

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

PARÂMETROS PRODUTIVOS E QUALITATIVOS DO MINI TOMATE SOB
NÍVEIS DE SALINIDADE EM FERTIRRIGAÇÃO COM E SEM SILÍCIO

REJANE MEYSON VIEIRA DE SOUSA

BOM JESUS – PI
2018

REJANE MEYSON VIEIRA DE SOUSA

PARÂMETROS PRODUTIVOS E QUALITATIVOS DO MINI TOMATE SOB
NÍVEIS DE SALINIDADE EM FERTIRRIGAÇÃO COM E SEM SILÍCIO.

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Everaldo Moreira da Silva

BOM JESUS – PI
2018

Ficha Catalográfica

S725p Sousa, Rejane Meyson Vieira
Parâmetros produtivos e qualitativos do mini tomate sob níveis de salinidade em fertirrigação com e sem silício / Rejane Meyson Vieira de Sousa – Bom Jesus: UFPI, 2018.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí.

Orientador: Prof^o. Dr. Everaldo Moreira da Silva

1. Estresse abiótico, 2. Silicato de potássio, 3. *Lycopersicon esculentum* Mill. I. Título.

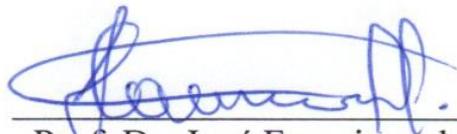
CDD 630.8

REJANE MEYSON VIEIRA DE SOUSA

PARÂMETROS PRODUTIVOS E QUALITATIVOS DO MINI TOMATE SOB
NÍVEIS DE SALINIDADE EM FERTIRRIGAÇÃO COM E SEM SILÍCIO.

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

APROVADA em 29/06/2018



Prof. Dr. José Francisco de Carvalho
(Membro Externo-IFPI-Oeiras)



Prof. Dr. Gabriel Barbosa da Silva Júnior
(Membro Externo-UFPI/CCA)



Prof. Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda
(Membro Interno-PPGSNP/UFPI/CPCE)



Prof. Dr. Everaldo Moreira da Silva
(Orientador-UFPI)

“Um trabalho te dá um propósito e um significado. A vida é vazia sem ambos”

Stephen Hawking

DEDICO

*A todos aqueles que se empenham cotidianamente ao árduo trabalho de “construir” a
pesquisa nesse país.*

AGRADECIMENTOS

À Deus pela saúde e força ao longo dessa caminhada. A Universidade Federal do Piauí, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio, conhecimento, formação.

Minha eterna gratidão a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho e ao MSc. Wilon Pinheiro, principal incentivador, por acreditar em mim.

RESUMO GERAL

SOUSA, REJANE MEYSON VIEIRA. Parâmetros produtivos e qualitativos do mini tomate sob níveis de salinidade em fertirrigação com e sem silício. 2018. 48p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Piauí, PI¹.

O excesso de sais fertilizantes tem sido uma problemática constante no cultivo em ambiente protegido, em especial em culturas de alto valor agregado, como a do mini tomate. Pesquisas no mundo inteiro tem sido desenvolvidas com intuito de minimizar os efeitos deletérios ocasionados pelo acúmulo de sais em ambientes fertirrigados, surgindo neste contexto as fontes de silício, como o silicato de potássio, utilizado amplamente na agricultura, como mitigador de estresse biótico e abiótico nas plantas. Assim objetivou-se com este trabalho avaliar os níveis de salinidade em fertirrigação com e sem uso de silício, e sua influência sobre os parâmetros produtivos e qualitativos do mini tomate, cultivado em substrato contido em vasos sob ambiente protegido. O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas. Para condução do experimento adotou-se delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 6 x 2, com 4 repetições, sendo seis níveis de salinidade inicial do substrato (S1 = 1,22; S2 = 2,13; S3 = 3,12; S4 = 4,07; S5 = 5,12 e S6 = 6,07 dS m⁻¹) e dois manejos de fertirrigação, sendo avaliados conforme presença e ausência de silício. As variáveis analisadas foram: Número de fruto, biomassa fresca, biomassa seca e qualidade dos frutos, mensurando produção e produtividade da cultura. Os resultados revelaram que uso do silício associado a fertirrigação com diferentes níveis de salinidade proporcionou melhor desempenho produtivo e qualitativo dos frutos do híbrido Sweet Heven, elevando assim a salinidade limiar dessa cultura. As variáveis estudadas, biomassa seca e fresca da cultura do mini tomate não sofreram estresse salino quando submetidos aos níveis de salinidade testados, por outro lado, a qualidade dos frutos, é afetada com o incremento dos níveis de salinidade, sendo amenizada no manejo com a adição de silício.

Palavras-chave: Estresse abiótico, silicato de potássio, *Lycopersicon esculentum* Mill.

¹Orientador: Everaldo Moreira da Silva – UFPI/Bom Jesus

GENERAL ABSTRACT

SOUSA, REJANE MEYSON VIEIRA. **Productive and qualitative parameters of the mini tomatoes under salinity levels in fertirrigation with and without silicon.** 2018. 48p. Dissertation (Master in Soils and Plant Nutrition) - Federal University of Piauí, PI¹.

The excessive use of fertilizer salts have been a constant problem in cultivation in a protected environment, especially in high added value crops such as mini tomato, worldwide research has been developed to minimize the deleterious effects caused by the accumulation of salts in fertirrigated environments, the sources of silicon, such as potassium silicate used extensively in agriculture as a biotic and abiotic stress reliever suffered by plants, appeared in this context, being more recently studied as a biostimulant to improve the productive performance of the crops. The objective of this work was to evaluate salinity levels in fertirrigation with and without silicon, on productive and qualitative parameters of the mini tomato, cultivated in substrate contained in pots under protected environment. The study was conducted in the experimental area of the Federal University of Piauí, Campus Professor Cinobelina Elvas. To conduct the experiment, a randomized block design was used, in a 6 x 2 factorial arrangement, with 4 replications, 6 levels of initial salinity of the substrate (S1 = 1.22; S2 = 2.13; S3 = 3.12; S4 = 4.07; S5= 5.12 e S6 = 6.07 dS m⁻¹) and two fertigation maneuvers, one with silicon addition and no silicon addition. The analyzed variables were: Number of fruit, fresh biomass, dry biomass and fruit quality, measuring yield and crop productivity. The results showed that the use of silicon associated with fertirrigation with different levels of salinity provides a better productive and qualitative performance of the fruits of the Sweet Heaven hybrid, thus raising the salinity threshold of this crop. The studied variables, dry and fresh biomass of the mini tomato crop were not negatively influenced when submitted to the salinity levels tested. On the other hand, the quality of the fruits was affected by the increase of the salinity levels, being softened in the addition treatment of silicon.

Key words: Abiotic stress, potassium silicate, *Lycopersicon esculentum Mill.*

¹Orientador: Everaldo Moreira da Silva – UFPI/Bom Jesus

SUMÁRIO

Resumo Geral.....	i
General Abstract.....	ii
Lista de figuras.....	iii
Lista de tabelas.....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	2
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1. Aspectos econômicos da cultura do tomate.....	4
2.2. Aspectos gerais da cultura do tomate.....	4
2.3. Mini tomate.....	6
2.4. Exigências Climáticas.....	7
2.5. Fertirrigação na cultura do tomateiro.....	8
2.6. Efeito mitigador do Silício no estresse biótico e abiótico.....	10
2.7. Necessidade hídrica da cultura do tomate.....	10
2.8. Cultivo em ambiente protegido.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1. Caracterização da área experimental.....	13
3.2. Caracterização do período de condução do experimento.....	14
3.3. Delineamento experimental e tratamentos.....	15
3.4. Cultura e cultivar.....	15
3.5. Produção das mudas e instalação do experimento.....	16
3.6. Sistema de irrigação e montagem do experimento.....	17
3.7. Manejo da fertirrigação.....	18
3.8. Variáveis analisadas.....	22
3.8.1. Componentes de produção.....	22
3.8.1.1. Biomassa fresca.....	22
3.8.1.2. Biomassa seca.....	22
3.8.1.3. Qualidade do fruto.....	23
3.9. Análise estatística.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1. Componentes de produção.....	26
4.1.1. Biomassa fresca.....	26
4.1.2. Biomassa seca.....	31

4.2. Análises de qualidade de frutos	33
5. CONCLUSÃO.....	37
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área experimental, Bom Jesus - PI, 2017.....	13
Figura 2. Umidade relativa (UR%) e temperatura do ar, nos diferentes estágios fenológicos de desenvolvimento da cultura do mini tomate, Campos Professora Cinobelina Elvas, Bom Jesus – PI.....	14
Figura 3. Croqui da área experimental.	15
Figura 4. Produção de mudas, germinação após três dias de semeadura (A) e fase de transplântio das mudas (B)	16
Figura 5. Detalhes da área frontal interna (A) e (B), Tanques de distribuição da fertirrigação (C) e área em período de produção (D).....	17
Figura 6. Evapotranspiração potencial e de referência coletados durante o período de condução do experimento da cultura do mini tomate.....	21
Figura 7. Análise da biomassa seca do fruto, raiz e haste, (A), (B) e (C), respectivamente.	22
Figura 8. Etapas da metodologia de amostragem dos frutos para análise qualitativa do mini tomate (A), maceração do mesocarpo (B), pesagem da polpa (C), determinação do pH e ATT% (D).	23
Figura 9. Diagrama de dispersão e equação de ajuste para os níveis de salinidade em fertirrigação, relativos as variáveis, número de frutos, massa fresca dos frutos, folhas, haste e cachos, em (g planta ⁻¹), respectivamente A, C, E, G e I, e manejo da fertirrigação com e sem adição de silício, para as variáveis número de frutos, massa fresca dos frutos, folhas, haste e cachos, em (g planta ⁻¹), respectivamente B, D, F, H e J	28
Figura 10. Diagrama de dispersão e equação de ajuste para os níveis de salinidade em fertirrigação, relativos as variáveis, massa seca de frutos, folhas, cachos, haste e raiz, massa seca total e massa seca da parte aérea, em (g planta ⁻¹), respectivamente A, C, E, G e I, e manejo da fertirrigação com e sem adição de silício, para as variáveis número de frutos, massa fresca dos frutos, folhas, haste e cachos, em (g planta ⁻¹), respectivamente B, D, F, H e J.....	32
Figura 11. Diagrama de dispersão e equação de ajuste, para fertirrigação, relativos a variáveis sólidos solúveis total, pH, acidez total titulável (%), e ATT% x °Brix, respectivamente A, C, E, G e manejo fertirrigação com e sem adição de Si, respectivamente B, D, F e H.....	38

Tabela 1. Sais fertilizantes utilizados nos manejos da fertirrigação.....	9
Tabela 2. Intervalo e composição química dos nutrientes utilizados em fertirrigação para o mini tomate	19
Tabela 3. Quantidade de nutrientes (g planta^{-1}), aplicado ao longo do ciclo, para manejo da fertirrigação sem adição de silício.....	20
Tabela 4. Quantidade de nutrientes (g planta^{-1}), aplicado ao longo do ciclo, para manejo da fertirrigação com adição de silício.....	20
Tabela 5. Resumo da análise de variância e média referente ao número de frutos (Nfr) e da massa fresca, de frutos (MFfr), de folhas (MFfl), haste (MFH), e de cachos (MFC), em (g planta^{-1}), para a cultura do mini tomate, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação	26
Tabela 6. Resumo da análise de variância e média referente a massa seca de frutos (MSfr) folhas (MSfl), da haste (MSH), raiz (MSR), massa seca total (MST) e massa seca da parte aérea (MSPA), em (g planta^{-1}), para a cultura do mini tomate, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação.....	31
Tabela 7. Valores médios da variável massa seca da parte aérea (g planta^{-1}), para manejo (fertirrigação sem Silício) e manejo (fertirrigação com Silício) e os diferentes níveis de salinidade.....	35
Tabela 8. Resumo da análise de variância e médias das variáveis sólidos solúveis total, pH, acidez titulável total (ATT%), para a cultura do mini tomate, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação	36
Tabela 9. Valores médios da variável acidez titulável total (ATT%) para manejo M1 (fertirrigação sem Silício) e manejo M2 (fertirrigação com Silício) e os diferentes níveis de salinidade.....	40

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é uma das olerícolas mais cultivadas e consumidas no mundo, perdendo apenas para a batata em termos de produção. Segundo o IBGE em 2016, a produção da batata alcançou os quase 3,9 milhões de toneladas em 134 mil ha, enquanto o tomate alcançou os quase 3,7 milhões de toneladas em aproximadamente 58 mil ha de área cultivada (ARAÚJO et al., 2017). O produto tem grande importância econômica e se destaca em função da excelente produtividade e ciclo relativamente curto, variando de 90 a 120 dias, tendo espaço no mercado nacional e internacional, com demanda crescente tanto para agroindústria de processamento como para o consumo *in natura*.

Ganha destaque dentre os grupos de tomates cultivados, o mini tomate, por que possui alto valor agregado e tem sido englobado a culinária fitness, sendo preferencialmente consumido *in natura*. O fruto possui propriedades que favorecem a eliminação de radicais livres no organismo humano, estas são conhecidas como pigmento licopeno, e é um carotenoide que confere ao fruto coloração vermelha, quando maduro, é um composto antioxidante, importante no combate ao câncer. Em 2017, a EMBRAPA Hortaliças, lançou na exposição técnica de horticultura, cultivo protegido e culturas intensivas, dois novos híbridos de tomate enriquecidos com licopeno o BRS Nagai e BRS Zamir.

O cultivo do mini tomate requer tecnologias que possibilite a cultura expressar todo potencial produtivo, dentre essas, o uso da irrigação se faz extremamente necessário para a cultura, vez que possibilita o dimensionamento do sistema de fornecimento de água conforme demanda hídrica da cultura, além de viabilizar a aplicação de nutrientes na juntamente com água, algo necessário, principalmente no cultivo no cultivo em substrato. Esse mecanismo de distribuição de nutrientes via água de irrigação é denominado fertirrigação, essa tecnologia possibilita aumentar a produtividade, melhorar a qualidade dos frutos e otimizar o uso de nutrientes (CARVALHO, 2016), porém o uso contínuo de sais fertilizantes, especialmente em fertirrigação localizada, provoca salinização do ambiente de cultivo, limitando o desenvolvimento da cultura.

A salinidade provocada pelo excesso sais aplicados via fertirrigação, na cultura do tomate em substrato, tem sido uma problemática constante, especialmente para os agricultores que trabalham com o cultivo do mini tomate, cultura exigente e caracterizada

como moderadamente sensível ao estresse salino, neste contexto pesquisas com silicato de potássio, vem sendo desenvolvidas em função dos vários efeitos benéficos que este elemento proporciona as plantas, como tolerância ao estresse biótico e abiótico.

Na agricultura moderna, pesquisas com uso de fontes de silício vem sendo desenvolvidas, a fim de mitigar os efeitos deletérios provocados pelo estresse salino, em várias culturas comerciais, com destaque para o morango, pepino, alface, arroz e tomate.

A forma mais eficiente de aplicação do silicato de potássio relatada é via fertirrigação, os silicatos solúveis são hoje produtos químicos industriais bem estabelecidos, usados também na agricultura como fertilizantes e bioestimulante (SAVVAS et al., 2015).

