matéria seca das raízes das plantas sob estresse}/\text{Matéria seca das raízes das plantas do controle}) \times 100$$

$$ITE-MST = (\text{Matéria seca total das plantas sob estresse}/\text{Matéria seca total das plantas do controle}) \times 100$$

Aplicando os índices na equação que demonstra a perda de rendimento das plântulas ao aumentar a salinidade através do aumento da condutividade elétrica da solução: Equação proposta por Steppuhn et al. (2005) que afirma que a resposta das plantas a salinidade tem um comportamento diferente de acordo com aumento da condutividade elétrica, e pode ser estimado segundo a equação: $Y_r = 1/[1 + (CEa/CE_{50})^{\exp(sC_{50})}] * 100$, em que: Y_r – rendimento relativo de cada característica avaliada das plântulas ($g\ g^{-1}$); CEa – condutividade elétrica da água de irrigação ($dS\ m^{-1}$); CE_{50} – nível de salinidade correspondente a 50% do rendimento relativo de cada característica nos tratamentos salinos em função do tratamento controle ($dS\ m^{-1}$) e s – decréscimo do rendimento relativo por aumento unitário da CEa .

1.2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes preliminares de normalidade e homocedasticidade. Como os dados de todas as variáveis apresentaram distribuição normal e variâncias homogêneas, foram submetidos a análise de variância e, a significância dos quadrados médios foi testada pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. As médias relativas aos níveis de salinidade foram ajustadas com a análise de regressão, ao nível de 5% de probabilidade. As médias relativas as cultivares foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Salinidade na produção de mudas de tomate

Houve redução do índice de velocidade de emergência de acordo com aumento da salinidade da água de irrigação, com redução em torno de 47% quando submetidos a irrigação a $10\ dS\ m^{-1}$ em relação ao controle. A condutividade elétrica da água que reduziria 50% do índice de velocidade de emergência foi estimada em $11,69\ dS\ m^{-1}$ (Figura 1A). Também ocorreu

redução de 33% na porcentagem de emergência com irrigação a $10,0 \text{ dS m}^{-1}$ CEa em relação ao controle, a salinidade da água de irrigação que reduziria 50% da porcentagem de emergência foi estimado em $16,06 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 1D).

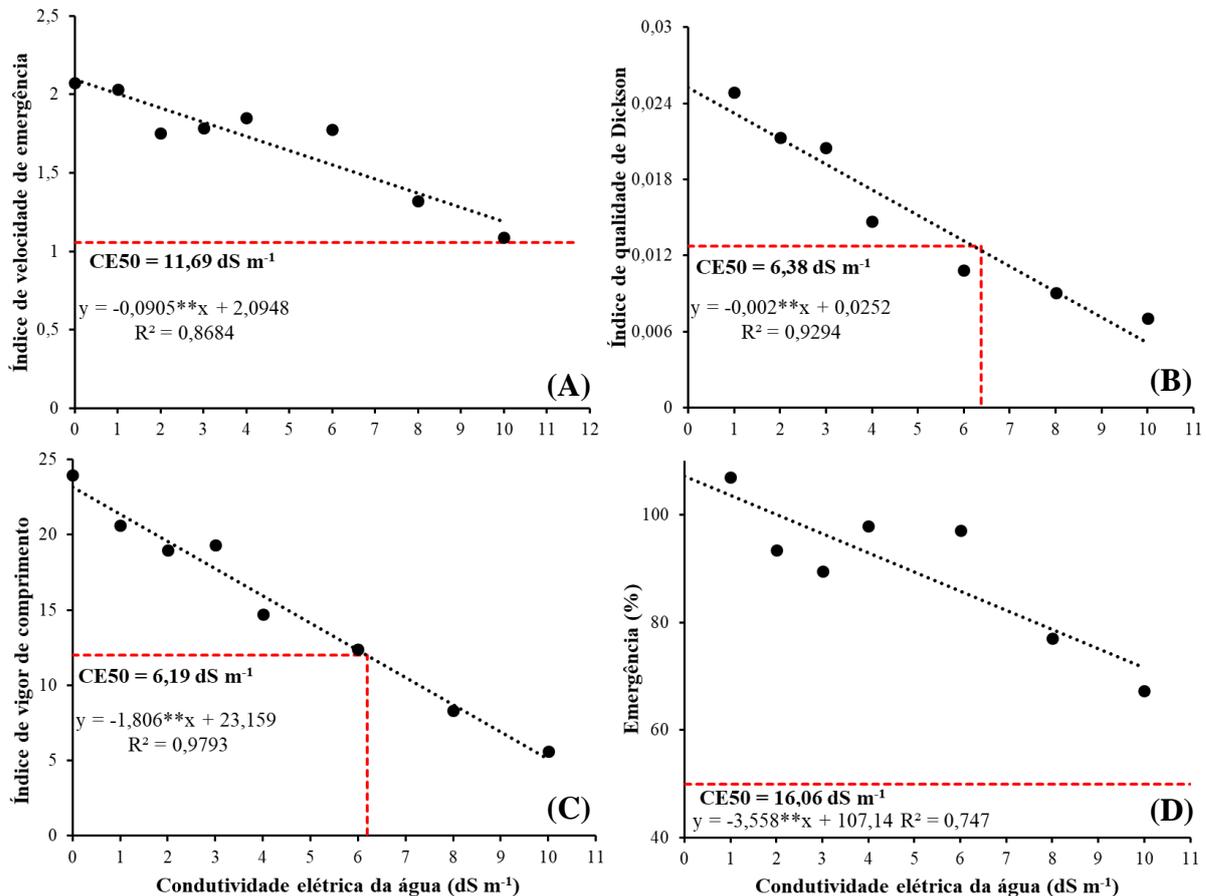


Figura 1. Índice de velocidade de emergência (A) índice de qualidade de Dickson (B), índice de vigor de comprimento (C) e porcentagem de emergência de plântulas de tomate cultivadas sob irrigação com água salina, Cassilândia-MS, 2019

Houve redução de 50% no índice de qualidade de Dickson para as mudas produzidas com CEa $6,38 \text{ dS m}^{-1}$ em relação ao controle, as mudas produzidas em condições severas de salinidade (10 dS m^{-1}) tiveram 69% de redução na qualidade das mudas em relação ao tratamento controle (Figura 1B). De acordo com aumento da salinidade da água de irrigação há uma redução do índice de vigor de comprimento, utilizados para verificar efeito do estresse salino sobre o vigor no crescimento das mudas produzidas. Houve redução de 50% no vigor das mudas submetidas a $6,19 \text{ dS m}^{-1}$ em relação ao controle, e de 76 % no em condições severas de salinidade da água em relação ao uso de água não salina (Figura 1C).

Houve redução da massa seca da parte aérea das plântulas de tomate de acordo com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, com decréscimo de mais de 70% utilizando água com 10 dS m⁻¹ e de 50% com nível de 7,10 dS m⁻¹, em relação ao tratamento controle (Figura 2A). Ocorreu a redução da massa seca total em função do aumento dos níveis de salinidade, com redução de 50% do acúmulo de massa com CEa de 5,89 dS m⁻¹ em relação ao controle, quando as plântulas foram regadas ao nível de CEa 10 dS m⁻¹ teve redução da massa seca total de 77% em relação ao sem adição de sal (Figura 2B).

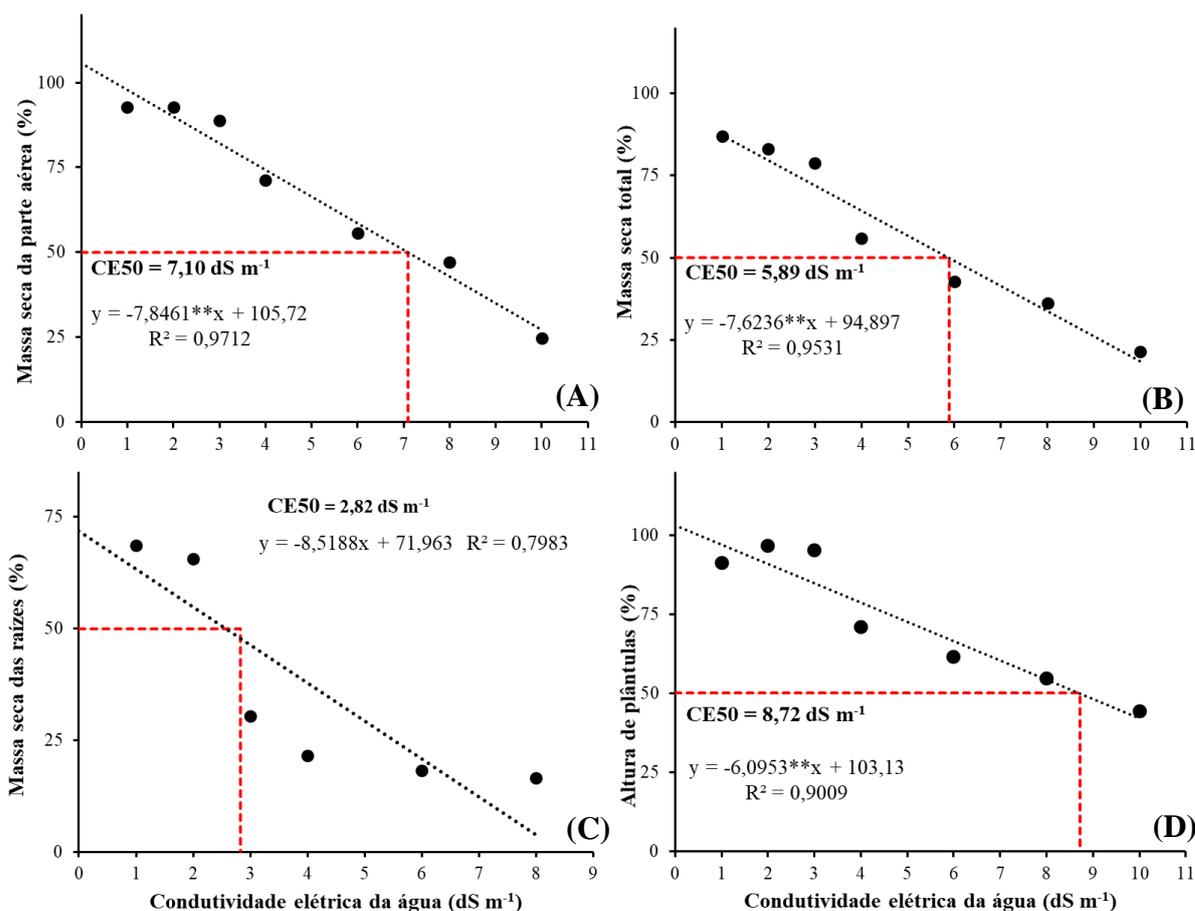


Figura 2. Massa seca da parte aérea (A), massa seca total (B), massa seca das raízes (C) e altura de plântulas (D) de tomate cultivadas sob irrigação com água salina, Cassilândia-MS, 2019

Houve 50% a menos de acúmulo de massa seca das raízes quando as plântulas foram submetidas a irrigação com água salina a 2,82 dS m⁻¹ quando comparados ao controle, e quando submetidos ao nível severo de irrigação salina, houve uma redução no acúmulo de massa seca das raízes superior a 80% em relação ao controle (Figura 2C). A altura de plântulas irrigadas com nível salino de CEa 10 dS m⁻¹ foi 56% menor em relação ao nível controle, com uma

redução de 50% da altura de plântulas estimada com uso de irrigação com água CEa de 8,72 dS m⁻¹ em relação ao controle (Figura 2D).

