



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL de LONDRINA

---

MARITA DI LORETO Y SAMPAIO

**CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO  
CULTIVO DO TOMATEIRO EM SUBSTRATO AREIA**

---

Londrina  
2016

MARITA DI LORETO Y SAMPAIO

**CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO  
CULTIVO DO TOMATEIRO EM SUBSTRATO AREIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a defesa de Dissertação do Mestrado em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Hideaki Wilson Takahashi.

Co-Orientador: Prof. Dr. Gustavo Adolfo de Freitas Fregonezi.

Londrina  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Sampaio, Marita Di Loreto y.

Condutividade elétrica da solução nutritiva no cultivo do tomateiro em substrato areia / Marita Di Loreto y Sampaio. - Londrina, 2016.

60 f.

Orientador: Hideaki Wilson Takahashi.

Coorientador: Gustavo Adolfo de Freitas Fregonezi.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.

Inclui bibliografia.

1. Ambiente protegido - Teses. 2. Monitoramento - Teses. 3. Fertirrigação - Teses. 4. Tomate tipo salada - Teses. I. Takahashi, Hideaki Wilson. II. de Freitas Fregonezi, Gustavo Adolfo. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

MARITA DI LORETO Y SAMPAIO

# **CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO CULTIVO DO TOMATEIRO EM SUBSTRATO AREIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a defesa de Dissertação do Mestrado em Agronomia.

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Hideaki Wilson Takahashi  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Dr. Nobuyoshi Narita  
Apta Regional Presidente Prudente

Londrina, 26 de fevereiro de 2016.

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida; e a Nossa Senhora, por ser modelo e porta do Céu À minha mãe Giuseppina (*in memorian*) e à minha avó Elenir (*in memorian*). À minha família, pai Célio, à 'boadrasta' Diva e irmã Milena; nonno Sebastiano e nonna Anna. À toda minha família. Ao meu amigo de sempre Matheus. Aos freis e freiras do Instituto Filhos (as) da Pobreza do Santíssimo Sacramento (da Missão Toca de Assis – Londrina). Ao grupo de oração Yahweh Nessi e a todos amigos que lá crescem comigo na fé.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pelo dom da minha vida e pelas oportunidades que me proporciona e pelo crescimento e maturidade em todas as dimensões da minha vida. Gratidão à Nossa Senhora, pelo seu “Fiat”, que tão docemente, se faz meu modelo de adoradora. Obrigada por me acolher e aceitar o pouco que tenho em suas mãos puras, para oferecer à Jesus Cristo.

À minha família, que sempre me deu total apoio e amor, para ter forças para caminhar e dedicar-me aos conhecimentos na área. Sempre compreendendo as ausências, muitas vezes, necessárias.

Ao grupo Yahweh Nessi, que se tornou essencial durante esses dois anos, me fortalecendo na fé e no ânimo em caminhar e almejar o Céu. À cada um do grupo que teve paciência e rezou comigo em momentos de dificuldades e se alegrou nos momentos de conquistas e superações.

Ao meu orientador, professor Dr. Takahashi, obrigada pelo apoio e por acreditar em mim. Obrigada pelo conhecimento transmitido e dedicação em ensinar, sempre que possível .

Ao co-orientador, professor Dr. Gustavo, pelo exemplo deixado. Pela dedicação e disposição em ensinar, não só conhecimentos do trabalho, mas em quesitos profissionais e acadêmicos.

À colega de profissão e amiga, Mônica, que de um estágio na graduação, nos tornamos parceiras em pesquisas. Agradeço sua enorme disposição sempre em ajudar e ser tão prestativa. Que Deus continue te abençoando e iluminando seus caminhos.

Aos colaboradores da graduação do curso de Agronomia da UEL, Maurinho e Maicon , que estagiaram no trabalho, com dedicação e interesse em aprendizado, sempre muito prestativos. Também às alunas Mariana e Luíza, que fizeram parte da equipe de trabalho, auxiliando nas atividades iniciais.

Aos técnicos do Laboratório, Márcio e João, que sempre estiveram dispostos e interessados nas pesquisas realizadas, ajudando nas metodologias laboratoriais.

Ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da UEL, pela oportunidade.

À CAPES, pela bolsa concedida e pelo incentivo à pesquisa científica.

SAMPAIO, Marita Di Loreto y. **Condutividade elétrica da solução nutritiva no cultivo do tomateiro em substrato areia**. 2016. 60 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

## RESUMO

O tomate é uma hortaliça amplamente cultivada e consumida no mundo. O manejo adequado da solução nutritiva de uma fertirrigação utilizada em um sistema de cultivo protegido com substratos é essencial para o sucesso da prática e desenvolvimento das plantas, bem como produção e qualidade dos frutos. Para isso, pode-se utilizar o monitoramento por meio da condutividade elétrica (CE) da solução. O objetivo do trabalho foi testar níveis de condutividade elétrica no tomate tipo salada, cultivar 'Paronset', via fertirrigação por gotejamento, em casa de vegetação. O delineamento foi o de blocos casualizados, com 4 tratamentos, referentes às condutividades elétricas (CE) 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 dS m<sup>-1</sup> e 10 repetições. Os parâmetros avaliados foram: teor de nutriente das folhas totais, da folha índice, hastes principais e secundárias, dos frutos e extração massa fresca dos frutos, produtividade, comprimento do fruto, diâmetro do fruto, SST da polpa, dados foram submetidos à Análise de Variância ( $p < 0,05$ ) seguida de Regressão, com auxílio do programa Sisvar®. Os resultados mostraram que o teor dos nutrientes foram maiores conforme o aumento dos níveis de CE, sendo que o teor de K foi maior para os níveis maiores de CE, o que proporcionou maior SST na polpa.

**Palavras-chave:** Ambiente protegido. *Lycopersicon esculentum* Mill. Monitoramento. Fertirrigação. Salinização.

SAMPAIO, Marita Di Loreto y. **Electrical conductivity of the nutriente solution in tomato cultivated in sand substrate.** 2016. 60 p. Master's Degree Dissertation (Agronomy Pos Graduation Programme) – Londrina State University, Londrina, 2016.

### **ABSTRACT**

Due to problems of salinity and diseases in the soil, the tomato cultivation in protected greenhouse fertigation system t using sand as substrate is an interesting alternative for farmers. It is necessary, however, an adequate management of nutrient solution in order to avoid salting around the root system of tomato and nutritional imbalance. Therefore, the system monitoring is essential and among the resources practice, monitoring electrical conductivity (EC) of the solution can be very important. The objective of this study was to evaluate the tomato nutritional status tomato and its productivity, correlating them to electrical conductivity ranges established. The experiment was conducted in a greenhouse under fertigation system in a randomized complete block design with four treatments, related to the electrical conductivity (EC) 0.8; 1.6; 2.4 and 3.2 dS m<sup>-1</sup> and 10 replications. It was used the tomato salad type hybrid seedlings 'Paronset', spaced 0.8 m between rows and 0.3 m between plants. It was analysed fresh fruit weight, yield, fruit length, fruit diameter, SST pulp and evaluated the nutrient content on the index sheet and the accumulation of these stems, fruits and roots. The data were submitted to ANOVA ( $p < 0.05$ ) followed by regression, with the aid of Sisvar® program. It was observed that the EC provided increase in fresh fruit weight, productivity and SST pulp.

**Keywords:** Protected environment. *Lycopersicon esculentum* Mill. Monitoring. Fertigation. Salinization.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) no teor de nutrientes das folhas totais do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido .....30
- Figura 2** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) no teor de nutrientes das folhas índices do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido .....31
- Figura 3** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) no teor de nutrientes dos cachos da haste principal e secundária do tomateiro tipo salada cultivado em substrato areia sob ambiente protegido .....33
- Figura 4** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) nos teores de nutrientes em caules da haste principal do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido .....34
- Figura 5** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) nos teores de nutrientes em caules da haste secundária do tomateiro tipo salada cultivado em substrato areia sob ambiente protegido .....35
- Figura 6** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) nos teores de K ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e Fe ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nos frutos do primeiro cacho da haste principal (1 HP) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido .....37
- Figura 7** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) nos teores de nutrientes nos frutos do segundo cacho da haste principal (2 HP) do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido. ....38

<b>Figura 8 -</b>	Conduktividades elétricas (C.E, $\text{dS m}^{-1}$ ) nos teores de nutrientes em frutos do terceiro cacho da haste principal (3 HP) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido .....	39
<b>Figura 9 -</b>	Conduktividades elétricas (C.E, $\text{dS m}^{-1}$ ) nos teores dos nutrientes dos frutos do primeiro cacho da haste secundária (1 HS) do tomate tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido .....	41
<b>Figura 10 -</b>	Conduktividades elétricas (C.E, $\text{dS m}^{-1}$ ) nos teores de nutrientes dos frutos do segundo cacho da haste secundária (2 HS) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido .....	42
<b>Figura 11 -</b>	Conduktividades elétricas (C.E, $\text{dS m}^{-1}$ ) na extração de nutrientes nos frutos do primeiro cacho da haste principal (1 HP) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido .....	47
<b>Figura 12 -</b>	Conduktividades elétricas (C.E, $\text{dS m}^{-1}$ ) na extração de nutrientes nos frutos do segundo cacho da haste principal (2 HP) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido .....	47
<b>Figura 13 -</b>	Conduktividades elétricas (C.E, $\text{dS m}^{-1}$ ) na extração de nutrientes nos frutos do terceiro cacho da haste principal (3 HP) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido .....	48
<b>Figura 14 -</b>	Conduktividades elétricas (C.E, $\text{dS m}^{-1}$ ) na extração de nutrientes nos frutos do primeiro cacho da haste secundária (1 HS) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido .....	49

- Figura 15** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) na extração de nutrientes nos frutos do segundo cacho da haste secundária (2 HS) do tomate tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido .....49
- Figura 16** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) na massa fresca dos frutos (MFF), produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e teor de sólidos solúveis totais (SST) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido .....52

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Condutividades elétricas (CE,  $\text{dS m}^{-1}$ ) na solução nutritiva no teor nutricional folhas totais e folha índice do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob cultivo de ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016. ....29
- Tabela 2 - Condutividades elétricas (CE,  $\text{dS m}^{-1}$ ) na solução nutritiva no teor nutricional dos cachos de todos os frutos da haste primária e secundária, e caule da haste primária e secundária do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob protegido. Londrina, UEL, 2016 .....31
- Tabela 3 - Condutividades elétricas (CE,  $\text{dSm}^{-1}$ ) na solução nutritiva no teor nutricional dos frutos do 1º cacho da haste principal, 2º cacho da haste principal e 3º cacho da haste principal do tomateiro cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016 .....32
- Tabela 4 - Condutividades elétricas (CE,  $\text{dSm}^{-1}$ ) na solução nutritiva no teor nutricional dos frutos do 1º cacho da haste secundária (1 HS) e 2º cacho da haste secundária (2 HS) do tomate cultivado em sistema de fertirrigação de tomateiro tipo salada em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016. ....40
- Tabela 5 - Condutividades elétricas (CE,  $\text{dSm}^{-1}$ ) na solução nutritiva na extração de macronutrientes dos frutos da haste principal (HP) do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016. ....43

Tabela 6 -	Conduktividades elétricas (CE, $\text{dSm}^{-1}$ ) na solução nutritiva na extração de macronutrientes dos frutos da haste secundária (HS) do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016. ....	44
Tabela 7 -	Conduktividades elétricas (CE, $\text{dSm}^{-1}$ ) na solução nutritiva na extração de micronutrientes dos frutos da haste principal (HP) do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016. ....	49
Tabela 8 -	Conduktividades elétricas (CE, $\text{dSm}^{-1}$ ) na solução nutritiva na extração de micronutrientes dos frutos da haste secundária (HS) do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016. ....	50
Tabela 9 -	Conduktividades elétricas (CE, $\text{dSm}^{-1}$ ) no número de frutos (NF), comprimento dos frutos (CF, cm), diâmetro dos frutos (DF, cm), massa fresca dos frutos (MFF, g), diâmetro da haste (DH, cm), altura da inserção do primeiro cacho (AIC, cm), produtividade ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ), e teor de sólidos solúveis totais da polpa (SST, °Brix) do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016. ....	45

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>ASPECTOS DA CULTURA DO TOMATE.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Botânica do tomateiro.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Importância econômica.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>CULTIVO EM AMBIENTE PROTEGIDO E CULTIVO EM SUBSTRATO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b>NUTRIÇÃO MINERAL DO TOMATEIRO.....</b>	<b>18</b>
<b>2.5</b>	<b>SOLUÇÃO NUTRITIVA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.6</b>	<b>CONDUTIVIDADE ELÉTRICA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.6.1</b>	<b>Monitoramento da condutividade elétrica.....</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>ARTIGO A: CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO CULTIVO DO TOMATEIRO EM SUBSTRATO AREIA. ....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>RESUMO .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>3.4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
<b>3.5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O tomate é considerado uma das principais hortaliças do mercado brasileiro, com elevado valor econômico e comercial, sendo cultivado em todo território nacional e em diferentes condições climáticas.

Entretanto, devido a problemas fitossanitários, o cultivo em casas de vegetação vem expandindo e permitindo uma produção de qualidade durante todo o ano, o que confere ao produtor, boa rentabilidade em mais de uma safra.

A utilização do sistema de fertirrigação proporciona eficácia de produção e viabilidade ao produtor, pois, além de proporcionar maior eficiência no uso da água e dos fertilizantes, permite fracionar os fertilizantes conforme o desenvolvimento e necessidade da cultura, reduzir alguns problemas fitossanitários e desordens fisiológicas causadas pelo déficit ou excesso de nutrientes, além de diminuir os custos. É interessante ressaltar que um manejo inadequado da solução nutritiva pode provocar diversos fenômenos negativos ao desenvolvimento e produtividade do tomateiro, como a salinização do solo ou substrato, prejudicando o fluxo de absorção de água e causando desordens nutricionais.

Entretanto, este cultivo intensivo pode ser questionado quanto a sua sustentabilidade, devido a contaminação da água subterrânea pela adubação excessiva e lixiviação de nutrientes. Assim, com a finalidade de reduzir esses problemas, a utilização de substratos é uma excelente opção ao agricultor, e dentre as alternativas desses materiais, pode-se destacar a areia, que é um material de fácil aquisição, livre de pragas e patógenos, pouco poluente e possui baixíssima capacidade de troca catiônica (CTC).

Os solutos iônicos na solução do solo ou do substrato possuem capacidade de produzir condutividade elétrica proporcionalmente à sua concentração e é uma metodologia aplicável do monitoramento no manejo adequado da fertirrigação. Os valores dessa CE para a cultura do tomate, ainda não são bem estabelecidos, o que torna, portanto, necessário o aprimoramento de estudos nesse sentido.

Entretanto, estudos em ambiente protegido com cultivo de hortaliças em substratos ainda são escassos, necessitando de pesquisas com intuito de aprimorar as técnicas de irrigação e de monitoramento do sistema (LOPES; STRIPARI, 1998).

Sendo assim, o trabalho teve como objetivo testar níveis de condutividade elétrica no tomate tipo salada, cultivar 'Paronset', via fertirrigação por gotejamento, em casa de vegetação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ASPECTOS DA CULTURA DO TOMATE

#### 2.1.1 Botânica do tomateiro

O tomate (*Solanum lycopersicom*, L.) é uma dicotiledônea pertencente à família das solanáceas (NUEZ, 2001), a mesma da berinjela, pimentão, petúnia, fumo, batata e outras (MINAMI; HAAG, 1989). A espécie *Lycopersicon* pode ser dividida em dois complexos: o *esculentum*, que engloba o *Lycopersicon esculentum* Mill.; *L. pimpinelifolium* (juvl.) Mill.; *L. cheesmani* Riley; *L. hirsutum* Humb. & Bonpl.; *L. pennellii* (Corr) D'Arcy.; *L. chmielewskii* Rick, Kes., Fob & Holle; *L. parviflorum* Rick, Kes., Fob & Holle; e o complexo *peruvianum*, composto de duas espécies, o *Lycopersicon peruvianum* (L) Miller e *L. chilense* Dun. (ALVARENGA, 2004).

O tomateiro é uma planta herbácea, de porte arbustivo, e embora perene, é cultivada como anual. Seus hábitos de desenvolvimento podem ser rasteiro, semi-ereto ou ereto (ALVARENGA, 2004). As folhas das espécies cultivadas são pecioladas, compostas e com número ímpar de folíolos. Seu caule é flexível e muito abundante nas brotações laterais (FILGUEIRA, 2000). O sistema radicular é pivotante e pode chegar até 1,5 m de profundidade (PINTO; CASALI, 1980)

As flores do tomateiro são hermafroditas, com autofecundação predominante e frequência de cruzamento inferior a 5% (HIGUTI, 2008). Segundo Filgueira (2000), dentre os problemas no cultivo do tomate está o abortamento floral, provocado por déficit ou desequilíbrio nutricional, pragas e doenças.

Os frutos do tomateiro podem ser classificados em cinco grupos: Santa Cruz, Salada, Italiano, Industrial e Cereja (FILGUEIRA, 2000), cuja produção para comercialização tem suas classificações de acordo com formato, número de lóculos e coloração (FONTES; SILVA, 2000).

#### 2.1.2 Importância econômica

A produção de hortaliças possibilita a geração de muitos empregos, desde o momento da semeadura até a comercialização, sendo, portanto, de grande importância na economia agrícola do país. Dentre os produtos comercializados, o

tomate, fruto típico de clima tropical, têm grande valor econômico (FILGUEIRA, 2008).

Seu cultivo exige intensa mão de obra e apesar do elevado índice de mecanização nas operações, como preparo de solo, adubação, transplântio, irrigação e pulverização é necessário cerca de 100 homens por dia por hectare para realizar outras atividades como capinas e colheitas manuais, conferindo assim, além da importância econômica, a importância social (EMBRAPA, 2006).

Segundo Carvalho e Pagliuca (2007), apud Silva et al. (2013), a cultura se destaca por estar entre as dez hortaliças mais importantes do mercado nacional, pois, além de ser rico em licopeno, possui elevado valor nutritivo, principalmente das vitaminas A e C.