Com isso, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis iniciais de salinidade, associado ao uso de silicato de potássio, sobre parâmetros produtivos e qualitativos do mini tomate, com uso de substrato, fertirrigados em ambiente protegido com o manejo da fertirrigação com e sem adição de silício.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Aspectos econômicos da cultura do tomate

O tomateiro (*Lycopersicum esculentum* Mill.) é uma das olerícolas mais cultivadas e consumidas no mundo, perdendo apenas para a batata em termos de produção. Segundo o IBGE em 2016, a produção da batata alcançou os quase 3,9 milhões de toneladas em 134 mil ha, enquanto o tomate alcançou os quase 3,7 milhões de toneladas em aproximadamente 58 mil ha de área cultivada. Por ter essa excelente produtividade e um ciclo relativamente curto, vem ganhando espaço tanto no mercado nacional como internacional, aumentando, assim, suas perspectivas econômicas, tendo em vista os constantes aumentos na demanda, tanto do produto de forma in natura como industrializado (ARAÚJO et al., 2017; SILVA et al., 2017).

Dentre os grupos de tomate cultivado, o mini tomate, tem sido a preferência dos consumidores apresentando alto valor agregado sendo consumido principalmente *in natura* (ARAÚJO et al., 2013). Dentre os minis tomates, tem destaque o tipo tomate cereja ou “cherry”, e o tomate-uva ou “grape” (ALVARENGA, 2013). Destacando-se o ‘Sweet Grape’, como sendo o principal do mercado, e o ‘Sweet Heaven’, de segunda linha, ambos desenvolvidos pela Sakata Seed Corporation (VIEIRA, 2016).

O fruto possui propriedades que favorecem a eliminação de radicais livres no organismo humano, conhecido como pigmento licopeno, é um carotenoide que confere ao fruto coloração vermelha, quando maduro, e é um composto antioxidante, importante no combate ao câncer (CIACCHERIA et al., 2018), tal fato tem contribuído para abertura de novos mercados, bem como desenvolvimento de pesquisas voltadas ao tratamento do câncer.

2.2. Aspectos gerais da cultura do tomate

O tomate (*Solanum lycopersicum*, anteriormente *Lycopersicon esculentum*) foi tomada como uma espécie modelo para o estudo das plantas frutíferas em função de sua extensão genética e recursos genômicos disponíveis (RANC et al., 2008).

Várias espécies descritas foram encaixadas na categoria *L. esculentum*, porém estudos demonstraram alta correlação genética entre espécies do gênero *Solanum* e *Lycopersicon esculento*, sendo reclassificado como *Solanum esculento*, atualmente evidências baseadas em estudos filogenéticos utilizando sequência de DNA, associado a

estudos de distribuição geográfica das plantas, levou ao consenso entre pesquisadores quanto a classificação do tomate como *S. lycopersicum* (SANTOS, 2009).

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é um dos vegetais mais importantes do mundo. A mais recente classificação de tomates (seção *Lycopersicon*) compreende treze espécies divididas em quatro grupos: (1) *Lycopersicon* grupos incluindo *S. lycopersicum*, *S. pimpinellifolium*, *S. cheesmaniae* e *S. galapagense*; *Neolycopersicon* grupo consistindo de *S. pennellii*; (2) *Neolycopersicon* grupo consistindo de *S. pennellii*; (3) grupo *Eriopersicon* incluindo *S. habrochaites*, *S. huaylasense*, *S. coreneliomulleri*, *S. peruvianum* e *S. chilense*; e (4) grupo *Arcanum* representado por *S. arcanum*, *S. chmielewskii* e *S. neorickii* (HALINSKI., 2016).

O mini tomate, pertence ao grupo *Lycopersicon*, e é descrito como “var. cerasiforme” e incluído nos grupos de plantas de tomate que são perto das linhagens cultivadas, sendo descrito como um híbrido interespecífico “resultante da mistura dos genomas de *S. lycopersicum* e *S. pimpinellifolium*, sendo denominado *S. Lycopersicum* (var. cerasiforme) (HALINSKI., 2016). Pertence ao novo grupo de cultivares para mesa, que tem apresentado relevante importância econômica nos mercados das grandes cidades (ALVRARENGA, 2013). Ainda conforme Alvarenga (2013) a melhor denominação para o grupo seria de mini tomate, em função da diversidade de materiais existentes que variam pela, forma, cor, tamanho e peso dos frutos.

O mini tomate é do gênero *solanum*, pertencente à família das *solanaceae*, é originário dos Andes, da região entre o Norte do Chile e sul do equador. É dioica, com porte herbácea e perene sendo cultivada como anual, possui folhas alternadas divididas em folíolos. O crescimento é do tipo simpodial, pois ao longo do processo de desenvolvimento diversas gemas vão formando a estrutura da planta, atinge a maturação em torno de 30 a 40 dias após a fecundação do óvulo, os frutos desenvolvem-se em inflorescências tipo cacho que podem ter de 06 a mais de flores (FONTES, 2005).

2.3. Mini tomate

O tomate é uma olerícola que apresenta uma grande variedade de tipos, devido à grande variedade de cores e formatos dos tomates de tamanho reduzido, convencionou-se, recentemente, agrupá-los em um único segmento chamado de mini tomate. Nesse grupo estão incluídos os tomates cereja, grape, coquetel, mini-italiano e tomatoberry (Alvarenga, 2013). Todos são cultivares de tomate para mesa (BEZERRA,2015).

Quanto ao desenvolvimento de novos tipos de mini tomate, uma das inovações mais recentemente no mercado brasileiro de olerícolas é o tipo grape ou uva. As cultivares desse tipo especial de tomate produzem frutos com massa média de doze gramas, de cor vermelho intenso e formato semelhante a uma baga de uva Thompson, sendo o principal diferencial dos tomates grape, em relação ao tradicional tomate cereja, o alto teor de açúcar (maior que 6 °Brix) e baixa acidez. Por isso, de fácil aceitabilidade dos consumidores de todas as idades, em especial do público infantil (ALVARENGA, 2013).

Agregado ao cultivo desses tipos de tomate é necessário aporte de tecnologias que viabilize a cultura expor todo seu potencial produtivo, requerendo cultivo exclusivamente em ambiente protegido, uso de substrato e fertirrigação controlada, com cuidados no manejo da irrigação, normalmente realizada por gotejo. A produtividade média alcançada por produtores de tomate grape durante o ciclo da cultura é de aproximadamente 10 kg planta⁻¹ de frutos com alto padrão de qualidade. Os frutos devem ser colhidos completamente maduros para ressaltar sua intensa cor vermelha e o excelente sabor. A vida de prateleira desses tomates pode se estender por até quinze dias sem perder a qualidade para o consumo (ALVARENGA, 2013).

2.4. Exigências Climáticas

O estudo dos fatores Climáticos, tem papel fundamenta na tomada de decisão para da melhor época de estabelecimento do plantio, que em geral, pode ocorrer em diferentes períodos do ano, de acordo com a localização, propiciando também, planejamento estratégico do plantio por meio de “janela de semeadura” a fim de favorecer o melhor desempenho da cultura (SILVA et al, 2006).

Dos fatores do clima, merece destaque a temperatura, sendo ótima para taxa de assimilação líquida quando entre 22 – 25°C, quando a temperatura se afasta do ótimo ocorre estresse, o que pode ocasionar menor pegamento de frutos, pequena liberação e germinação do grão de pólen, o efeito negativo da temperatura pode ser verificado 8 a 13 dias antes da antese (FONTES, 2005). A melhor época para plantio, é aquela que oferece condições para o desenvolvimento de todo o ciclo da cultura temperatura média variando de 18 – 25°C, baixa umidade relativa, baixo índice de chuvas por período de 5 a 6 meses consecutivos. Outros fatores a serem levados em conta: localização da região, topografia e altitude, uma vez que estas condições influenciam na variação de temperatura e distribuição das chuvas (SILVA et al, 2006).

2.5. Fertirrigação na cultura do tomateiro

O tomateiro é considerado, dentre as oleícolas, uma das espécies mais exigentes em adubação. Portanto, conhecer as exigências nutricionais da cultura é de fundamental importância para atender sua demanda por nutrientes. A absorção de nutrientes pelo tomateiro é baixa até o aparecimento das primeiras flores. A demanda por nutrientes atinge o máximo na fase de pegamento e crescimento dos frutos (entre 40 e 70 dias após o plantio), voltando a decrescer durante sua maturação (SILVA et al., 2006).

A absorção de grandes quantidades de nutrientes em curtos períodos de tempo caracteriza a suma exigência nutricional das hortaliças, que deixam poucos restos culturais no solo e são consideradas altamente esgotantes. Neste aspecto fica evidente a necessidade de se conhecer o balanço de nutrientes de cada cultura para manejar a adubação de forma aperfeiçoar a utilização dos insumos. (PAULA et al., 2011).

Os elementos minerais essenciais são denominados nutrientes minerais e são classificados, conforme as quantidades exigidas pelas plantas em: macronutrientes que constituem aproximadamente o 99,5% da massa seca e em micronutrientes, que constituem cerca do 0,03%. Desta forma, são considerados macronutrientes os nutrientes C, H, O, N, P, K, Ca, Mg e S e como micronutrientes têm-se o B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn. Esta classificação é utilizada sob o ponto de vista da nutrição mineral de plantas e da fertilidade do solo (MARSCHNER, 1995; RODRIGUES et al., 2002).

A extração dos macronutrientes pelo tomateiro em cultivo hidropônico segue a ordem $K > N > Ca > P > Mg > S$ enquanto, em experimento de campo nota-se maior taxa de absorção de K, N e P. Para os micronutrientes, Rodrigues et al. (2002) observou em demanda em ordem crescente para absorção de $Mn > Fe > Zn > B$, sendo os micronutrientes mais exigidos pelo tomateiro o Fe e Zn (PRADO et al., 2011).

A agricultura tem papel fundamental, no que diz respeito ao uso da água, com destaque para irrigada, pois quando bem dimensionada fornece água conforme demanda hídrica da cultura, a principal forma de disponibilizar água e nutrientes para o cultivo em substrato é via fertirrigação, essa tecnologia possibilita aumentar a produtividade, melhorar a qualidade dos frutos e otimizando o uso de nutrientes (CARVALHO, 2016; KLAR et al., 2002).

No entanto é necessário monitoramento contínuo do conteúdo de soluto do solo, a fim de minimizar efeitos adversos provocados pelo excesso de sais, distribuídos via

fertirrigação ao longo do ciclo da cultura, especialmente em culturas irrigadas por gotejamento (BONACHELA et al., 2018).

A fertirrigação é uma tecnologia que possibilita aplicação de fertilizantes via água de irrigação, é o mais eficiente meio de fertilização, pois combina água e nutrientes, essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas (ARAGÃO et al., 2012). Fertirrigação permite o parcelar dosagens na aplicação dos nutrientes, minimizando perdas e melhorando aspectos relacionados a adaptação das culturas, conforme marcha de absorção da cultura, satisfazendo as necessidades da cultura em seus diferentes estádios de desenvolvimento, (VASCONCELOS et al., 2013; FERNADES., 2016).

Dentre as vantagens relacionadas ao uso da fertirrigação, estão economia de mão-de-obra e máquinas; aplicação no momento exato em que a planta necessita; possibilidade de aplicar o produto em qualquer fase do ciclo cultural; facilidade de parcelamento; uniformidade de distribuição; maior flexibilidade das operações; simplificação das práticas culturais; eficiência no uso de nutrientes; maior facilidade de aplicação de micronutrientes; menor erosão do solo e menos danos físicos à cultura (BERNARDO et al., 2008).

A eficiência na fertirrigação deve está necessariamente atrelada ao equilíbrio entre a quantidade de nutrientes e de água a ser aplicada, e a concentração de nutrientes deve ser suficiente para suprir as demandas nutricionais requeridas pela cultura, a fim de não provocar acúmulo de fertilizantes no solo ou substrato, fato que poderia resultar em salinização e, conseqüentemente, na redução da produtividade (MAROUELLI, 2006)

2.6. Efeito mitigador do Silício no estresse biótico e abiótico nas plantas

O Silício é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre (KAFI, et al 2011), segundo a classificação proposta por Arnon e Stout (EPSTEIN, 2009), quanto essencialidade dos elementos para completo desenvolvimento das plantas, o silício não é considerado essencial ao desenvolvimento das culturas, porém seu efeito benéfico é bastante relatado (MARSCHNER, 1995).

Atualmente o uso mais prevalente de Si na agricultura é a sua aplicação como fertilizante na cultura do arroz e em algumas outras culturas pertencente à família Poaceae, porém é amplamente relatado em pesquisas que o fornecimento exógeno de Si

a várias culturas, como: pepino, abobrinha, feijão, tomate e rosas, contribui para melhoria do crescimento e produtividade destas culturas (TORESANO-SÁNCHEZ et al., 2012).

Os efeitos benéficos relatados do Si sobre as plantas envolvem: atraso do processo de senescência, melhoria da eficiência de uso da água e alívio de várias tensões abióticas, incluindo sal, seca e estresse nutricional, toxicidade de metais pesados e metalóides, radiação excessiva, temperatura de congelamento, alagamento e melhoria na taxa de assimilação de CO₂ (ZUN et al., 2014).

Alguns dos efeitos benéficos do Si no crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como nas respostas ao estresse, estão associados a alterações anatômicas impostas pela deposição de sílica nas paredes celulares em forma de partículas sólidas de SiO₂ polimerizadas, conhecidas como fitólitos. O Silício solúvel ou disponível para as plantas (H₄SiO₄ - ácido monossilícico) é absorvido pelas raízes na forma de ácido silícico que é carregado e transportado para a brotação através do fluxo de massa (KAFI et al., 2011).

Segundo Rains et al. (2006), os mecanismos envolvidos na absorção ativa de Si pelo arroz, trigo ou outras espécies são semelhantes e a grande diferença nas concentrações de silício identificadas entre as espécies estudadas, ocorre devido a diferenças no grau de sua atividade. Embora a deposição de Si nas paredes celulares forneça benefícios claros ao crescimento das plantas, alguns pesquisadores atribuem as respostas observadas das plantas ao fornecimento de Si exógeno não apenas às mudanças concomitantes na morfologia e anatomia das plantas, mas também à implicação de Si nas funções fisiológicas e atividades metabólicas (ZHU et al., 2014).

Os efeitos benéficos do silício também são relatados na absorção e mobilidade na planta de nutrientes como: K, Mn e Fe, além disso, foi relatado que o Si atenua tanto as deficiências nutricionais como a toxicidade de nutrientes e elementos tóxicos (MARSCHNER, 1995). Em pesquisas Mehrabanjoubani et al., (2015) observou que a aplicação de Si favorecia o aumento da captação de K, P, Zn e Fe, quando estas se encontram em baixas concentrações na zona radicular.

Os principais mecanismos envolvidos na atenuação mediada por Si de estresses abióticos em plantas superiores incluem: (1) mudanças anatômicas em tecidos vegetais devido à deposição de fitólitos que proporcionam rigidez e modulam a mobilidade de nutrientes e água dentro das plantas, (2) aumento da defesa antioxidante (3) imobilização de metais tóxicos através de complexação ou co-precipitação com Si em tecidos vegetais

e solo; e (4) modulação da expressão gênica e sinalização através de fitohormônios, que de acordo com o conhecimento atual parece ser indireto (GONZALO et al., 2013).