O acúmulo de massa seca das raízes das plântulas foram afetadas pelo uso de irrigação com água salina, o sistema radicular das mudas tem função de absorver água para manutenção das plântulas, a estrutura com maior importância no estabelecimento das mudas a campo. Diminuindo a uniformidade do estande de plantas, prejudicando o desempenho da cultura, reduzindo seu rendimento e em consequência diminui a lucratividade do agricultor (Figura 3).



Figura 3. Efeito da irrigação salina no desenvolvimento das mudas de tomate, Cassilândia – MS, 2019.

1.3.2 Efeito do genótipo na produção de mudas irrigados com água salina

As cultivares Santa Cruz e Ipa 6 originaram plântulas com altura, em torno de, 14% superior ao cultivar Santa Adélia. O maior acúmulo de massa seca da parte aérea e total das plântulas foi verificado nas cultivares Santa Cruz e Ipa 6 em relação ao Santa Adélia, cerca de 18 e 11 % maior, respectivamente. Não se verificou diferença entre as cultivares para a massa seca das raízes (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito de diferentes cultivares na altura de plântulas (ALT), massa seca das raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) de mudas de três genótipos tomate, Cassilândia-MS, 2019.

Cultivar	ALT cm	MSR	MSPA mg plântula ⁻¹	MST
Santa Cruz	8,98 a	34,84 a	90,65 a	125,49 a
Santa Adélia	7,86 b	33,83 a	76,29 b	110,11 b
Ipa 6	9,07 a	33,45 a	90,63 a	124,08 a
Test F		F(calc)		
Cultivar (C)	15,459*	0,388 ^{NS}	10,256**	7,425**

Salinidade (S)				
Linear	500,24**	518,74 **	414,53**	754,32**
Quadrática	0,111 ^{NS}	79,45**	0,816 ^{NS}	10,33**
Inteiração (C*S)	0,721 ^{NS}	2,20 ^{NS}	1,22 ^{NS}	0,795 ^{NS}
CV (%)	17,22	17,81	17,05	14,72

Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade **, e * se significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F respectivamente.

As plântulas da cultivar Ipa 6 necessitaram de menor tempo para emergir em relação as demais, como no índice de velocidade de emergência que foi menor no cultivar Santa Adélia em relação as demais cultivares, relacionando com o maior índice de vigor de comprimento ocorreu nas cultivares Santa Cruz e Ipa 6 em relação a Santa Adélia, apresentando maior vigor nas duas cultivares. Não foi verificado diferença entre as cultivares para o índice de qualidade de Dickson (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito de diferentes cultivares no tempo médio de emergência (TME), índice de velocidade de emergência (IVE), índice de vigor de comprimento (IVC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de três genótipos de tomate, Cassilândia-MS, 2019.

Cultivar	EMER (%)	IVE -	IVC -	IQD -
Santa Cruz	71,85 a	1,83 a	16,97 a	0,0159
Santa Adélia	61,48 b	1,45 b	11,98 b	0,0169
Ipa 6	66,07 a	1,86 a	17,50 a	0,0163
Test F	F(calc)			
Cultivar (C)	6,279**	12,887**	20,023**	0,422 ^{NS}
Salinidade (S)				
Linear	40,684**	64,266**	226,026**	220,59**
Quadrática	3,103 ^{NS}	2,556 ^{NS}	0,358 ^{NS}	3,951*
Inteiração (C*S)	0,517 ^{NS}	0,972 ^{NS}	1,087 ^{NS}	0,721 ^{NS}
CV (%)	17,81	21,14	24,85	24,84

Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade **, e * se significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F respectivamente.

1.4 DISCUSSÃO

Ocorreu redução do índice de velocidade de emergência e da porcentagem de emergência de plântulas conforme aumentou o nível de salinidade da água da irrigação, entretanto, esta redução só ultrapassou 50% acima de 10 dS m⁻¹ (Figura 1). Este resultado demonstra o retardamento do processo germinativo pelo efeito osmótico do sal na água. Kaveh et al. (2011), não verificaram efeito de baixas concentrações salinas sobre a porcentagem de

emergência de plântulas de tomate, entretanto, em condições severas de salinidade houve um retardamento do processo germinativo causado pelo efeito da perturbação do balanço hídrico, ocasionado pelo aumento do potencial hídrico do substrato em relação ao das raízes. Royo et al. (1991) concluíram que a CE50 é o índice mais consistente para avaliar a tolerância das plantas à salinidade, por representar de forma biológica o efeito da salinidade no crescimento da planta.

O índice de vigor de comprimento e o índice de qualidade de Dickson foram prejudicados pelo aumento da concentração de sal na água de irrigação, que ocorre devido ao efeito estressante causado pelo sal nas plântulas. Nesse sentido, verifica-se que o índice de vigor de comprimento leva em consideração o crescimento e a velocidade que as plântulas levaram para emergir submetidas ao estresse abiótico, enquanto o de qualidade de Dickson leva em consideração todos os parâmetros morfológicos de crescimento e os acúmulos de massa das plântulas. Desta maneira, verificou-se decréscimo de todos os parâmetros, que contribui pela baixa qualidade das mudas sob condições de salinidade da água de irrigação. Sais em concentrações excessivas suprimem o crescimento da planta (Zaki, 2011), o que afeta a morfologia, o funcionamento e em consequência diminui o acúmulo de massa das plantas (Parvaiz, 2014).

A altura de plântulas reduziu de acordo com aumento da concentração de sal na água de irrigação. Quando as plantas são submetidas ao estresse salino, um mecanismo de partição é acionado e as plantas começam a enviar mais assimilados para as raízes devido a competição pelo baixo potencial osmótico, para reduzir o efeito da seca fisiológica, e em consequência diminui o desenvolvimento da parte aérea (Kaveh et al., 2011). Com salinidade elevada, ocorre deficiência de água no metabolismo da planta diminuindo a atividade metabólica da planta e, conseqüentemente, há redução do crescimento da mesma (Hussein et al., 2007).

A salinidade afetou o acúmulo de massa seca do sistema radicular, da parte aérea e total das plântulas reduzindo-as de acordo com aumento do nível de salinidade da irrigação (Figura 2). Houve redução do acúmulo de massa seca das raízes das plântulas em todos níveis de irrigação de água salina, com reduções superiores a 50% quando regadas com água a CEa de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$. O uso de águas salinas na irrigação eleva o potencial osmótico do solo, tornando-o superior ao potencial osmótico das células do sistema radicular da planta, o que dificulta ou impede a absorção de água por suas raízes, e em casos severos leva a planta a morte (Porcel et al., 2012, Sales et al., 2016).

O sistema radicular das mudas de tomate é crucial na fase inicial do desenvolvimento por ser responsável pela eficiente absorção de água e nutrientes, pela sustentação e estabelecimento das mudas a campo, com conseqüente perda de produtividade caso há redução desse órgão (Schwertner et al., 2013). A dificuldade das plântulas de absorver água devido a retenção de água na solução do substrato reduz o crescimento e acúmulo de massa nas raízes das plântulas sob salinidade, podendo não reduzir o acúmulo de massa seca da parte aérea, pois nestas condições as células das plântulas diminuem o turgor e mantêm os estômatos da planta fechados para reduzir perda de água (Safdar et al., 2019). As plantas acumulam vários metabolitos (soluto) no vacúolo das células do citoplasma como estratégia para aumentar sua tolerância a perda de água, que é induzida pelo estresse salino (Taiz et al., 2017).

Os resultados variados entre os cultivares em cada variável é efeito direto da interação do genótipo e o ambiente, por estarem em mesmas condições verificou-se que o maior efeito da diferença nesta situação é advindo da divergência genética das cultivares de tomate. Todos resultados obtidos a partir de testes de genótipos em um mesmo ambiente têm como finalidade separar indivíduos com maior adaptabilidade a tais condições. A expressão genética das plantas em interação com as condições ambientais que estão instaladas é crucial para definir o genótipo a ser utilizado com base no seu desempenho, vigor, produtividade e tolerância a condições adversas (Cruz et al., 2012).

1.5 CONCLUSÕES

O fornecimento da água salinas com condutividade elétrica superior a 2,82 dS m⁻¹ inviabiliza o crescimento do sistema radicular da plântula, comprometendo o desempenho no campo após transplantio.

As cultivares Santa Cruz e Ipa 6 tiveram mudas com melhor desenvolvimento e com maior qualidade.

1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. **Crop Science**, v.13, n.6, p.630-633, 1973.

ACOSTA-MOTOS, J. R.; ORTUÑO, M. F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNANDEZ J. A. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**. v.7, p.1-18, 2017.

ALIAN, A.; ALTMAN, A.; HEUER, B. Genotypic difference in salinity and water stress tolerance of fresh market tomato cultivars. **Plant Science**, v.152, p.59-65, 2000

ARAUJO, E. B. G.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, M. K. N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água, **Revista Ambiente & Água**. v.11, p. 462-471, 2016.

BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; SOARES FILHO, W.S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v. 27, p. 17-27, 2014.

CIRILLO, C.; ROUPHAEL, Y.; CAPUTO, R.; RAIMONDI, G.; SIFOLA, M.I.; DE PASCALE, S. Effects of high salinity and the exogenous of an osmolyte on growth, photosynthesis and mineral composition in two ornamental shrubs. **Journal Horticulture Science and Biotechnology**. 2016, 91, 14–22

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 4. ed. Viçosa, MG: Ediora UFV, 2012. 514.p

DEMONTIÊZO, F. L. L.; ARAGÃO, M. F.; VALNIR JUNIOR, M.; MOREIRA, F. J. C.; PAIVA, P. V. V.; LIMA, S. C. R. V. Emergência e crescimento inicial de tomate ‘santa clara’ em função da salinidade e condições de preparo das sementes, **Irriga**. edição especial v.1, p.81-92, 2016.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**. v. 36, p. 10-13, 1960.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, M. M. M.; SILVA, A. G.; HENRIQUES, J. S.; ZUZA, J. F. C. Estresse salino e uso de biofertilizantes como mitigadores dos sais nos componentes morfofisiológicos e de produção de glicófitas. **Revista Principia**. v.29, p.30-38, 2016.

FULLER, M. P.; HAMZA, J. H.; RIHAN, H. Z.; AL-ISSAWI M. Germination of primed seed under NaCl stress in wheat. **International Scholarly Research Network**. v.2012, p.1-5, 2012.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados, Fortaleza - CE, 2016. 504p.

GUEDES, R. A. A.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. S.; GOMES, L. P.; COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, p.913–919, 2015.

GUPTA, M.K.; CHANDRA, P.; SAMUEL, D.V.K.; Singh, B. A.; Singh M. K. Modeling of Tomato Seedling Growth in Greenhouse. **Agricultural Research**. v.1, p.362–369, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2019. 138p.

KAVEH, H.; NEMATI, H.; FARSI, M.; JARTOODEH, S. V. How Salinity Affect Germination and Emergence of Tomato Lines. **Journal of Biological and Environmental Sciences**. v.5, p.159-163, 2011.

- LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.
- LIMA, G. S.; SANTOS, J. B.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; PEREIRA, R. F. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão ‘All Big’. **Comunicata Scientiae**. v.7, p.513-522, 2016
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance: current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**. v.103, p. 115-134, 1977.
- MAGUIRE, J.D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, p.176-177, 1962.
- MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.51-55, 2012.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Ann. Rev Plant Biol**. V.59, p.651–681, 2008.
- NIKOLAOU, G.; NEOCLEOUS, D.; KATSOULAS, N.; CONSTANTINOS, K. Irrigation of Greenhouse Crops, **Horticulturae**. v.5, p.1-20, 2019.
- PARTHEEBAN, C.; CHANDRASEKHAR, C.N.; JEYAKUMAR, P.; RAVIKESAVAN, R.; GNANAM, R. Effect of PEG Induced Drought Stress on Seed Germination and Seedling Characters of Maize (*Zea mays* L.) Genotypes. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. v. 6, p. 1095-1104, 2017.
- PARVAIZ, M. Response of Maize to salt stress acritical review. **International Journal of Healthcare Sciences (IJHS)**, v.1, p.13-25, 2014.
- PEREIRA, F. A. L.; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; PRESTON, W.; VASCONCELOS, C. B. E. L. Tolerance of melon cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.21, p.846-851, 2017.
- PORCEL, R.; AROCA, R.; RUIZ-LOZANO, J. M. Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. A review. **Agronomy for Sustainable Development**. v.32, p.181-200, 2012.
- ROYO A.; ARAGÜÉS R.; QUÍLEZ D. Descripción y evaluación de cuatro modelos de respuesta de cultivares de cebada a la salinidad. **Investigación agraria. Producción y protección vegetal**. v.6, p.319-330, 1991.
- SAFDAR, H.; AMIN, A.; SHAFIQ, Y.; ALI, A.; YASIN, R.; SHOUKAT, A.; HUSSAN, M. U.; SARWAR, M. I. A review: Impact of salinity on plant growth. **Nature and Science**, v.17, p.34-40, 2019.
- SALES, M. A. L.; RIBEIRO, A. A.; MOREIRA, F. J. C.; SALES, F. A. L.; MONTEIRO, R. N. F. Potencial das sementes de abóbora submetidas a diferentes períodos de embebição. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. v. 9, p. 289-297, 2016.

STEPPUHN, H.; VAN GENUCHTEN, M. TH.; GRIEVE, C.M. Root-zone salinity: I. Selecting a product-yield index and response function for crop tolerance. **Crop Science**, v. 45, p. 209-220, 2005.

SCHWERTNER, D. V.; LÚCIO, A. D.; SANTOS, D.; HAESBAERT, F. M.; BRUNES, R. R. Produtividade de alface e qualidade de mudas de tomateiro com bioproduto de batata, **Ciência Rural**, v.43, p.404-410, 2013.

SILVA, C. J.; SILVA, A. C.; ZOZ, T.; TOPPA, E. V. B.; SILVA, P. B.; ZANOTTO, M. D. Genetic divergence among accessions of *Carthamus tinctorius* L. by morphoagronomic traits. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.52, p.4825-4830, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant Physiology and Development**, sixth ed. Sinauer Associates, Sunderland. 2017, 761p.

ZAKI, F. **The Determinants of Salinity Tolerance in Maize (*Zea mays* L.)**. University of Groningen. 2011. 217p.

CAPITULO 2. PRODUÇÃO E DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE CULTIVARES DE TOMATE IRRIGADOS COM ÁGUA SALINA

RESUMO: O uso frequente de irrigação tem aumentado os teores de sais presentes no solo de produção agrícola, com a escassez de recursos hídricos tornou-se necessário utilizar água de baixa qualidade para a irrigação. Os estudos sobre os efeitos da salinidade da água de irrigação são necessários para identificar cultivares de tomate tolerantes a salinidade, com isto, objetivou-se com esta pesquisa identificar cultivares de tomate com tolerância aos efeitos da salinidade da água de irrigação e verificar o efeito da salinidade sobre a qualidade dos frutos produzidos em ambiente protegido. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x12, sendo três níveis de salinidade da água de irrigação e doze cultivares de tomate. A produtividade de frutos de tomate foi afetada pelo efeito da salinidade da água de irrigação nos dois níveis utilizados. Verificou-se redução do tamanho dos frutos e da altura de plantas quando submetidos ao nível severo de irrigação com água salina. O grupo formado pelos cultivares Ipa 6 e Sheena foram moderadamente tolerantes aos efeitos da salinidade moderada da água de irrigação, o cultivar 4551 é tolerante na mesma condição de cultivo. Em condições de estresse severo, verificou-se maior teor de vitamina C e °Brix nos frutos de tomate quando comparados ao tratamento controle. Em condições de ausência de estresse por salinidade, os cultivares Onix e Maestrina foram os mais produtivos. Em condições de salinidade moderada, o cultivar Onix foi o mais produtivo. Em condições severas de estresse salino, não foi constatada diferença entre as cultivares quanto a produtividade. Em condições de salinidade severa melhorou-se a qualidade dos frutos com maior teor de vitamina C e sólidos solúveis.

Palavras-chave: Salinidade, *Solanum lycopersicon*, potencial osmótico, vitamina C, °Brix.

PRODUCTION AND GENETIC DIVERGENCE OF TOMATO CULTIVARS IRRIGATED WITH SALINE WATER

ABSTRACT: The frequent use of irrigation has increased the levels of salts present in agricultural production soil, with the scarcity of water resources it has become necessary to use low quality water for irrigation. Studies on the effects of irrigation water salinity are necessary

to identify tomato cultivars tolerant to salinity, with the aim of this research was to identify tomato cultivars with tolerance to the effects of irrigation water salinity and to verify the effect of salinity on the quality of the fruits produced. The test was conducted in a protected environment. The experimental design was completely randomized in a 3x12 factorial scheme, with three levels of irrigation water salinity and twelve tomato cultivars. The productivity of tomato fruits was affected by the salinity of the irrigation water at the two levels used. There was a reduction in fruit size and plant height when subjected to severe irrigation with saline water. The group formed by cultivars Ipa 6 and Sheena were moderately tolerant to the effects of moderate salinity of irrigation water, cultivar 4551 is tolerant in the same cultivation condition. Under conditions of severe stress, a higher content of vitamin C and °Brix was found in tomato fruits when compared to the control treatment. In conditions of absence of stress due to salinity, the cultivars Onix and Maestrina were the most productive. Under conditions of moderate salinity, the cultivar Onx was the most productive. Under severe conditions of salt stress, no difference was found between cultivars in terms of yield. In conditions of severe salinity, a higher content of vitamin C and ° Brix is varied.

Keywords: Salinity, *Solanum lycopersicon*, osmotic potential, vitamin C, °Brix.

2.1 INTRODUÇÃO

Houve um aumento substancial no consumo de hortaliças no mundo, por desempenharem um papel importante na nutrição e saúde humana, como fontes de vitamina C, tiamina, niacina, piridoxina, ácido fólico, fibras alimentares e minerais (Machado e Serralheiro, 2017). A sustentabilidade da produção de hortaliças em muitas áreas do Brasil e do mundo, especialmente em condições de cultivo protegido, é prejudicada devido ao excesso de sais no solo ou na água de irrigação (Pereira et al., 2017). A expansão das áreas olerícolas no Brasil e no mundo dependem do uso de irrigação e utilização de cultivo protegido, devido à instabilidade climática durante o ciclo da cultura, entretanto, preocupa-se com a qualidade da água a ser utilizada na irrigação, pois a água de boa qualidade é destinada ao consumo humano (Nobre et al., 2011). Devido à escassez de recursos hídricos, na maioria das vezes os produtores são obrigados a utilizar água de baixa qualidade, que normalmente possuem elevada concentração de sais, para a irrigação dos cultivos agrícolas (Gheyi et al., 2016; Safdar et al., 2019).

No sistema de cultivo protegido, uma das principais práticas agrícolas utilizadas é o manejo da irrigação, na falta de água de boa qualidade, os produtores utilizam água salina, que afetam o rendimento das culturas, as condições físicas do solo, a fertilidade do solo e o desempenho do sistema de irrigação (Alomran et al., 2012). Práticas como o manejo de irrigação e da fertilização conseguem evitar diversos impactos ao meio ambiente e, em consequência, danos às culturas e ao solo. Em complemento, o frequente uso de água salina na exploração agrícola causa distúrbios fisiológicos nas plantas, dificultando seu cultivo (Vieira et al., 2016).

Pesquisas de programas de melhoramento tem sido realizada com o intuito de melhorar a tolerância das culturas ao estresse salino, entretanto, a tolerância das plantas ao sal é de grande complexidade genética e fisiológica, que tem limitado o sucesso das pesquisas (Estan et al., 2005). Os fatores limitantes para o crescimento das plantas em condições salinas variam de acordo com a constituição genética de cada cultura. A salinidade afeta o rendimento das culturas por afetar o balanço hídrico das plantas, causando um desequilíbrio nutricional que prejudica os processos metabólicos, fisiológicos e bioquímicos das plantas (Rahman et al., 2018). Os efeitos dos ions de Cl^- e Na^+ , são tóxicos para as células das plantas, que combinado com o aumento do potencial osmótico do solo, causam restrição hídrica nas plantas (Hajibolandi et al., 2010). Estresses abióticos (hídrico e salino) podem ocasionar maior produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) nos tecidos vegetais, devido à interrupção da homeostase celular, o que resulta em danos às proteínas, DNA, lipídios, também ocorrendo a ativação da apoptose, que causa a morte de diferentes tecidos, acelerando o processo de senescência foliar, por exemplo (Stolfa et al., 2016; Yasar et al., 2016).

O tomate é considerado moderadamente sensível aos efeitos da salinidade do solo, em um solo com condutividade elétrica superior a $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, as plantas começam a ter perdas de rendimento (Guedes et al., 2015). O cultivo de tomate em condições severas de salinidade tem redução na quantidade de flores por inflorescência por diminuir a fertilidade do pólen, devido à dificuldade de absorver água e nutrientes ocasionado pelo estresse osmótico, as plantas reduzem o transporte de carboidratos para as flores, por dar prioridade ao desenvolvimento dos frutos (Ghanem et al., 2009). Entretanto, a salinidade pode influenciar de forma positiva o metabolismo da planta de tomate, de forma que aumente seu valor nutricional, como os sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) e a acidez total titulável. Ademais, elevadas concentrações de sal na água de irrigação podem estimular o sistema de defesa da planta, levando ao acúmulo de metabólitos

secundários em diferentes tecidos vegetais (Martinez et al., 2012). Nesse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar o desempenho de cultivares de tomate sob condições de irrigação com água salina.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Caracterização e condução experimental

O experimento foi conduzido de julho a dezembro de 2019, em condições de cultivo protegido. Realizou-se a semeadura no dia 1 de julho em bandejas de isopor contendo 128 células, com volume de 40 cm³ preenchida com substrato comercial Maxxi® indicado para produção de mudas de tomate com pH (H₂O) = 6,8, pH (CaCl₂) = 5,6, matéria orgânica = 200 g dm⁻³, P (Mehlich-1) = 50,8 mg dm⁻³, K⁺ = 386,0 mg dm⁻³, K⁺ = 1,04 cmol_c dm⁻³, Ca²⁺ = 15,51 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺ = 10,45 cmol_c dm⁻³, H+Al = 4,00 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ = 0,00 cmol_c dm⁻³, CTC = 31,00 cmol_c dm⁻³, SB= 27,00 cmol_c dm⁻³, Zn = 22,50 mg dm⁻³, Cu = 0,20 mg dm⁻³, Fe = 109,00 mg dm⁻³, Mn = 54,30 mg dm⁻³, B = 1,33 mg dm⁻³, S = 15,20 mg dm⁻³, V = 87,1% e condutividade elétrica do extrato de 1,23 dS m⁻¹.