O tomateiro é cultivado em todo território brasileiro, em regiões de diferentes características climáticas (SALUSTIANO et al., 2006). Segundo o IBGE (2015), na safra de 2014, a produção brasileira de tomate foi estimada em 4.291.160 toneladas, com área de cultivo de 65.075 ha e um rendimento médio de 65.942 kg ha<sup>-1</sup>. Embora a produtividade média tenha decrescido 0,32% em relação à safra anterior, houve um aumento de 8,35% da área colhida, o que proporcionou um crescimento de 8,0% na produção nacional.

No cultivo em ambiente protegido, em estufas de cobertura plástica, a tomaticultura é uma das mais exploradas, produzindo frutos de ótima qualidade comercial, o que permite maior lucro ao produtor (LUZ et al., 2007), além de apresentar relativa facilidade de manejo quando comparado ao sistema convencional em campo aberto (CARRIJO et al., 2004).

## **2.2 CULTIVO EM AMBIENTE PROTEGIDO E CULTIVO EM SUBSTRATO**

Dentre os efeitos negativos que podem ocasionar quedas na produção do tomateiro são as variações bruscas de temperatura e umidade relativa, e excessiva irradiação (CARVALHO et al., 2004). Assim, minimizar esses efeitos, com melhor controle das condições edafoclimáticas, pode proporcionar ganhos na produção.

Desta forma, vem expandindo em diversas partes do mundo e contribuindo de maneira relevante ao aumento da produção comercial do tomate, o cultivo em ambiente protegido (GENÚNCIO, 2009).

A utilização de cobertura plástica no Brasil se deu a partir da década de 1970, em que os produtores brasileiros de tomate foram os pioneiros, onde as casas de

vegetação, modelo capela aberta lateralmente, proporcionaram aumento de cinco a oito vezes a produtividade obtida em campo aberto, alcançando uma produtividade de 80 t ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2011).

Segundo Andriolo et al. (1997), no período da entressafra, com favorecimento das condições ideais à cultura, a produtividade do tomateiro pode alcançar até 100 t ha<sup>-1</sup> em ciclos de 150 dias.

Além do aumento significativo da produtividade, o cultivo em casas de vegetação permite o fornecimento de produtos *in natura* de boa qualidade ao consumidor durante o ano todo (FERNANDES et al., 2002), pois por meio da plasticultura é possível evitar problemas causados pela ocorrência de chuvas excessivas durante o verão e temperaturas muito baixas durante o período do inverno (CARRIJO et al., 2004).

Apesar do uso de substratos ter se iniciado na década de 1930, foi somente nos últimos anos que se difundiu entre os produtores, facilitando o manejo da nutrição mineral das plantas por meio da fertirrigação (ANDRIOLO et al., 2009), apresentando eficiência na proteção da cultura de patógenos do solo (FONTES et al., 2004).

Dentre as características desejáveis para um substrato ser considerado “adequado”, ele necessitar ser inerte e de fácil disponibilidade ao produtor (ANDRIOLO et al., 1997), possuir boa aeração, retenção de água e drenagem eficiente (FONTES et al., 2004). Diversos materiais, como lã de vidro, serragem, cascas de arroz e de coco, turfa e polietileno são substratos que vem sendo estudados e utilizados (FONTES, et al., 2004).

Entretanto, os mesmos têm demonstrado possuir algumas características que dificultam à esterilização e reutilização em um próximo ciclo, proporcionando, assim, maiores problemas com patógenos (PIRES et al., 2010; LIMA et al., 2011).

Embora o manejo seja um pouco dificultado pelo peso excessivo, a areia demonstra ser uma alternativa viável de substrato, pois é de fácil esterilização, baixo custo e facilmente encontrada pelo agricultor. Medeiros (2010) observou resultados positivos ao estudar a areia como substrato, pois, por ter troca iônica extremamente baixa, considera-a um material de fácil manejo.

### **2.3 SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO**

Embora, o cultivo em ambiente protegido venha crescendo significativamente nas áreas produtoras de hortaliças do Brasil, refletindo também no aumento da produtividade (MAGGI, et al., 2006), é necessário a otimização dos recursos e insumos, tais como fertilizantes, água e outros (SILVA, 2010). Uma prática que pode viabilizar estes recursos é o uso da fertirrigação, técnica em que consiste a aplicação de fertilizantes em conjunto com a irrigação, propiciando menores perdas de nutrientes (HEBBAR et al., 2004).

Segundo Villas Bôas e Souza (2008), a técnica apresenta uma eficiência crescente no País, onde proporcionado aumento na produtividade, e conseqüentemente, no lucro do produtor. Mas de acordo com os mesmos autores, é necessária mão de obra capacitada para o manejo adequado do sistema, de forma que não ocorra erros nas aplicações.

### **2.4 NUTRIÇÃO MINERAL DO TOMATEIRO**

Os teores de nutrientes no tomateiro variam conforme o desenvolvimento da cultura, sendo que o seu conhecimento é importante para decisões sobre a aplicação racional de fertilizantes (HAAG et al., 1978). Devido sua grande importância econômica, a nutrição mineral do tomateiro é objeto de muitos estudos (GENUNCIO et al, 2006; ELOI et al., 2011).

Um dos trabalhos pioneiros no Brasil relacionado à absorção dos nutrientes no tomateiro foi realizado com o grupo Santa Cruz, por Gargantini e Blanco (1963), onde observaram que a ordem de absorção de nutrientes foi K, N, Ca, S, P e Mg, sendo que os macronutrientes N, K, Mg e S alcançaram valores máximos no período de 100 a 120 dias após a emergência das sementes, enquanto que para o Ca e o P, a absorção ocorreu durante todo o ciclo da cultura.

Essa absorção é considerada baixa até o surgimento das primeiras flores, quando começa a ter um aumento, e então entre os 40 e 70 dias após o plantio, na fase de pegamento e crescimento dos frutos, atinge seu ponto máximo, voltando a decrescer na fase de maturação (EMBRAPA, 2006).

## 2.5 SOLUÇÃO NUTRITIVA

Em um sistema de cultivo sem solo, a solução nutritiva é o principal meio de fornecer os nutrientes para as plantas, sendo responsável pelo desenvolvimento da cultura (MORARD; MORARD, 2007), proporcionando maior racionalização dos fertilizantes, redução de custos e da contaminação dos ambientes, agregando qualidade aos produtos (GOTO; TIVELLI, 1998).

Algumas características dos fertilizantes, tais como solubilidade, salinidade e mobilidade dos elementos, são fatores que precisam de atenção, para que não haja acúmulo excessivo de sais em torno do sistema radicular, o que provocará dificuldade na absorção hídrica pela planta e, conseqüentemente, maior gasto de energia pelo vegetal, desviando de processos metabólicos essenciais (VILLAS BÔAS et al., 1999).

Além disso, a concentração e a relação adequada dos nutrientes é de suma importância (ALPI; TOGNONI, 1999), uma vez que, fenômenos negativos, como o antagonismo, podem dificultar a absorção, e conseqüentemente, a produtividade (ANDRIOLO et al., 2003).

O manejo adequado da solução nutritiva depende de alguns fatores considerados essenciais para o sucesso dessa prática, sendo eles: a temperatura, a ordem de adição dos fertilizantes, pH da água, pressão osmótica da solução e condutividade elétrica da mesma (PRADO, 2008), que por sua vez, está diretamente associada à concentração iônica e à absorção dos elementos nutrientes pela cultura ao longo do seu ciclo de produção (MARSCHNER, 1995).

## 2.6 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica (CE) consiste na presença de solutos iônicos, cuja concentração é proporcional à capacidade destes em conduzir corrente elétrica em solução (HELBERL JUNIOR et al., 2008).

Segundo Burgueño (1996), a condutividade pode ser utilizada como parâmetro na decisão do momento e da concentração de fertirrigação, delimitando, para o tomate, valores de CE na solução do solo de 0,8 a 1,0 e 1,5 a 2,5 dS m<sup>-1</sup>, nas etapas de crescimento vegetativo e reprodutivo, respectivamente.

Para Ayers e Westcot (1991), o desempenho do tomateiro pode ser

prejudicado quando vegeta sob condições de solos com salinidade elevada já que o tomate é classificado como moderadamente sensível aos sais reduzindo sua produção quando a condutividade elétrica da solução do solo se encontra acima de  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ . Ayers (1977) observou que a irrigação com condutividade elétrica de 1,7; 2,3; 3,4 e  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  proporcionou uma redução de 0,10, 25 e 50% no cultivo de tomate industrial sob condições salinas.

Em contrapartida, Maas e Hoffman (1977) observaram que, para cada aumento na unidade da condutividade de  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ , considerada como limite, há uma redução de 9,9% na produtividade do tomateiro, o que concordou com Campos et al., (2006) que observaram que o aumento unitário da salinidade da água acima de  $1,0 \text{ dS m}^{-1}$  provocou redução de 11,9% na produção comercial e 11,0% na produção total do tomate industrial e aumento na concentração de sólidos solúveis e na acidez titulável dos frutos em 13,9 e 9,4%, respectivamente.

Assim, é necessário manter a concentração salina da solução nutritiva de um modo que não prejudique o fluxo de absorção de água pela planta, não afetando o potencial osmótico em torno do sistema radicular (ANDRIOLO et al., 2005), e por consequência, desordens fisiológicas nos frutos (LI; STANGHELLINI, 2001) e redução na produtividade da cultura.

### **2.6.1 Monitoramento da condutividade elétrica**

As medidas de manejo e monitoramento da fertirrigação devem ser acessíveis aos produtores (ANDRADE, 2012). A determinação da CE, mantendo-a em uma faixa que não prejudique o desenvolvimento vegetativo e produtivo da cultura, bem como a salinização do solo é uma medida aplicável e de fácil acesso ao produtor (BURGUEÑO, 1996).

Entretanto, os valores de salinidade considerados limites para o tomateiro variam conforme as condições de cultivo e cultivares (BLANCO, 2004; OLIVEIRA et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2011). Segundo Furlani et al. (1999), a faixa ótima da condutividade elétrica da solução nutritiva está entre  $1,5$  a  $4 \text{ dS m}^{-1}$  e deve ser monitorada e controlada periodicamente.

Há algumas metodologias para o monitoramento da condutividade elétrica, podem ser destacadas, como a coleta do substrato com uma seringa de grosso calibre, aproximadamente meia hora após a fertirrigação ou pela coleta da

solução drenada dos recipientes, após a aplicação de um volume extra de água da irrigação (20 a 30%) (MARLOW, 1993), ou ainda pela utilização de cápsulas porosas para a extração da solução presente no substrato (SILVA, 2002).

É possível realizar a medição tanto do pH como da CE instantaneamente e, ao se comparar o valor da condutividade da solução lixiviada com a solução nutritiva fornecida, elas devem ser no mínimo, semelhantes, indicando que a planta está absorvendo os nutrientes na quantidade em que estão sendo fornecidos. No caso de a CE do eluviado ser maior do que a da solução inicial, isto indicaria algum excesso de nutrientes, que estariam acumulando no substrato; e no caso da CE ser menor, indicaria carência. (MILNER, 2001).

Outro método paralelo aos citados anteriormente é o "*Pour through*", descrito por LeBud e Bilderback (2009), comumente utilizado nos Estados Unidos. Este método consiste na coleta da solução lixiviada encontrada nos recipientes onde a cultura está instalada, após a aplicação da fertirrigação até a capacidade de campo, com o aguardo de trinta minutos até duas horas para equilibrar os nutrientes da solução dos recipientes e, retirada desse eluviado para nova aplicação com água, quando poderá ser analisado os valores do pH e CE desta solução.

### 3 ARTIGO A: CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO CULTIVO DO TOMATEIRO EM SUBSTRATO AREIA.

#### 3.1 RESUMO

O manejo adequado da solução nutritiva de uma fertirrigação utilizada em um sistema de cultivo protegido com substratos é essencial para o sucesso da prática e desenvolvimento das plantas, bem como produção e qualidade dos frutos do tomate, cultura amplamente cultivada e consumida no mundo. Para isso, pode-se utilizar o monitoramento por meio da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva. O objetivo do trabalho foi testar níveis de condutividade elétrica no tomate tipo salada, cultivar 'Paronset', via fertirrigação por gotejamento, em casa de vegetação. O delineamento foi o de blocos casualizados, com 4 tratamentos, referentes às condutividades elétricas (CE) 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 dS m<sup>-1</sup> e 10 repetições. Os parâmetros avaliados foram: teor de nutriente das folhas totais, da folha índice, cachos totais, hastes principais e secundárias, teor e extração de nutrientes dos frutos, número de frutos por planta, comprimento e diâmetro do fruto, massa fresca dos frutos, produtividade sólidos solúveis totais da polpa. Os dados foram submetidos à Análise de Variância (p<0,05) seguida de Regressão. Os resultados mostraram que o teor dos nutrientes em todos os órgãos foram maiores conforme o aumento dos níveis de CE. O aumento do teor de K obtido com o aumento da concentração nutritiva da solução, proporcionou maior SST na polpa, conseqüentemente, melhor qualidade. As maiores condutividades refletiram em maior massa fresca e produtividade dos frutos. A produtividade foi maior para a maior concentração de nutrientes aplicada na solução nutritiva (maior CE – 3,2 dS m<sup>-1</sup>).

**Palavras-chave:** Ambiente protegido; *Lycopersicon esculentum* Mill.; Monitoramento; Fertirrigação; Salinização;

### 3.2 ABSTRACT

Due to problems of salinity and diseases in the soil, the tomato cultivation in protected greenhouse fertigation system using sand as substrate is an interesting alternative for farmers. It is necessary, however, an adequate management of nutrient solution in order to avoid salting around the root system of tomato and nutritional imbalance. Therefore, the system monitoring is essential and among the resources practice, monitoring electrical conductivity (EC) of the solution can be very important. The objective of this study was to evaluate the tomato nutritional status and its productivity, correlating them to electrical conductivity ranges established. The experiment was conducted in a greenhouse under fertigation system in a randomized complete block design with four treatments, related to the electrical conductivity (EC) 0.8; 1.6; 2.4 and 3.2 dS m<sup>-1</sup> and 10 replications. It was used the tomato salad type hybrid seedlings 'Paronset', spaced 0.8 m between rows and 0.3 m between plants. It was analysed fresh fruit weight, yield, fruit length, fruit diameter, SST pulp and evaluated the nutrient content on the index sheet and the accumulation of these stems, fruits and roots. The data were submitted to ANOVA ( $p < 0.05$ ) followed by regression, with the aid of Sisvar® program. It was observed that the EC provided increase in fresh fruit weight, productivity and SST pulp.

**Key-words:** Protected environment ; *Lycopersicon esculentum* Mill .; monitoring; fertigation ; salinization ;

### 3.3 INTRODUÇÃO

A tomaticultura é uma das mais exploradas no sistema de cultivo protegido em casas de vegetação de cobertura plástica, o que permite ao produtor uma produção *in natura* de maior qualidade durante o ano todo e, conseqüentemente, maior lucro (FERNANDES et al., 2002; LUZ, et al., 2007) , além de apresentar um manejo mais fácil se comparado ao sistema convencional (CARRIJO et al., 2004). Assim o cultivo em ambiente protegido vem crescendo significativamente nas áreas produtoras de hortaliças do Brasil (MAGGI, et al., 2006).

No entanto, é necessário a otimização dos recursos e insumos, como fertilizantes e água (SILVA, 2010) e uma forma de viabilizar estes recursos é o uso da fertirrigação, técnica em que consiste a aplicação de fertilizantes juntamente com a irrigação (HEBBAR et al., 2004).

Em um sistema de cultivo sem solo, em que utiliza-se substratos, a solução nutritiva é a principal maneira de oferecer os nutrientes para as plantas, sendo responsável pelo desenvolvimento da cultura (MORARD; MORARD, 2007).

Além disso, a concentração e a relação adequada dos nutrientes é de suma importância para o desenvolvimento da cultura (ALPI; TOGNONI, 1999), uma vez que, fenômenos negativos, como o antagonismo, podem dificultar a absorção, e conseqüentemente, a produtividade (ANDRIOLO et al., 2003).

Um dos fatores essenciais para o sucesso do manejo da fertirrigação é a condutividade elétrica da solução (PRADO, 2008), que por sua vez, está diretamente associada à concentração iônica e à absorção dos elementos nutrientes pela cultura ao longo do seu ciclo de produção (MARSCHNER, 1995).

A condutividade elétrica (CE) consiste na presença de solutos iônicos, cuja concentração é proporcional à capacidade destes em conduzir corrente elétrica em solução (HELBERL JUNIOR et al., 2008).

Segundo Ayers e Westcot (1991), por ser considerada uma cultura moderadamente sensível à salinização, o tomateiro pode ter seu desempenho ser prejudicado quando vegeta sob condições de solos com salinidade elevada, reduzindo sua produção quando a condutividade elétrica da solução do solo se encontra acima de  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ .

Assim, é necessário manter a concentração salina da solução nutritiva de um modo que não prejudique o fluxo de absorção de água pela planta, não afetando

o potencial osmótico em torno do sistema radicular (ANDRIOLO et al., 2005), e por consequência, desordens fisiológicas nos frutos (LI; STANGHELLINI, 2001) e redução na produtividade da cultura.

Para isso é necessário o monitoramento da condutividade elétrica, em que, ao se comparar o valor da condutividade da solução lixiviada com a solução nutritiva fornecida, elas devem ser no mínimo, semelhantes, indicando que a planta está absorvendo os nutrientes na quantidade em que estão sendo fornecidos. No caso de a CE do eluviado ser maior do que a da solução inicial, isto indicaria algum excesso de nutrientes, que estariam acumulando no substrato; e no caso da CE ser menor, indicaria carência. (MILNER, 2001).

Desta forma, o objetivo do trabalho foi testar níveis de condutividade elétrica no tomate tipo salada, cultivar 'Paronset', via fertirrigação por gotejamento, em casa de vegetação.

### **3.4 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em ambiente protegido com cobertura plástica transparente de polietileno, tipo arco e cortinas laterais, localizada no Centro de Ciências Agrárias do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, às coordenadas (Lat.: 23°29'41,4"S, Long.: 51°12'5,5"W).