Atualmente, o Si é aplicado em algumas hortaliças comerciais para induzir resistência a estresses abióticos, doenças e pragas de insetos, mas seu uso ainda é limitado. Dado que o silício é provavelmente o único elemento que confere resistência a múltiplos estresses, embora não seja tóxico para os seres humanos e ao meio ambiente, o uso deste elemento como bioestimulante na horticultura deverá aumentar consideravelmente no futuro (SAVVAS et al., 2015).

2.7. Necessidade hídrica da cultura do tomate

O maior retorno econômico das culturas irrigadas está em função do planejamento e uso racional da água, levando em consideração a demanda de água pela cultura e condições locais, clima e cultivo (FERREIRA et al., 2013). A cultura do tomate é quase totalmente irrigada, sendo o método de irrigação por micro aspersão o mais utilizado. Entretanto, se o manejo da irrigação for incorreto, este pode levar a aplicações excessivas de água, que acarretarão no desperdício do recurso hídrico, podendo inferir em aumento da incidência de doenças e pragas agrícolas (SALES, 2017), ainda segundo Sales (2017), a irrigação feita por gotejamento é um método eficiente na disponibilidade de água, ao mesmo tempo que possibilita a aplicação de fertilizantes. O sistema emprega tubos gotejadores com espaçamento dimensionado e vazão controlada, é adotado tanto para o cultivo do tomate de mesa, como para o cultivo do tomate com fins industriais, minimizando o ataque de doenças provocadas pelo excesso de água.

De um modo geral, todas as culturas, especialmente o tomateiro e seus frutos tem seu crescimento e desenvolvimento favorecidos quando a necessidade hídrica é suprida de forma compatível com a sua capacidade de retirada de água na zona padrão de absorção pelas raízes evitando desperdício de água e saturação da área de cultivo. Neste mesmo seguimento, nota-se que o conhecimento em relação ao déficit e excesso de água para as plantas é de grande importância, por interferência nos aspectos fisiológicos da cultura (DEMUNER et al., 2017).

A demanda hídrica do tomate varia em razão da demanda climática da região onde a cultura estiver sendo desenvolvida. Em condições de intensa evaporação e no cultivo em vaso, a necessidade de reposição de água pode atingir na fase inicial de 1300 mm a

3000 mm de água, na fase final da cultura, planta/dia (FONTES, 2005). A evapotranspiração da cultura, associado ao coeficiente de cultura (kc) expressa sua necessidade hídrica (SILVA et al., 2017). Há vários modelos para a estimativa da evapotranspiração e referencia (ET_o), podendo-se utilizar o mais adequado à região (SOUSA et al., 2016).

O fruto maduro do tomateiro apresenta cerca de 93 a 95% de água. Seu sistema radicular pode atingir até 1,5 m de profundidade e isto acontece, em média, cerca de 60 dias após o transplântio. O déficit hídrico prolongado limita o desenvolvimento e a produtividade, principalmente na fase de florescimento e desenvolvimento dos frutos, que são os períodos mais críticos. Por outro lado, o excesso de água, facilita o aparecimento e disseminação de doenças, provocar rachaduras nos frutos, queda de flores, frutos ocos e podridão apical (ALVARENGA, 2013).

2.8. Cultivo em ambiente protegido

A área total cultivada com tomate no Brasil, referente a safra 2016-2017, foi de 37.398 hectares, as principais regiões produtoras estão situadas no Sudeste, Sul, Nordeste e no estado de Goiás, nestas áreas tem-se cultivo convencional e em ambiente protegido. A adoção do cultivo protegido ganhou destaque em meados de 1990 e anos 2000, em todo mundo. Estimativas indicavam uma área de 716 mil hectares cultivado em ambiente protegido, em 2010, esse número subiu para 3,7 milhão de hectares e a maior parte desses plantios é de hortaliças, sendo que a China concentra a maior área de cultivos protegidos (CEPEA, 2017). Estima-se que há aproximadamente 2 mil hectares destinados ao cultivo protegido no Brasil, nestas áreas predominavam cultivo de pimentão, tomate, pepino e alface (MATOS, 2007).

Dentre as vantagens do cultivo protegido destacam-se produção limpa, diminuição no rendimento provocado por fatores ecológicos, maior rendimento em menor tempo quando comparado ao cultivo padrão, alta densidade, controle de água por meio do uso eficiente de sistemas de irrigação, eficiência no uso de adubos e fertilizantes, precocidade e maior lucratividade (POLAT, 2005; PETER et al., 2005; SHAMSHIRI, 2017).

Outra tecnologia que tem sido bastante utilizada, para produção de hortaliças, é o uso de substrato, material inerte, que dá suporte para planta e propicia ambiente adequado ao seu desenvolvimento (FERNANDES et al., 2006). Observa-se gradual transição do

cultivo em solo para o cultivo em substrato, principalmente quando há inviabilidade de cultivo em solo devido a presença de patógenos ou salinização (KRAKAAS et al., 2018).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Piauí – UFPI, Campus Professora Cinobelina Elvas (CPCE), Bom Jesus - PI, no período de setembro de 2017 a janeiro de 2018. A área apresenta coordenadas com latitude de 09° 05'32"S, longitude de 44 20'32"W e altitude de 277 m (Figura 1).

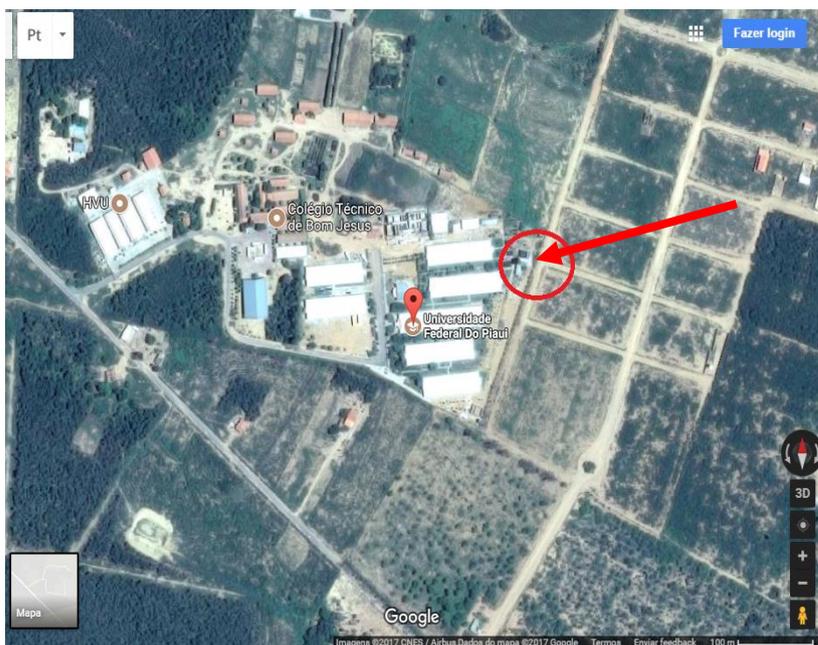


Figura 1. Localização da área experimental, Campos Professora Cinobelina Elvas, Bom Jesus - PI, 2017

De acordo com Köppen, o clima da região é classificado como Aw, com temperatura média 26,7 °C (JÚNOR et al., 2004). A precipitação média é de 700 a 1.300 mm e a estação chuvosa se concentra entre novembro a abril, sendo os meses de janeiro, fevereiro e março o período mais úmido (Silva et al., 2013).

3.2. Caracterização do período de condução do experimento

O experimento foi conduzido de setembro de 2017 a janeiro de 2018, os dados referentes as médias de temperatura e umidade relativa do ar (UR%) registradas no período (Figura 2).

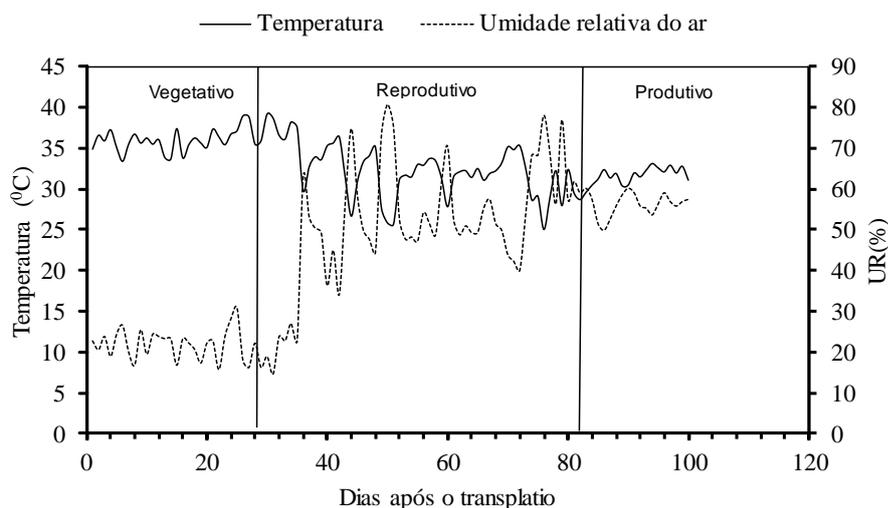


Figura 2. Umidade relativa (UR%) e temperatura do ar, nos diferentes estágios fenológicos de desenvolvimento da cultura do mini tomate, Campos Professora Cinobelina Elvas, Bom Jesus – PI

O tomateiro suporta ampla variação de temperatura, de 10°C a 34°C, sendo que os maiores problemas estão quando a cultura é submetida por longos períodos a temperaturas abaixo e acima dos valores citados, podendo reduzir a taxa de crescimento, ocorrer o amarelecimento das folhas, menor aproveitamento de nutrientes, dentre outros (ALVARENGA, 2006).

3.3. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação de 36 m², coberta por filme de polietileno transparente, com 150 mm de espessura, e proteção nas laterais, com tela de polipropileno branco (sombrite®) com 30% de sombreamento. Na Figura 3, observa-se o croqui da área experimental.

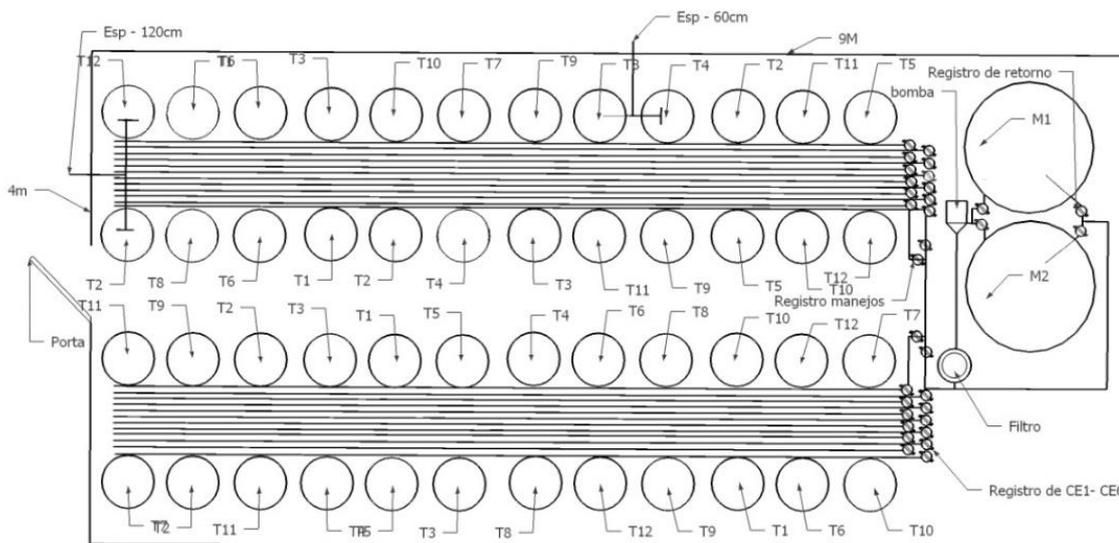


Figura 3. Croqui da área experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados completos, de modo que os fatores estudados foram arranjados em esquema fatorial 6 x 2, com quatro repetições.

Cada unidade experimental foi composta por um vaso com orifícios na parte inferior, contendo uma camada de brita nº 1: de 9,5 mm a 19 mm, (ABNT, 2009), de 3cm, recoberta por uma manta para facilitar a drenagem. Os vasos foram completados com substrato, Carolina Padrão II, composto por Turfa Sphagnum, vermiculita expandida, casca de arroz torrefada e fertilizantes (macro e micronutrientes), com CE = 0,7 (fertilizantes para 15 -18 dias após germinação), pH = 0,65 ± 0,25, Capacidade de Retenção de Água (CRA) = 51%.

3.4. Cultura e cultivar

O estudo foi realizado com a cultura do mini tomate, com sementes do híbrido “Sweet Heven” escolhido em razão de sua aceitação de mercado, alta taxa de pegamento e uniformidade dos frutos, média de início de colheita 90 dias, plantas de auto vigor, alta

produtividade, °Brix médio de 9, frutos uniformes, peso médio de frutos 15 g, alta firmeza e conservação pós-colheita, resistência a *Fusarium* raça 1, ToMV estirpe Tm₁ e Ss. Planta rústica com alto potencial de rendimento (SAKATA Seed Suldamerica).

3.5. Produção das mudas e instalação do experimento

As mudas foram produzidas em bandeja de isopor 128 células, preenchidas com substrato comercial, Carolina Padrão II[®]. O transplântio foi realizado utilizando-se uma planta por vaso, quando, esta, apresentou de 4 a 5 folhas definitivas, o que ocorreu 25 dias após a semeadura (Figura 4).

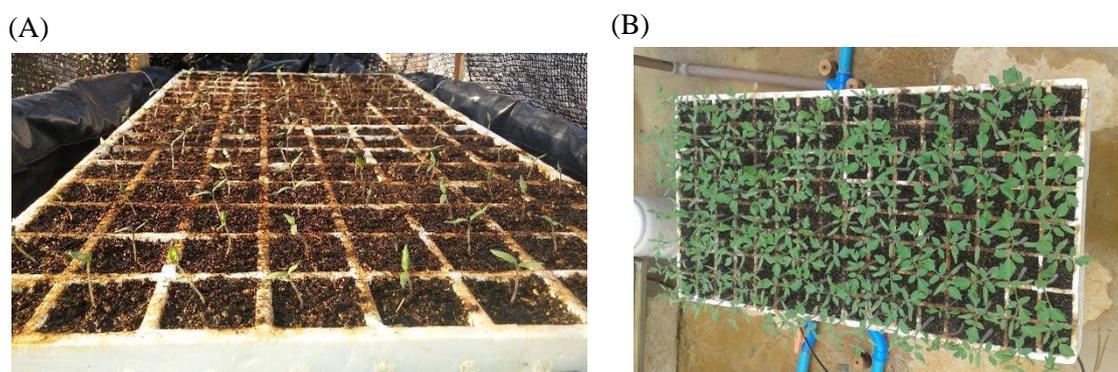


Figura 4. Produção das mudas, (A) germinação após três dias de semeadura, (B) fase para transplântio

Para evitar o ataque de pragas e doenças, durante o período de pega das mudas, antes do transplântio, estas foram tratadas em solução composta por Connect[®] e Carbomax[®], na proporção de 1 mL do composto para 1L de água. Após 20 dias de transplantadas realizou-se o tutoramento vertical das plantas, a fim de evitar tombamento, continuando semanalmente durante o ciclo da cultura, segundo recomendações de Fontes, et al., (2005). As plantas foram tutoradas com auxílio de arame n^o 14, fixados na armação de madeira do telado, a uma altura de aproximadamente 2m, sendo conduzidas na vertical por meio de fitilhos de nylon.