O transplante das mudas foi realizado no dia 7 e agosto, aos 37 dias após a semeadura, quando as mudas tinham entre 2 e 3 folhas verdadeiras completamente expandida, O cultivo foi realizado em canaletas duplas de fibrocimento medindo 0,4m x 0,6m x 8,0m com 1,9 m³ de solo. O solo utilizado foi classificado como Neossolo Quartzarênico, com 12,5% de argila, 7,5% de silte e 80% de areia e as características químicas apresentando pH (CaCl₂) = 5,6, matéria orgânica = 33,5 g dm⁻³, P (Mehlich⁻¹) = 636 mg dm⁻³, K⁺ = 1792 mg dm⁻³, K⁺ = 4,58 cmol_c dm⁻³, Ca²⁺ = 4,60 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺ = 2,20 cmol_c dm⁻³, H+Al = 3,30 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ = 0,01 cmol_c dm⁻³, CTC = 14,70 cmol_c dm⁻³, SB= 11,38 cmol_c dm⁻³, Zn = 43,7 mg dm⁻³, Cu = 8,1 mg dm⁻³, Fe = 40,0 mg dm⁻³, Mn = 54,0 mg dm⁻³, B = 2,02 mg dm⁻³, S = 241,0 mg dm⁻³, V = 77,5% e condutividade elétrica do extrato de 0,58 dS m⁻¹.

Foi adotado plantio em fileiras duplas com espaçamento de 0,3m entre plantas e de 0,4m entre linhas de tomate e 1,0m entre fileiras com uma população de 23.810 plantas há⁻¹. A irrigação e a fertirrigação foi realizada por meio do sistema de gotejamento, com um gotejador para cada planta, o manejo da irrigação foi realizado com auxílio de aparelho de mensuração da umidade do solo. A tensão adotada para início do período de rega foi o recomendado para a cultura conforme descrito por (Marouelli et al., 2011). As plantas foram tutoradas verticalmente com auxílio de fitilho, os tratos culturais como tutoramento, desbrotas, amarrios e o controle de

pragas e doenças foram realizados conforme recomendação para a cultura (Silva e Vale, 2007). Foi realizada a despona dos ramos quando atingiram o 7º cacho.

Os registros climáticos de temperatura, radiação e umidade relativa do ar, ocorridos durante a condução do experimento, foram obtidos a partir de uma estação meteorológica instalada dentro do cultivo protegido (Figura 4).

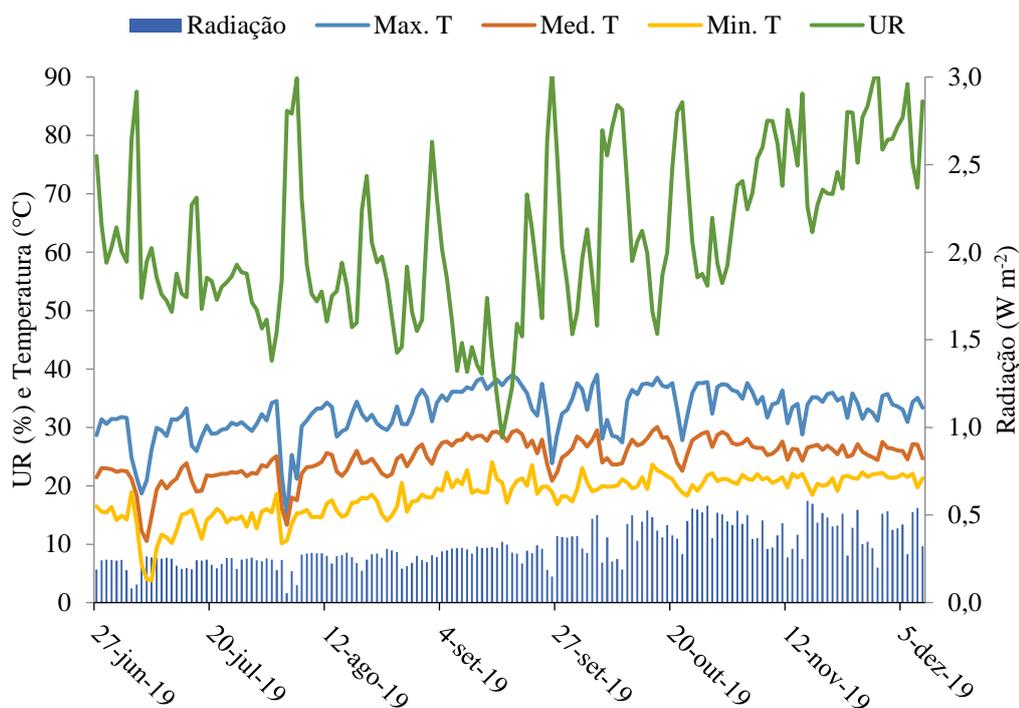


Figura 4. Condições climáticas de Umidade relativa do ar (UR), temperatura máxima (MaxT), média (MedT) e mínima (MinT) e radiação durante a condução do experimento.

Realizou-se adubação de base com $55 mg dm^{-3}$ de N, $340 mg dm^{-3}$ de P, $80 mg dm^{-3}$ de K, $80 mg dm^{-3}$ de Ca, $32,5 mg dm^{-3}$ de Mg, $30 mg dm^{-3}$ de S, $45 mg dm^{-3}$ de Si, $2,75 mg dm^{-3}$ de Zn, $0,5 mg dm^{-3}$ de B, $1,5 mg dm^{-3}$ de Mn, $0,25 mg dm^{-3}$ de Cu. Também foram realizadas adubações de cobertura via fertirrigação com $220 mg dm^{-3}$ de N, $300 mg dm^{-3}$ de P, $140 mg dm^{-3}$ de K e $250 mg dm^{-3}$ de Ca durante todo ciclo dividido em quinze aplicações semanais. A partir do período de florescimento foram realizadas aplicações semanais via foliar de 0,0015% de N e 0,002% de Ca para suprir a necessidade de cálcio e evitar o distúrbio fisiológico da cultura conhecido como fundo preto. Foram realizadas coletas e solo aleatoriamente nos canteiros a cada 30 dias após o transplante das mudas para caracterizar o aumento da salinização do solo em forma de condutividade elétrica do extrato (Figura 5)

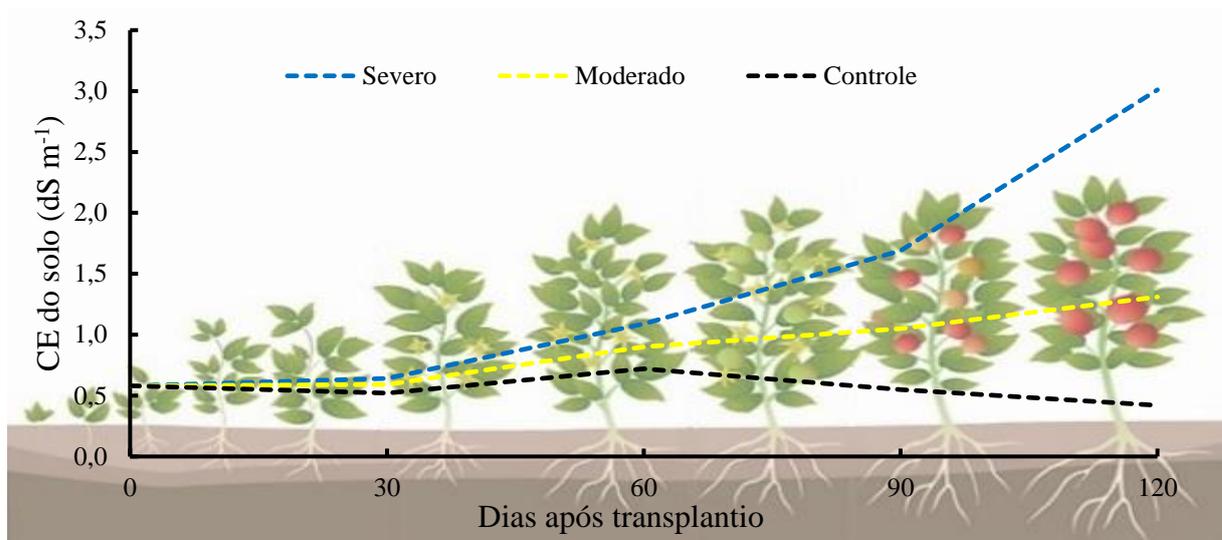


Figura 5. Caracterização do aumento da condutividade elétrica do solo, de acordo com o ciclo do tomate após o transplântio das mudas em cada nível de salinidade da água de irrigação.

2.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 3 x 12. O primeiro fator foi composto por três níveis de salinidade da água de irrigação: controle, com a utilização da água sem a adição de NaCl, a qual possuía 0,02 dS m⁻¹; salinidade moderada, com condutividade elétrica de 1,5 dS m⁻¹; e salinidade severa, com condutividade elétrica de 3,0 dS m⁻¹. O preparo da água com diferentes níveis de salinidade foi realizado de acordo com a equação obtida em um estudo anterior: $CE = 0,1676 + 2,0193 Q_{NaCl}$ ($R^2=0,999$; $p<0,01$), onde, CE = condutividade elétrica da solução (dS m⁻¹), e Q_{NaCl} = quantidade de NaCl (g L⁻¹). O segundo fator foram 12 cultivares de tomate, sendo seis do grupo salada e seis do grupo italiano.

Foram utilizados 12 cultivares de tomate, seis cultivares do grupo salada: Santa Clara 5800 (Ciclo: 110 dias; Hábito de crescimento: indeterminado), Coração de Boi (Ciclo: 120 dias; Hábito de crescimento: indeterminado), IPA 6 (Ciclo: 115 dias; Hábito de crescimento: determinado), Maestrina (Ciclo: 125 dias; Hábito de crescimento: indeterminado), Onix (Ciclo: 125 dias; Hábito de crescimento: indeterminado), Dominador (Ciclo: 120 dias; Hábito de crescimento: indeterminado); e seis cultivares do grupo italiano: Shanty (Ciclo: 120 dias; Hábito de crescimento: determinado), Sheena (Ciclo: 115 dias; Hábito de crescimento: determinado), Pizzadoro (Ciclo: 125 dias; Hábito de crescimento: indeterminado), Totalle (Ciclo: 120 dias; Hábito de crescimento: indeterminado), 4551 (Ciclo: 115 dias; Hábito de crescimento: indeterminado), 4566 (Ciclo: 120 dias; Hábito de crescimento: indeterminado).

2.2.3 Avaliações

Foram avaliados os seguintes parâmetros morfológicos: número de frutos por cacho em cada planta (NFRUTO), altura de plantas (ALT), diâmetro transversal do fruto (DIAMT), diâmetro longitudinal do fruto (DIAML), peso médio de frutos (PESOF) e produtividade de frutos (PROD). A altura de plantas, foi determinada a partir do nível do solo até a inserção da última folha. O diâmetro transversal e longitudinal dos frutos foi mensurado no momento da colheita utilizando um paquímetro digital (Park Tool DC1 – 150 mm), com grau de acurácia de $\pm 0,01$ mm. O peso dos frutos foi determinado com balança semi-analítica, com duas casas decimais no momento da colheita. O número de frutos por planta foi contabilizado no momento da colheita unitariamente. A produtividade, em Mg ha^{-1} , foi determinada a partir da produção em $\text{kg planta}^{-1} \times$ população estimada de um hectare de cultivo, com uma população de $23.810 \text{ planta ha}^{-1}$. Todas as avaliações de frutos foram empregadas somente em frutos classificados como comerciais em ambos os grupos de classificação com diâmetro transversal acima de 40mm, os demais foram descartados.