O clima da região, segundo classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Cfa (Subtropical úmido), e, de acordo com o monitoramento do IAPAR (2014), os dados climáticos do município apontam para uma temperatura média anual de 21,1°C, umidade relativa do ar de 70,5%.

Foi cultivado o tomateiro híbrido Paronset Syngenta Seeds®, pertencente ao grupo salada, conhecido como "caqui". O híbrido apresenta hábito indeterminado, com frutos redondos e levemente achatados, com massa média de 200 a 220g, e colheita estimada para 100 a 115 dias após a semeadura, cujas mudas foram obtidas em viveiro certificado na cidade de Ibiporã-PR.

Antes do transplântio das mudas, o substrato areia foi lavado, a fim de lixiviar os íons, e em seguida, foram coletadas amostras para análise de granulometria por tamisação (EMBRAPA – CNPS, 1997) e análise química conforme metodologia de Pavan et al. (1992).

A caracterização química e física do substrato (areia) apresentaram as seguintes resultados: pH ( $\text{CaCl}_2$ ) - 6,7;  $\text{Al}^{+3}$  0,0; (H+Al) - 1,51;  $\text{Ca}^{+2}$  - 0,34;  $\text{Mg}^{+2}$  - 0,16;  $\text{K}^+$  - 0,005;  $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$  - 2,015  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; e para granulometria: silte + argila: 5,4; areia fina: 141,9; areia grossa: 844,0 e cascalho: 8,7  $\text{g kg}^{-1}$

O espaçamento utilizado foi o de 0,80 m entre linhas e 0,30 m entre plantas com três metros de comprimento, dispostos em sete linhas de dez vasos, contendo dez vasos em cada linha, sendo que as duas linhas laterais constituíram as bordaduras. As cinco linhas centrais foram constituídas com quatro vasos contendo uma planta, sendo a parcela experimental de cada vaso.

O sistema de fertirrigação foi constituído por bombas submersas, modelo AT 207 da Atman®, com pressão manométrica de até 1,9 m.c.a e potência de 38 watts, submersas em tanques de plástico com capacidade de 240 L para cada tratamento. Mangueiras de polietileno foram ligadas em microtubos com gotejadores, com oito saídas para resultar em um substrato com bulbo úmido maior, regulados para vazão de 300  $\text{mL min}^{-1}$  da solução nutritiva.

A frequência de irrigação foi ajustada de acordo com o consumo, mantendo o substrato sempre na capacidade de campo. Foi utilizado um timer da Kienzle®, para proporcionar o tempo e a frequência das aplicações, ligado às bombas por meio de um contactor para suportar a amperagem necessária.

O controle fitossanitário foi realizado conforme as recomendações para a cultura, segundo Filgueira (2003) e para o controle das plantas daninhas nas entrelinhas foi instalado ráfia de polipropileno.

Para os tratos culturais necessários para o cultivo, como as podas e “desbrotas” dos brotos laterais, tutorando-os em fios de arame dos mourões localizados no início e final de cada linha, a fim de manter duas hastes principais; sendo a haste principal conduzida com três cachos e ramo lateral, originado da axila, com dois cachos totalizando cinco cachos por planta.

As mudas foram transplantadas ao apresentarem duas folhas verdadeiras, com aproximadamente 16 dias após a semeadura e 6,75 cm de altura, em vasos plásticos, com capacidade de 9  $\text{cm}^3$  (23,5 x 26 x 19,5 cm), com substrato areia de granulometria grossa, tela plástica no fundo dos vasos, a fim de conter a areia e o lixiviado que por sua vez foi depositado em pratinhos plásticos.

A princípio, todas as parcelas foram irrigadas com solução padrão, com condutividade elétrica (CE) de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$  até atingirem 15 dias após transplante, quando iniciaram os tratamentos.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro tratamentos, correspondentes às seguintes condutividades: 0,8; 1,6; 2,4 e  $3,2 \text{ dS m}^{-1}$  e 10 repetições, totalizando 40 vasos.

Para os macronutrientes foram utilizados os fertilizantes  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , KCl,  $\text{MgSO}_4$  e  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , e como fonte de micronutrientes, os produtos Rexolin BRA<sup>®</sup> para B (2,1 %), Fe (2,66 %), Zn (3,38 %), Cu (0,36 %), Mn (2,48 %) e Mo (0,036 %); e Rexolin M48<sup>®</sup> para Fe (6,5 %, quelatizado por EDDHMA).

Semanalmente, uma hora após a aplicação da solução nutritiva, foi coletado 20 mL do lixiviado e, com o auxílio de um condutivímetro portátil HANNA<sup>®</sup>, avaliou-se a condutividade elétrica. Assim, permitiu-se uma variação máxima de 20% dos tratamentos e para a correção foram adicionados ou subtraídos 20% da CE de cada tratamento, corrigindo-as nos tanques, a fim de manter as faixas dos tratamentos.

Para as avaliações fitotécnicas (número dos frutos por planta, altura das plantas e altura da inserção dos cachos) foi utilizada uma trena. Para avaliar o diâmetro do caule, massa fresca e massa seca dos frutos foi utilizada balança semianalítica. O comprimento e diâmetro dos frutos (que foram cortados transversalmente) foram avaliados com o auxílio de régua e paquímetro, respectivamente. Em seguida, analisou-se o teor de sólidos solúveis totais (°Brix), com o auxílio de um refratômetro digital, segundo Moretti (2006). Avaliou-se também a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), a partir da produção média e espaçamento utilizados.

Na avaliação nutricional foi analisado o teor de nutrientes da folha índice, localizada na adjacência do segundo cacho da haste principal, coletada aos 85 DAT, quando os frutos pioneiros apresentaram 1,5 cm de diâmetro.

Foi avaliado o teor dos nutrientes na parte aérea (hastes, cachos, folhas e frutos). Para a análise de tecido, os materiais foram submetidos em estufa a  $55^\circ \text{C}$  com circulação de ar forçado a uma temperatura de  $55^\circ \text{C}$ , trituradas em moinho de faca tipo Willey na granulometria de 1 mm.

As amostras foram preparadas através da digestão sulfúrica para nitrogênio e digestão nítrico-perclórica para os demais nutrientes segundo Malavolta et al. (1997). Para a determinação dos teores de nutrientes nos tecidos foram utilizados os

equipamentos denominados: espectrofotômetro de absorção atômica (determinação de cálcio, ferro, magnésio, manganês, cobre e zinco), espectrofotômetro, com reação do azul-de-molibdênio, por meio da determinação de fósforo pela redução do fosfomolibdato com o ácido ascórbico (BRAGA; DEFELIPO, 1974) e enxofre por turbidimetria do sulfato (BLANCHAR et al., 1965), fotômetro de chama (determinação de potássio) e micro-destilador – Kjeldahl, seguido de titulação (determinação de nitrogênio) (BREMNER; KEENEY, 1965).

Os dados foram submetidos à Análise de Variância ( $p < 0,05$ ) seguida de Regressão, com auxílio do programa software Sisvar®.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 pode-se notar que houve diferença estatística para o teor de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e zinco das folhas totais. Observando que, para essa variável, houve um aumento dos nutrientes, conforme foram elevados os níveis de condutividade elétrica, com exceção do cálcio e magnésio, que diminuíram os teores.

De acordo com Campbell (2013), a faixa de suficiência para nitrogênio em tomateiro sob cultivo protegido, por meio de coleta da folha mais recentemente madura é de 35 a 50 g kg<sup>-1</sup>, o que foi observado nos resultados dos dois tratamentos mais elevados (2,4 e 3,2 dSm<sup>-1</sup>), conforme tabela 1, enquanto que para os níveis inferiores, o teor de N está abaixo dessa média.

Os maiores teores de P e K nas folhas índices ocorreram na CE 3,2 dS m<sup>-1</sup>, a maior aplicada. O Zn teve maior absorção na menor CE, 0,8 dS m<sup>-1</sup>, como observado na tabela 1.

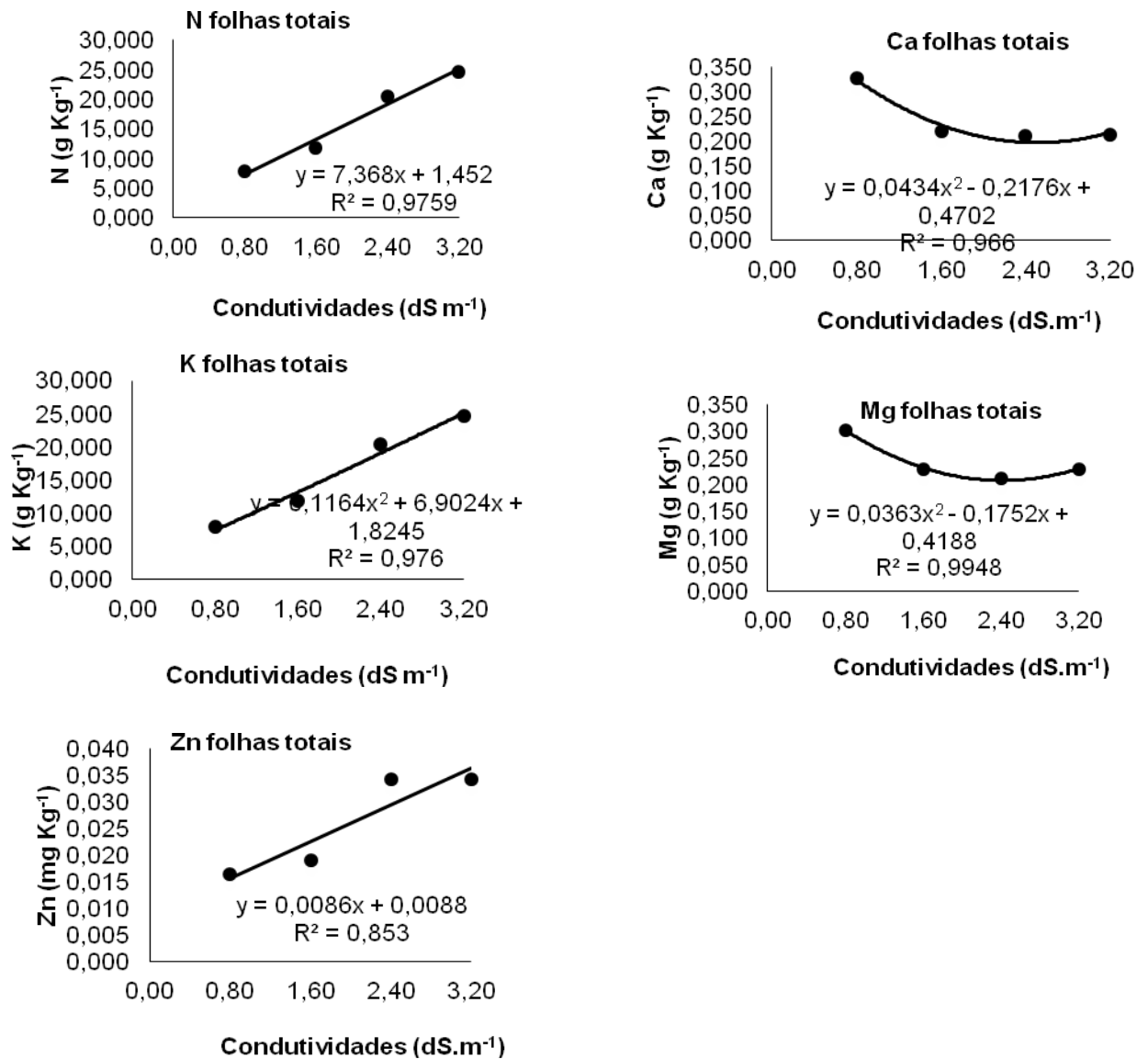
**Tabela 1** - Condutividades elétricas (CE,  $\text{dS m}^{-1}$ ) na solução nutritiva no teor nutricional folhas totais e folha índice do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob cultivo de ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016.

<b>Folha total</b>									
<b>CE</b> <b>(<math>\text{dS m}^{-1}</math>)</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b> <b><math>\text{g Kg}^{-1}</math></b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b> <b><math>\text{mg kg}^{-1}</math></b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>
<b>0,8</b>	19,442	34,757	7,883	0,328	0,303	0,020	0,110	0,020	0,016
<b>1,6</b>	20,967	29,353	11,780	0,221	0,228	0,020	0,100	0,020	0,019
<b>2,4</b>	24,110	34,195	20,447	0,210	0,211	0,019	0,120	0,019	0,034
<b>3,2</b>	27,674	34,417	24,642	0,214	0,229	0,196	0,100	0,196	0,034
<b>p &gt; F</b>	0,011*	0,394	0,000*	0,000*	0,015*	0,941	0,811	0,950	0,000*
<b>CV %</b>	23,570	24,030	33,470	18,940	26,120	29,390	25,870	24,970	26,140
<b>Folha índice</b>									
<b>CE</b> <b>(<math>\text{dS m}^{-1}</math>)</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b> <b><math>\text{g Kg}^{-1}</math></b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b> <b><math>\text{mg Kg}^{-1}</math></b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>
<b>0,8</b>	34,218	6,878	16,534	25,718	1,450	0,011	0,061	0,002	0,100
<b>1,6</b>	34,366	8,580	21,101	28,147	1,431	0,012	0,075	0,001	0,005
<b>2,4</b>	38,812	9,527	24,316	27,661	1,346	0,011	0,096	0,001	0,013
<b>3,2</b>	39,691	10,421	32,706	24,661	1,673	0,009	0,092	0,002	0,013
<b>p &gt; F</b>	0,039*	0,006*	0,000*	0,467	0,087	0,156	0,348	0,488	0,020*
<b>CV %</b>	14,202	23,960	23,520	23,530	19,170	21,830	34,490	65,600	59,300

: Para dados significativos ( $p < 0,05$ ) (\*)

Para as folhas índices, observou-se diferença significativa nos macronutrientes primários (N, P e K), demonstrando aumento no teor conforme o aumento das CEs, diferentemente do que ocorreu com o zinco, que apresentou uma queda em função dos tratamentos, como pode ser observado na figura 1.

**Figura 1** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) no teor de nutrientes das folhas totais do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido

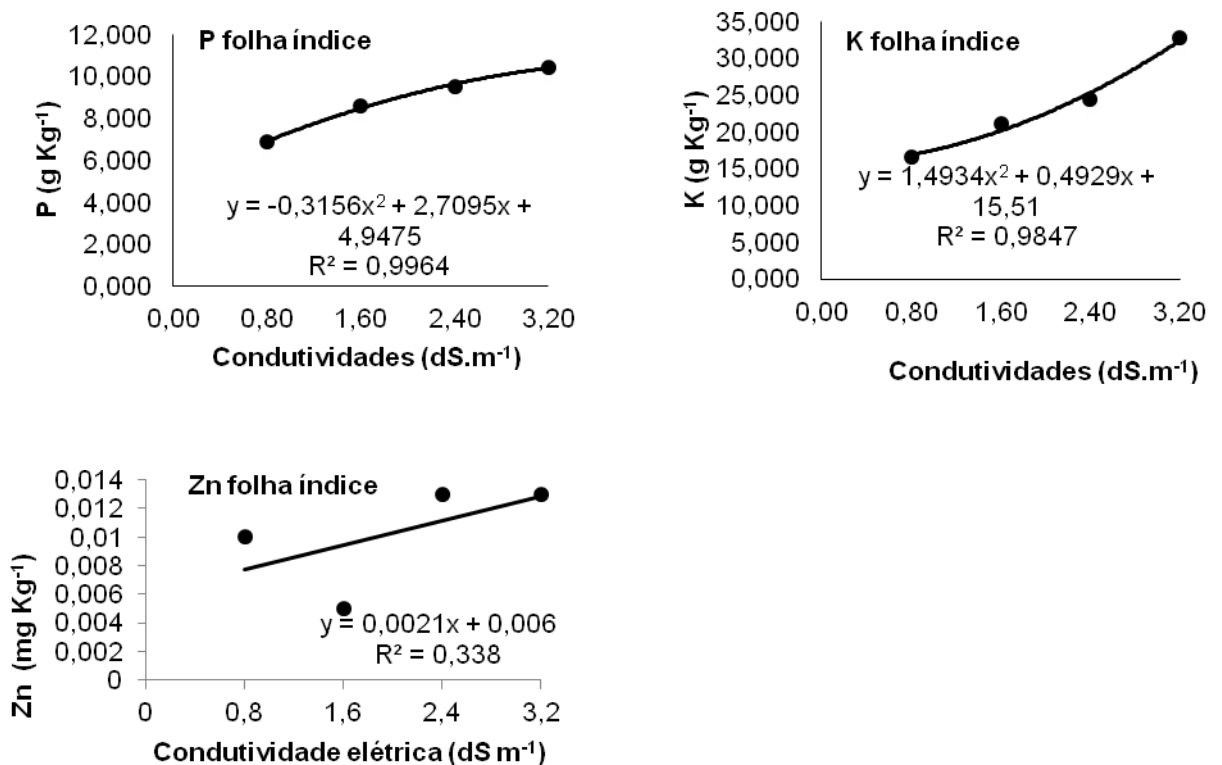


Conforme pode-se observar na figura 2, o teor de P nas folhas índices esteve acima da faixa de suficiência apresentada por Campbell (2013) que é de 3,0 a 6,5  $\text{g kg}^{-1}$ , e no presente trabalho atingiu-se um teor máximo próximo a 10,5  $\text{g kg}^{-1}$  de P, demonstrando o suprimento do nutriente pela solução. Podendo salientar, entretanto, que doses muito altas de CE podem proporcionar um consumo de luxo de alguns nutrientes, como o que pode ter ocorrido com o P.

O maior valor de K na folha índice foi na CE 3,2 dS m<sup>-1</sup>. O valor encontrado (32,706 g kg<sup>-1</sup>) difere do encontrado por Campbell (2013), com uma faixa de suficiência de 35 a 45 g kg<sup>-1</sup> (Figura 2).

O aumento das doses de K reduziu o teor de Ca na folha índice (Figura 2), tornando evidente a competição pelo mesmo sítio de absorção, concordando com diversos autores, como Marschner (1995) e Braga (2012), que mencionam o fato do acúmulo de K diminuir a absorção de Na, Ca, P e S.