Os tratos culturais, realizados durante todo o ciclo da cultura, consistiram na retirada dos brotos que surgiram antes da inserção da primeira flor, seguido da aplicação de aplicação de Carbendazin[®] em solução para controle de doenças, para controle de pragas realizou-se aplicação de produto comercial Terranim[®], em solução equivalente a 4mL L⁻¹.

Os tratamentos foram compostos pela combinação de dois fatores: Seis níveis de salinidade, sendo: CE_s (S1 = 1,22; S2 = 2,13; S3 = 3,12, S4 = 4,07, S5 = 5,12 e S6 = 6,07 dSm^{-1}) e dois manejos de fertirrigação (manejo M_1 – sais fertilizantes, aplicados sem adição de silício, obedecendo a curva de absorção dos nutrientes da cultura, e o manejo M_2 – utilizando a mesma proporção de sais, sendo adicionado nesta, o Silicato de Potássio, na proporção de 2 $mmol.L^{-1}$ de água).

3.6. Sistema de irrigação e montagem do experimento

A fertirrigação e diferenciação dos tratamentos teve início 15 dias após o transplântio. Foram realizadas três fertirrigações semanais, sendo a solução com silício no manejo M_2 , aplicada diariamente, para isso foi utilizado um sistema de irrigação composto por uma bomba de 0,5 CV, sistema de filtragem por meio de um filtro de disco de 120 mesh e manômetro para aferir a pressão de funcionamento (Figura 5).

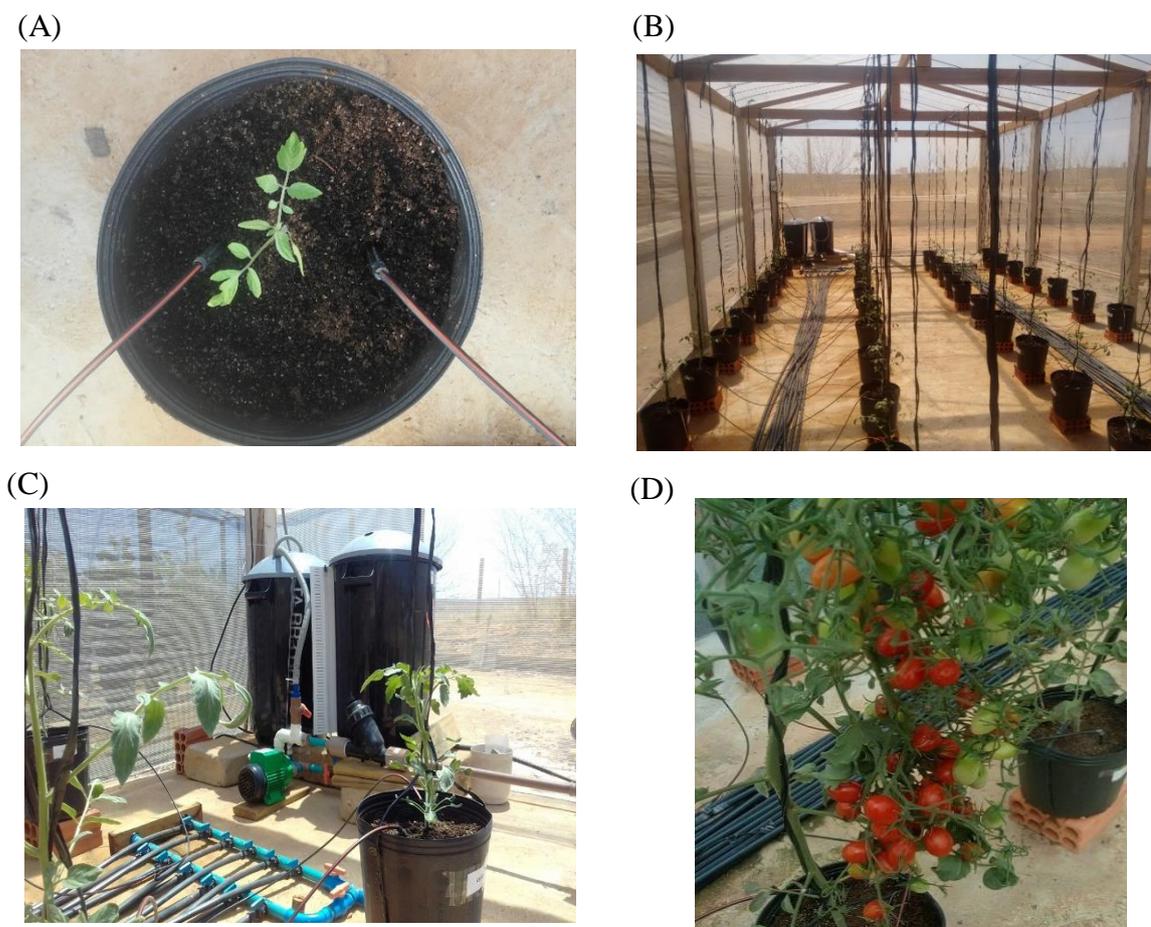


Figura 5. Detalhes da área frontal interna (A) e (B), Tanques de distribuição da fertirrigação (C) e área em período de produção (D)

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo gotejo, empregando emissores autocompensantes, com vazão nominal de 4 L h⁻¹ acoplados em linhas de irrigação (tubos de polietileno 16 mm) com registros instalados no início de cada linha, os quais permitiram aplicar concentrações diferenciadas de sais por tratamento. Esta condição se fez necessária para o controle e manejo de irrigação e fertirrigação, uma vez que contribuiu para evitar possíveis contaminações salinas nos tratamentos em estudo.

Para avaliação da uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação, empregou-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), que consiste na avaliação da 1ª lateral, lateral a 1/3, a 2/3 e a última lateral, dentro de cada lateral, coletou-se água do 1º gotejador, gotejador a 1/3, a 2/3 e o último gotejador, determinando-se os valores das vazões medidas e o coeficiente de uniformidade (CU), por meio da seguinte expressão proposta por Keller e Karmeli (1975), Equação (1).

$$CU=100 \left(1-1,27 \frac{CVf}{\sqrt{e}} \right) \frac{q_{min}}{q_m} \quad (1)$$

Em que:

CVf: Coeficiente de variação de fabricação (decimal);

e: Número de gotejadores por planta;

q_{min}: Vazão mínima na parcela (L h⁻¹);

q_m: Vazão média de funcionamento dos gotejadores em cada setor (L h⁻¹).

3.7. Manejo da fertirrigação

Aplicação dos fertilizantes (Tabela 1), foi realizada juntamente com água de irrigação, observando solubilidade e índice salino dos sais utilizados (SILVA, et al., 2011).

Tabela 1 - Sais fertilizantes utilizados nos manejos da fertirrigação

Fertilizantes	Solubilidade (g L ⁻¹ a 20° C)	Índice Salino (1,0 g/L a 25°C)
Sulfato de Amônia	730,00	69,00
Nitrato de Cálcio	1.200,00	82,25
Nitrato de Potássio	327,58	99,47
MAP	238,53	55,60
Sulfato de Magnésio	500,00	91,45
Silicato de Potássio	200,00	26,00

O manejo M1, foi baseado na marcha de absorção da cultura proposta por Alvarenga (2006), em seu estudo sobre a produção de tomate em condições de campo, casa de vegetação e soluções hidropônicas, obedecendo aos seguintes valores para a adubação de mil plantas via fertirrigação: N = 35; P = 14; K = 75 e Ca = 10 kg. Em relação a concentração dos nutrientes, Tomou-se como referência a recomendação de Moraes (1997) (Tabela 2).

Tabela 2 – Recomendação de fertirrigação para a cultura do mini tomate

Nutrientes	Valores de referência (Mg L ⁻¹)	Recomendação tomate cereja (Mg L ⁻¹)	Forma iônica
Nitrogênio	80 - 150	150	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
Fósforo	40 - 60	50	H ₂ PO ₄ ⁻ , H ₂ PO ₄ ²⁻
Potássio	150 - 350	300	K ⁺
Cálcio	90 - 150	150	Ca ⁺⁺
Magnésio	30 - 60	50	Mg ⁺⁺
Enxofre	50 - 150	90	SO ₄ ²⁻
Ferro	1,3 – 2,5	1,76	Fe ⁺⁺
Manganês	0,5 – 0,8	0,6	Mn ⁺⁺
Boro	0,5 – 0,6	0,55	H ₃ BO ₃
Zinco	0,1 – 0,8	0,15	Zn ⁺⁺
Cobre	0,1 - 02	0,15	Cu ⁺⁺
Molibdênio	0,01 – 0,09	0,01	Mo ₆ ⁺

Fonte: Adaptado de Moraes, 1997

As aplicações de macronutrientes no tratamento sem Silício, a fonte de potássio utilizada, foi o Nitrato de Potássio, composto por 60% de K e 12% de NO₃, conforme descrito na (Tabela 3).

Tabela 3 - Quantidade de nutrientes (g planta⁻¹), aplicado ao longo do ciclo, para manejo da fertirrigação sem adição de silício

NS [#] (dSm ⁻¹)	NH ₄ H ₂ PO ₄	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂	MgSO ₄	TOTAL
	-----Manejo M1-----				
S1 = 1,22	15,88	33,85	22,49	15,21	87,44
S2 = 2,13	31,76	67,71	44,99	30,42	74,87
S3 = 3,12	47,64	101,56	67,48	45,63	262,31
S4 = 4,07	63,52	135,41	89,98	60,84	349,75
S5 = 5,12	79,40	169,26	112,47	76,05	437,19
S6 = 6,07	95,29	203,12	134,96	91,26	524,62
TOTAL	333,50	710,90	472,40	319,40	1.736,20

NS[#] = Níveis de Salinidade

As aplicações de micronutrientes foram realizadas em intervalos semanais, por meio do uso de produto comercial, a mistura sólida EDTA – Chelated Nutrients, contendo 0,28 de Cu, 7,5 Mn, 0,7 Zn, 0,65 B e 0,3% de Mo, dissolvido em água e aplicados com auxílio de pulverizador costal de volume de 5 L, até que toda superfície da folha fosse recoberta.

Os sais utilizados, no manejo M₂, foram: Nitrato de Cálcio, MAP – Fosfato Monopotássico, Sulfato de Magnésio, Sulfato de Amônio e Silicato de Potássio, de natureza fluído, inodoro e atóxico, sendo o Sulfato de amônia utilizado em proporções equivalentes, em todos os níveis de salinidade para garantir a condutividade elétrica estabelecida (Tabela 4).

Tabela 4 – Quantidade de nutrientes (g planta⁻¹), aplicado ao longo do ciclo, para manejo da fertirrigação com adição de silício

NS# (dSm-1)	SO ₃ NH ₄	NH ₄ H ₂ PO ₄	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂	MgSO ₄	K ₂ SiO ₃	TOTAL
-----Manejo M2-----							
S1= 1,22	0,95	15,88	31,24	22,49	15,21	1,925	87,70
S2= 2,13	0,95	31,76	65,10	44,99	30,42	1,925	175,14
S3= 3,12	0,95	47,64	98,95	67,48	45,63	1,925	262,57
S4= 4,07	0,95	63,52	132,80	89,98	60,84	1,925	350,01
S5= 5,12	0,95	79,40	166,65	112,47	76,05	1,925	437,44
S6= 6,07	0,95	95,29	200,51	134,96	91,26	1,925	524,90
TOTAL	5,7	333,50	695,25	472,40	319,40	11,550	1.837,77

NS# = Níveis de Salinidade

A (CE) Condutividade Elétrica da Solução, no Manejo M1 e M₂, foi prevista em função da quantidade de sais dissolvidos, e ajustada conforme teste realizado com uso de condutivimetro manual.

A quantidade utilizada, de Silicato de Potássio, se deu em função da solubilidade do ácido silícico - H₄SiO₄ em água, que a 25 °C é de cerca de 2 mmol L⁻¹ (equivalente a uma concentração de 120 mg L⁻¹ de SiO₂), concentrações em condição superiores a 2 mmol provocam polimerização de ácido silícico na sílica (SiO₂ · nH₂O), (SAVVAS et al., 2015).

O silicato de Potássio foi aplicado diariamente, e em conjunto com a fertirrigação realizada, a CE nesta fonte foi mensurada mediante uso de condutivimetro, o manejo foi

realizado via aplicação direta na água de irrigação, sendo utilizado o equivalente a 0,4 mL de silicato de potássio, por litro de água (SAVVAS et al., 2015).

O consumo de água pelas plantas foi mensurado por meio da evapotranspiração (FERREIRA et al., 2013), sendo calculado em função da necessidade de água da cultura. Os dados relacionados a evapotranspiração de referência, foram obtidos em função do uso de um termohigrômetro instalado dentro da área de condução do experimento (Figura 6).

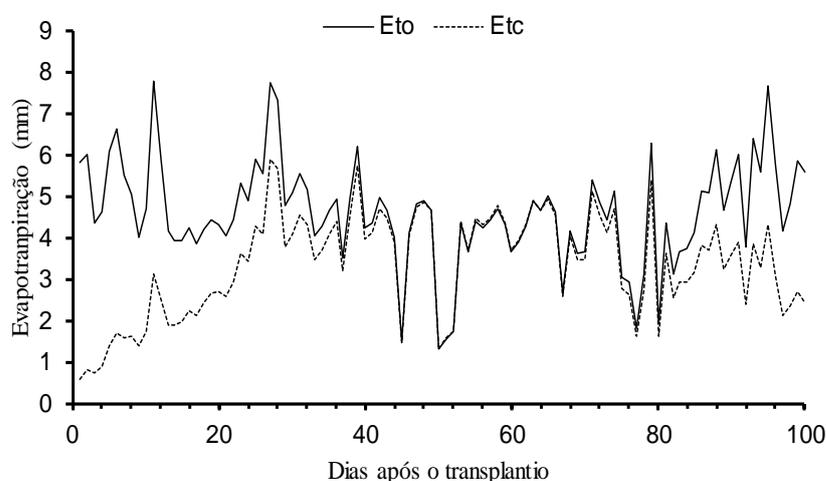


Figura 6. Evapotranspiração registrada durante o período de condução do experimento, Campos Professora Cinobelina Elvas, Bom Jesus – PI.

As soluções nutritivas dos diferentes tratamentos foram armazenadas em dois tanques PVC com capacidade de 100 litros cada, sendo o tanque 1 destinado ao manejo M1, aplicação da fertirrigação sem Silicato de Potássio e tanque 2, destinado a aplicação do manejo M2, com adição de Silicato de Potássio.

Foram realizadas três fertirrigações semanais, em ambos os manejos; no manejo sem adição de silício, nos dias da semana onde não se realizava fertirrigação, aplicava-se somente água, porém no manejo com silício, toda a água de irrigação aplicada continha silício, ou seja, a aplicação de silício foi continua durante todo o ciclo da cultura.

3.8.Variáveis analisadas

3.8.1 Componentes de produção

3.8.1.1 Biomassa fresca

Informações referente ao número de frutos (NFr) e massa fresca de frutos (MFfr), foram determinados a partir dos 65 dias após o transplântio, sendo realizadas quatro colheitas.

A colheita dos frutos para análise, foram realizadas, quando o fruto apresentou casca entre 60 a 90% na coloração róseo-vermelha ou vermelha (NASCIMENTO et al.,2013).

