

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel

Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



TESE

CULTIVO DO TOMATEIRO EM SISTEMA SEM DRENAGEM: respostas
agronômicas a diferentes substratos e à enxertia de plantas sob diferentes
condutividades elétricas da solução nutritiva

Fabiane Kletke de Oliveira

Pelotas, 2024

Fabiane Kletke de Oliveira

CULTIVO DO TOMATEIRO EM SISTEMA SEM DRENAGEM: respostas
agronômicas a diferentes substratos e à enxertia de plantas sob diferentes
condutividades elétricas da solução nutritiva

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientadora: Prof.a. Dra. Roberta Marins Nogueira Peil

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Grolli

Pelotas, 2024

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação da Publicação

O48c Oliveira, Fabiane Kletke de

Cultivo de tomateiro em sistema sem drenagem [recurso eletrônico] : respostas agronômicas a diferentes substratos e à enxertia de plantas sob diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva / Fabiane Kletke de Oliveira ; Roberta Marins Nogueira Peil, orientadora ; Paulo Roberto Grolli, coorientador. — Pelotas, 2024.
120 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2024.

1. *Solanum lycopersicum* L.. 2. Estresse abiótico. 3. Porta-enxerto. 4. Salinidade. I. Peil, Roberta Marins Nogueira, orient. II. Grolli, Paulo Roberto, coorient. III. Título.

CDD 635.64241

Fabiane Kletke de Oliveira

CULTIVO DO TOMATEIRO EM SISTEMA SEM DRENAGEM: respostas
agronômicas a diferentes substratos e à enxertia de plantas sob diferentes
condutividades elétricas da solução nutritiva

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em
Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola
Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 22 de março de 2024.

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Roberta Marins Nogueira Peil - UFPel
Doutora em Agronomia pela Universidade de Almería

Prof. Dr. Carlos Rogério Mauch
Doutor em Agronomia pela Universidade Politécnica de Valência

Prof. Dr. Sidnei Deuner
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr^a. Lais Perin
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Dedico este trabalho a Deus por ter me permitido chegar até aqui. Ao meu marido, por todo companheirismo, paciência e apoio em todos os momentos. Ao meu filho, minha razão de viver. Aos meus pais e meus irmãos por todo incentivo e amor.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de participar do PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, para a obtenção do grau de Doutor^a.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) através do pesquisador Dr. Carlos Reisser Junior, pelo empréstimo do controlador automático de irrigação, parceria e apoio, muito obrigada!

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, pelos conhecimentos repassados ao longo do curso.

À minha orientadora, professora Dra. Roberta Marins Nogueira Peil, pela confiança, incentivo, apoio e dedicação. Obrigado por esses anos de ensinamentos, conselhos e pela oportunidade.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Paulo Roberto Grolli, agradeço pelos ensinamentos, parceria, apoio e dedicação.

Aos meus pais, Valdeci e Loiva pela educação, amor, incentivo, apoio e por me mostrar que podemos ter tudo que sonhamos, basta querer. Aos meus irmãos, Juliane, Eduarda e Joaquim, pela amizade, carinho e apoio. E a toda minha família, por acreditarem no meu potencial e esforço.

Ao meu marido Lucas, pelo carinho, amor, dedicação, companheirismo e ajuda, sem importar o dia da semana e nem o horário de término das atividades.

Ao meu filho Théo, minha fonte constante de inspiração, motivação e alegria.

Aos colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, em especial ao grupo de Cultivo se solo, pelo auxílio no desenvolvimento das atividades e pela amizade. Cada café, conversas, risos, conselhos e troca de experiências foram muito importantes para tornar os dias difíceis mais leves.

À minha tia Ana Claudia Barneche de Oliveira, pelo apoio, incentivo e parceria.

À minha amiga Cristiane Neutzling, pela ajuda, amizade, parceria, conselhos e ensinamentos, muito obrigada!