Foi realizada a colheita de 5 frutos maduros por planta de cada tratamento para a realização das análises organolépticas. O fruto foi triturado com auxílio de mixer deixando a polpa do tomate totalmente homogênea. Foram realizadas análises químicas da polpa do fruto de tomate, como acidez total titulável (por volumetria com indicador e expressa em g de ácido cítrico, calculado considerando-se o equivalente a grama) à 10 mL do suco de tomates transferidos para um Erlenmeyer de 250 mL e acrescentar 90 mL de água destilada. Esta solução foi titulada com solução padrão de hidróxido de sódio 0,1M, até a coloração da solução ter ficado rosa intenso. pH com auxílio de pHmetro utilizando 10 mL do suco de tomates transferidos para um Erlenmeyer de 250 mL e acrescentou-se 90 mL de água destilada. Vitamina C foi determinada pelo método de iodometria, 25 mL do suco de tomates transferidos para um Erlenmeyer de 250 mL e acrescentou-se 25 mL de água destilada, com a adição de 1mL da solução de amido a 1% (indicador), que foi titulado com solução de iodo a 1% (que reage com o amido formando iodeto) até a solução ter ficado com coloração marrom (IAL, 2008).

2.2.4 Análise estatística e multivariada

Como os dados de todas as variáveis apresentaram distribuição normal e variâncias homogêneas, eles foram submetidos a análise de variância e, a significância dos quadrados

médios obtidos na análise de variância foi testada pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. As médias relativas aos cultivares de tomate foram agrupadas pelo teste de agrupamento proposto por Scott e Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade. As médias relativas aos níveis salinos diferem entre si pelo teste de Fisher ao nível de 5% de probabilidade.

A herdabilidade (h^2), coeficiente de variação experimental (CVe), coeficiente de variação genética (CVg) e a relação CVg/CVe foram estimadas conforme as equações apresentadas abaixo:

Herdabilidade (h^2):

$$h^2 (\%) = 100[\hat{\sigma}_g^2/\text{QMG}/r]$$

$\hat{\sigma}_g^2$ = Variância genética, obtida a partir de: (QMG - QME)/r

QMG = Quadrado médio dos genótipos

r = número de repetições

Coefficiente de variação experimental (CVe):

$$\text{CVe} (\%) = 100(\sqrt{\text{QME}/\bar{x}})$$

QME = Quadrado médio do erro

\bar{x} = média da característica estudada

Coefficiente de variação genética (CVg):

$$\text{CVe} (\%) = 100(\sqrt{\hat{\sigma}_g^2/\bar{x}})$$

$\hat{\sigma}_g^2$ = Variância genética, obtida a partir de: (QMG - QME)/r

\bar{x} = média da característica estudada

Relação CVg/CVe:

$$\text{CVg}/\text{CVe} = \text{CVg} (\%)/\text{CVe} (\%)$$

Para a análise de componentes principais foram utilizadas, as médias gerais de cada genótipo para cada uma das características avaliadas. Os dados foram padronizados dividindo-se cada média pelo desvio-padrão da variável (Cruz e Regazzi, 1997), conforme apresentado a seguir:

$$u_i = \frac{\bar{x}}{\hat{\sigma}_x}$$

u_i = média da característica padronizada

\bar{x} = média da característica não padronizada

$\hat{\sigma}_x$ = desvio padrão da característica avaliada

A partir dos dados padronizados elaborou-se a matriz de correlações R conforme apresentado abaixo:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & \dots & r_{16} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{61} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$r_{16} = r_{61}$ = correlação de Pearson entre a característica X e a característica Y

Os autovalores da matriz R foram obtidos através das raízes do polinômio característico $|R - \lambda I| = 0$ conforme apresentado a seguir:

$$\begin{bmatrix} 1 & \dots & r_{16} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{61} & \dots & 1 \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} = 0$$

Após obtidos os autovalores, os mesmos são ordenados em ordem decrescente, e tem-se para o maior autovalor λ_1 o primeiro componente principal (CP 1); para o segundo maior autovalor λ_2 tem-se o segundo componente principal (CP 2) e assim sucessivamente.

Após a ordenação dos autovalores e obtenção dos componentes principais, avaliou-se a contribuição de cada componente principal (λ_j) na explicação da variação total por meio da equação apresentada abaixo:

$$\text{Cont } \lambda_j = \frac{\lambda_j}{\sum_{j=1}^P \lambda_j}$$

Cont λ_j = contribuição do componente principal j na explicação da variação total.

λ_j = autovalor do componente principal j obtido da matriz R

$\sum_{j=1}^P \lambda_j$ = somatório dos autovalores da matriz R

Este método foi utilizado para fornecer a tabela de estimativa dos autovalores que indica, em porcentagem, quanto que cada característica contribuiu para explicar a variação total dos dados. Também foram obtidos os autovetores procedendo-se da seguinte forma: para cada autovalor encontrado, resolve-se o sistema linear $|R - \lambda I|v = 0$.

Após obtidos os autovalores e os autovetores procedeu-se a obtenção dos escores em relação aos componentes principais. A partir dos escores obtidos para cada componente principal foi elaborado um gráfico com a dispersão gráfica dos genótipos em relação aos dois primeiros componentes principais.

A dissimilaridade entre os genótipos foi estimada também pela distância Euclidiana a partir dos escores dos dois primeiros componentes principais utilizados para elaboração da dispersão gráfica (Cruz e Regazzi, 1997), conforme apresentado a seguir:

$$d_{cp_{ii'}} = \sqrt{(Y_{i1} - Y_{i'1})^2 + (Y_{i2} - Y_{i'2})^2}$$

$d_{cp_{ii'}}$ = distância Euclidiana entre o genótipo i e i'

Y_{i1} = escore do primeiro componente principal do genótipo i

$Y_{i'1}$ = escore do primeiro componente principal do genótipo i'

Y_{i2} = escore do segundo componente principal do genótipo i

$Y_{i'2}$ = escore do segundo componente principal do genótipo i'

A análise de divergência genética foi realizada com a aplicação do método de agrupamento de otimização de Tocher citado por Rao (1952).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Produção de tomate irrigados com água salina

Verificou-se interação entre os efeitos da salinidade da água da irrigação e os cultivares de tomate utilizado, para as características de peso médio de frutos, número de frutos por cacho e produtividade de frutos. Foi verificada diferença entre os níveis de salinidade da água de irrigação e os cultivares de tomate para todas as características (Tabela 3). Desta forma, verifica-se variabilidade genética dos cultivares de tomate sob condições de estresse salino. Os coeficientes de herdabilidade foram de forma geral elevados, sendo todos superiores a 85% para todas as características morfoagronômicas avaliadas. Os coeficientes de variação experimental foram inferiores a 20% para todas as características com exceção da produtividade, que teve maior variação como resultado dos efeitos da salinidade. O coeficiente de variação genética variou aproximadamente 110% na relação do menor coeficiente para o maior. A relação CVg/CVe variou de 2,65 a 5,01 (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para diâmetro transversal do fruto (DIAMT), diâmetro longitudinal do fruto (DIAML), número de frutos por cacho (NFRUTOS), peso médio dos frutos por planta (PESOF), altura de plantas (ALT) e produtividade de frutos (PROD) de 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com água salina, Cassilândia-MS, 2019.

F.V.	QUADRADO MÉDIO					
	DIAMT	DIAML	NFRUTOS	PESOF	ALT	PROD
Cultivar (C)	653,742**	344,571**	0,77912**	1480,70**	0,80839**	2962,621**
Salinidade (S)	1954,896**	811,794**	26,9707**	9231,46**	1,2355**	34459,049**
Inteiração (CxS)	32,3134 ^{NS}	62,996 ^{NS}	0,38458**	241,03**	0,08262 ^{NS}	917,483**
Resíduo	26,0807	48,9767	0,112885	103,88	0,077868	256,086
Var G	209,22	98,53	0,22	458,94	0,24	902,18
h ²	96,01	85,79	85,51	92,98	90,37	91,36
CVe (%)	8,72	15,99	7,37	19,91	18,69	38,56
CVg (%)	43,64	42,42	19,36	75,17	60,22	130,06
CVg/CVe	5,01	2,65	2,63	3,78	3,22	3,40

** Significativo a 1%, * significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F. Var G - variância genética; h² – herdabilidade; CVe – coeficiente de variação experimental; CVg – coeficiente de variação genético.

O maior diâmetro transversal e longitudinal e altura de plantas ocorreu com uso de irrigação sem adição de sal. (Tabela 4).

Tabela 4. Diâmetro transversal dos frutos, diâmetro longitudinal dos frutos e altura de plantas de 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com água salina, Cassilândia-MS, 2019.

Cultivar	Diâmetro Transversal (mm)	Diâmetro Longitudinal (mm)	Altura de planta (m)
4551	45,08 b	48,67 b	1,61 a
4566	34,68 c	49,28 b	1,70 a
Coração	53,49 a	45,60 b	1,71 a
Dominador	46,15 b	46,67 b	1,49 b
Ipa 6	51,43 a	41,95 c	1,23 c
Maestrina	54,28 a	42,79 c	1,73 a
Onix	55,97 a	46,35 b	1,75 a
Pizzadoro	36,14 c	50,25 b	1,46 b
Santa Clara	47,59 b	42,10 c	1,69 a
Shanty	46,26 b	57,99 a	1,09 c
Sheena	46,07 b	52,84 a	0,99 c
Totalle	35,19 c	56,89 a	1,45 b
Estresse Salino			
Controle	53,21 A	53,14 A	1,66 A
Moderado	43,85 B	46,78 B	1,47 B
Severo	41,02 C	45,44 B	1,34 B

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas diferem entre si, para três níveis de salinidade pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

O maior diâmetro transversal foi observado nos frutos dos cultivares Coração de Boi, Ipa 6, Maestrina e Onix, estas cultivares são todas do grupo salada que se sobressai em relação aos do grupo Italiano. Entretanto, os maiores diâmetros longitudinais foram observados nos frutos dos cultivars Shanty, Sheena e Totalle. As maiores alturas de plantas foram observadas nos cultivares 4551, 4566, Coração de Boi, Maestrina, Onix e Santa Clara (Tabela 4).

A maior redução do número de frutos por cacho ao comparar o tratamento controle com nível severo de salinidade foi observada para o cultivar Onix, equivalente a 45%. Os cultivares Ipa 6 e Maestrina submetidas ao estresse salino moderado não diferiram do controle. O maior número de frutos foi observado nas plantas do cultivar Onix em condições normais de cultivo. Em condições de estresse salino moderado, o maior número de frutos de tomate por cacho ocorreu em plantas dos cultivares Coração de Boi, Ipa 6 e Onix. Sob condições de estresse salino severo, verificou o maior número de frutos nos cultivares 4566, Coração de Boi e Sheena. (Tabela 5).

Tabela 5. Número de frutos de cada planta das 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.

Cultivar	Número de Frutos (frutos cacho ⁻¹)		
	Controle	Moderado	Severo
4551	4,56 cA	4,39 bB	3,52 bB
4566	5,29 bA	4,46 bB	4,251 aB
Coração	5,54 bA	4,93 aB	4,07 aC
Dominador	5,07 cA	4,39 bB	3,69 bC
Ipa 6	5,27 bA	4,83 aA	3,83 bB
Maestrina	5,00 cA	4,46 bA	3,61 bB
Onix	6,50 aA	5,18 aB	3,62 bC
Pizzadoro	5,71 bA	4,61 bB	3,71 bC
Santa Clara	5,39 bA	4,51 bB	3,67 bC
Shanty	5,11 cA	4,32 bB	3,64 bC
Sheena	4,82 cA	4,36 bAB	3,98 aB
Totalle	5,35 bA	4,68 bB	3,81 bC

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas diferem entre si, para três níveis de salinidade dentro de cada cultivar pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Os cultivares Onix e Coração de Boi foram os únicos cultivares com redução do peso médio dos frutos de tomate superior a 50% no nível severo de salinidade em relação ao nível controle. O maior peso médio dos frutos ocorreu nas plantas do cultivar Onix quando

relacionado com os demais cultivares, no tratamento controle e em condições de estresse salino moderado. Sob condições de estresse severo por salinidade da água de irrigação, os cultivares de tomate Onix, Maestrina, Shanty e Shenna superaram o peso de frutos dos demais cultivares. Todos os cultivares com exceção do Santa Clara tiveram maior peso de frutos quando submetidos ao tratamento controle em relação ao estresse salino severo. Não houve diferença para o peso de frutos do cultivar Santa Clara entre níveis de salinidade da água de irrigação (Tabela 6).