Aos 120 dias avaliou-se, massa fresca dos frutos (MFfr), massa fresca da folha (MFfl), massa fresca da haste (MFH) e massa fresca do cacho (MFC), referente a biomassa fresca, as amostras foram coletadas e pesadas em balança analítica.

3.8.1.2 Biomassa seca

Para determinação da massa seca do fruto, folha, haste, raiz, massa seca total (MST) e massa seca da parte aérea (MSPA), foram realizadas por meio da pesagem e mensurada em (g planta^{-1}), sendo acondicionado em sacos de papel, e levados à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de $65 \pm 1^\circ\text{C}$, por 72 horas, até atingir massa seca constante obtida em balança de precisão de 0,01 g.

Para obtenção da massa seca da raiz peneirou-se todo o substrato contido nos vasos, logo em seguida, as raízes foram lavadas de maneira que todo o substrato foi removido, retirando-se o excesso de água com auxílio de papel toalha, em seguida as raízes foram levadas à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de $65 \pm 1^\circ\text{C}$, por 72 horas, até atingir massa constante obtida em balança de precisão de 0,01 g (Figura7).

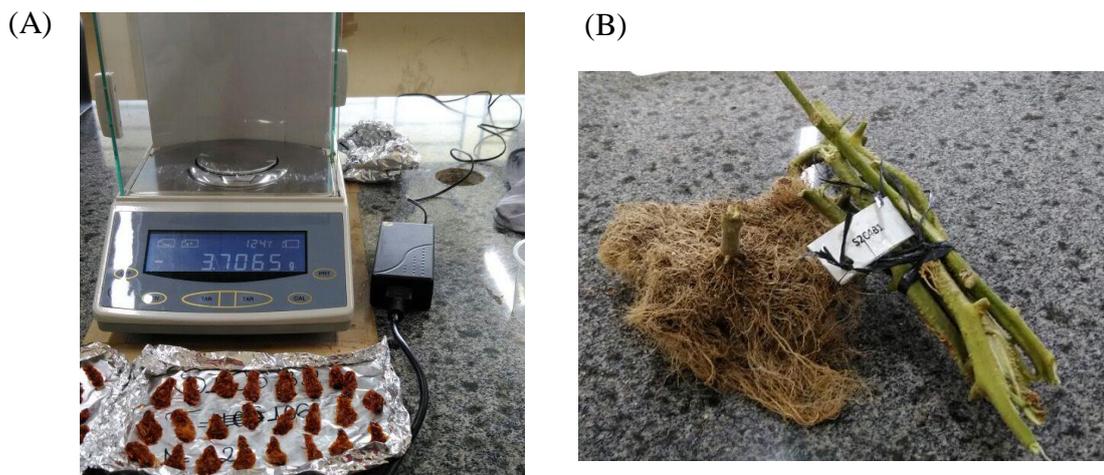


Figura 7. Análises da biomassa seca de fruto (A) e raiz e haste (B)

3.8.1.3 Qualidade físico-química dos frutos

A qualidade do fruto foi analisada por meio da determinação dos Sólidos Solúveis Total (STT), obtendo-se os valores em °Brix, pH e Acidez Total Titulável (ATT%), as amostras foram compostas por 10 frutos, por tratamento.

A relação entre acidez total titulável e °Brix, também denominada “RATIO”, que é utilizada como medida, para avaliar o grau de maturação da matéria-prima e sua palatabilidade, foi mensurada conforme normas estabelecidas pelo Instituto Adolf Lutz (BRASIL, 1986).

As amostras foram fatiadas em quatro partes, cortadas no sentido pedúnculo ápice, e submetidas a maceração com uso de cadinho e pistilo de porcelana, sendo transformadas em uma massa homogênea, que foi utilizada para determinação do: °Brix, pH e Acidez Titulável Total.

Para determinação do teor de sólidos solúveis em Brix°, Ph e ATT%, utilizou-se o utilizou-se o mesocarpo do fruto (IKEDA et al., 2013).

Para determinação da Acidez Titulável – ATT%, utilizou-se pHgmetro de bancada para solução aquosa, sendo determinada de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), calibrou-se o pHgmetro com as soluções-tampão de 7 e 10. Pesou-se 10 g da amostra homogeneizada em um béquer de 300 mL, onde dilui-

se com 100 mL de água destilada, agitando-se moderadamente e mergulhando o eletrodo na solução para determinação do pH e ATT% (Figura 8).

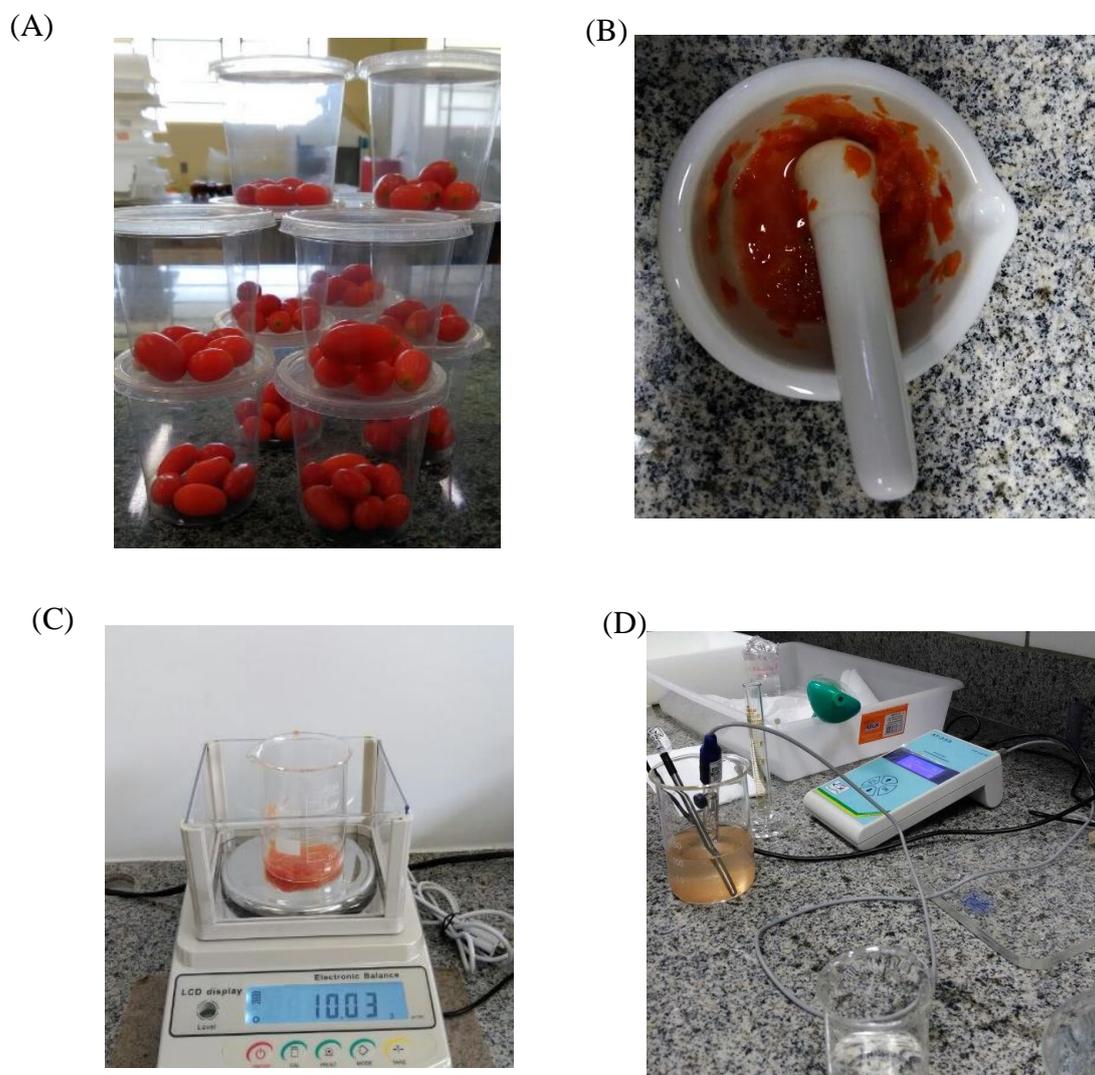


Figura 8. Etapas da metodologia de amostragem de frutos para análise (A), maceração do mesocarpo do mini tomate (B), pesagem da polpa em (g) (C), e determinação do pH e ATT% (D)

Titulou-se a amostra com a solução de hidróxido de sódio 0,1 M até uma faixa de pH (8,2-8,4). O resultado foi obtido conforme equação 2, expressa em %, (Equação 2).

$$ATT\% = \frac{V \cdot t \cdot M \cdot 100}{p} \quad (2)$$

Onde:

V = Quantidade em ml de hidróxido de sódio

t = Fator de correlação de hidróxido de Sódio (0,1 N)

p = Peso em g da amostra de tomate

M= Molaridade da solução de hidróxido de sódio

As análises para determinação da qualidade do fruto foram realizadas em triplicata.

A relação entre a acidez total titulável (ATT%) e sólidos solúveis total, baseou-se na divisão do valor do grau brix pelo valor da acidez total titulável (BRASIL, 1986).

3.9. Análise estatística

Com a finalidade de se realizar a análise de variância, inicialmente verificou se foram satisfeitas as suposições estatísticas dos efeitos principais serem aditivos, os erros independentes e distribuídos normalmente e as variâncias homogêneas. Os parâmetros avaliados foram submetidos ao teste de normalidade por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, para verificação da presença de normalidade, em seguida os dados foram submetidos ao programa computacional SISVAR versão 5.6.

Os parâmetros avaliados foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância, desdobrando as análises sempre que a interação foi significativa. Os fatores quantitativos relativos aos níveis de salinidade foram analisados estatisticamente por meio de regressão polinomial (linear e quadrática), enquanto que os parâmetros qualitativos foram analisados por teste de média, com base no teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Componentes de produção

4.1.1 Biomassa fresca

As variáveis número de frutos, massa fresca dos frutos, folhas, haste e cacho apresentam em função da salinidade. Observou-se para o ajuste linear efeito significativo ($p < 0,01$). Houve efeito quadrático significativo ($p < 0,05$) para a variável número de frutos. As variáveis massa fresca do fruto e do cacho apresentaram efeito quadrático significativo ($p < 0,01$).

Houve efeito significativo ($p < 0,01$) em função do manejo para número de frutos e massa fresca da haste, e efeito significativo ($p < 0,05$) para a variável massa fresca da folha. Não houve efeito significativo quanto a interação entre manejo e salinidade para as variáveis em estudo (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância e média referente ao número de frutos (Nfr) e das massas frescas, de frutos (MFfr), de folhas (MFfl), haste (MFH), e de cachos (MFC), em (g) planta⁻¹, para a cultura do mini tomate, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação

Fonte de variação	GL	-----Estatística F-----				
		NFr	MFfr	MFfl	MFH	MFC
Salinidade (S)	5	44,02**	22,11**	12,15**	5,04**	12,14**
Linear	-	221,09**	99,70**	53,13**	23,88**	54,61**
Quadrática	-	5,85*	6,02**	1,98 ^{ns}	0,22 ^{ns}	4,88*
Manejo (M)	1	22,39**	38,56 ^{ns}	5,41*	42,66**	0,60 ^{ns}
S x M	5	1,07 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,46 ^{ns}
Bloco	3	1,61	2,63*	0,52 ^{ns}	3,27*	0,75 ^{ns}
Média geral	-	157,20	744,45	158,95	167,10	148,97
CV(%)	-	9,24	7,24	11,24	11,31	16,03
Valores Médios#						
M1	-	147,29b	696,12b	154,95b	149,29b	146,29b
M2	-	167,12a	792,79a	164,95a	184,91a	151,66a

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; *, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; M1 – Fertirrigação sem Silício, M2 - Fertirrigação com Silício

A produção relativa ao número de frutos, massa fresca dos frutos, das folhas, da haste e dos cachos, submetidos a fertirrigação com Silício, apresentaram incremento médio de 13,9; 13,9; 7,9 e 23,8%, (Figuras 9 B, D, F, H e J) respectivamente. Para os

níveis de salinidade testados observou-se efeito significativo a ($p < 0,01$), (Figuras 9 A, C, E, G e I).