Resumo

OLIVEIRA, Fabiane Kletke. **Cultivo do tomateiro em sistema sem drenagem:** respostas agronômicas a diferentes substratos e à enxertia de plantas sob diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva. Orientadora: Roberta Marins Nogueira Peil. 2024. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

No setor agrícola, a cobrança por reduzir os impactos ao meio ambiente é crescente. Sistemas de busca para otimizar o uso de água, fertilizantes e meios de cultivo tem ganhado espaço entre os produtores. O sistema de cultivo sem drenagem tem esse potencial, além de ser mais uma alternativa para o cultivo em substrato. Por ser um sistema mais complexo, pois tende a salinização do substrato e meio radicular, se fazem necessários estudar a viabilidade e adaptação de diferentes substratos a esse sistema. A enxertia em hortaliças tem crescido consideravelmente e tem sido uma alternativa de manejo para superação de condições adversas de cultivo no solo, indo além de apenas conferir resistência a patógenos de solo, pois também é utilizada para superação de estresses abióticos. Neste sentido, a enxertia pode ser uma aliada no cultivo sem solo, pois, segundo experiências de produtores, a técnica, além de assegurar maior vigor, pode conferir as plantas enxertadas maior capacidade de absorção de água e de nutrientes minerais, e aumentar a longevidade das plantas. Esta tese busca sanar alguns questionamentos sobre o comportamento de dois substratos e o desempenho de plantas enxertadas de tomateiro em sistemas de cultivo sem drenagem submetidos à diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva, visto que, os estudos são praticamente inexistentes, não havendo evidências científicas suficientes que comprovem sua superioridade produtiva. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo aferir o efeito dos substratos, da enxertia e da condutividade elétrica sobre o crescimento assim como avaliar a produtividade e a qualidade dos frutos em sistemas de cultivo sem solo sob condições adequadas de temperatura e luminosidade. Os trabalhos foram conduzidos em sistema de cultivo em substrato de casca de arroz *in natura* e substrato comercial. As variáveis analisadas foram quanto ao crescimento das plantas (número de folhas, índice de área foliar, área foliar, área foliar específica, massa seca de raiz, caule, folhas, frutos e total) e quanto a produção (número, peso médio, produção, teor de sólidos solúveis totais e tamanho dos frutos). O substrato comercial promoveu maior produção de massa seca de caule, folhas, frutos e total, número de frutos, produção de frutos e sólidos solúveis totais. A casca de arroz *in natura* promoveu maior concentração de açúcares dos frutos (SST). A condutividade elétrica da solução nutritiva de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ favorece o peso médio de frutos e, conseqüentemente, um maior rendimento de frutos. Já a CE $2,6 \text{ dS m}^{-1}$ favorece a produção de massa seca de caule, de folhas e total. A enxertia de plantas favorece o crescimento radicular e caulinar das plantas, a expansão foliar, a produção de um maior número de frutos e maior rendimento. A enxertia não afeta o peso médio e tamanho dos frutos. Com uso da solução nutritiva de CE $2,6 \text{ dS m}^{-1}$, é possível obter frutos com maior concentração de açúcares de plantas enxertadas do que de plantas não enxertadas. A condutividade elétrica da solução nutritiva de $2,6 \text{ dS m}^{-1}$ favorece a expansão foliar, a produção de um maior número de frutos e, conseqüentemente, seu rendimento. Os dados obtidos mostram a viabilidade técnica do cultivo do tomateiro do tipo saladete em sistema de cultivo em substrato sem drenagem.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L.; estresse abiótico; porta-enxerto; salinidade.