Tabela 6. Peso fresco médio dos frutos de cada planta das 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.

Cultivar	Peso de Frutos (g fruto ⁻¹)		
	Controle	Moderado	Severo
4551	56,44 cA	45,64 cAB	36,56 bB
4566	46,84 cA	34,02 cAB	29,38 bB
Coração	79,08 bA	45,02 cB	39,36 bB
Dominador	53,97 cA	47,92 cAB	36,77 bB
Ipa 6	58,94 cA	49,36 cAB	38,26 bB
Maestrina	89,17 bA	54,54 bB	47,26 aB
Onix	111,58 aA	68,98 aB	50,08 aC
Pizzadoro	55,91 cA	36,18 cB	30,67 bB
Santa Clara	53,53 cA	40,68 cA	40,55 bA
Shanty	76,63 bA	52,68 bB	50,81 aB
Sheena	61,83 cA	45,89 cB	44,78 aB
Totalle	57,31 cA	39,59 cB	37,71 bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas diferem entre si, para três níveis de salinidade dentro de cada cultivar pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Verificou-se a maior produtividade de frutos de tomate no cultivar Onix seguido pelo Maestrina que superaram as produtividades dos demais quando submetidos ao tratamento controle. Sob condições de estresse salino moderado, a maior produtividade foi verificada no cultivar Onix. Não houve diferença de produtividades entre os cultivares irrigados com água em condições severas de salinidade. As plantas de todos cultivares que foram cultivadas em condições normais tiveram maior produtividade quando comparadas com as plantas cultivadas sob condições de estresse severo por salinidade. Não houve diferença na produtividade do cultivar de tomate 4551 quando cultivado sob estresse salino moderado e com o tratamento controle. Verificou-se redução inferior a 40% da produtividade dos cultivares 4551, 4566,

Shanty e Sheena, submetidos ao nível moderado de salinidade da água de irrigação em relação ao controle (Tabela 7).

Tabela 7. Produtividade de frutos de tomate de 12 cultivares submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.

Cultivar	Produtividade (Mg ha ⁻¹)		
	Controle	Moderado	Severo
4551	55,06 cA	42,44 bA	15,69 aB
4566	52,86 cA	34,70 cAB	19,72 aB
Coração	58,34 cA	26,83 cB	19,78 aB
Dominador	60,90 cA	25,21 cB	11,04 aB
Ipa 6	43,43 cA	17,04 cB	10,29 aB
Maestrina	118,42 bA	46,93 bB	22,25 aB
Onix	146,56 aA	69,04 aB	24,36 aC
Pizzadoro	49,66 cA	24,46 cAB	13,47 aB
Santa Clara	62,25 cA	24,40 cB	10,39 aB
Shanty	62,39 cA	43,51 bAB	30,52 aB
Sheena	53,65 cA	32,60 cAB	25,11 aB
Totalle	83,57 cA	36,92 cB	17,30 aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas diferem entre si, para três níveis de salinidade dentro de cada cultivar pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

2.3.2 Qualidade de frutos de tomate irrigados com água salina

Evidenciou-se a interação entre os efeitos da salinidade da água da irrigação e os cultivares de tomate utilizado, para todas as características. Houve diferença entre os níveis de salinidade da água de irrigação para as características, não houve diferença entre as cultivares apenas para acidez total titulável (Tabela 8). Os coeficientes de herdabilidade foram de forma geral baixos para as características de vitamina C, acidez total titulável e sólidos soluveis, sendo estes inferiores a 50%. A herdabilidade para o pH dos frutos foi de 96 %, considerada alta. Os coeficientes de variação experimental foram inferiores a 31% para todas as características. O coeficiente de variação genética teve uma grande variação chegando a ter diferença superior a 80% a relação do menor coeficiente para o maior. A relação CVg/CVe variou de 1,22 a 5,39 (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para vitamina C (VITC), pH (pH), acidez total titulável (ACIDEZT) e sólidos solúveis (BRIX) de 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com água salina, Cassilândia-MS, 2019.

F.V.	QUADRADO MÉDIO			
	VITC	pH	ACIDEZT	BRIX
Cultivar(C)	0,471**	0,146*	0,075 ^{NS}	611,91**
Salinidade (S)	13,689**	0,375**	1,093**	1106,52**
Inteiração (CxS)	0,2422*	0,320**	0,092*	72,76**
Resíduo	0,167	0,082	10,05	10,41
Var G	0,08	0,02	0,01	3,83
h ²	48,58	43,82	33,33	96,56
CVe (%)	30,76	6,58	2,61	15,62
CVg (%)	42,89	8,78	3,20	84,17
CVg/CVe	1,39	1,33	1,22	5,39

** Significativo a 1%, * significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F. Var G - variância genética; h^2 - herdabilidade; CVe - coeficiente de variação experimental; CVg - coeficiente de variação genético.

A maior concentração de vitamina C ocorreu com uso de irrigação com nível severo de salinidade da água em relação ao tratamento controle para todas cultivares, com exceção do cultivar Totalle que não foi afetado pelos níveis salinos (Tabela 9). Podendo ser uma ferramenta de incremento da qualidade dos frutos, se utilizados no período certo do cultivo de tomate.

Tabela 9. Vitamina C dos frutos de tomate de 12 cultivares submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.

Cultivar	Vitamina C (mg ml ⁻¹)		
	Controle	Moderado	Severo
4551	1,22 aB	1,95 bA	2,07 bA
4566	1,29 aB	1,95 bAB	2,46 aA
Coração	1,40 aB	1,97 bAB	2,17 bA
Dominador	1,45 aB	3,12 aA	2,58 aA
Ipa 6	1,45 aB	2,49 aA	2,16 bA
Maestrina	1,66 aB	2,09 bB	2,85 aA
Onix	1,58 aB	2,48 aA	2,62 aA
Pizzadoro	1,43 aB	2,17 bA	2,55 aA
Santa Clara	1,61 aB	2,74 aA	2,48 aA
Shanty	1,30 aB	2,71 aA	2,33 aA

Sheena	1,41 aB	2,42 aA	2,52 aA
Totalle	1,53 aA	2,11 bA	1,82 bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas diferem entre si, para três níveis de salinidade dentro de cada cultivar pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Dentro do tratamento controle não foi verificado diferença para a concentração de vitamina C, porém, quando submetidos a irrigação com nível moderado de salidade da água, os cultivares Dominador, Ipa 6, Onix, Santa Clara, Shanty e Sheena tiveram maior concentração de vitamina C em relação as demais cultivares. No nível severo de salinidade da água de irrigação, foi verificada maior quantidade de vitamina C nas cultivares 4566, Dominador, Maestrina, Onix, Pizzadoro, Santa Clara, Shanty e Sheena em relação aos demais (Tabela 9).

O cultivar Pizzadoro teve menor quantidade de °Brix em relação aos demais cultivares no tratamento controle. Quando submetidos ao nível moderado e severo de salinidade da água de irrigação, a cultivar Coração de Boi teve maior quantidade de °Brix em relação aos demais. Os frutos das plantas submetidas a irrigação com nível severo de salinidade da água tiveram maior quantidade de °Brix em relação aos frutos da plantas cultivadas no tratamento controle para todas cultivares, com exceção do cultivar Totalle (Tabela 10).

Tabela 10. Sólidos solúveis dos frutos de tomate dos 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.

Cultivar	Sólidos solúveis (°Brix)		
	Controle	Moderado	Severo
4551	5,00 aB	6,00 bB	9,08 bA
4566	5,03 aB	5,90 bB	8,35 bA
Coração	5,78 aC	8,47 aB	11,97 aA
Dominador	5,13 aB	5,78 bB	7,78 cA
Ipa 6	4,45 aB	5,30 cAB	6,25 dA
Maestrina	5,05 aB	6,83 bA	7,60 cA
Onix	4,25 aC	5,80 bB	7,55 cA
Pizzadoro	3,03 bC	4,97 cB	7,63 cA
Santa Clara	4,43 aC	6,60 bB	7,79 cA
Shanty	4,68 aB	6,05 bA	6,98 cA
Sheena	4,98 aB	5,50 cAB	6,08 dA
Totalle	5,53 aA	5,13 cA	4,98 eA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas diferem entre si, para três níveis de salinidade dentro de cada cultivar pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Houve alteração no pH da polpa dos frutos de tomate somente quando submetidos ao nível de irrigação severo de salinidade da água, tendo o menor pH no cultivar Totalle em relação aos demais cultivares. Verificou-se também menor pH no cultivar Totalle com nível moderado e severo de irrigação salina em relação ao controle (Tabela 11).

Tabela 11. pH da polpa dos frutos de tomate dos 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.

Cultivar	pH		
	Controle	Moderado	Severo
4551	4,39 aA	4,41 aA	4,33 aA
4566	4,59 aA	4,19 aA	4,23 aA
Coração	4,20 aA	4,22 aA	4,66 aA
Dominador	4,47 aA	4,58 aA	4,39 aA
Ipa 6	4,48 aA	4,47 aA	4,66 aA
Maestrina	4,46 aA	4,35 aA	4,23 aA
Onix	4,53 aA	4,28 aA	4,32 aA
Pizzadoro	3,95 aA	4,30 aA	4,32 aA
Santa Clara	4,52 aA	4,48 aA	4,37 aA
Shanty	4,37 aA	4,25 aA	4,22 aA
Sheena	4,42 aA	4,28 aA	4,24 aA
Totalle	4,93 aA	4,32 aB	3,81 bC

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas diferem entre si, para três níveis de salinidade dentro de cada cultivar pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Não houve alteração na acidez total titulável dos frutos entre as cultivares dos níveis controle e moderado de salinidade sobre a acidez (Tabela 12).

Tabela 12. Acidez total titulável de polpa dos frutos de tomate de 12 cultivares de tomate submetido a irrigação com três níveis de água salina, Cassilândia-MS, 2019.

Cultivar	Acidez total titulável (ml ml ⁻¹)		
	Controle	Moderado	Severo
4551	0,84 aA	0,98 aA	1,22 aA
4566	0,53 aB	0,91 aA	1,11 aA
Coração	0,67 aB	1,28 aA	0,86 bB
Dominador	0,77 aA	0,73 aA	1,04 aA
Ipa 6	0,68 aA	0,87 aA	0,67 bA
Maestrina	0,76 aB	0,79 aB	1,16 aA
Onix	0,58 aB	0,99 aA	0,96 aA
Pizzadoro	0,83 aA	0,98 aA	0,75 bA
Santa Clara	0,66 aA	1,03 aA	0,88 bA
Shanty	0,81 aA	0,95 aA	0,95 aA

Sheena	0,52 aB	0,91 aA	0,94 aA
Totalle	0,54 aB	0,99 aA	0,68 bA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 1% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas diferem entre si, para três níveis de salinidade dentro de cada cultivar pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Os cultivares 4551, 4566, Dominador, Maestrina, Onix, Shanty e Sheena tiveram maior acidez em condições de salinidade severa em relação aos demais cultivares. As cultivares 4566, Maestrina, Onix, Sheena e Totalle tiveram aumento da acidez total titulável dos frutos de tomate submetidos ao nível severo de salinidade da água de irrigação em relação ao controle (Tabela 12).