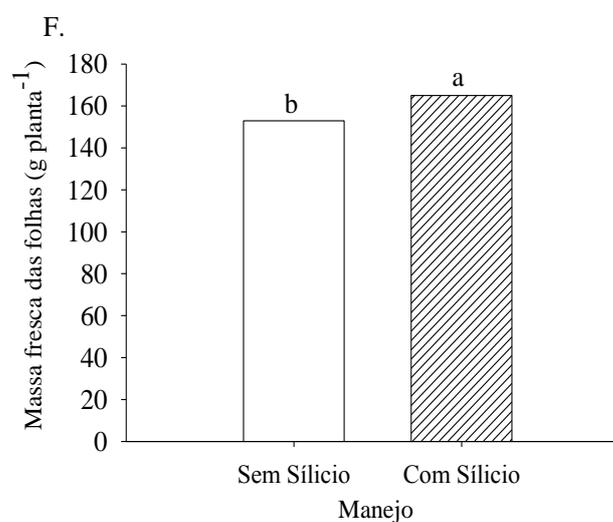
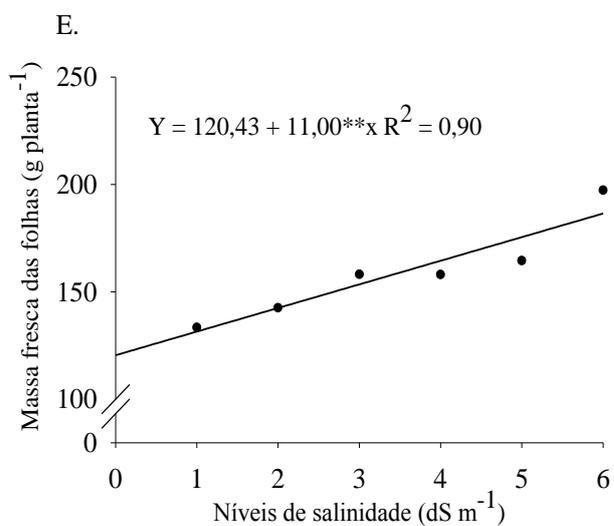
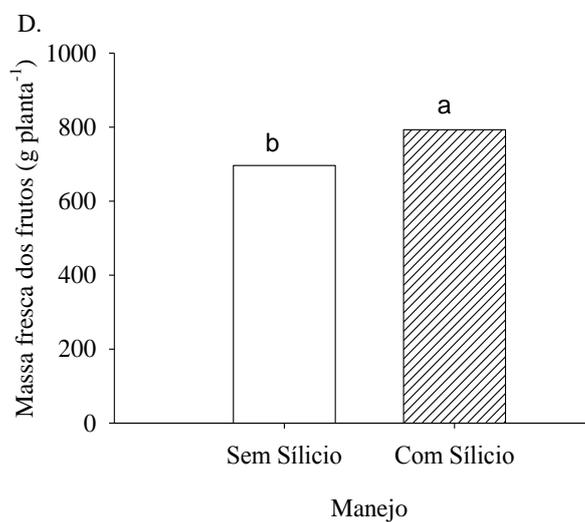
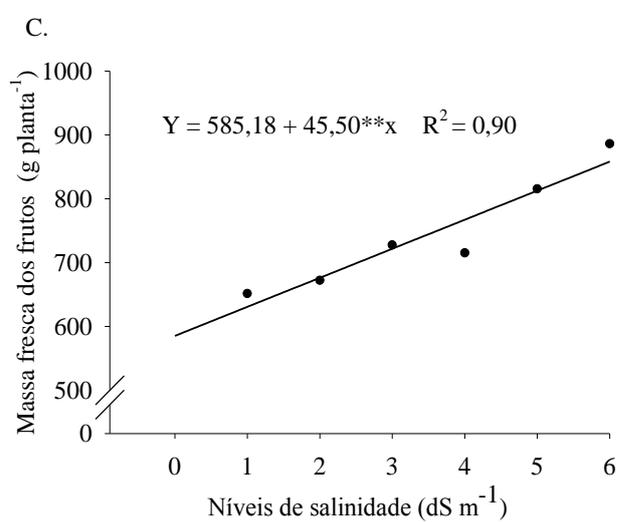
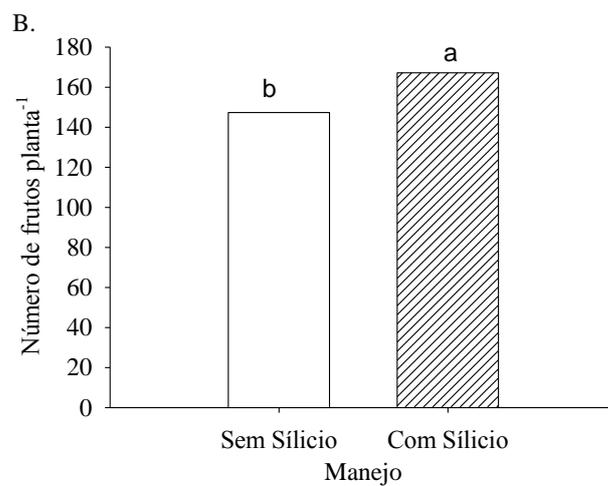
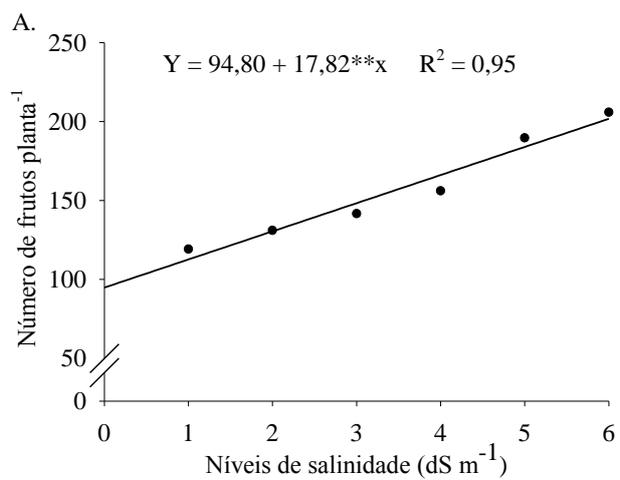
O aumento das variáveis em estudo foi observado em função do manejo com adição de silício, resultados semelhantes foram encontrados por Marodin (2011), em pesquisa observou que fontes de silício se mostraram eficiente na produção do tomateiro, demonstrado aumento matéria fresca da parte aérea (planta^{-1}) e número de frutos, o mesmo foi observado por Galati et al. (2015) em alface americana, submetida a tratamento com fonte de silício em sistema de cultivo hidropônico. Em pesquisas Braga et al. (2009) observou aumento na matéria fresca dos propágulos na cultura do morango em função do uso de fonte de silício.

Resultados semelhantes foram encontrados por Cuong et al. (2017), onde, analisou-se efeito de fertilizante a base de silício no crescimento, rendimento e absorção de nutrientes na cultura do arroz, os resultados apresentados com a pesquisa, demonstram que houve aumento significativo na absorção de K, N e P, tal fato pode explicar incremento nas variáveis em estudo, no manejo com fertirrigação e adição de Silício.

Em estudos Ruophael et al. (2018) relatou em suas pesquisas, sobre cultivo em ambiente protegido, que o uso de fonte de Silício contribuiu para melhoria da produção em culturas de pepino, tomate brócolis e melão.

É relatado na literatura, redução do rendimento em cultura de tomate causada pela salinidade, em pesquisas observou-se CE média, variando entre 4,4 e 4,5 dS m^{-1} , no ciclo da cultura do tomateiro (MEDEIROS et al., 2012; BOARI et al., 2016). O tomate é classificado como uma espécie moderadamente sensível a salinidade, com tolerância limiar na CE de 2,5 dS m^{-1} com uma inclinação a redução no rendimento da cultura, para cada unidade de aumento na CE. No entanto, a tolerância pode variar devido a fatores intrínsecos à planta (por exemplo, genótipo), ou externo (por exemplo, clima) e relacionado ao estágio fenológico e duração da exposição ao stress salino (BOARI et al., 2016).

Para fertirrigação no manejo com Si e Sem adição de Si, a variável matéria fresca do cacho apresentou comportamento quadrático em função do aumento dos níveis de salinidade (Figura 9 I), não sendo observado diferença significativa no manejo.



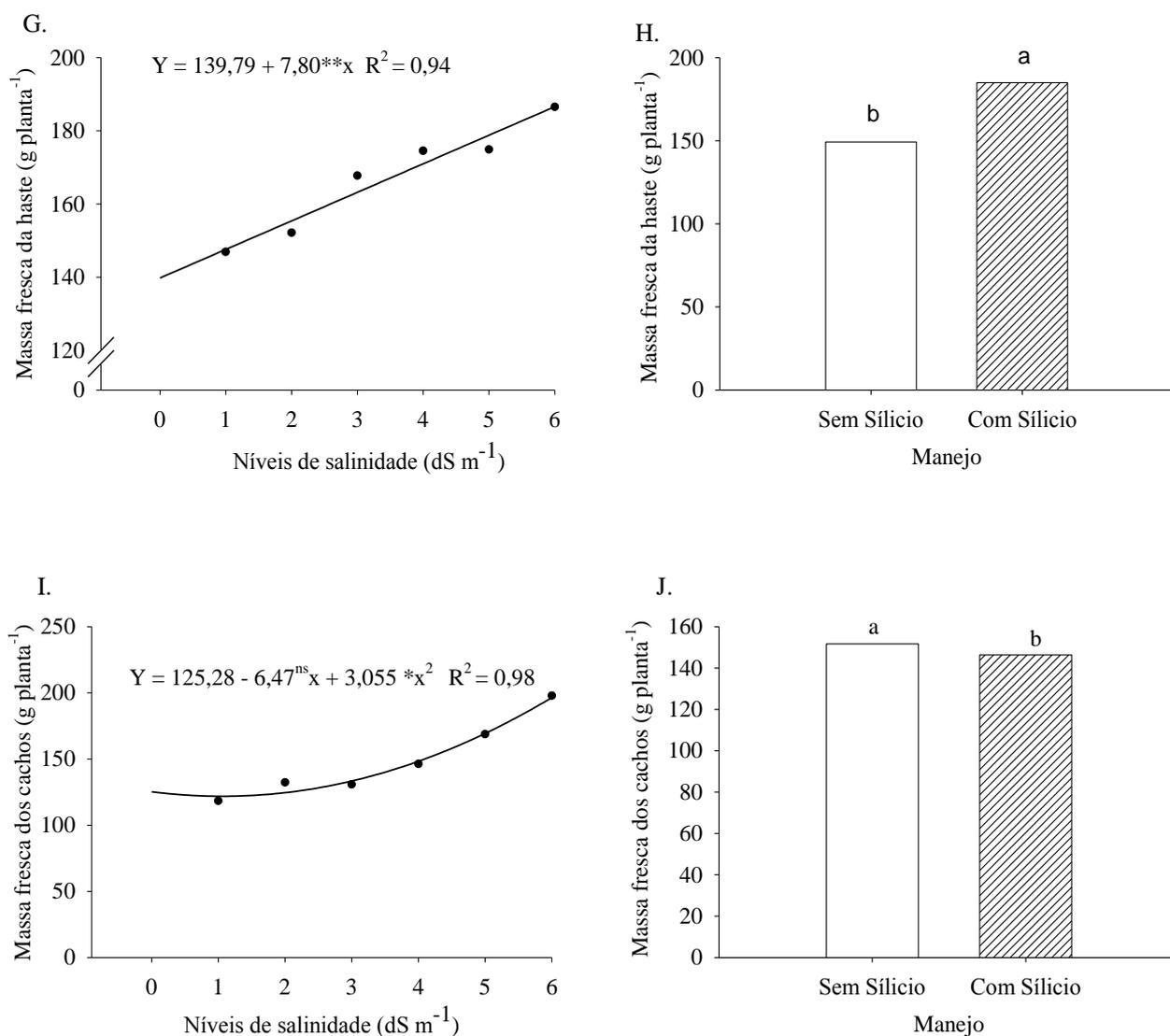


Figura 9. Diagrama de dispersão e equação de ajuste, para níveis de salinidade em fertirrigação, relativos a variáveis número de frutos, massa fresca dos frutos, das folhas, da haste e dos cachos, em (g planta⁻¹), respectivamente A, C, E, G e I, e manejo fertirrigação com e sem adição de Si, para as variáveis número de frutos, massa fresca dos frutos, das folhas, da haste e dos cachos, em (g planta⁻¹) respectivamente B, D, F, H e J

4.1.2 Biomassa seca

As variáveis, massa seca dos frutos, das folhas, da haste, da raiz e massa seca da parte aérea foram significativas a ($p < 0,01$) para os níveis de salinidade, apresentando efeito linear ($p < 0,01$). Massa seca dos frutos, folhas e massa seca total, apresentaram efeito quadrático significativo ($p < 0,01$). Para o manejo as variáveis massa seca dos frutos, folhas, haste, raiz, massa seca total, e massa seca da parte aérea, apresentaram efeito significativo a ($p < 0,01$). A variável massa seca da parte aérea apresentou interação significativa a ($p < 0,01$) entre manejo e salinidade (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância e média referente a massa seca de frutos (MSfr) folhas (MSfl), da haste (MSH), raiz (MSR), massa seca total (MST) e massa seca da parte aérea (MSPA), em (g) planta⁻¹, para a cultura do mini tomate, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação

Fonte de variação	GL	-----Estatística F-----					
		MSFr	MSfl	MSH	MSR	MST	MSPA
Salinidade(S)	5	123,5**	13,36**	9,01**	10,68**	40,67**	173,10**
Linear	-	589,42**	58,20**	38,21**	47,62**	187,21**	90,41**
Quadrática	-	20,46**	7,68**	0,49 ^{ns}	0,22 ^{ns}	8,45**	23,66**
Manejo (M)	1	39,38**	18,54**	56,72**	55,18**	90,06**	71,78**
S x M	5	2,24 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,05 ^{ns}	173,40**
Bloco	3	1,09 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,85 ^{ns}	2,25 ^{ns}	1,84 ^{ns}
Média geral	-	287,80	43,93	54,10	146,27	1037,12	624
CV(%)	-	8,08	16,25	10,45	20,44	6,33	5,75
Valores Médios#							
M1	-	266,75b	39,5b	47,95b	114,20b	947,25b	68,80b
M2	-	308,87a	48,37a	60,25a	178,33a	1.127,0a	108,87a

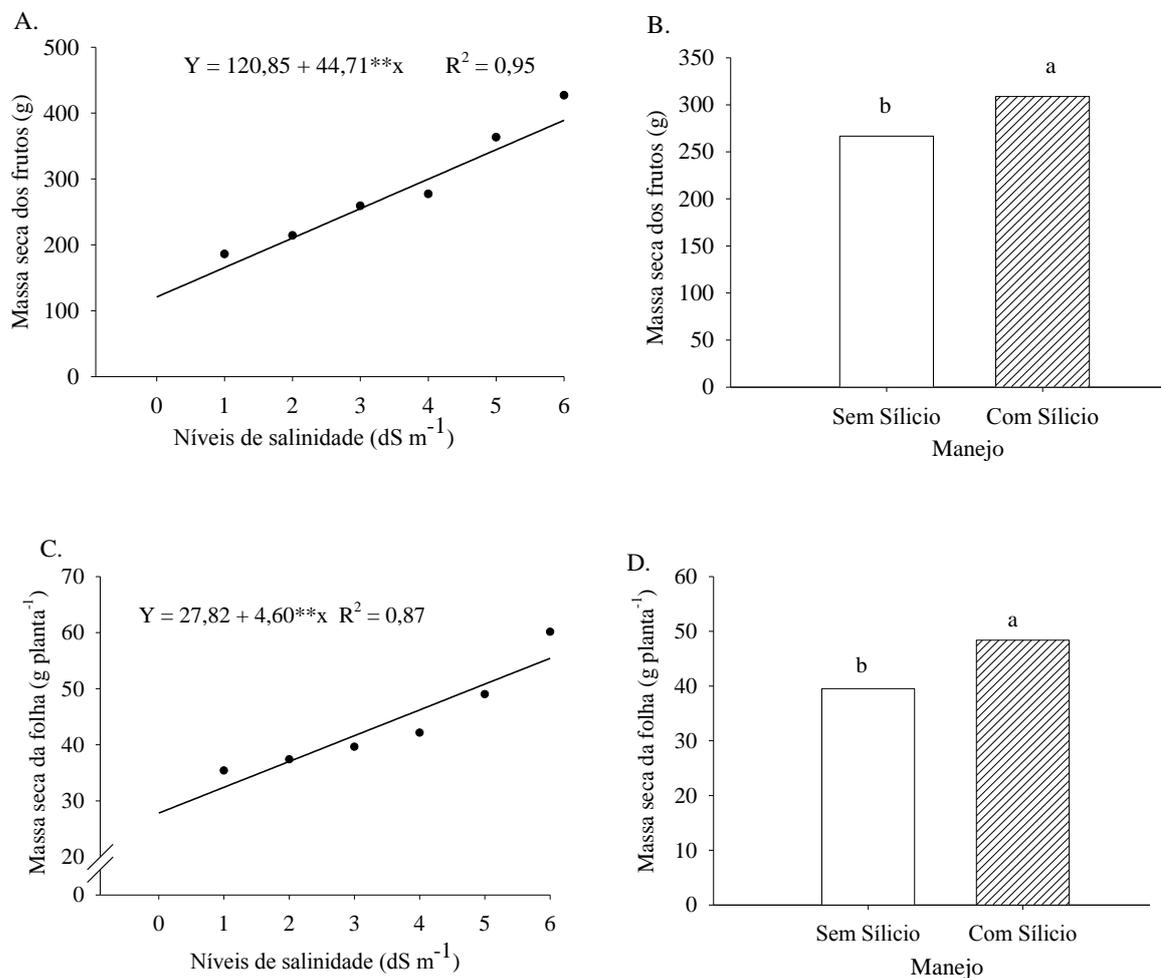
^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; *: ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; M1 – Fertirrigação sem Silício, M2 - Fertirrigação com Silício

As variáveis em estudo apresentaram incremento médio de 15,76; 22,46; 25,62 e 88,54% para massa seca dos frutos, das folhas, da haste e massa seca da raiz, respectivamente, a massa seca total teve um incremento médio de 34% e massa seca da parte aérea apresentou incremento médio de 86,87%, quando submetidas a fertirrigação com silício (Figura 10 B, D, F, H e J). Observou-se efeito significativo a ($p < 0,01$) para aos níveis de salinidade testados (Figuras 10 A, C, E, G e I) e apresentando interação significativa entre manejo e salinidade, conforme descrito na Figura 10 I.