**Figura 2** - Condutividades elétricas (C.E, dS m<sup>-1</sup>) no teor de nutrientes das folhas índices do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido.



Conforme dados obtidos na tabela 2, pode-se notar que houve diferença estatística para todos os nutrientes nos cachos e hastes (principais e secundárias), com exceção do Ca e Cu, para a variável dos cachos. É possível notar que o Fe apresentou um acréscimo nestes órgãos até a condutividade de 2,4 dS m<sup>-1</sup>, demonstrando a partir de então uma queda no teor.

Para o caule da haste secundária, os nutrientes N, P, K, Ca, Mg e Zn tiveram diferença significativa em decorrência das CE. Os teores N, P e K aumentaram conforme se aumentavam as CE, sendo os maiores teores na CE 3,2 dS m<sup>-1</sup>. Os íons

Ca e Mg decresceram no caule, devido a competição entre íons, sendo o menor teor absorvido com a maior CE de 3,2 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 2).

É interessante salientar, que para as três variáveis, cachos, haste primária e secundária (tabela 5), houve um incremento dos teores nutricionais em função dos níveis de condutividade elétrica. Somente os macronutrientes secundários, Ca e Mg, que demonstraram redução nos teores com o aumento da concentração da solução nutritiva, demonstrando a interação entre K x Ca x Mg (ROSOLEM, 2005) podendo ser um efeito de diluição ou inibição competitiva entre esses íons (MARSCHNER, 2012).

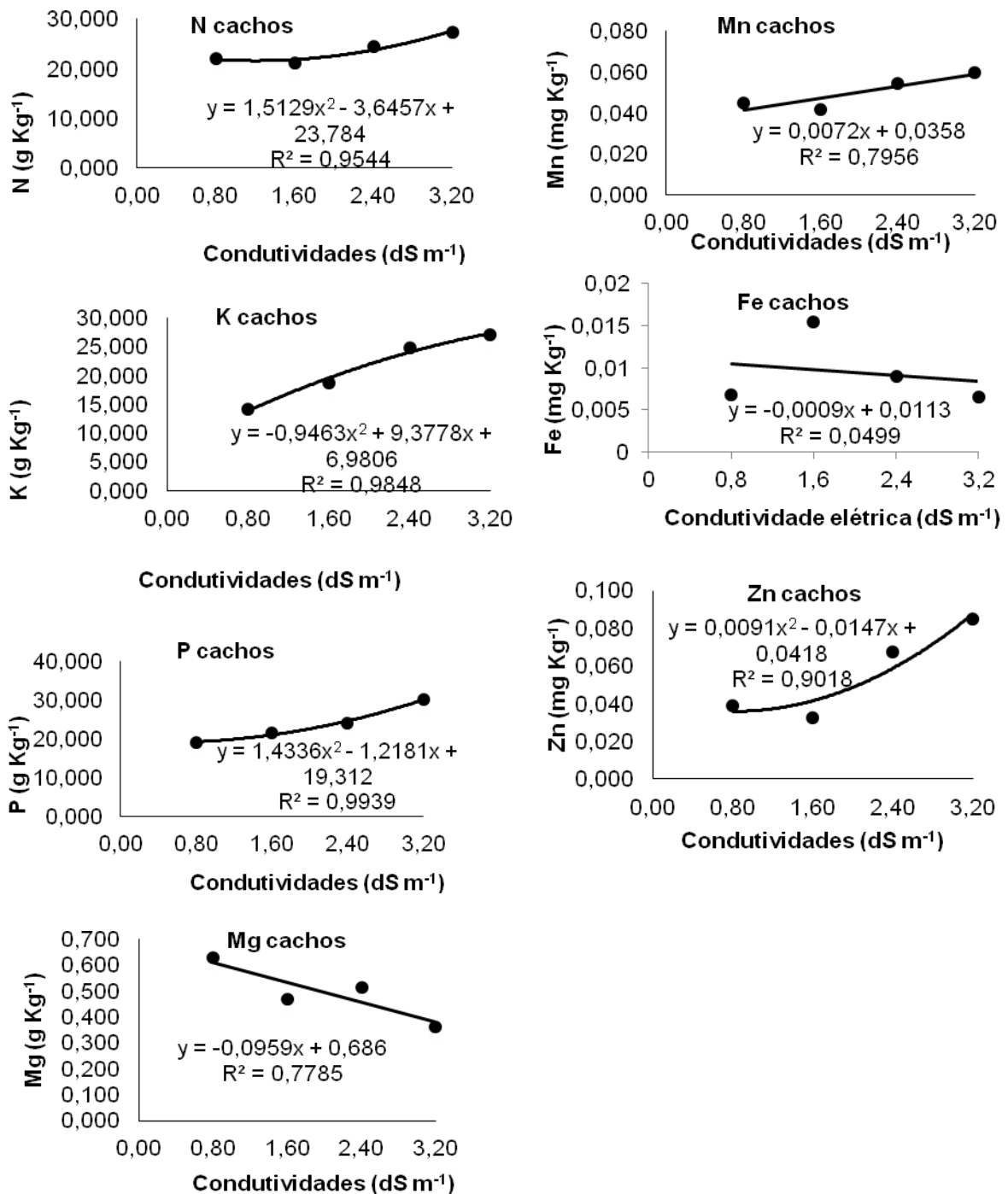
**Tabela 2** - Condutividades elétricas (CE, dS m<sup>-1</sup>) na solução nutritiva no teor nutricional dos cachos de todos os frutos da haste primária e secundária, e caule da haste primária e secundária do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob protegido. Londrina, UEL, 2016.

<b>Cachos da Haste primária e secundária</b>									
CE (dS m <sup>-1</sup> )	N	P	K g Kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
								mg Kg <sup>-1</sup>	
0,8	22,066	19,110	14,157	0,232	0,631	0,007	0,045	0,005	0,039
1,6	21,132	21,470	18,724	0,200	0,470	0,016	0,042	0,006	0,033
2,4	24,440	24,210	24,875	0,246	0,516	0,009	0,054	0,005	0,068
3,2	27,379	30,240	27,020	0,205	0,360	0,007	0,060	0,009	0,085
<b>p &gt; F</b>	0,045*	0,019*	0,000*	0,413	0,027*	0,002*	0,012*	0,825	0,000*
<b>CV %</b>	19,160	29,660	20,550	31,160	29,180	55,050	22,380	35,280	35,940
<b>Caule da Haste Primária</b>									
CE (dS m <sup>-1</sup> )	N	P	K g Kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
								mg Kg <sup>-1</sup>	
0,8	10,732	20,979	15,928	0,162	0,662	0,014	0,031	0,003	0,096
1,6	14,994	25,877	19,423	0,169	0,490	0,013	0,036	0,003	0,089
2,4	16,135	19,981	24,363	0,149	0,389	0,014	0,045	0,004	0,112
3,2	19,295	23,873	29,629	0,134	0,335	0,021	0,053	0,004	0,134
<b>p &gt; F</b>	0,020*	0,315	0,000*	0,003*	0,000*	0,149	0,000*	0,000*	0,000*
<b>CV %</b>	37,120	44,060	22,350	11,080	13,560	56,950	19,330	20,220	16,300
<b>Caule da Haste Secundária</b>									
CE (dS m <sup>-1</sup> )	N	P	K g Kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
								mg Kg <sup>-1</sup>	
0,8	12,259	10,559	16,902	0,142	0,534	0,014	0,039	0,003	0,058
1,6	14,443	13,409	24,739	0,165	0,471	0,011	0,036	0,003	0,700
2,4	15,694	14,557	24,736	0,133	0,414	0,012	0,042	0,004	0,746
3,2	21,133	16,394	30,516	0,128	0,333	0,013	0,048	0,004	0,109
<b>p &gt; F</b>	0,000*	0,0112*	0,000*	0,013*	0,043*	0,852	0,224	0,070	0,000*
<b>CV %</b>	25,490	26,620	23,770	17,560	35,000	41,740	30,110	39,260	24,640

: Para dados significativos (p<0,05) (\*)

Como pode ser observado na figura 3, houve uma redução no teor de Mg dos cachos das hastes, diminuindo de 0,630 para 0,360 g Kg<sup>-1</sup>, concordando com os teores reduzidos encontrados para as hastes do tomateiro.

**Figura 3** - Condutividades elétricas (C.E, dS m<sup>-1</sup>) no teor de nutrientes dos cachos da haste principal e secundária do tomateiro tipo salada cultivado em substrato areia sob ambiente protegido.

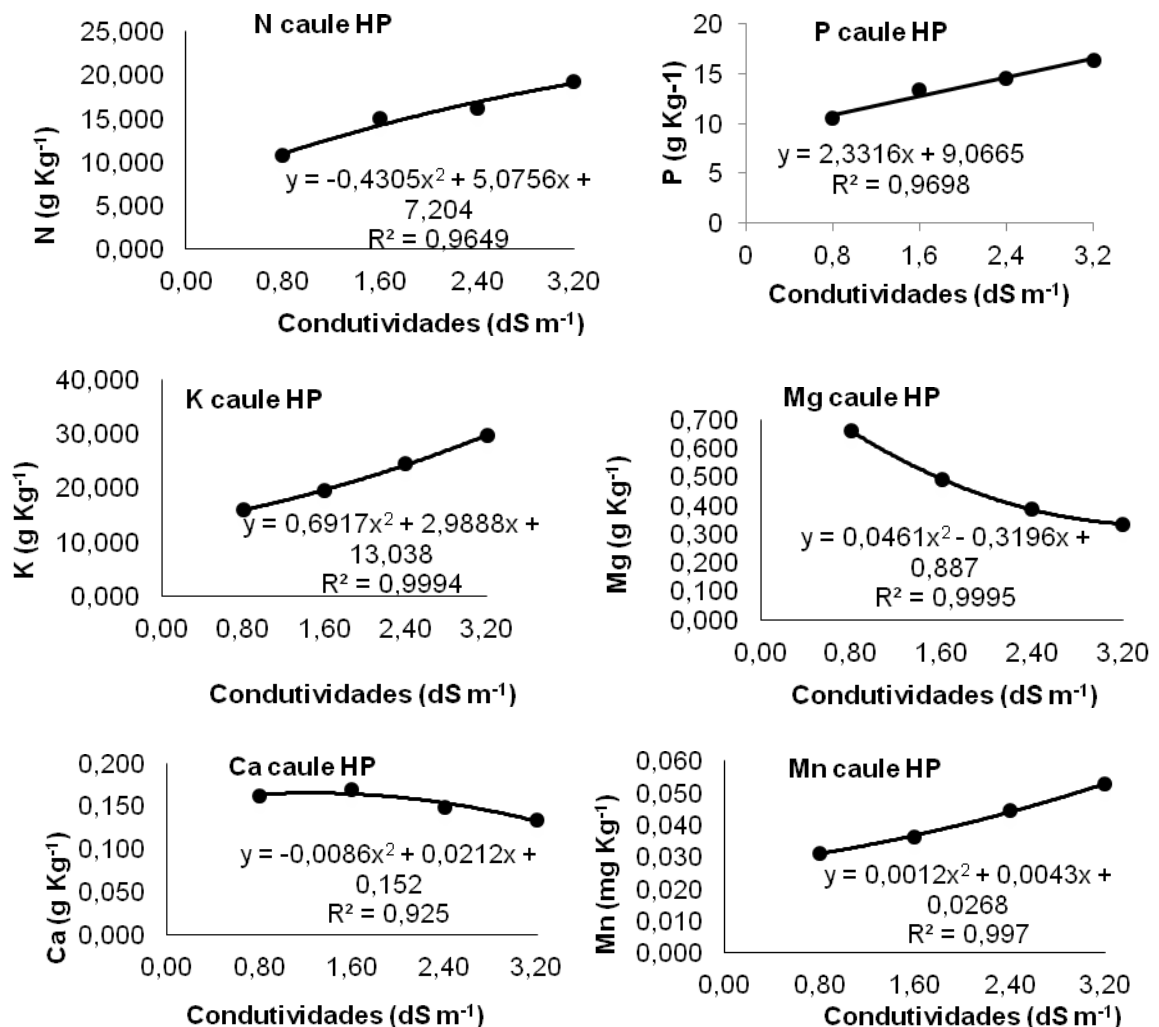


No caule da haste primária, houve diferença significativa para nutrientes, N, K, Ca, Mg, Mn, Cu e Zn, observando que conforme se aumentavam as CE da solução nutritiva, aumentou-se os teores dos nutrientes (Figura 4).

Sendo que os teores de N, K, Mn e Zn foram maiores na CE mais alta (3,2 dS m<sup>-1</sup>). Conforme se aumentavam os teores e N e K, menor o teor absorvido de Ca e Mg, devido a competição que há entre esses íons.

Entretanto, para o fósforo pode-se notar que o maior teor do nutriente se deu com a condutividade elétrica a 1,6 dS m<sup>-1</sup>, nível no qual houve menor teor de Zn, também no caule da haste primária, provavelmente pela inibição causada entre o P x Zn (tabela 5) (MARSCHNER, 2012). No caule da haste primária, houve diferença significativa para nutrientes, N, K, Ca, Mg, Mn, Cu e Zn, observando que conforme se aumentavam as CE da solução nutritiva, aumentou-se os teores dos nutrientes (Figura 4).

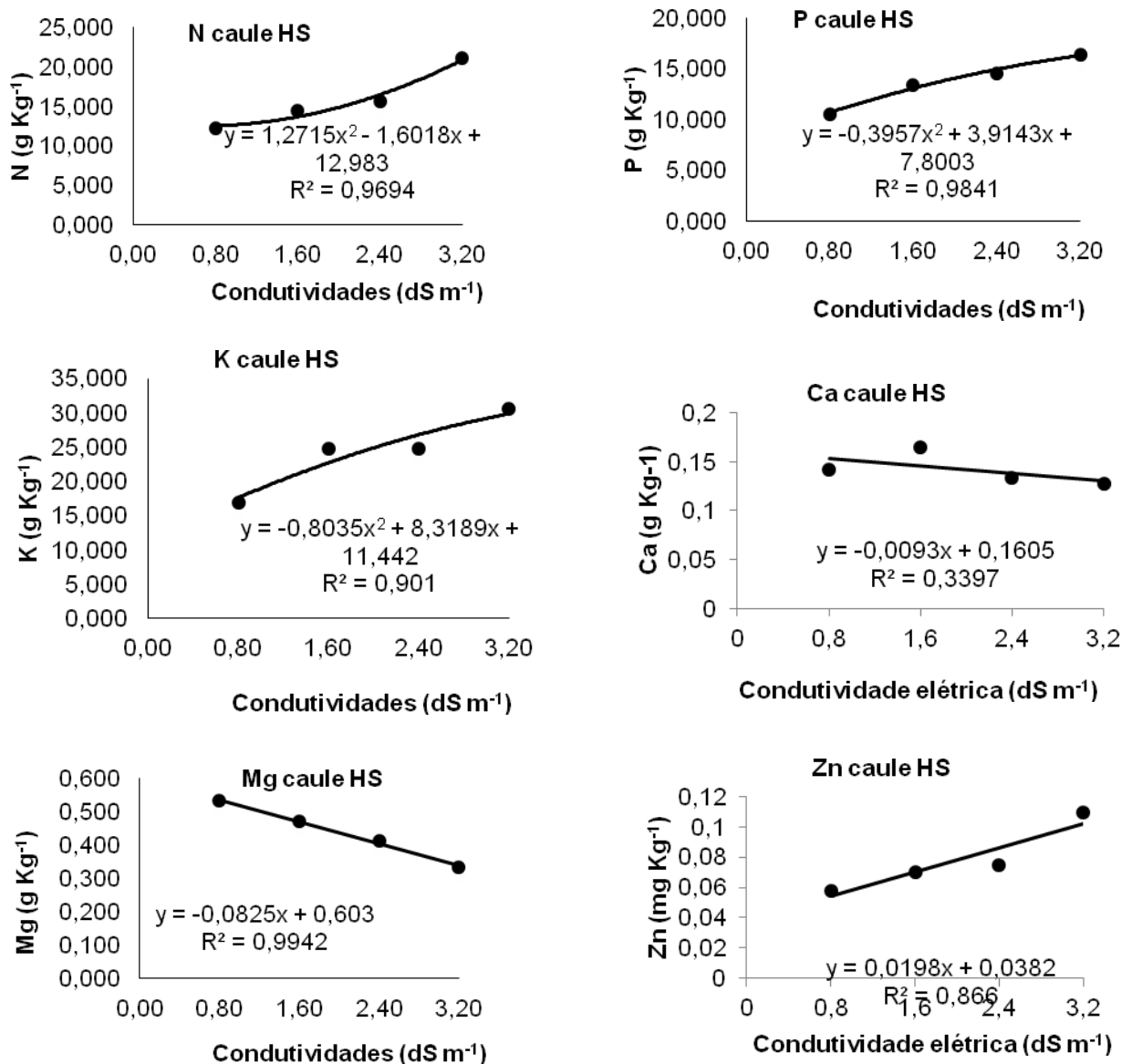
**Figura 4** - Condutividades elétricas (C.E, dS m<sup>-1</sup>) nos teores de nutrientes em caules da haste principal do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido.



Conforme observado na figura 5, ao elevar as condutividades aplicadas ao tomateiro, maior foi o teor absorvido dos nutrientes N, P, K, Mn e Zn nas hastes secundárias, sendo o maior teor verificado na maior CE de 3,2 dS m<sup>-1</sup>. Isso se deve a capacidade que a planta tem em se adaptar a essa CE, sendo a mesma favorável para a disponibilidade dos nutrientes supracitados.

O teor de Mg nas hastes secundárias diminuiu conforme se aumentavam as CE da solução nutritiva, ocorrendo novamente uma competição entre os íons K e Mg. Para o Fe, não houve variação no teor na CE 0,8 para a 3,2 dS m<sup>-1</sup>.

**Figura 5-** Condutividades elétricas (C.E, dS m<sup>-1</sup>) nos teores de nutrientes em caules da haste secundária do tomateiro tipo salada cultivado em substrato areia sob ambiente protegido.