2.3.3 Divergência genética entre os cultivares de tomate em condições de estresse salino

Em torno de 71,47% da variância dos dados relativos aos cultivares de tomate cultivados sob condições de irrigação com salinidade moderada da água ficaram nos dois primeiros componentes principais (Tabela 13).

Tabela 13. Variância de cada componente principal e sua importância em relação à variância total

Componente	Autovalores	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
CP1	1,557	38,69	38,69
CP2	1,171	32,78	71,47
CP3	0,685	15,13	86,60
CP4	0,619	13,40	100,00

CP= componente principal

Verificou a formação de 4 grupos de similaridade entre as cultivares, com base na relação entre o nível controle e o nível moderado de salinidade da água de irrigação. O grupo com o cultivar 4551 foi o mais distante do grupo com o cultivar Pizzadoro e do grupo com os cultivares Ipa 6 e Sheena. Verificou-se resposta similar aos efeitos da irrigação com salinidade moderada da água entre os cultivares do mesmo grupo, as características avaliadas foram capazes de expressar os efeitos da irrigação salina sobre os cultivares de tomate, os componentes principais 1 e 2 representaram mais de 70% da variância (Figura 6).

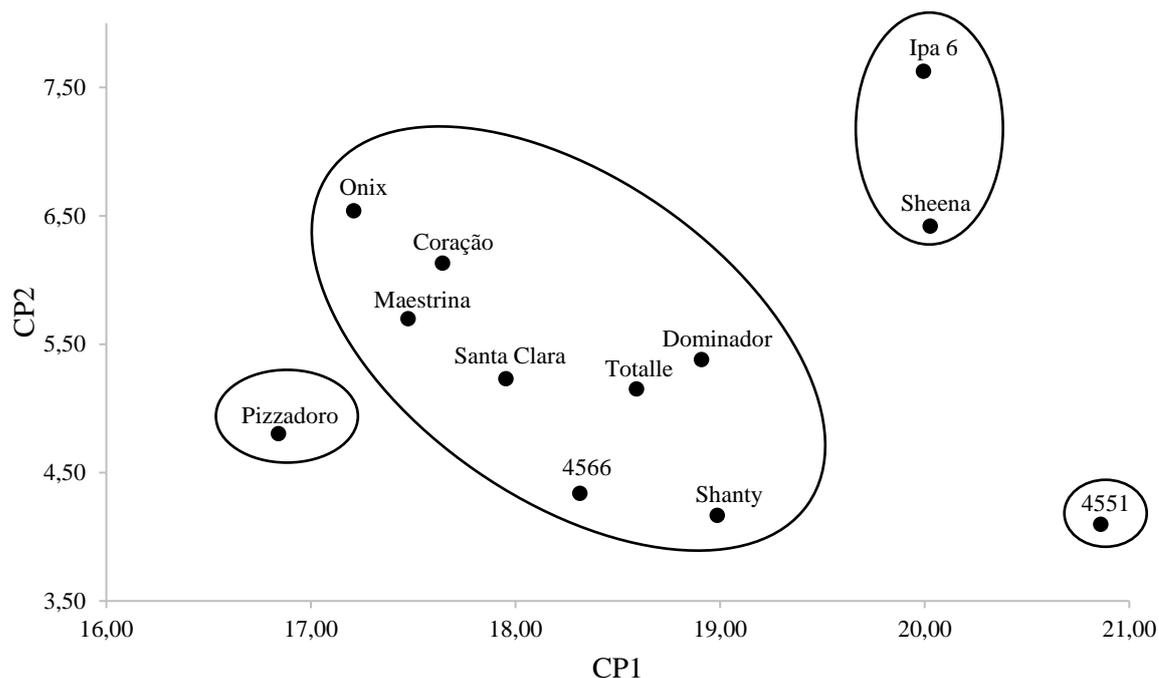


Figura 4. Dispersão gráfica dos escores de doze cultivares de tomate em relação aos componentes principais 1 e 2 em condições de irrigação moderada de salinidade na produção.

Em torno de 73,07% da variância dos dados relativos aos cultivares de tomate cultivados sob condições de irrigação com salinidade moderada da água ficaram nos dois primeiros componentes principais (Tabela 14).

Tabela 14. Variância de cada componente principal e sua importância em relação à variância total

Componente	Autovalores	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
CP1	1,974	49,34	49,34
CP2	0,949	23,73	73,07
CP3	0,789	19,72	92,79
CP4	0,288	7,21	100,00

CP= componente principal

Verificou a formação de cinco grupos de similaridade entre as cultivares, com base na relação entre o nível controle e o nível severo de salinidade da água de irrigação. O grupo com o cultivar Onix foi o mais distante do grupo com o cultivar Sheena e do grupo com o cultivar Ipa 6, a maior similaridade entre as cultivares foi encontrada para os cultivares Dominador,

Santa Clara, Maestrina, Totalle, Coração de Boi, 4551, 4566 e Shanty por pertencerem ao mesmo grupo e terem a mesma resposta a esta condição de irrigação salina (Figura 8).

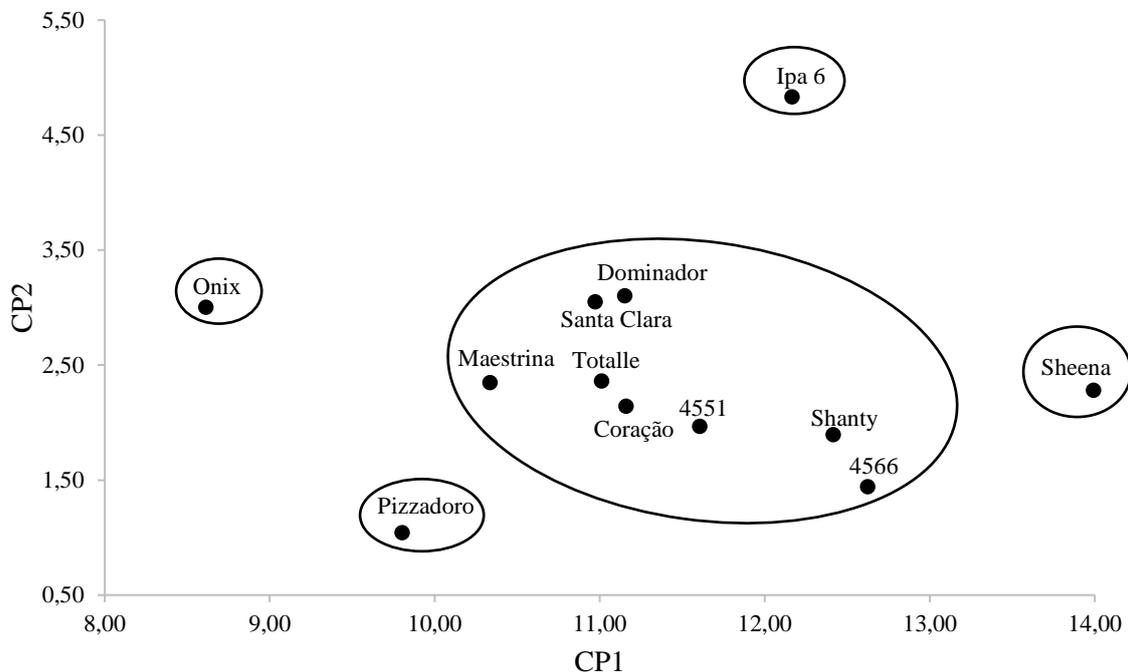


Figura 5. Dispersão gráfica dos escores de doze cultivares de tomate em relação aos componentes principais 1 e 2 em condições de irrigação severa de salinidade na produção.

2.4 DISCUSSÃO

Em condições severas de salinidade houve redução maior que 60% da produtividade, dos cultivares 4566, Coração de Boi, Shanty e Sheena em relação ao cultivo no tratamento controle, que demonstra alta susceptibilidade dos demais cultivares a exposição prolongada a irrigação com salinidade severa da água. Alguns autores citam que dependendo da espécie e/ou variedade de plantas, existe uma grande variabilidade genética quanto a tolerância à salinidade (Ashraf e Foolad, 2007). Conforme relatado por Siddiky et al. (2015), há grande redução da massa e da produtividade de frutos de tomate quando submetido ao nível salino moderado em relação ao controle, na maioria dos genótipos utilizados.

Para diferentes espécies de plantas, é observado aumento no conteúdo de prolina como resposta direta ao estresse salino, que contribui para a estabilização de moléculas de proteínas e membranas associadas à eliminação de ERO na célula (Bhusan et al., 2016). Plantas submetidas a níveis de salinidade ocasionada por NaCl foram capazes de gerenciar essa restrição osmótica a longo prazo em condições de campo. No entanto, uma estratégia fisiológica

verificada em uma espécie de tomate (*S. lycopersicum*) para alcançar esse equilíbrio, foi o ajuste osmótico para manter a hidratação dos tecidos (Martinez et al., 2012).

Os efeitos tóxicos da salinidade atrapalham o desenvolvimento das plantas, reduzindo os ganhos das características avaliadas ao serem cultivadas sob o nível severo de salinidade da água de irrigação. As características de tomate relacionadas a altura de plantas, número de frutos por cacho, peso de frutos, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal foram prejudicadas pelo uso de irrigação com nível severo de salinidade da água, em relação ao cultivo com ausência do estresse por salinidade. Os prejuízos estão diretamente ligados ao período de exposição, à concentração de sal, ao potencial hídrico do cultivar e ao volume de água transpirada pela planta (Negrao et al., 2017).

Altas concentrações de sal implicam em um menor potencial hídrico do solo, resultando em menores taxas fotossintéticas, menor transpiração, e um desequilíbrio na absorção de nutrientes pela baixa quantidade de água absorvida (Alves et al., 2018). A diminuição de potencial osmótico interno é geralmente relatada como uma estratégia para manter o turgor celular, o que permite o crescimento através do alongamento celular sob baixo potencial hídrico externo (Yamaguchi e Blumwald, 2005).

A produtividade de frutos de tomate foi prejudicada pelo uso de água com salinidade severa para irrigação, o que pode ser atribuído ao desbalanço nutricional da planta, ocasionado pelo efeito do desequilíbrio da absorção de cations. A presença de NaCl no solo causam distúrbios nutricionais nas plantas, pelo sódio dificultar e/ou inibir a absorção de outros cations pelas raízes, causam distúrbios fisiológicos pela alta concentração iônica, e o efeito tóxico dos íons do cloreto, que ainda é tóxico para outras células que compõem a planta (Hajibolandi et al., 2010). Uso de soluções com altas concentrações de NaCl podem induzir ao estresse oxidativo nas células vegetais, e em consequência aumentar a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) (Alharby et al., 2016). As EROs são altamente reativos e podem induzir a peroxidação lipídica, causando danos às enzimas, proteínas e ácidos nucleicos (Duman e Koca, 2014).

O unico cultivar que teve redução do pH de acordo com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação foi o Totalle. Com exceção do cultivar Totalle, todos os frutos dos cultivares avaliados tiveram maior quantidade de °Brix e maior concentração de vitamina C quando submetidos ao nível severo de salnidade da água de irrigação em relação ao nível controle de cultivo. Foi verificado que os frutos tiveram uma redução no tamanho de acordo

com aumento da salinidade. Este resultado se deve a baixa absorção de água e nutrientes pelas raízes, em resposta ao efeito osmótico do sal presente na solução do solo, e ainda pela dificuldade da planta de translocar soluto para os drenos (frutos) (Dorai et al., 2001). Podendo ocorrer alterações no metabolismo da planta de tomate elevando o teor de sólidos solúveis (°Brix); e ainda elevadas concentrações de sal na água de irrigação podem estimular o sistema de defesa da planta, levando ao acúmulo de metabólitos secundários em diferentes tecidos vegetais (Martinez et al., 2012), além de vitamina C, quando submetidos a uma irrigação com salinidade moderada da água (Paiva et al., 2018).