Moradim (2011), relatou ganhos significativo da matéria seca foliar na cultura do tomateiro, em função da absorção de Si pelas raízes e translocação para folhas. Em pesquisas Savvas et al., (2015) observou ganhos significativos na matéria seca em cultura de milho doce, pepino e de tomate fertirrigados com silício.

A (Figura 9 F e H) demonstra a influência do manejo de fertirrigação com silício na produção matéria seca total do tomateiro. Sanchez-González et al. (2016) encontrou resultado semelhante. Em pesquisas Braga et al. (2009) observou aumento da matéria seca total, na cultura do tomate comercial híbrido Raf, em fertirrigação com fontes de Si, (BRAGA et al., 2009).

Em estudos Al-Huqail et al. (2017), observou que a suplementação com silício, tendo como fonte o Silicato de Potássio (2 mM L^{-1}), em *Acacia gerrardiim Benth*, favoreceu o aumentou matéria seca total em 12,57% e na raiz o que ocasionou incremento de 20,70%.



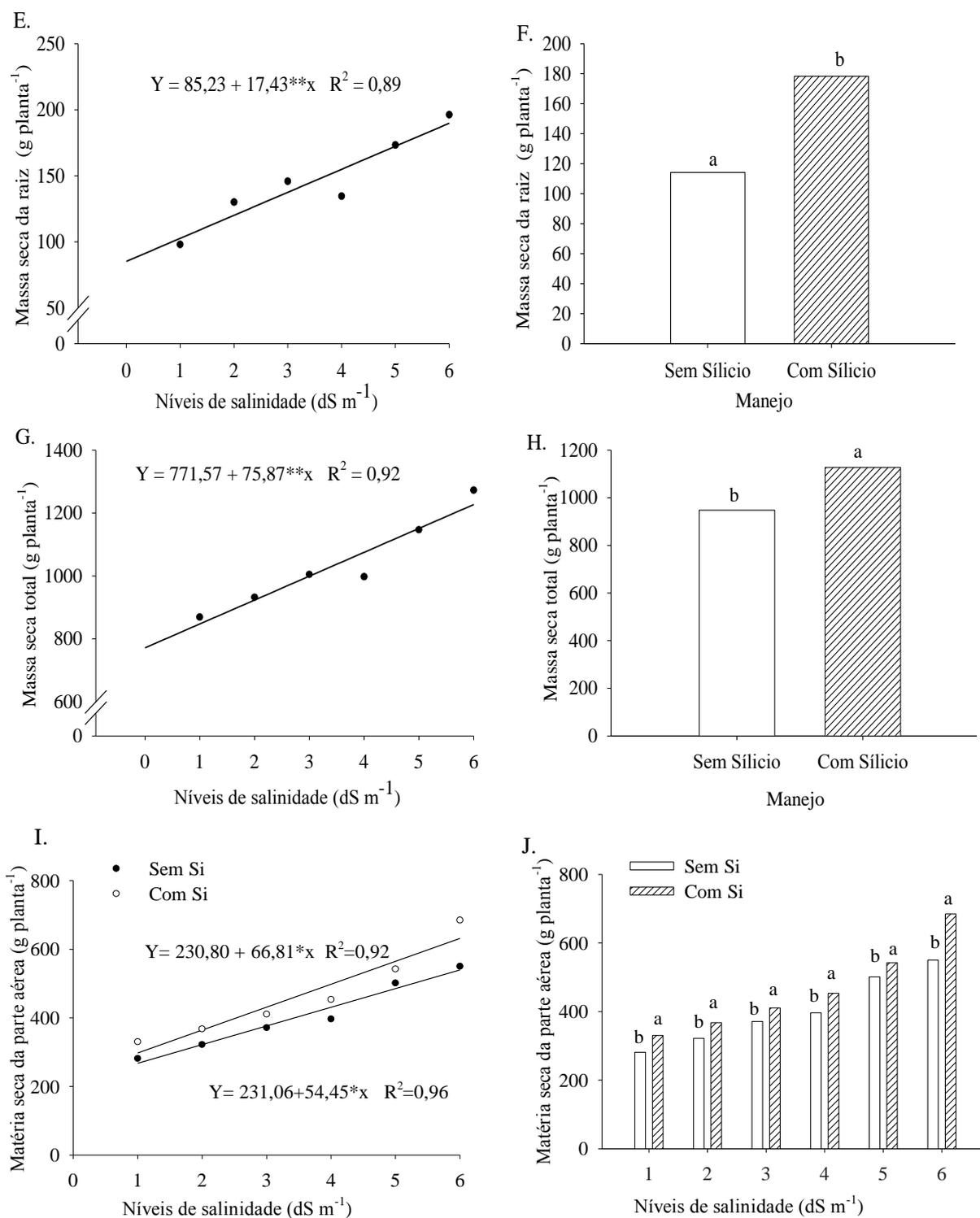


Figura 10. Diagrama de dispersão e equação de ajuste, para níveis de salinidade em fertirrigação, relativos a variáveis massa seca de frutos, folhas, da haste, raiz, massa seca total e massa seca da parte aérea em (g planta⁻¹), respectivamente A, C, E, G e I, e manejo fertirrigação com e sem adição de Si, para as variáveis massa seca de frutos, folhas, da haste, raiz, massa seca total e massa seca da parte aérea em (g planta⁻¹) respectivamente B, D, F, H e J

4.2 Análises de qualidade de frutos

Características, como sólidos solúveis totais (°Brix), acidez total titulável (ATT%), e pH, são parâmetros que mensuram qualidade, sendo importante para o mercado de frutos in natura e para indústria de processamento (LEOGRADE et al., 2012). Os frutos de tomate quando submetida a manejo com solução salina, apresentam melhor qualidade (CUARTERO et al., 1999; CANTORE et al., 2008).

Resumo da análise de variância para sólidos solúveis total (°Brix), pH e acidez titulável total (ATT%) e ATT% x ° Brix, foram realizadas conforme colheitas feitas ao longo do ciclo da cultura do mini tomate, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação.

As variáveis pH, ATT% e a relação ATT% x °Brix, apresentaram efeito quadrático significativo a ($p < 0,01$), para a variável °Brix o efeito quadrático se mostrou significativo a ($p < 0,05$) (Figura 8).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância e médias dos sólidos solúveis total (°Brix), pH, acidez titulável total (ATT%) e ATT% x ° Brix, para a cultura do mini tomate, em função dos níveis de salinidade e dos manejos da fertirrigação

Fonte de variação	GL	----- Estatística F-----			
		°Brix	pH	ATT%	ATT% x °Brix
Salinidade (S)	5	3,51**	4,55**	13,76**	11,91**
Linear	-	7,16*	2,7 ^{ns}	23,64**	12,42**
Quadrática	-	4,65*	18,27**	32,07**	37,21**
Manejo (M)	1	27,52**	11,53**	14,11**	29,82**
S x M	5	1,04 ^{ns}	0,66 ^{ns}	2,78*	1,82 ^{ns}
Bloco	3	1,14 ^{ns}	1,99 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Média geral	-	6,26	5,65	0,27	7,29
CV(%)	-	7,34	4,11	15,81	17,92
Valores Médios#					
M1	-	5,91b	5,53b	1,50b	1,50b
M2	-	6,60 ^a	5,76a	1,97a	1,97a

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; *, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; M1 – Fertirrigação sem Silício, M2 - Fertirrigação com Silício

Em pesquisa com melão, Dias et al. (2010), observou que aumento nos níveis de salinidade em solução nutritiva afetaram significativamente a qualidade química dos frutos, quanto aos sólidos solúveis totais (°Brix) e pH, resultado semelhante foi observado na aplicação dos níveis de salinidade em estudo, onde o aumento da CE, para o modelo

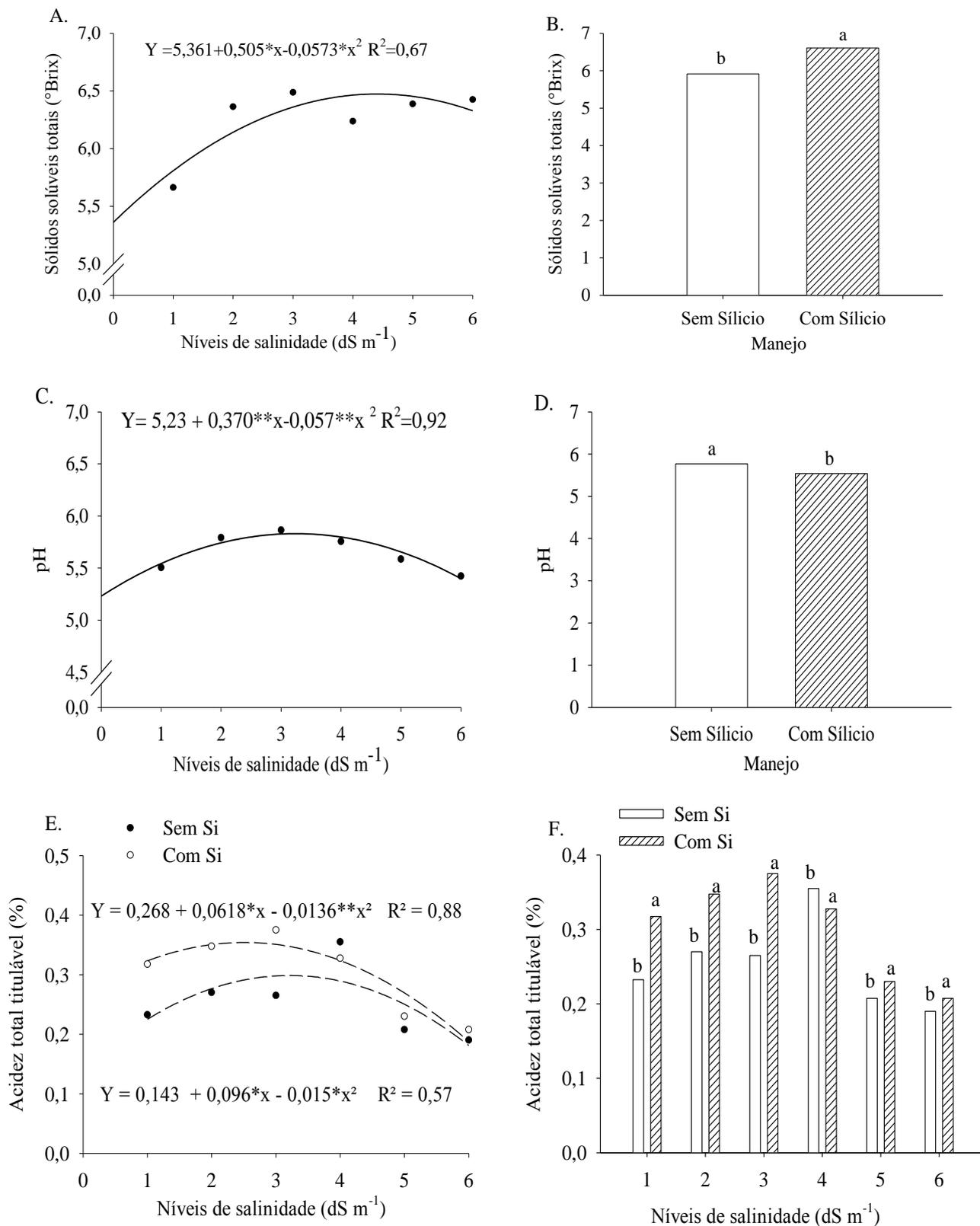
matemático obtido, demonstrou efeito quadrático da salinidade sobre o °Brix, pH e ATT% e ATT% x °Brix (Figura 10 A, C, E e G), apresentando decréscimo nestas variáveis a partir de 3,72; 3,01; 2,90 e 3,00 dS m⁻¹, respectivamente.

Em contrapartida observou-se que o manejo referente a fertirrigação com adição de silício, se mostrou superior, com incremento de 15,49% em relação ao manejo sem adição de silício, para o °Brix (Figura 11 A). Em pesquisas Zushi et al. (2017), estudou variáveis referente a qualidade, sendo sólidos solúveis totais (°Brix), pH, ATT% e a relação ATT% x °Brix, para composição do suco de tomate, observou para estas, correlação significativa com aumento da CE, identificando efeitos positivos relacionados a estas características quando submetidas a tratamentos com fonte de silício, o mesmo foi observado neste estudo (Figura 11 B, D, F e H).

Resultados semelhantes foram observados por Cliff et al. (2012), para as variáveis °Brix e ATT%, em pesquisas com tomates. Em análise sobre eficácia da aplicação de Silício, em morangos, Figueiredo et al. (2010), relatou elevação nos teores de açúcares totais e glicose.

Na (Figura 11 B), observa-se diminuição do pH da polpa do fruto, com aumento dos níveis de salinidade, a partir de 3,01 dS m⁻¹, no manejo, fertirrigação com adição de silício, observou-se decréscimo de 3,95% no pH, em relação ao manejo sem adição de Si, situação semelhante foi constatada por Figueiredo et al. (2010), onde observou redução do pH em polpa de frutos de morangos fertirrigados com Silício, aumentando a acidez da polpa. Esse atributo não é desejável para os “frutos” que se destinam ao o consumo *in natura*, neste caso, o pH pouco ácido é mais aceitável (Figueiredo, et al., 2010).

O presente estudo observou que houve decréscimo na relação entre acidez total titulável e °Brix, a partir de 3,00 dS m⁻¹ (Figura 11 G) com aumento da CE, porém o manejo fertirrigação com Si, apresentou incremento de 76,01%, em relação manejo sem adição de Si (Figura 10 H), em pesquisa, Silva et al. (2013), avaliou a influência de silício na produção e na qualidade de frutos do morangueiro, quanto a relação entre acidez total titulável e °Brix, observando influência positiva na relação ATT% x °Brix. Resultados semelhantes foram obtidos por Tesfay et al. (2011) e Nascimento et al. (2013).



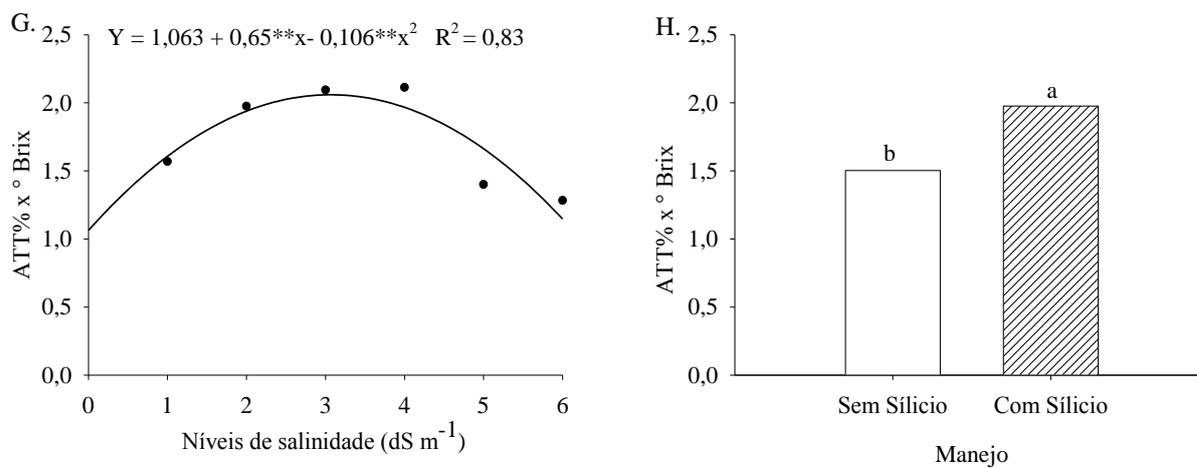


Figura 11. Diagrama de dispersão e equação de ajuste, para fertirrigação, relativos a variáveis sólidos solúveis total (°Brix), pH, acidez total titulável (%), e $\text{ATT\%} \times \text{°Brix}$, respectivamente A, C, E, G e manejo fertirrigação com e sem adição de Si, respectivamente B, D, F e H

5. CONCLUSÃO

As variáveis estudadas, biomassa seca e fresca da cultura do mini tomate não sofreram influência negativa quando submetidos aos níveis de salinidade testados, porém o manejo com adição silício se mostrou superior, proporcionando aumento da produção.