Na tabela 3, pode-se observar o aumento dos teores de nutrientes nos frutos da haste principal de acordo com a elevação dos níveis da condutividade elétrica da solução nutritiva com exceção do Ca e Mg, e alguns micronutrientes.

**Tabela 3** - Condutividades elétricas (CE,  $\text{dSm}^{-1}$ ) na solução nutritiva no teor nutricional dos frutos do 1º cacho da haste principal, 2º cacho da haste principal e 3º cacho da haste principal do tomateiro cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016.

Frutos 1º Cacho da Haste primária									
CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	N	P	K $\text{g Kg}^{-1}$	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu $\text{mg Kg}^{-1}$	Zn
0,8	17,090	22,330	28,650	0,033	0,190	0,004	0,007	0,008	0,023
1,6	20,740	23,700	30,320	0,020	0,119	0,003	0,006	0,007	0,022
2,4	18,940	23,420	34,610	0,020	0,135	0,002	0,007	0,007	0,024
3,2	19,370	24,230	35,870	0,022	0,094	0,002	0,007	0,005	0,028
p > F	0,089	0,700	0,035*	0,408	0,211	0,009*	0,531	0,350	0,103
CV %	15,820	15,590	18,410	38,030	75,050	37,140	25,050	53,350	24,300
Frutos 2º Cacho da Haste primária									
CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	N	P	K $\text{g Kg}^{-1}$	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu $\text{g Kg}^{-1}$	Zn
0,8	16,346	147,945	23,950	0,052	0,158	0,002	0,004	0,011	0,023
1,6	18,632	19,349	28,836	0,370	0,109	0,001	0,004	0,006	0,020
2,4	21,131	22,081	32,471	0,024	0,169	0,005	0,006	0,006	0,298
3,2	21,765	20,308	34,664	0,026	0,136	0,006	0,007	0,006	0,029
p > F	0,013*	0,181	0,001*	0,011*	0,025*	0,001*	0,000*	0,126	0,000*
CV %	21,330	20,880	18,780	55,320	48,770	56,600	28,130	56,430	16,060
Frutos 3º Cacho da Haste primária									
CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	N	P	K $\text{g Kg}^{-1}$	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu $\text{mg Kg}^{-1}$	Zn
0,8	21,675	18,603	27,532	0,036	0,122	0,003	0,004	0,019	0,022
1,6	15,508	16,520	26,554	0,024	0,102	0,003	0,004	0,036	0,022
2,4	21,719	18,283	30,703	0,018	0,107	0,022	0,006	0,020	0,023
3,2	18,970	23,751	32,055	0,013	0,099	0,002	0,007	0,020	0,265
p > F	0,0419*	0,035*	0,131	0,182	0,824	0,806	0,009*	0,033*	0,138
CV %	26,920	28,020	19,640	69,130	54,710	76,480	31,020	59,020	19,820

: Para dados significativos ( $p < 0,05$ ) (\*)

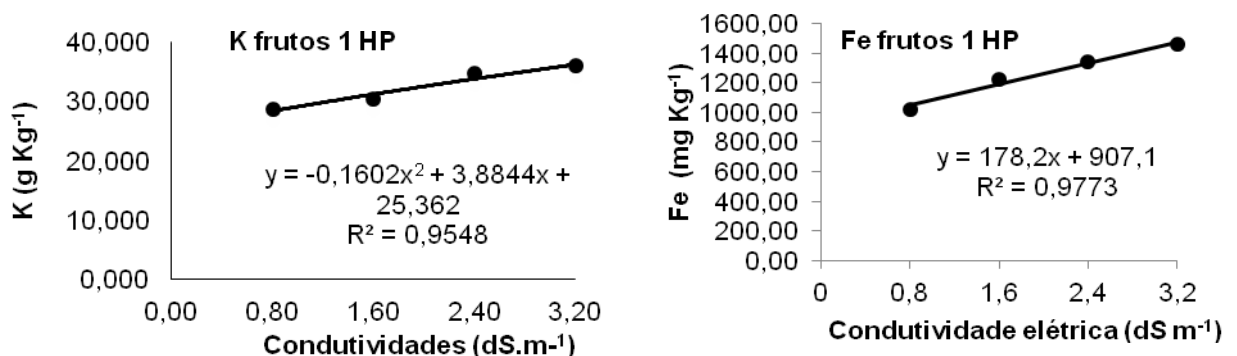
O nutriente N obteve o maior teor na CE 2,4  $\text{dS m}^{-1}$ , nos frutos do 1º e 2º cachos da HS (tabela 3). Apenas no 1º cacho da HP o maior teor de N nos frutos foi adquirido na CE mais elevada, 3,2  $\text{dS m}^{-1}$ . Fratoni (2014), estudando doses de K no tomateiro fertirrigado em vasos contendo areia, verificou teores de N com 27,6  $\text{g kg}^{-1}$  na CE de 3,09  $\text{dS m}^{-1}$ , valor diferente do encontrado nos frutos do cacho da HS, que foi

21,38 g kg<sup>-1</sup>, porém semelhante nos frutos do 2º cacho da HS, com 26,75 g kg<sup>-1</sup>, no presente estudo (Figura 8). Isso se deve a maior translocação do N, das folhas mais velhas para as mais novas, da HS, sendo o N um elemento muito móvel na planta.

Vitti et al. (2006) verificaram que a adição de K ocasiona a diminuição da absorção de Mg por plantas, visto que os cátions monovalentes são absorvidos mais rapidamente pelas raízes do que os divalentes, como é o caso do K, assim, a relação adequada entre eles é fundamental para tornar máxima a absorção desses elementos (ASSIS, 1995; PAIVA et al., 1998). Além disso, o teor de K na planta aumenta a taxa de absorção de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e pode inibir as de Ca e Mg (MARSCHNER, 1995), o que concorda com o observado no presente trabalho.

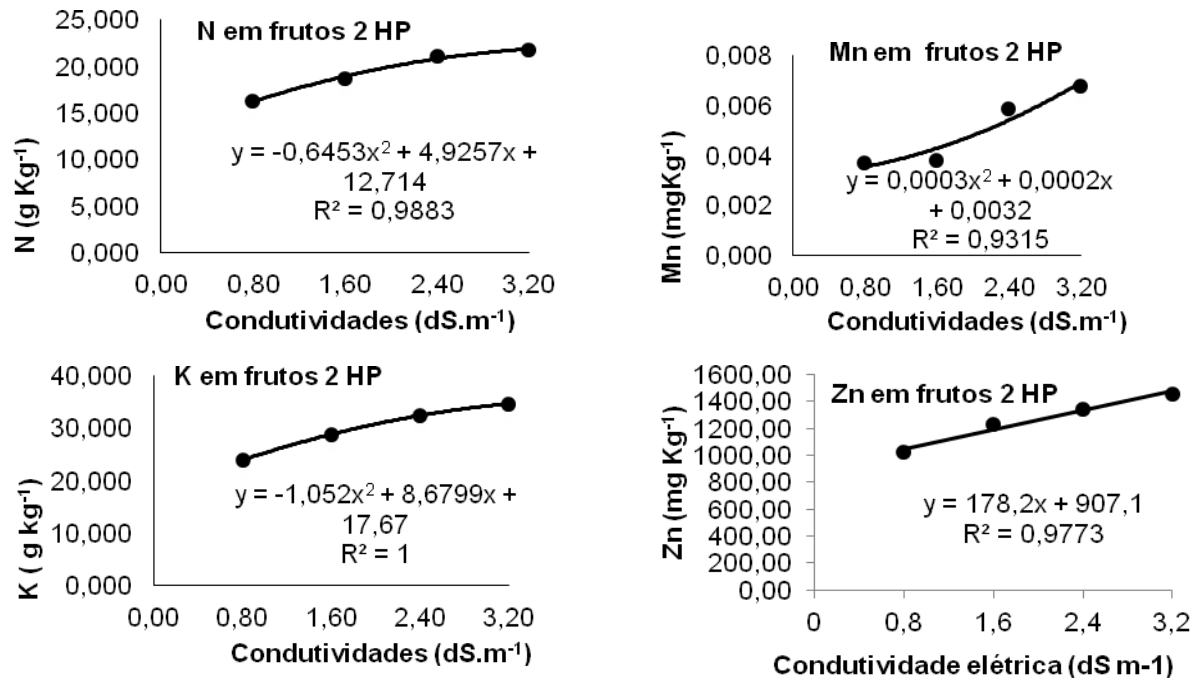
Para o Mg nos frutos da haste principal houve um decréscimo deste nutriente nos frutos, em decorrência do aumento da C.E, evidenciando que a maior C.E favoreceu a absorção do macronutriente K porém diminuiu a do micronutriente Fe (figura 6) Isto se deve, possivelmente, à maior salinidade na C.E 3,2 dS m<sup>-1</sup>, que possibilitou a maior absorção do íon K<sup>+</sup>, ocasionando uma competição com o Mg, mesmo este não sendo significativo a 5%, havendo, portanto, o maior teor de potássio no fruto.

**Figura 6** - Condutividades elétricas (C.E, dS m<sup>-1</sup>) nos teores de K (g kg<sup>-1</sup>) e Fe (mg kg<sup>-1</sup>) nos frutos do primeiro cacho da haste principal (1 HP) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido.



Quanto aos frutos do 2º cacho da HP, os nutrientes N, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn tiveram diferença significativa devido as C.E. Quanto maior a C.E, maior os teores de N, K, Fe, Mn e Zn (figura 7) e menor os teores de Ca e Mg nos frutos, que pode ter ocorrido devido a competição exercida pelos íons K<sup>+</sup> com Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>.

**Figura 7** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) nos teores de nutrientes nos frutos do segundo cacho da haste principal (2 HP) do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido.

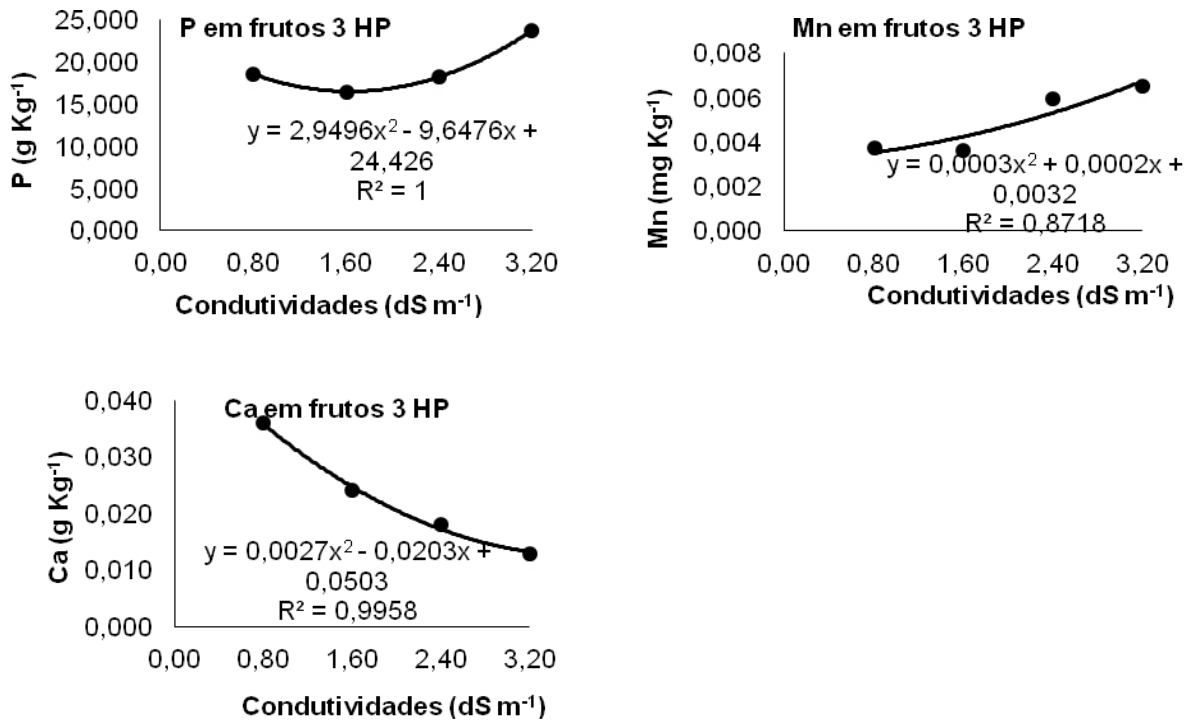


Para o nutriente P e Mn nos frutos do 3 HP (figura 8), quanto maior a C.E, maior o teor desses nutrientes, favorecendo sua concentração. Enquanto que para o Cu, houve um acréscimo do micronutriente na C.E 1,6  $\text{dS m}^{-1}$ , diminuindo e se mantendo nas C.E 2,4 e 3,2  $\text{dS m}^{-1}$ .

O valores de salinidade considerados limites para o tomateiro variam conforme as condições de cultivo e cultivares (BLANCO, 2004; OLIVEIRA et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2011). Ayers e Westcot (1991), o desempenho do tomateiro pode ser prejudicado quando vegeta sob condições de solos com salinidade elevada já que o tomate é classificado como moderadamente sensível aos sais reduzindo sua produção quando a condutividade elétrica da solução do solo se encontra acima de 2,5  $\text{dS m}^{-1}$ . No presente estudo, os frutos do 3º cacho podem não ter recebido a translocação adequada, evidenciando que, para um teor de N que supra os frutos de maneira satisfatória, seja ideal a C.E 2,4  $\text{dS m}^{-1}$ .

Para os frutos do 3º cacho da HP, verificou-se significância estatística para N, P, Mn e Cu, devido as C.E testadas. Ocorreu uma oscilação para o nutriente N, visto que na C.E 1,6  $\text{dS m}^{-1}$  houve um decréscimo na planta, posteriormente, na C.E 2,4  $\text{dS m}^{-1}$  aumentou o teor do nutriente, e decaiu novamente na C.E 3,2  $\text{dS m}^{-1}$  (Figura 8).

**Figura 8** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) nos teores de nutrientes em frutos do terceiro cacho da haste principal (3 HP) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido.



Na tabela 4 pode-se observar que nos frutos do 1º cacho da HS, o teor dos nutrientes N, K, Ca, Fe, Mn, Cu e Zn houve diferença significativa. Notando que, da mesma forma que ocorreu nos frutos da haste primária, o teor de K aumentou conforme aumentaram os níveis de C.E, apresentando também menores teores de Ca e Mg, podendo haver competição entre os íons, conforme já apresentado anteriormente.

Para os frutos do 1º cacho e 2º cacho da haste secundária, foi verificada diferença significativa para os nutrientes N, K, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn e N, P, K, Mn e Zn, respectivamente, em decorrência das CE. Para os nutrientes Fe, Mn, Cu e Zn do 1º cacho da HS, houve um decréscimo dos teores em consonância com o aumento das CE, sendo que na CE  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  foi onde se conseguiu os maiores teores destes nutrientes nos frutos.

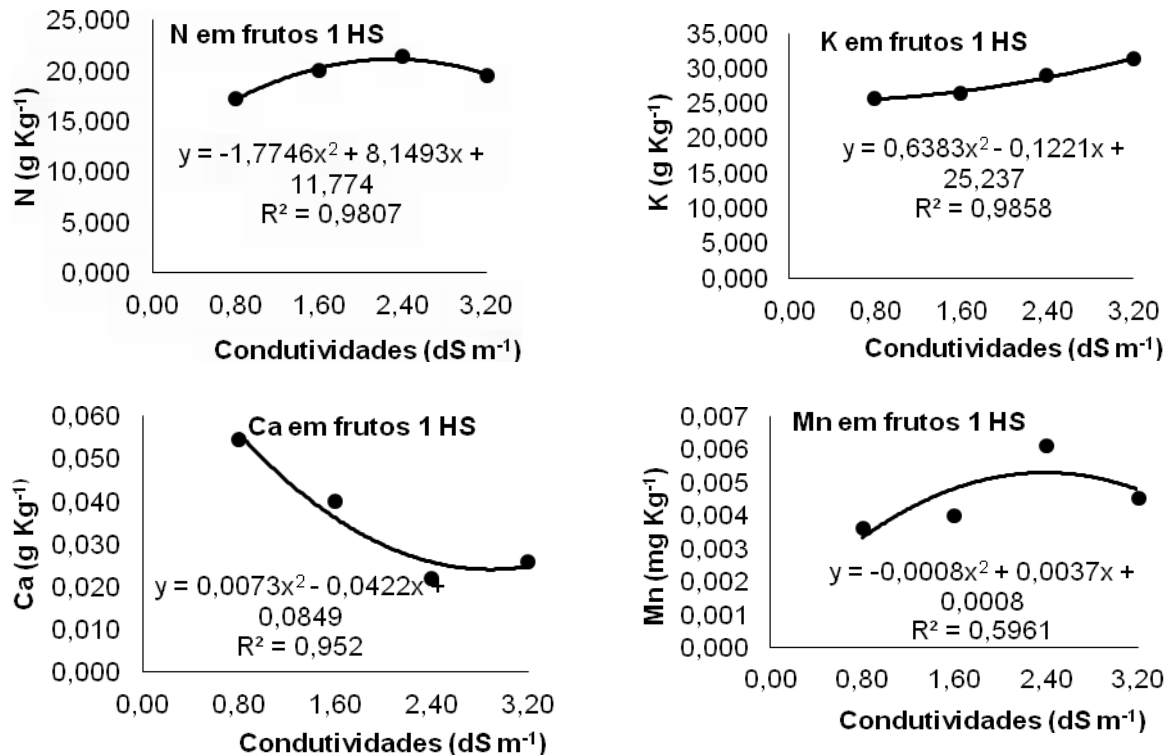
**Tabela 4** - Condutividades elétricas (CE,  $\text{dSm}^{-1}$ ) na solução nutritiva no teor nutricional dos frutos do 1º cacho da haste secundária (1 HS) e 2º cacho da haste secundária (2 HS) do tomate cultivado em sistema de fertirrigação de tomateiro tipo salada em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016.