. Os cultivares Shanty, Sheena e 4566 foram moderadamente tolerantes aos efeitos da salinidade severa da água de irrigação, enquanto os cultivares Coração de Boi, Totalle, Pizzadoro, Ipa 6 e 4551 foram moderadamente susceptíveis submetidos ao mesmo nível salino. As diferentes respostas de cada cultivar aos efeitos do estresse salino ocorre devido a capacidade de cada cultivar de se adaptar as condições e utilizar mecanismo de alterar o funcionamento metabólico e fisiológico.

As plantas sob condições de estresse alteram seu metabolismo com intenção de amenizar os efeitos osmóticos e tóxicos do Na^+ , a capacidade de manter a absorção de K^+ e uma elevar relação entre $\text{K}^+:\text{Na}^+$ sob estresse salino pode ser um mecanismo importante de tolerância à salinidade (Shabala e Cuin, 2008). As plantas de tomate silvestres com alta tolerância a salinidade tinham maiores teores de K^+ nas folhas em relação ao com baixa tolerância a salinidade, ocorre devido a regulação na absorção de K^+ pelas raízes, impedindo a absorção de Na^+ (Pailles et al., 2019). A redução do efluxo de K^+ em halófitos está ligada à redução do efluxo de H^+ , o que economiza energia, permitindo que mais recursos sejam redirecionados para o crescimento das plantas (Percey et al., 2016).

A capacidade da planta de acumular Na^+ em relação à massa da planta pode ser um sinal de tolerância à salinidade. Porém, o Na^+ é tóxico as plantas quando é acumulado no citosol da célula, resultando em desequilíbrio iônico (Hanin et al., 2016). Além disso, o Na^+ reduz a disponibilidade de sítios de ligação de K^+ para processos metabólicos importantes no citoplasma (Wei et al., 2017). A planta para conseguir se proteger quando exposta aos efeitos da salinidade, deve restringir a entrada de Na^+ através do sistema radicular ou controlar a concentração e distribuição de Na^+ (Hanin et al., 2016). Pois uma vez dentro da planta, o Na^+ que entra nas células das raízes e é transportado pela planta, deve ser extrudado do citoplasma para o espaço apoplástico e compartimentado no vacúolo das células da parede celular, processo

conhecido como tolerância tecidual (Maggio et al., 2007). A tolerância tecidual é a capacidade das células das plantas continuarem o funcionamento normal mesmo com altas concentrações de Na⁺ internas nos tecidos sem que haja lesões, formando compartimento de acúmulos de soluto (Munns et al., 2016). Em acessos silvestres do atual tomate cultivado, foram verificados acessos tolerantes a salinidade com altas concentrações de Na⁺ em suas folhas e raízes, o que sugere níveis significativos de tolerância tecidual (Pailles et al. 2019).

2.5 CONCLUSÕES

Em condições de ausência de estresse por salinidade, os cultivares Onix e Maestrina foram os mais produtivos. Em condições de salinidade moderada, o cultivar Onix foi o mais produtivo.

Em condições severas de estresse salino, não foi constatada diferença entre as cultivares quanto a produtividade.

Em condições de salinidade severa, verifica-se maior teor de vitamina C e sólidos solúveis.

2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHARBY, H.F.; METWALI, E.M.; FULLER, M.P.; ALDHEBIANI, A.Y. Impact of application of zinc oxide nanoparticles on callus induction, plant regeneration, element content and antioxidant enzyme activity in tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) under salt stress. **Archives of Biological Sciences**. v.68, p.723-735, 2016.

ALOMRAN, A.; AL-HARBI, A.R.; WAHAB-ALLAH, M.A.; AL-WABEL, M.I.; NADEEM, M.; ALETER, A. Management of Irrigation Water Salinity in Greenhouse Tomato Production under Calcareous Sandy Soil and Drip Irrigation. **Journal of Agricultural Science and Technology**. v.14, p.939-950, 2012.

ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. S.; NICOLAU, M. C. M.; PIZOLATO NETO, A.; OLIVEIRA, F. A.; LIMA, L. W.; TEZOTTO, T.; GRATÃO, P. L. The partial root-zone saline irrigation system and antioxidant responses in tomato plants. **Plant Physiology and Biochemistry**. v.127, p.366-379, 2018.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV. 1997. 390 p.

DORAI, M.; PAPADOPOULOSA, A.P.; GOSSELIN, A. Influence of electric conductivity management on green house tomato yield and fruit quality. **Agronomic**. v.21, p.367–383, 2001.

DUMAN, F.; KOCA, F.D. Single and combined effects of exposure concentration and duration on biological responses of *Ceratophyllum demersum* L. Exposed to Cr species. **International Journal of Phytoremediation**. v.16, p.1192–1208, 2014.

ESTAN, M. T.; MARTINEZ-RODRIGUEZ, M. M.; PEREZ-ALFOCEA, F.; FLOWERS, T. J.; BOLARIN, M. C. Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. **Journal of Experimental Botany**. v.56, p.703–712, 2005.

GHANEM, M. E.; VAN ELTEREN, J.; ALBACETE, A.; QUINET, M.; MARTÍNEZ-ANDÚJAR, C.; KINET, J. M.; LUTTS, S. Impact of salinity on early reproductive physiology of tomato (*Solanum lycopersicum*) in relation to a heterogeneous distribution of toxic ions in flower organs. **Functional Plant Biology**. v.36, p.125-136, 2009.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**, Fortaleza - CE, 2016. 504p.

GUEDES, R. A. A.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. S.; GOMES, L. P.; COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, p.913–919, 2015.

HANIN, M.; EBEL, C.; NGOM, M.; LAPLAZE, L.; MASMOUDI, K. New insights on plant salt tolerance mechanisms and their potential use for breeding. **Front Plant Sci**. v.7, p.1-17, 2016.

IAL. (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo, 2008. p. 1020 (1 ed. Digital),

MACHADO, R.M.A.; SERRALHEIRO, R.P. Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. **Horticulturae**, v.30, p.1-13, 2017.

MAGGIO, A.; RAIMONDI, G.; MARTINO, A.; DE PASCALE, S. Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. **Environ Exp Bot**. v.59, p.276–282, 2007.

MAROUELLI, W.A.; OLIVEIRA, Á.S. DE; COELHO, E.F.; NOGUEIRA, L.C.; SOUSA, V.F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V.F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E.F.; PINTO, J.M.; COELHO FILHO, M.A (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p.157-232.

MARTÍNEZ, J.P.; ANTÚNEZ, A.; PERTUZE, R.; ACOSTA, M.P.; PALMA, X.; FUENTES, L.; AYALA, A.; ARAYA, H.; LUTTS, S. Effects of saline water on water status, yield and fruit quality of wild (*Solanum chilense*) and domesticated (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) tomatoes. **Experimental Agriculture**. v.48, p.573–586, 2012.

MUNNS, R.; JAMES, R. A.; GILLIHAM, M.; FLOWERS, T. J.; COLMER, T. D. Tissue tolerance: an essential but elusive trait for salt-tolerant crops. **Functional Plant Biology**. v.43, p.1103–1113, 2016.

NEGRÃO, S.; SCHMÖCKEL, S.M.; TESTER, M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. **Annals of Botany**. v.119, p.1–11, 2017.

- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARDOSO, J. A. F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.929-937, 2011.
- PAILLES, Y.; AWLIA, M.; JULKOWSKA, M.; PASSONA, L.; ZEMMOURI, K.; NEGRÃO, S.; SCHMOCKEL, S. M.; TESTER, M. Diverse traits contribute to salinity tolerance of wild tomato seedlings from the Galapagos Islands. **Plant Physiology Preview**. v.25, p.1-47, 2019,
- PAIVA, F. I. G; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; TARGINO, A. J. O.; SANTOS, S. T.; SILVA, R. C. P. Qualidade de tomate em função da salinidade da água de irrigação e relações k/ca via fertirrigação. **Irriga**. v. 23, p. 168-193, 2018.
- PERCEY, W. J.; SHABALA, L.; WU, Q.; SU, N.; BREADMORE, M. C.; GUIJT, R. M.; BOSE, J.; SHABALA, S. Potassium retention in leaf mesophyll as an element of salinity tissue tolerance in halophytes. **Plant Physiology Biochemist**. 8uu8 v.109, p.346–354, 2016.
- PEREIRA, F. A. L.; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; PRESTON, W.; VASCONCELOS, C. B. E. L. Tolerance of melon cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.21, p.846-851, 2017.
- RAHMAN, M. M.; HOSSAIN, M.; HOSSAIN, K. F. B.; SIKDER, T.; SHAMMI, M.; RASHEDUZZAMAN, M.; HOSSAIN, A. M.; ALAM, M. A. K. M.; UDDIN, M. K. Effects of NaCl-Salinity on Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Plants in a Pot Experiment, **Open Agriculture**. v.3, p. 578-585 2018.
- RAO, C. R. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: John Wiley & Sons; 1952. 390p.
- SAFDAR, H.; AMIN, A.; SHAFIQ, Y.; ALI, A.; YASIN, R.; SHOUKAT, A.; HUSSAN, M. U.; SARWAR, M. I. A review: Impact of salinity on plant growth. **Nature and Science**. v.17, p.34-40, 2019.
- SHABALA, S.; CUIN, T. A. Potassium transport and plant salt tolerance. **Physiology Plant** v.133, p.651–669, 2008.
- SIDDIKY, M.A.; KHAN, M.S.; RAHMAN, M.M.; UDDIN, M.K. Performance of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) germplasm to salinity stress. **Bangladesh Journal of Botany**. v.44, p.193-200, 2015.
- SILVA, D. J.; VALE, F. X. R. (eds). **Tomate – Tecnologia de produção**. Viçosa: Suprema. 2007. 356p.
- SINGH, J., SASTRY, E. V.; SINGH, V. Effect of salinity on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) during seed germination stage. **Physiology and molecular biology of plants**. v.18, p.45–50, 2012.
- STOLFA, I.; MARONIĆ, D. Š.; PFEIFFER, T.Ž.; LONČARIĆ, Z. **Glutathione and related enzymes in response to abiotic stress**. In: In Redox State as a Central Regulator of Plantcell Stress Responses. Springer International Publishing, 2016. p.183–211.

VIEIRA, I. G. S.; NOBRE, R. G.; DIAS, A. S.; PINHEIRO, F. W. A. Cultivation of cherry tomato under irrigation with saline water and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.20, p.55-61, 2016.

WEI, D.; ZHANG, W.; WANG, C.; MENG, Q.; LI, G.; CHEN, T. H. H.; YANG, X. Genetic engineering of the biosynthesis of glycinebetaine leads to alleviate salt-induced potassium efflux and enhances salt tolerance in tomato plants. **Plant Science**. v.257, p.74–83, 2017.

YAMAGUCHI, T.; BLUMWALD, E. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. **Trends in Plant Science**. v.10, p.615–620, 2005.

YASAR, F.; UZAL, O.; YASAR, O. Antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation amount of pea varieties (*Pisum sativum* sp. arvense L.) under salt stress. **Fresenius Environ. Bull.** v.25, p.37–42, 2016.