Os parâmetros analisados relativos a qualidade dos frutos sendo sólidos solúvel total, pH e acidez total titulável, sofreram decréscimo com o aumento dos níveis salinidade testados, no entanto o manejo da fertirrigação com adição de silicato de potássio se mostrou superior em relação a fertirrigação sem adição de silício.

A relação entre acidez total titulável e ° Brix, se mostrou superior no manejo com adição de silício, apresentando decréscimo com aumento dos níveis de salinidade.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

AL-HUQAIL, A. S.; ALQARAWI, A. A.; HASHEM, A.; MALIK, J. A.; ABD_ALLAH, E. F. Silicon supplementation modulates antioxidant system and osmolyte accumulation to balance salt stress in *Acacia gerrardii* Benth. **Saudi Journal of Biological Sciences**, **xxx-xxx**, 2017.

ALVARENGA, A. A.; MORAES, M. E. O.; AZEVEDO, L. L. C. Agrometeorologia - Princípios, funcionalidades e instrumentos de medição. 1º. ed. São Paulo: Saraiva, 2015. 120 p.

ALVARENGA, M. A. R. Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 2. ed. rev. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. 455p.

ARAGÃO, V. F.; FERNANDES, P. D.; FILHO, R. R. G.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, H. O. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.6, n. 3, p. 207 - 216, 2012.

ARAUJO, L.; SILVA, K. J. P.; LEMOS, L. M. C.; MILAGRES, C. C.; CARDOSO, D. S. C. P.; ALVES, L. C.; PEREIRA, P. R. G. Tomate cereja cultivado em diferentes concentrações de solução nutritiva no sistema hidropônico capilar. **Unimontes científica**, v. 15, n. 4, p. 18-27, 2013.

ARAÚJO, T. S.; ALMEIDA, A. S.; ARAÚJO, F. S.; FERREIRA, A. H. C.; PINTO, T. P. Produção e qualidade de tomates cereja fertirrigados com água residuária da piscicultura. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**. v.12, n. 3, p. 392-396, 2017.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. Atual e Ampla. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.

BEZERRA, R. S. Manejo da fertirrigação na produção de mini tomate em ambiente protegido. f. 87. 2015. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-graduação em agronomia.

BOARI, F.; DONADIOA, A.; PACEA, B.; SCHIATTONE, M. I.; CANTOREA, V. Kaolin improves salinity tolerance, water use efficiency and quality of tomato. **Agricultural Water Management**, v. 167, p. 29 – 37, 2016.

BONACHELAA, S.; FERNÁNDEZB, M. D.; CABREC. F. J.; GRANADOCS, M. R. G. Soil spatio-temporal distribution of water, salts and nutrients in greenhouse, drip-irrigated tomato crops using lysimetry and dielectric methods. **Agricultural Water Management**, v. 162, p. 151 – 161, 2018.

BRAGA, F. T.; NUNES, C. F.; FAVERO, A.C.; PASQUAL, M.; CARVALHO, J. G.; CASTRO, E. M. Características anatômicas de mudas de morangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.2, p.128-132, fev. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. Dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 nov. 1986. Seção 1, pt. 2.

CANTORE, V., BOARI, F.; PACE, B. Salinity effects on tomato, Proceedings of the XV th EUCARPIA Tomato. **Acta Horticulturae**, v.789, p.229–234, 2008.

CARVALHO, L. C. N. Produção de mudas de açaí sob diferentes níveis de depleção de água associada a doses de polímero hidroabsorvente. 2016, 80 f. Dissertação (mestrado em ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. PIB Agro. CEPEA-USP/CNA. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>. Acesso em: 22. 01. 2018.
CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. PIB Agro. CEPEA-USP/CNA. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>. Acesso em: 22. 01. 2018.

CIACCHERIA, L.; TUCCIOA, L.; MENCAGLIAA, A. A.; MIGNANIA, A. G.; HALLMANNB, E.; SIKORSKA-ZIMNYC, K.; KANISZEWSKIC, S.; VERHEULD, M. I. J.; AGATI, G. Directional versus total reflectance spectroscopy for the in situ determination of lycopene in tomato fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, xxx-xxx, 2018.

CLIFF, M. A.; LI, J. B.; TOIVONENA. P. M. A.; EHRET, D. L. Effects of nutrient solution electrical conductivity on the compositional and sensory characteristics of greenhouse tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.74, p. 132-40, 2011.
COUNG, T. X.; ULLAH, H.; DATTA, A.; HANH, T.C. Effects of Silicon-based fertilizer on growth, yield and nutrient uptake of rice in tropical zone of Vietnam. **Rice Science**, v. 24, n.5, p. 283 – 290, 2017.

CUARTERO, J.; MUNÑOZ – FERNÁNDEZ, R. Tomato and salinity. **Scientia Horticulturae**. Estación Experimental La Mayora. Algarrobo-Costa, Maálaga, Spain, p. 83 – 125, 1999.

DEMUNER, A. P. V.; MEIRELES, R. C.; REIS, L. S.; VIEIRA, G. H. S.; GARCIA, W. A.; ZINGER, L.; PIRES, A. A. Emergência de plântulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) em diferentes tensões de retenção de água no solo. **Revista THEMA**, v.14, n.4, p. 14-24, 2017.

DIAS, N. S.; LIRA, R. B.; BRITO, R. F.; NETO, O. N. S.; NETO, M. F.; OLIVEIRA, A. M. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.7, 2010.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliça/CNPH. A cultura do tomateiro para mesa. Brasília, 2006, 4ª ed, p. 92, (coleção plantar n° 5).

EPSTEIN, E. Silicon: its manifold roles in plants. **Annals of Applied Biology**, v. 155, p.155–160, 2009.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.1, p. 42-46, 2006.

FERNANDES, P. C. A. Crescimento, produção e qualidade do melão amarelo “diplomata fl” sob fertirrigação de n e k no Vale do Gurguéia. 60f. 2016, Dissertação de mestrado, solos e nutrição de plantas, UFPI.

FIGUEIREDO, F. C.; BOTREL, P. P.; TEIXEIRAL, C. P.; PETRAZZINI, L.L.; LOCARNO, M.; CARVALHO, J.G. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, 2010.

GONZALO, M. J.; LUCENA, J. J.; HERNÁNDEZ-APAOLAZA, L. Effect of silicon addition on soybean (*Glycine max*) and cucumber (*Cucumis sativus*) plants grown under iron deficiency. **Plant Physiol, Biochem.** v.70, p.455–461, 2013.

HALINSKI, Ł. P.; STEPNOWSKI, Piotr. Cuticular hydrocarbons and sucrose esters as chemotaxonomic markers of wild and cultivated tomato species (*Solanum section Lycopersicon*). **Phytochemistry**, v. 132, p. 57- 67, 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. Métodos físicos e químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020p. 2008.

JÚNIOR, A. S. A.; BASTOS, A. E.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N.; JÚNIOR, L. G. M. F. ABAK, K.; CELIKEL, G. **Atlas Climatológico do Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p.151. 2004. (Documentos, 101).

KAFI, M.; RAHIMI, Z. 2011. Effect of salinity and silicon on root characteristics, growth, water status, proline content and ion accumulation of purslane (*Portulaca oleracea* L.). **Soil Science Plant Nutri**, v. 57, p. 341–347, 2011.

KLAR, A. E.; JADOSKI, S. O. Efeitos da irrigação e da cobertura do solo por polietileno preto sobre as características morfológicas do pimentão. **Irriga**, v. 07, n. 3, p. 154-167, 2002.

KRASKAA, T.; KLEINSCHMIDTB, B.; WEINANDB, J.; PUDEA, R. Cascading use of *Miscanthus* as growing substrate in soilless cultivation of vegetables (tomatoes, cucumbers) and subsequent direct combustion. **Scientia Horticulturae**. v.235, p. 205 – 213, 2018.

LEOGRADE, R.; LOPEDOTA, O.; MONTEMURRO, F.; VITTI C.; VENTRELA, D. Effects of irrigation regime and salinity on soil characteristics and yield of tomato. **Italian Journal of Agronomy**, v. 7, n.1, p. 50 – 57, 2012.

MARODIN, Josué Clock. Produtividade, qualidade físico-química e conservação pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes e doses de silício. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Gurapuava – PR.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2008c. 150 p

MARSCHNER, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, p 889.

MATOS, E. H. S. F. Cultivo Protegido de Hortaliças. Dossiê técnico. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB, p.37, 2007. Disponível em: < <http://www.respostatecnica.org.br/acessoDT/205>>. Acesso em: 05.03. 2018.

MORAES, C. A. G. Hidroponia: como cultivar tomates em sistema NFT (técnica de fluxo laminar de nutrientes).Jundiaí: DISK, 1997. 141 p.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, Ê. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate a salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p. 51 – 55, 2012.

MEHRABANJOUANI, P.; ABDOLZADEH, A.; SADEGHIPOUR, H. R.; AGHDASI, M. Silico na effects transcellular and apoplastic uptake of some nutrients in plants. **Pedosphere**, v. 25, p. 192–201, 2015.

NASCIMENTO, A. R.; JÚNIOR, M. A. S. S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P. M.; RODRIGUES, J. P. M. S.; CARVALHO, W. T. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 628-635, 2013.

PETER, A. R.; RUHOF, A. L.; SILVA, B. B.; ROBERTI, D. R.; BREYER, L. M.; POLAT, A.; DURGAC, C.; CALISKAN. Effect of protected cultivation on the precocity, yield and fruit quality in loquat. **Scientia Horticulturae**. v. 104, p. 189 – 198, 2005.

PRADO, R. M.; SANTOS, V. H. G.; GONDIM, A. R. O.; ALVES, A. U.; FILHO, A. B. C.; CORREIA, M. A. R. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 19-30, 2011.

RAINS, D. W.; EPSTEIN, E.; ZASOSKI, R.J.; ASLAM, M. Active silicon uptake by wheat. **Plant Soil**, v.280, p.223–228, 2006.

RANC, N.; MUÑOS, S.; SANTONI, S.; CAUSSE, M. A clarified position for *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* in the evolutionary history of tomatoes (solanaceae). **BMC Plant Biology**, p. 1- 18, 2008.

RODRIGUES, S. D.; PONTES, A. L.; MINAMI, K.; DIAS, C. T. S. Quantidade absorvida e concentrações de micronutrientes em tomateiro sob cultivo protegido. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 137-141, 2002.

ROUPHAELA, Y.; KYRIACOUB, M. C.; PETROPOULOS, S. A.; PASCALEA, S. D.; COLLAD, G. Improving vegetable quality in controlled environments. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 275-289, 2018.

SALES, D. L. A.; JÚNIOR, J. A.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P.; SOUZA, J. M. F. Estimativa de evapotranspiração e coeficiente de cultura do tomateiro industrial utilizando o algoritmo SAFER. **Irriga**, v. 22, n. 3, p. 629-640, 2017.

SÁNCHEZ- GONZÁLEZ, M. J.; SÁNCHEZ-GUERRERO, M. C.; MEDRANO, E.; PORRAS, A. E.; BAEZA, S. J.; LORENZO, P. Carbon dioxide enrichment: a technique to mitigate the negative effects of salinity on the productivity of high value tomatoes. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 02, p. 02-13, 2016.

SANTOS, F. F. B. Obtenção e seleção de híbridos de tomate visando à resistência ao Tomato yellow vein streak virus (ToYVSV). 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado Agricultura tropical e sub-tropical) – Universidade Federal de Campinas.

SAVVAS, D.; NATATSI, G. Biostimulant activity of silicon in horticulture. Review, **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 66 – 81, 2015.

SHAMSHIRI, R. Measuring optimality degrees of microclimate parameters in protected cultivation of tomato under tropical climate condition. **Measurement**, v. 106, p. 236-244, 2017.

SILVA, V. M. A.; SANTOS, D. C.; GOMES, M. F. Variabilidade pluviométrica entre regimes diferenciados de precipitação no estado do Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n°5, p. 1463 – 1475, 2013.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. S.; FRANÇA, F. H. Cultivo do tomate para industrialização, Embrapa Hortaliça, Sistemas de Produção, 1 - 2ª ed, 2006.

SILVA, M. L. S.; RESENDE, J. T. V.; TREVIZAM, A. R.; FIGUEIREDO, A. S. T.; SCHWARZ, K. Influência do silício na produção e qualidade do morangueiro. **Semina: Ciências agrárias**, v.34, n.6, p. 3411 – 3424, 2013.

SILVA, P. A.; RABELO, J. S.; GUIMARÃES, M. A.; SILVA, J. C. V.; OLIVEIRA, L. S. C. Sistemas de condução na produção comercial de tomate “cereja”. **Nativa Sinop**, v.5, n.5, p.316-319, 2017.

SILVA, W. A.; SANTANA, J. S.; SILVA, C. M.; NUNES, A. Regionalização de coeficiente de cultivo aplicado no planejamento da agricultura irrigada no Estado do Maranhão–Brasil. **Revista engenharia Agrícola**, v.37, n.5, 2017.

SOUSA, G. G.; RODRIGUES, V. S.; VIANA, T. V. A.; SILVA, G. L.; NETO, M. O. R.; MOREIRA, B. Irrigação com água salobra na cultura do rabanete em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.6, p. 1065 - 1074, 2016.

TESFAY, S.Z.; BERTLING, I.; BOWER J.P. Effects of postharvest potassium silicate application on phenolics and other anti-oxidant systems aligned to avocado fruit quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, p. 92 – 99, 2011.

TORESANO-SÁNCHEZ, F.; VALVERDE-GARCÍA, A.; CAMACHO-FERRE, F. Effect of the application of silicon hydroxide on yield and quality of cherry tomato. **Juornal Plant Nutrition**. v. 35, p. 567–590, 2012.

VASCONCELOS N. S.; NETO, J. D.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, C. J. G. S. Qualidade das águas subterrâneas de área irrigada da comunidade de pau branco em Mossoró – RN. **Hollos**, v.1, n.29, p. 1 -18, 2013

VIEIRA, J. D. M. Bioestimulante na fenologia do tomateiro ‘sweet heaven’ e na qualidade pós-colheita de frutos sob refrigeração. 2016, f. 65, Dissertação (Programa de pós-graduação em Agronomia - Fitotecnia) - Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus–PI.

ZHU, Y.; GONG, H. Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. **Agronomy Sustainable**, v.34, p.455–472, 2014.

ZUSHI, K.; MATSUZOE, N. Utilization of correlation network analysis to identify differences in sensory attributes and organoleptic compositions of tomato cultivars grown under salt stress. **Scientia Horticulturae**, v.129, p.18-26, 2017.