Frutos 1º Cacho da Haste Secundária									
CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	N	P	K $\text{g Kg}^{-1}$	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
0,8	17,250	24,368	25,667	0,055	0,142	0,006	0,004	0,003	0,022
1,6	19,992	21,567	26,320	0,040	0,107	0,004	0,004	0,003	0,023
2,4	21,388	25,680	28,977	0,022	0,118	0,005	0,006	0,006	0,334
3,2	19,587	21,334	31,264	0,026	0,091	0,003	0,005	0,005	0,030
<b>p &gt; F</b>	0,029*	0,343	0,001*	0,000*	0,096	0,020*	0,080	0,006*	0,000*
<b>CV %</b>	21,210	26,870	11,080	43,580	44,980	52,560	34,470	42,600	20,690
Frutos 2º Cacho da Haste Secundária									
CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	N	P	K $\text{g Kg}^{-1}$	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
0,8	19,092	14,781	25,667	0,029	0,024	0,004	0,003	0,011	0,021
1,6	19,735	15,253	26,320	0,023	0,010	0,003	0,003	0,008	0,025
2,4	26,754	19,509	28,977	0,033	0,024	0,002	0,004	0,014	0,031
3,2	25,947	20,040	31,264	0,303	0,019	0,002	0,004	0,008	0,030
<b>p &gt; F</b>	0,006*	0,036*	0,001*	0,179	0,083	0,149	0,067	0,653	0,000*
<b>CV %</b>	23,620	25,360	11,080	52,680	67,880	64,420	41,020	43,540	15,350

: Para dados significativos ( $p < 0,05$ ) (\*)

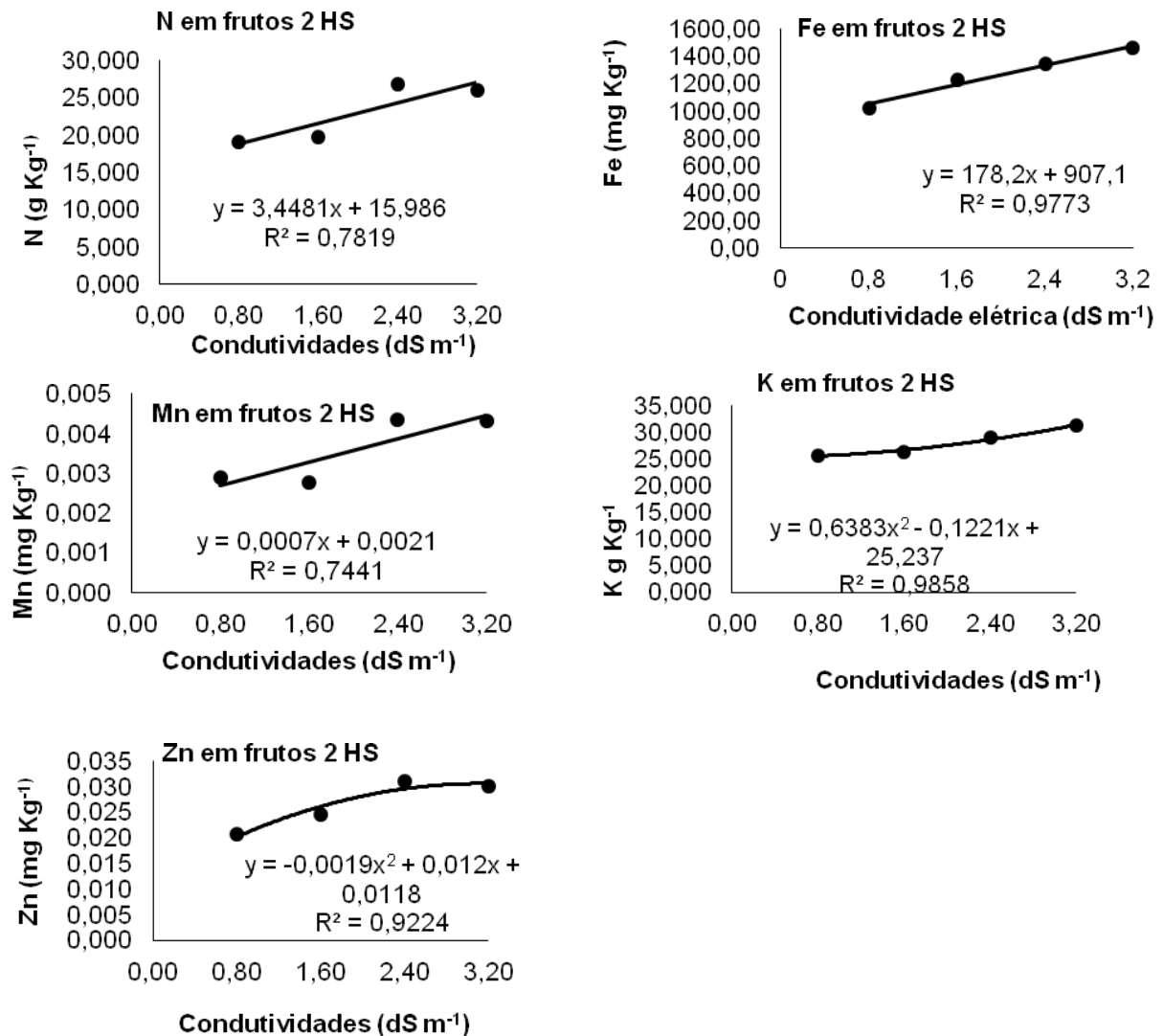
Os nutrientes K e Mg, nos frutos do 1º cacho da HS, se mostraram inversamente proporcionais, uma vez que com o aumento do teor de K nos frutos, houve o decréscimo de Mg, como pode ser observado na figura 9.

**Figura 9** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) nos teores dos nutrientes dos frutos do primeiro cacho da haste secundária (1 HS) do tomate tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido.



O teor de N encontrado nos frutos do segundo cacho da haste secundária aumentou com o aumento das condutividades elétricas, notando-se que o teor encontrado para os nutrientes, concordaram com os valores encontrados por Fratoni et al. (2014) ( $22 \text{ g Kg}^{-1}$ ) (figura 10). Apresentando valores de K dentro da faixa encontrada pelos mesmos autores ( $35\text{-}75 \text{ g Kg}^{-1}$ ), em que, trabalhando com doses de potássio na concentração da solução, conseqüentemente, elevaram-se as C.E.

**Figura 10** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) nos teores de nutrientes dos frutos do segundo cacho da haste secundária (2 HS) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido.



A extração de macronutrientes N, P e K nos frutos da haste primária (Tabela 5) e secundária (Tabela 6) teve um aumento conforme a elevação dos níveis de condutividades aplicadas.

Notou-se que os nutrientes: N, K demonstraram diferença significativa para todos os cachos avaliados (primeiro, segundo e terceiro cacho da haste principal; primeiro segundo cacho da haste secundária). Sendo que houve acréscimo na extração conforme o aumento das concentrações dos nutrientes na solução nutritiva.

As análises demonstraram que a extração dos nutrientes nos frutos, foi significativa, confirmando que quanto maior a concentração de nutrientes da solução

(maior condutividade elétrica), maior será a extração de nutrientes. O que concorda com Rattin et al. (2003) que, ao cultivarem tomates sob cinco concentrações diferentes de nutrientes, notaram também essa relação.

**Tabela 5** - Condutividades elétricas (CE,  $\text{dSm}^{-1}$ ) na solução nutritiva na extração de macronutrientes dos frutos da haste principal (HP) do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016.

<b>Frutos 1º Cacho da Haste Principal</b>					
<b>CE</b> <b>(<math>\text{dS m}^{-1}</math>)</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b> <b><math>\text{Kg ha}^{-1}</math></b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
<b>0,8</b>	44,024	11,564	82,125	0,089	0,499
<b>1,6</b>	64,274	15,006	95,454	0,065	0,485
<b>2,4</b>	65,733	16,163	118,885	0,075	0,589
<b>3,2</b>	71,800	17,938	136,835	0,085	0,49
<b>p &gt; F</b>	0,03*	0,07	0,01*	0,91	0,83
<b>CV %</b>	33,17	34,62	32,07	62,14	54,94
<b>Frutos 2º Cacho da Haste Principal</b>					
<b>CE</b> <b>(<math>\text{dS m}^{-1}</math>)</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b> <b><math>\text{Kg ha}^{-1}</math></b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
<b>0,8</b>	41,680	47,783	60,032	0,133	0,419
<b>1,6</b>	57,494	62,078	88,806	0,112	0,338
<b>2,4</b>	71,901	74,550	111,142	0,081	0,573
<b>3,2</b>	80,783	76,660	128,159	0,084	0,509
<b>p &gt; F</b>	0,00*	0,08	0,00*	0,22	0,19
<b>CV %</b>	27,72	39,99	27,89	61,04	54,55
<b>Frutos 3º Cacho da Haste Principal</b>					
<b>CE</b> <b>(<math>\text{dS m}^{-1}</math>)</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b> <b><math>\text{Kg ha}^{-1}</math></b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
<b>0,8</b>	56,125	48,210	67,753	0,094	0,310
<b>1,6</b>	46,185	52,748	82,680	0,082	0,330
<b>2,4</b>	71,778	63,530	106,578	0,063	0,357
<b>3,2</b>	70,300	86,705	119,227	0,050	0,363
<b>p &gt; F</b>	0,01*	0,01*	0,01*	0,26	0,94
<b>CV %</b>	26,95	38,61	33,11	71,91	64,18
ANDRADE et al. (2012)	68,04	14,07	35,4	42,75	4,42
LUCENA et al. (2013)	133,72	14,83	178,6	3,72	8,68
FRATONI et al. (2014)	71,97	21,07	188,48	4,24	5,59

: Para dados significativos ( $p < 0,05$ ) (\*)

**Tabela 6** - Condutividades elétricas (CE,  $\text{dSm}^{-1}$ ) na solução nutritiva na extração de macronutrientes dos frutos da haste secundária (HS) do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016.

<b>Frutos 1º Cacho da Haste Secundária</b>					
<b>CE</b> <b>(<math>\text{dS m}^{-1}</math>)</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b> <b><math>\text{Kg ha}^{-1}</math></b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
<b>0,8</b>	38,218	62,582	66,613	0,140	0,362
<b>1,6</b>	62,339	67,434	82,862	0,127	0,348
<b>2,4</b>	74,119	88,503	99,348	0,076	0,408
<b>3,2</b>	72,869	79,587	115,898	0,010	0,360
<b>p &gt; F</b>	0,00	0,22	0,00	0,13	0,94
<b>CV %</b>	32,12	39,73	31,06	56,57	62,11
<b>Frutos 2º Cacho da Haste Secundária</b>					
<b>CE</b> <b>(<math>\text{dS m}^{-1}</math>)</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b> <b><math>\text{Kg ha}^{-1}</math></b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
<b>0,8</b>	8,772	61,253	156,118	0,010	0,056
<b>1,6</b>	11,059	61,400	147,933	0,014	0,035
<b>2,4</b>	13,440	72,017	206,170	0,022	0,084
<b>3,2</b>	15,646	82,196	241,589	0,021	0,071
<b>p &gt; F</b>	0,02	0,01	0,02	0,01	0,09
<b>CV %</b>	39,54	39,61	37,10	49,82	70,81
ANDRADE et al. (2012)	68,04	14,07	35,4	42,75	4,42
LUCENA et al. (2013)	133,72	14,83	178,6	3,72	8,68
FRATONI et al. (2014)	71,97	21,07	188,48	4,24	5,59

: Para dados significativos ( $p < 0,05$ ) (\*)

Os dados dos frutos para extração de nitrogênio do presente trabalho, tanto para os frutos da haste principal, como da secundária, (Figura 11 e 14), estão próximos aos encontrados por Andrade et al. (2012), que obtiveram uma média de  $68,04 \text{ kg ha}^{-1}$ . Entretanto, estão inferiores aos resultados obtidos por Lucena et al. (2013), em que encontraram um valor médio do acúmulo de  $133,72 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Nos frutos da haste principal observou-se que, embora só houve diferença estatística para o fósforo nos frutos do terceiro cacho da haste principal (3HP), houve um aumento no acúmulo para os frutos do primeiro e segundo cacho à medida que elevou-se os níveis de condutividade (Figura 13).

Para a extração de K, com exceção dos frutos do segundo cacho da haste secundária (2HS), em que o maior resultado se deu ao tratamento correspondente à condutividade elétrica de  $1,6 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 15), os demais frutos

demonstraram maior extração de potássio com o nível mais elevado (3,2 dS m<sup>-1</sup>), o que concorda com os resultados dos teores do nutriente nos frutos

**Tabela 7** - Condutividades elétricas (CE, dSm<sup>-1</sup>) na solução nutritiva na extração de micronutrientes dos frutos da haste principal (HP) do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016.

<b>Frutos 1º Cacho da Haste Principal</b>				
<b>CE</b> <b>(dS m<sup>-1</sup>)</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>
	<b>Kg ha<sup>-1</sup></b>			
<b>0,8</b>	0,009	0,019	0,024	0,061
<b>1,6</b>	0,010	0,020	0,024	0,070
<b>2,4</b>	0,008	0,024	0,023	0,080
<b>3,2</b>	0,008	0,024	0,018	0,103
<b>p &gt; F</b>	0,40	0,53	0,81	0,04*
<b>CV %</b>	43,50	42,76	70,94	41,02
<b>Frutos 2º Cacho da Haste Principal</b>				
<b>CE</b> <b>(dS m<sup>-1</sup>)</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>
	<b>Kg ha<sup>-1</sup></b>			
<b>0,8</b>	0,003	0,010	0,034	0,060
<b>1,6</b>	0,003	0,011	0,018	0,063
<b>2,4</b>	0,001	0,022	0,200	0,103
<b>3,2</b>	0,009	0,025	0,170	0,104
<b>p &gt; F</b>	0,72	0,00*	0,16	0,01*
<b>CV %</b>	25,90	37,72	42,10	31,61
<b>Frutos 3º Cacho da Haste Principal</b>				
<b>CE</b> <b>(dS m<sup>-1</sup>)</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>
	<b>Kg ha<sup>-1</sup></b>			
<b>0,8</b>	0,006	0,120	0,010	0,066
<b>1,6</b>	0,008	0,012	0,012	0,017
<b>2,4</b>	0,009	0,021	0,034	0,077
<b>3,2</b>	0,009	0,025	0,380	0,101
<b>p &gt; F</b>	0,66	0,01*	0,07	0,01*
<b>CV %</b>	39,54	39,61	37,10	49,82
ANDRADE et al. (2012)	2,02	1,7	0,08	0,24
FRATONI et al. (2014)	0,46	0,26	0,03	0,11

: Para dados significativos (p<0,05) (\*)

Conforme as tabela 7 e 8, é possível observar que não houve diferença significativa para o acúmulo de Cu para nenhum dos frutos analisados, da mesma forma que o nutriente não demonstrou significância estatística para o teor analisado.

O micronutriente zinco demonstrou diferença significativa para todos os frutos analisados, notando-se que os resultados aumentaram com o aumento das concentrações dos nutrientes (maior CE), (Figuras 11, 12, 13, 14 e 15). Os valores encontrados estão inferiores aos observados por Andrade et al. (2012) e condizentes com os observados por Fratoni et al. (2014).

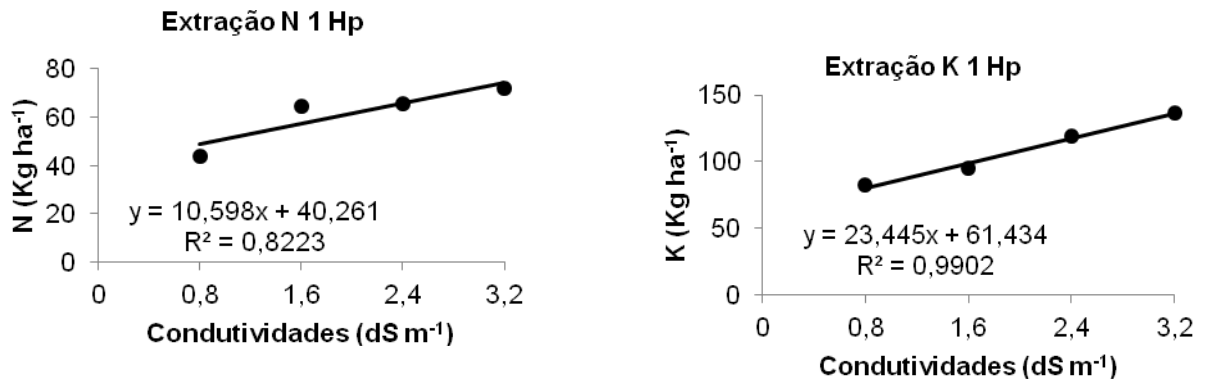
**Tabela 8** - Condutividades elétricas (CE,  $\text{dS m}^{-1}$ ) na solução nutritiva na extração de micronutrientes dos frutos da haste secundária (HS) do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016.

<b>Frutos 1º Cacho da Haste Secundária</b>				
<b>CE</b> <b>(<math>\text{dS m}^{-1}</math>)</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>
	<b><math>\text{Kg ha}^{-1}</math></b>			
<b>0,8</b>	0,014	0,009	0,009	0,058
<b>1,6</b>	0,013	0,100	0,012	0,072
<b>2,4</b>	0,160	0,023	0,024	0,113
<b>3,2</b>	0,010	0,014	0,016	0,112
<b>p &gt; F</b>	0,46	0,08	0,01*	0,00*
<b>CV %</b>	63,10	48,00	49,00	32,65
<b>Frutos 2º Cacho da Haste Secundária</b>				
<b>CE</b> <b>(<math>\text{dS m}^{-1}</math>)</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>
	<b><math>\text{Kg ha}^{-1}</math></b>			
<b>0,8</b>	0,011	0,008	0,032	0,056
<b>1,6</b>	0,010	0,009	0,024	0,078
<b>2,4</b>	0,005	0,014	0,052	0,107
<b>3,2</b>	0,008	0,017	0,038	0,113
<b>p &gt; F</b>	0,15	0,01*	0,57	0,00*
<b>CV %</b>	41,24	48,38	34,89	33,38
ANDRADE et al. (2012)	2,02	1,7	0,08	0,24
FRATONI et al. (2014)	0,46	0,26	0,03	0,11

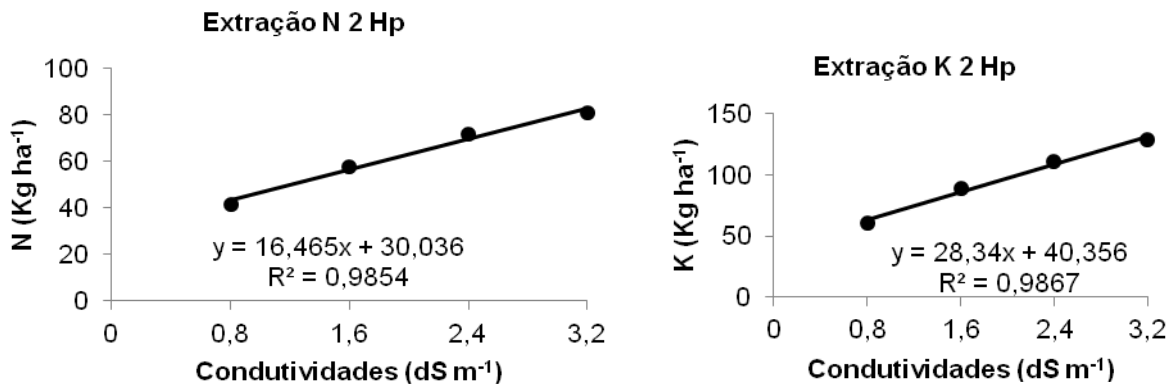
: Para dados significativos ( $p < 0,05$ ) (\*)

Para a extração de K, frutos demonstraram maior extração com o nível mais elevado ( $3,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), o que concorda com os resultados encontrados nos teores do nutriente nos frutos (Figura 11).

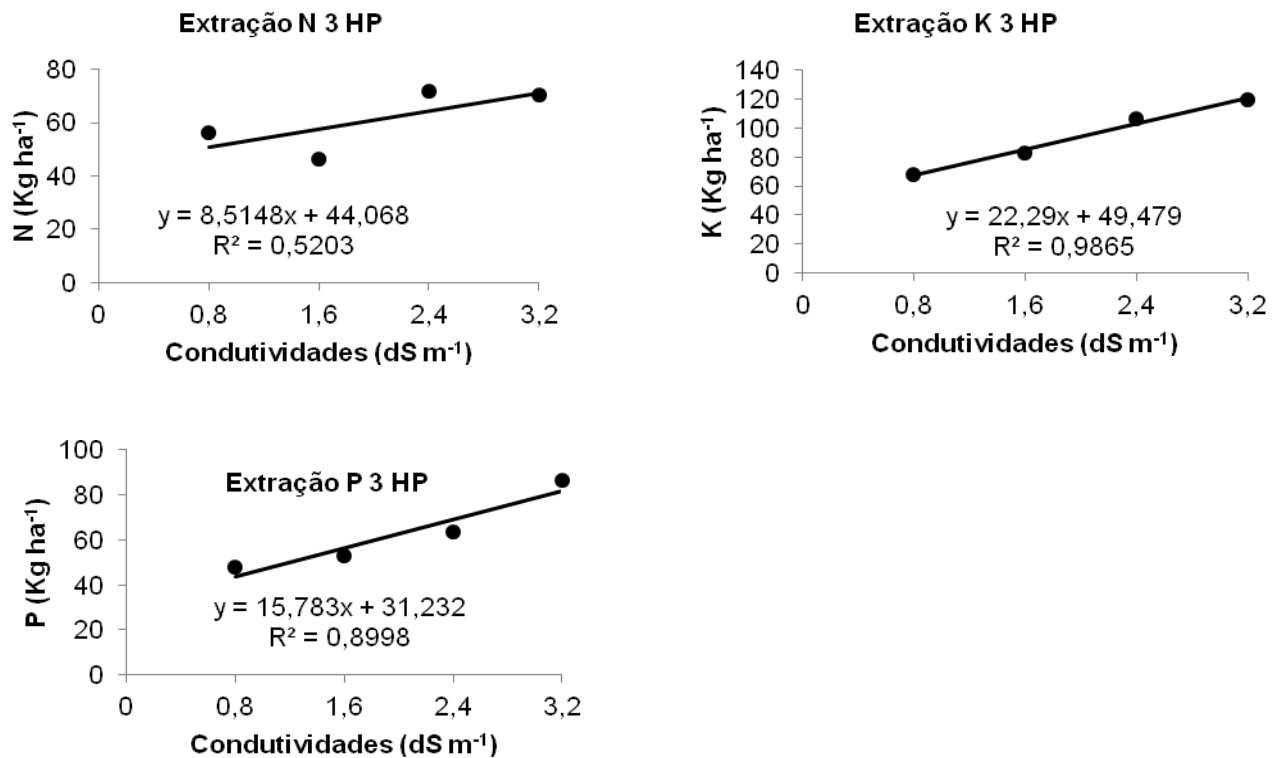
**Figura 11** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) na extração de nutrientes nos frutos do primeiro cacho da haste principal (1 HP) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido



**Figura 12** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) na extração de nutrientes nos frutos do segundo cacho da haste principal (2 HP) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido



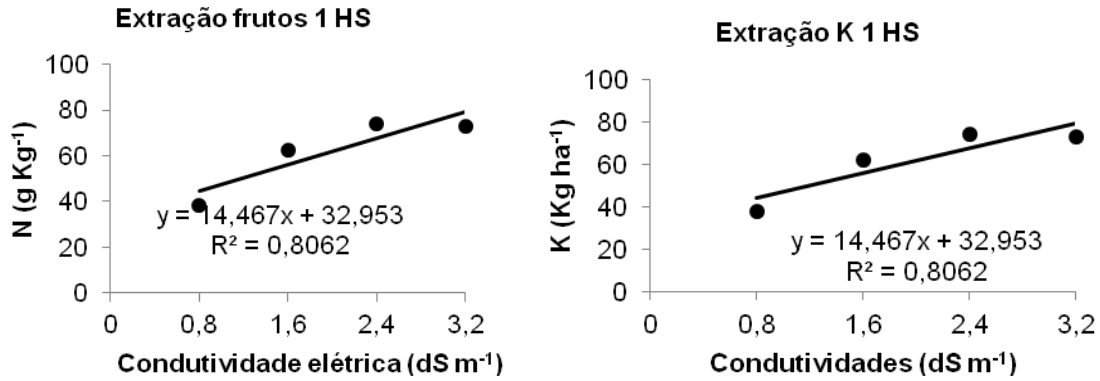
**Figura 13** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) na extração de nutrientes nos frutos do terceiro cacho da haste principal (3 HP) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido.



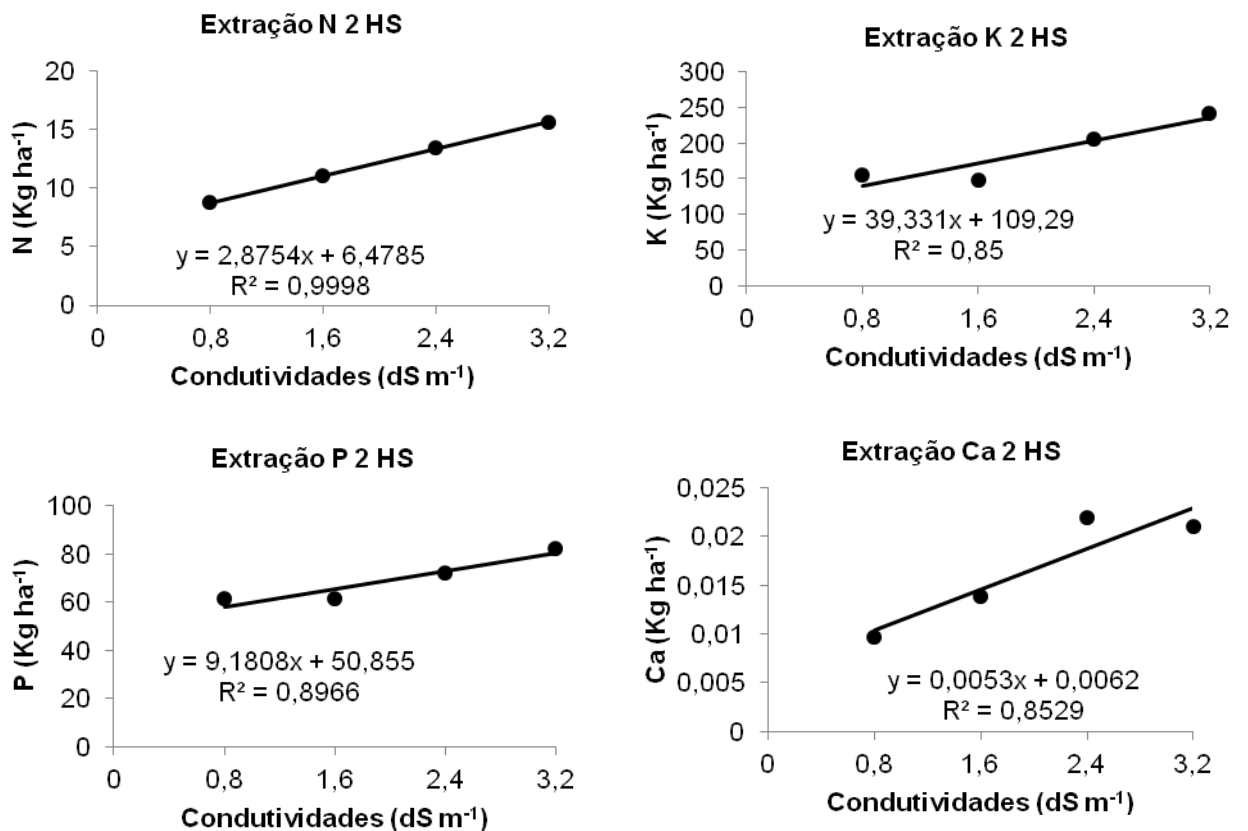
Os dados de extração de cálcio apresentaram diferença estatística apenas para os frutos do segundo cacho da haste secundária, como pode ser observado na tabela 7, demonstrando um aumento quando a CE da solução foi elevada, apontando ter dobrado de  $0,010$  para  $0,021 \text{ Kg ha}^{-1}$ , para as respectivas condutividades  $0,8$  e  $3,2 \text{ dS m}^{-1}$ . No entanto, é possível salientar que os resultados obtidos neste trabalho para o Ca, embora tenham aumentado conforme os níveis de CE, os mesmos são inferiores aos observados por Andrade et al. (2012) e Lucena et al. (2013).

A extração dos micronutrientes ferro e manganês para todos os frutos analisados, estão abaixo dos encontrados por Andrade et al. (2012), respectivamente  $2,02$  e  $1,7 \text{ Kg ha}^{-1}$ ; mas próximos aos valores encontrados por Fratoni et al. (2014),  $0,46$  e  $0,25 \text{ Kg ha}^{-1}$ .

**Figura 14** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) na extração de nutrientes nos frutos do primeiro cacho da haste secundária (1 HS) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido.



**Figura 15** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) na extração de nutrientes nos frutos do segundo cacho da haste secundária (2 HS) do tomate tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido.



Na tabela 9 pode-se observar que não houve diferença significativa nas variáveis avaliadas para o número de frutos por planta (NF), diâmetro dos frutos (DF) e comprimento dos frutos (CF), diâmetro da haste (DH), altura da inserção do primeiro cacho (AIC) e altura total da planta (ATP).

As condutividades influenciaram significativamente a massa fresca dos frutos por cacho (MFF), produtividade e °Brix. Todas as variáveis citadas tiveram os maiores valores quando se utilizou a CE mais levada (3,2).

**Tabela 9** - Condutividades elétricas (CE,  $\text{dS m}^{-1}$ ) no número de frutos (NF), comprimento dos frutos (CF, cm), diâmetro dos frutos (DF, cm), massa fresca dos frutos (MFF, g), diâmetro da haste (DH, cm), altura da inserção do primeiro cacho (AIC, cm), produtividade ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ), e teor de sólidos solúveis totais da polpa (SST, °Brix) do tomateiro tipo salada, cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido. Londrina, UEL, 2016.

CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	NF	CF (cm)	DF (cm)	MF (g)	DH (cm)	ATP (cm)	AIC	Produtividade <sup>1</sup> ( $\text{Kg ha}^{-1}$ )	SST (° Brix)
<b>0,8</b>	19	4,69	5,60	1023,08	3,90	1,30	0,53	42793,15	4,40
<b>1,6</b>	21	4,54	5,63	1226,78	4,06	1,31	0,46	51109,77	5,28
<b>2,4</b>	23	4,60	5,84	1345,41	4,22	1,29	0,49	56058,02	5,61
<b>3,2</b>	23	4,58	5,80	1458,74	4,57	1,23	0,50	60780,08	5,75
<b>p &gt; F</b>	0,14	0,43	0,26	0,03*	0,17	0,20	0,13	0,03*	0,00*
<b>CV %</b>	21,04	4,60	5,63	25,10	10,78	6,53	11,86	25,10	14,25

: Para dados significativos ( $p < 0,05$ ) (\*)

<sup>1</sup> Para uma população estimada de 41666 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , baseada no espaçamento de 0,80x0,30m.

A produtividade maior, também na CE 3,2  $\text{dS m}^{-1}$ , refletiu a maior disponibilidade de nutrientes e absorção por parte do tomateiro durante o ciclo.

Os resultados da massa fresca dos frutos (MFF), teor dos sólidos solúveis totais (°Brix) e produtividade demonstraram diferença significativa sob o efeito dos quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva, demonstrando maiores valores para a maior CE (3,2).

O maior SST verificado nos frutos foi na maior CE, com 5,7. Fratoni (2014) encontrou valores para tomateiro de 4,65, na CE 3,46  $\text{dS m}^{-1}$ , valor que se equipara ao encontrado na CE 0,8  $\text{dS m}^{-1}$ , no presente estudo. As médias obtidas em cultivos protegidos de tomate dificilmente alcançam 4,0 °Brix ou mais. Portanto pesquisas direcionadas à adequação da nutrição mineral do tomateiro ao acréscimo no teor de sólidos solúveis nos frutos são de primordial importância para a melhoria em

qualidade no cultivo de tomateiro para fins de comercialização (GENUNCIO et al., 2006).

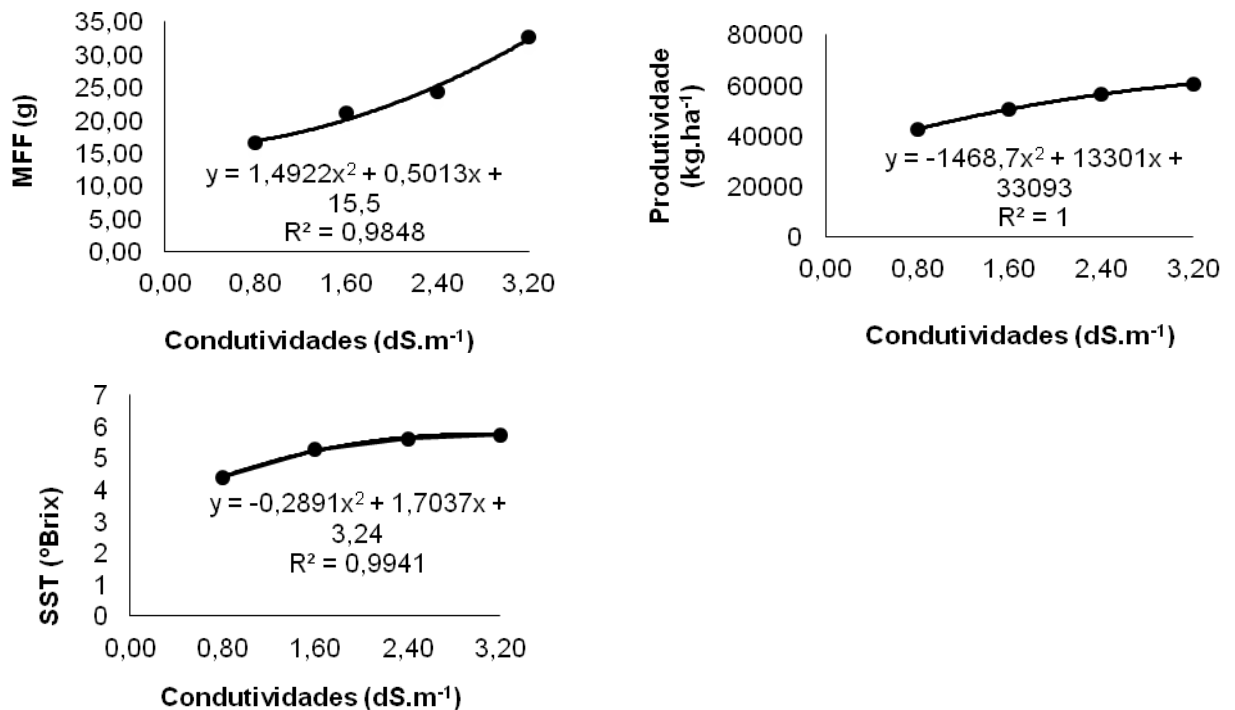
O aumento de teor de sólidos solúveis totais, que está relacionado com a quantidade de açúcares e conseqüentemente ao sabor dos frutos, confere maior qualidade ao produto (IANCKIEVICZ et al., 2013). Valores entre 4,0 e 6,0 °Brix são geralmente encontrados em cultivares de tomateiro, mas estes padrões podem sofrer variações em virtude do comportamento fisiológico da cultivar, do estágio de maturação do fruto, da estação do ano e de possíveis danos físicos e doenças do tomateiro (FILGUEIRA, 2008).

Este incremento de SST pode estar vinculado ao aumento da concentração de potássio aplicada nos tratamentos, uma vez que este macronutriente é fundamental para os processos de translocação de carboidratos para os frutos (PIMENTEL, 2004).

De acordo com Silva e Giordano (2000) 4,0 ° Brix é o teor mínimo para sólidos solúveis totais dos tomates recebidos pelas indústrias no Brasil, e embora diversos trabalhos tenham demonstrado que as médias obtidas em cultivos protegidos dificilmente atinjam esse número, os valores observados no presente trabalho foram superiores ao mesmo, como pode ser observado na figura 3. Notando-se que, conforme aumentaram os níveis de CE, aumentaram também o teor de sólidos solúveis totais.

Entretanto, é válido salientar que as condutividades elétricas da solução nutritiva (faixa ótima entre 1,5 a 4,0 dS m<sup>-1</sup> devem ser monitoradas e controladas periodicamente (FURLANI et al., 1999), devido a mesma estar diretamente associada à concentração iônica e à absorção dos nutrientes pela cultura ao longo do seu desenvolvimento (MARSCHNER, 1995).

**Figura 16** - Condutividades elétricas (C.E,  $\text{dS m}^{-1}$ ) na massa fresca dos frutos (MFF), produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e teor de sólidos solúveis totais (SST) do tomateiro tipo salada cultivado em sistema de fertirrigação em substrato areia sob ambiente protegido.



Como ilustrado na figura 16, o aumento da condutividade elétrica proporcionou aumento da massa fresca média dos frutos de 1023,08 g para 1458,74 g da menor para a maior CE utilizada. Refletindo, assim, na produtividade, em que o aumento proporcional da concentração de sais na solução proporcionou também um incremento na produtividade.

Diferentemente, Genúncio et al. (2006) observaram em experimento com soluções nutritivas com concentrações de 50, 75 e 100% de Hoagland, de CE 1,44; 2,16 e 2,88  $\text{dS m}^{-1}$  que as condutividades não influenciaram significativamente produtividade do tomate Saladinha. Embora as maiores produtividades tenham sido observadas nas duas últimas condutividades elétricas.

A produtividade média encontrada no experimento foi de  $1,263 \pm 0,346$   $\text{kg planta}^{-1}$ , o que corresponde a densidade populacional utilizada a  $50,54 \text{ t ha}^{-1}$ , abaixo da média nacional obtida de  $65.942 \text{ kg ha}^{-1}$  (IBGE, 2015). Isto, contudo, se deve às baixas produtividades obtidas pelas plantas cultivadas em condição de menor condutividade elétrica da solução nutritiva, logo, de fornecimento de nutrientes.

A produtividade maior, na CE 3,2 dS m<sup>-1</sup>, refletiu a maior disponibilidade de nutrientes e absorção por parte do tomateiro durante o ciclo. Fratoni (2014) observou produtividade de 59850 kg ha<sup>-1</sup> na CE 2,41 dS m<sup>-1</sup>, valor que se assemelha ao da CE 3,2 dS m<sup>-1</sup>, com 60780,08 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 8).

Roquejani et al. (2008), em seus estudos com produtividade e qualidade de híbridos de tomate dos segmentos italiano e santa cruz em ambiente protegido, quando raleados, tiveram uma produtividade média de 106700 kg ha<sup>-1</sup>.

Genúncio et al. (2006) e Schmidt e Santos (2000) destacam que uma solução nutritiva equilibrada é o princípio básico para a obtenção de qualidade em cultivos, sendo que os últimos autores obtiveram valores de produtividade maiores que as médias nacionais, superando 100.000 kg ha<sup>-1</sup>, em cultivos hidropônicos. Essas diferenças podem ter ocorrido devido a genética das cultivares e maneira de cultivo.

Embora em diversos trabalhos na literatura, o aumento de potássio no cultivo do tomateiro, seja por solução nutritiva ou característica dos substratos, não proporcionou aumento no teor de sólidos solúveis totais (SILVA et al., 2013; BERNARDI et al., 2007; FELTRIN et al., 2005;), no presente trabalho, o teor de SST demonstrou um aumento significativo com o aumento dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 16).

#### **4 CONCLUSÃO**

Os resultados mostraram que os níveis de condutividade elétrica influenciaram significativamente nos teores e extração dos nutrientes, havendo um aumento conforme o aumento das concentrações da solução nutritiva. O maior nível de condutividade ( $3,2 \text{ dS m}^{-1}$ ) proporcionou um aumento de teor de K, refletindo no acréscimo de SST ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) das polpas. O aumento dos níveis proporcionou em um aumento da massa fresca dos frutos, e conseqüentemente, da produtividade.

## REFERÊNCIAS

- AYERS, R.S. Quality of water for irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v.103, p.135-154, 1977.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.
- ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultivo en invernadero**. 3.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1999. 347 p.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, 2004.
- ANDRADE, B. L. G. **Manejo da fertirrigação do tomateiro cultivado em vaso com areia**. 2012. 62 f. Tese (mestrado em Agronomia: Solos). Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, 2012.
- ANDRIOLO, J. L.; WITTER M.; ROSS, T. D.; GODÊI, RODRIGO DOS S. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com reutilização da solução nutritiva drenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n.3, p. 485-489, jul.-set. 2003.
- ANDRIOLO, J.L.; LUZ, G.L./ BORTOLOTTI, O.C., GODOI, R.S. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três doses de solução nutritiva. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.4, p.781-787, 2005.
- ANDRIOLO, J. L.; JÄNISCH, D. I.; OLIVEIRA, C. S.; COCCO, C.; SCHMITTI, O. J.; CARDOSO, F. L. Cultivo sem solo do morangueiro com três métodos de fertirrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.691-695, 2009.
- BERNARDI ACC; WERNECK CG; HAIM PG; BOTREL N; OIANO NET O J; MONTE MBM; VERRUMA-BERNARDI, MR. 2007. Produção e qualidade de frutos de tomateiro cultivado em substrato com zeólita. **Horticultura Brasileira**, v.25: 306-311
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V.; HENRIQUES NETO, D. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: In. Concentração de nutrientes no solo e na planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.12, n.1, p.26–33, 2008.
- BRAGA, G. N. M. 2012. Interação entre os nutrientes. Disponível em: <http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2012/11/interacao-entre-os-nutrientesdas.html>. Acesso em: 02 dezembro de 2014.
- BURGUEÑO, H. La fertirrigacion en cultivos hortícolas com acolchado plástico. v.1. **Culiacan**, 1996. 45p.
- CAMPBELL, C.R. (Ed.). **Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States**. North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services – Agronomic Division, Raleigh, North Carolina, 2013. (Southern Cooperative Series Bulletin, 394). Disponível em: <[www.ncagr.gov/agronomi/saaesd/scsb394.pdf](http://www.ncagr.gov/agronomi/saaesd/scsb394.pdf)>. Acesso em: 20. Dez. 2015.

CAMPOS, C. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; FAVARO, F. Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. **Agric.** (Piracicaba, Braz.), v.63, n.2, p.146-152, Mar./Apr. 2006.

CARRIJO, O.A.; VIDAL, M.C.; REIS, N.V.B.; SOUZA, R.B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Hortic. Bras.**, Brasília, 22: 05-09, 2004.

CARVALHO, J. G.; BASTOS, A. R. R. B.; ALVARENGA, M. A. R.; SOUZA, R. A. M. Nutrição mineral e adubação. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia.** Lavras: Editora UFLA, p. 61-120, 2004.  
ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. DE F.; MIRANDA, J. H. Rendimento comercial do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertirrigação em ambiente protegido. **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, mai. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro-RJ, EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Sistemas de Produção – Cultivos de tomate para a industrialização. 2.ed. Rio de Janeiro-RJ, EMBRAPA Hortaliças, 2006.

FELTRIN DM; POTT CA; FURLANI PR; CARVALHO CRL. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. **Revista de Ciências Agroverterinárias**, v. 4 p. 17-24. 2005.

FERNANDES, C.; ARAÚJO, J.A.C.; CORÁ, J.E. Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 559-563, 2002.

Filgueira, F. A. R. **Manual de olericultura.** Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2.ed. 2008. 421p.

FILGUEIRA F. A. R. **Novo manual de olericultura:** agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 1ª ed. Viçosa, Ed. UFV, 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura:** Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ª ed. Viçosa, Ed. UFV, 2003.

FRATONI, M.M.J. Nutrição potássica em tomateiro fertirrigado e cultivado em vasos contendo areia. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina – Londrina, 2014.

FONTES,P.C.R.; SAMPAIO,R.A.; MANTOVANI, E.C. Tomato yield and potassium concentrations in soil and in plant petioles as affected by potassium fertirrigation. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.35, n.3, p.575-580, 2000.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. de. **Produção de tomate de mesa**. Viçosa: UFV, 2002. 196 p.

FONTES, P.C.R.; LOURES, J.L.; GALVÃO, J.C.; CARDOSO, A.A.; MANTOVANI, E.C. Produção e qualidade do tomate produzido em substrato, no campo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p. 614-619, 2004.

FRATONI, M. M. J. **Nutrição potássica em tomateiro fertirrigado e cultivado em vasos contendo areia**. 2014. 53f. Dissertação (mestrado em agronomia: solos). Universidade Estadual de Londrina (UEL). Londrina, 2014.

FURLANI, P.R; SILVEIRA L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**, Campinas: Instituto Agrônomo. 50p. (Boletim técnico, 180), 1999.

GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. **Bragantia**, Campinas, v. 56, p. 693-713, 1963.

GENUNCIO, G. C. **Crescimento e Produção do Tomateiro em Sistemas de Cultivo a Campo, Hidropônico e Fertirrigado, sob Diferentes Doses de Nitrogênio e Potássio**. 2009. 131 f. Tese (doutorado em Agronomia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

GENUNCIO, G. C.; SILVA, R. A. C.; SÁ, N. M.; ZONTA, E.; ARAÚJO, A. P. Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 4, p. 446-452, out.-dez., 2010.

GENUNCIO, G.C.; MAJEROWICZ, N.; ZONTA, E.; SANTOS, A.M.; GRACIA,D.; AHMED, C.R.M.; SILVA, M.G. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em função da concentração iônica da solução nutritiva. **Horticultura Brasileira** , v. 24, p. 175-179, 2006.

GOTO, R.; TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo, Fundação Editora da UNESP, 1998.

HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; BARBOSA, V.; SILVA, J.M. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro destinado ao processamento industrial. In: NUTRIÇÃO MINERAL DE HORTALIÇAS, 1978, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, ESALQ, v. 35, 1978, p. 243-270.

HEBBAR S.S.; RAMACHANDRAPPA B.K.; NANJAPPA H.V.; PRABHAKAR M. Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **European Journal of Agronomy**, v. 21, p.117-127. 2004.

HELBEL JUNIOR, C.; REZENDE, R.; FREITAS, P.S.L.; GONÇALVES, A.C.A & FRIZZONE, J.A. Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, 32: 1142-1147, 2008.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.A. Fertirrigação em viveiros de mudas de Eucalyptus e Pinus. In: BOARETTO, A.E.; VILLAS BOAS, R.L.; SOUZA, W.F.; PARRA, L.R.V. (Ed.) **Fertirrigação: teoria e prática**. Piracicaba, v.1, p.677-725, 2004

HIGUTI, A. R. O. **Produção de tomate em função da “vibração” das plantas**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2008.

IANCKIEVICZ, A., TAKAHASHI, H.W., FREGONEZI, G.A.F., RODINI, F.K. Produção e desenvolvimento da cultura de *Physalis* L. submetida a diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.3, p.438-444, mar, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, v.29, n.5, 2015. 76p.

LEBUD, A.V.; BILDERBACK, T. THE POUR-THROUGH EXTRACTION PROCEDURE: **A Nutrient Management Tool for Nursery Crops**, North Carolina Cooperative Extension-NC State University, 8 p. 2009.

LI, Y. L.; STANGHELLINI, C. Effect of EC and transpiration on production of greenhouse tomato. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 88, n. 1, p. 11-29, Mar. 2001.

LIMA, A.A.; ALVARENGA, M.A.R.; RODRIGUES, L.; CARVALHO, J.G. Concentração foliar de nutrientes e produtividade de tomateiro cultivado sob diferentes substratos e doses de ácidos húmicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.63-69, jan.-mar 2011.

LOPES, M.C.; STRIPARI, P.C. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. **Produção de hortaliças em ambientes protegido**: condições subtropicais. São Paulo: Fundações Editoras da UNESP, 1998. 258 p.

LUZ, J.M.Q.; GUIMARÃES, S.T.M.R.; KORNDORFER G.H. Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício. **Hortic. bras.**, v. 24, n. 3, jul.-set. 2006.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance – current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v.103, p.115-134, 1977.

MAGGI, M.F., KLAR, A.E.; JADOSKI, C.J.; ANDRADE, A.R.S. Produção de variedades de alface sob diferentes potenciais de água no solo em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.3, p.415-427, 2006.

MARLOW, D.H. **Greenhouse crops in North America: a practical guide to stonewool culture**. Canadá: Grodania, 1993. 120 p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. London: Academic Press, 1995.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3ª ed. Austrália: Elsevier, 2012, 651 p

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; MORETTI, C.L. *Gotejamento*: opção para a irrigação do tomateiro para processamento nos Cerrados. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 2001. (Folder da Embrapa Hortaliças).

MEDEIROS, L. M. **Produção do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* L.) cultivado em diferentes recipientes e níveis de cálcio na solução nutritiva**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia). UNESP – Campus de Ilha Solteira. “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2010.

MINAMI, K., HAAG, H., P. **O tomateiro**. Campinas: Fund. Cargill, 1989.

MILNER, L. **Water and fertilizers management in substrates**. In: DONADIO, L.C.; MOREIRA, C.S.; STUCHI, E.S. In: International congress of citrus nurserymen, 6., Ribeirão Preto, 2001. Proceedings Ribeirão Preto: sl, 2001. p.93-95.

MORARD, P.; MORARD, M. **Hydroponie**: Les culture végétales hors sol. Cedipa: Toulouse-FR, 2007. 200p.

MORETTI, C.L. Protocolos de avaliação da qualidade química e física de tomate. Brasília-DF, CNPH, 2006. 12p. (Comunicado técnico, 32).

NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F. ; SANTOS, P. D.; SILVA, S. A. DA; VIEIRA, M. DA S. ; OLIVEIRA A. P. Efeito da utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de pimentão irrigadas com água salina. **Agrária**, Pernambuco, v.6, n.2, p.258- 264, 2011.

OLIVEIRA, S.L.; BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; COELHO FILHO, M.A.; SILVA, J.T.A. **Uso da irrigação e da fertirrigação na produção integrada de banana no norte de Minas Gerais**. Cruz das Almas, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2005. 7p.

OLIVEIRA, S. L. de; COELHO, E. F.; BORGES, A. L. Irrigação e fertirrigação. **Frutas do Brasil**. Banana Produção, v.1, n.1, 2007.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.D.; MIYAZAWA, M. & ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina, IAPAR, 1992. 40p.

PIMENTEL, C. A. **A relação da planta com a água**. Seropédica: ENA, 2004

PINTO, C. M. F.; CASALI, V. W. D. Tomate - Tecnologia e Produção. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.6, n.66, p.8, jun., 1980.

OLIVEIRA, S. L. de; COELHO, E. F.; BORGES, A. L. Irrigação e fertirrigação. **Frutas do Brasil**. Banana Produção, v.1, n.1, 2007.

PIRES, C. R. F.; LIMA, L. C. O.; VILAS-BÔAS, E. V. B.; ALVES, R. R.; GUIMARÃES, A. C. G. Avaliação físico-química de tomates cultivados nos substratos fibra de coco e casca de café carbonizada submetidos à aplicação de substâncias húmicas. In: **50º congresso brasileiro de química**, Outubro de 2010. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2010/trabalhos/10/10-289-8282.htm>>. Acesso em: Jul. 2014.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2008.

ROQUEJANI, M.S.; MELO, A. M. T de; SHIRAHIGE, F. H.; MELO, P. C. T de;

PURQUERIO, L. F. V. Produtividade e qualidade de híbridos de tomate dos segmentos italiano e santa cruz em ambiente protegido. 2008. In: FAPESP. Anais eletrônicos...Campinas: IAC. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/pibic/anais/2008/Artigos/RE0800020.pdf>. Acesso em: 15 de novembro de 2014.

ROSOLEM, C. A. **Interação do potássio com outros íons**. in: YAMADA, T.; ROBERTS, T. I. (Ed.).Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2005. p. 239-260.

SALUSTIANO, M. E., VALE, F. X. R. do., ZAMBOLIM, L., FONTES, P. C. R. O manejo da pinta-preta do tomateiro em épocas de temperaturas baixas, **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 32, n. 4, p. 353-359, 2006.

SCHMIDT, D.; SANTOS, S. DOS; BONNECARRÈRE, R. A. G.; PILAU, F. G. Potencial produtivo de tomate cultivado com alta densidade, em hidroponia. Horticultura Brasileira, Brasília, v.18, p. 273-274, 2000.

SILVA, W.L.C., GIORDANO, L.B., MAROUELLI, W.A., FONTES, R.R., GORNAT, B. Response of six processing tomatoes cultivars to subsurface drip fertigation. **Acta Horticulturae**, n. 487, p.569-573, 1999.

SILVA, E.F.F. **Manejo de fertirrigação e controle de salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. 2002. Tese (Doutorado em agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ-USP. 2002.

SILVA, E.M. Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade do solo para a cultura da berinjela, **ESALQ**, 2010. Dissertação de Mestrado.

SILVA, E.C. et al., Avaliações físico-químicas de frutos de tomateiro em função de doses de potássio e nitrogênio. **Biosci. J.** Uberlândia, v. 29, n. 6 , p. 1788-1795, Nov./Dec. 2013

CAMARGO, A.P.; MARIN, F.R.; SENTELHAS, P.C.; PICINI, A.G. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 251-257, 1999.

SILVA, P.F.; LIMA, C.J.G.; BARROS, A.C.; SILVA, E.M.; DUARTE, S.N. Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de engenharia agrícola ambiental**, Campina Grande, v.17, n.11, p.1173-1180, 2013.

VILLAS BÔAS, R. L.; BÜLL, L. T.; FERNANDES, D. M. Fertilizantes em irrigação. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação**: citrus, flores e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 293-354.

VILLAS BOAS, R. L.; SOUZA, T. R. Fertirrigação: uso e manejo. In: SIMPÓSIO EM SISTEMAS AGROSILVIPASTORIS, n.1, 2008, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: PPGZ/CSTR/UFCG, 2008, p. 1-14.