Abstract

OLIVEIRA, Fabiane Kletke. **Tomato cultivation in a drainage-free system: agronomic responses to different substrates and plant grafting under different electrical conductivities of the nutrient solution.** Orientadora: Roberta Marins Nogueira Peil. 2024. 120 f. Tese (Doctorate degree in Agronomy) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

In the agricultural sector, the demand for reducing impacts on the environment is growing. Systems that seek to optimize the use of water, fertilizers and cultivation media have gained ground among producers. The drainageless cultivation system has this potential, in addition to being another alternative to substrate cultivation. As it is a more complex system, as it tends to salinize the substrate and root environment, it is necessary to study the viability and adaptation of different substrates to this system. Grafting in vegetables has grown considerably and has been a management alternative for overcoming adverse soil cultivation conditions, going beyond just conferring resistance to soil pathogens, as it is also used to overcome abiotic stresses. In this sense, grafting can be an ally in soilless cultivation, as, according to producers' experiences, the technique, in addition to ensuring greater vigor, can give the grafted plants a greater capacity to absorb water and mineral nutrients, and increase longevity of plants. This thesis seeks to resolve some questions about the behavior of two substrates and the performance of grafted tomato plants in cultivation systems without drainage subjected to different electrical conductivities of the nutrient solution, given that studies are practically non-existent, and there is not enough scientific evidence that prove their productive superiority. Therefore, this work aims to assess the effect of substrates, grafting and electrical conductivity on growth as well as evaluate fruit productivity and quality in soilless cultivation systems under appropriate temperature and light conditions. The work was carried out in a cultivation system on fresh rice husk substrate and commercial substrate. The variables analyzed were regarding plant growth (number of leaves, leaf area index, leaf area, specific leaf area, dry mass of root, stem, leaves, fruits and total) and production (number, average weight, production, total soluble solids content and fruit size). The commercial substrate promoted greater production of dry mass of stem, leaves, fruits and total, number of fruits, fruit production and total soluble solids. Fresh rice husk promoted a higher concentration of fruit sugars (SST). The electrical conductivity of the nutrient solution of 1.3 dS m⁻¹ favors the average fruit weight and, consequently, a higher fruit yield. EC 2.6 dS m⁻¹ favors the production of stem, leaf and total dry mass. Plant grafting favors root and stem growth of plants, leaf expansion, production of a greater number of fruits and greater yield. Grafting does not affect the average weight and size of the fruits. Using a nutrient solution with EC 2.6 dS m⁻¹, it is possible to obtain fruits with a higher concentration of sugars from grafted plants than from non-grafted plants. The electrical conductivity of the nutrient solution of 2.6 dS m⁻¹ favors leaf expansion, the production of a greater number of fruits and, consequently, its yield. The data obtained show the technical feasibility of growing salad tomato plants in a cultivation system in substrate without drainage.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L.; abiotic stress; rootstock; salinity.

Lista de Figuras

Projeto de Pesquisa

Figura 1	Quadro com atividades previstas para o ano de 2019.....	43
Figura 2	Quadro com atividades previstas para o ano de 2020.....	43
Figura 3	Quadro com atividades previstas para o ano de 2021.....	43
Figura 4	Quadro com atividades previstas para o ano de 2022.....	43

Artigo I

Figura 1	Médias semanais da temperatura máxima (°C), média (°C), mínima (°C) e umidade relativa (UR %) do ar no interior da estufa durante o período do experimento. Ciclo verão/outono no ano de 2020, Capão do Leão/RS.....	61
Figura 2	Médias semanais da radiação solar global no exterior da estufa durante o período do experimento. Ciclo verão/outono no ano de 2020. Capão do Leão/RS.....	62
Figura 3	Controlador automático de irrigação MRI® e cápsulas porosas sendo instaladas no substrato comercial (esquerda) e na casca de arroz in natura (direita).....	64
Figura 4	Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre a produção de massa seca de caule, folha, frutos e total de plantas de tomateiro saladete em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2020.....	68
Figura 5	Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre massa seca de raiz, volume de raiz e índice de área foliar de plantas de	

	tomateiro em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2020.....	70
Figura 6	Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre o número de frutos, peso médio de frutos, produção de frutos e sólidos solúveis totais (°Brix) dos frutos de tomateiro saladete em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2020.....	72
Figura 7	Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre a condutividade elétrica do drenado residual originado pelo cultivo de plantas de tomateiro em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2020.....	73
 Artigo II		
Figura 1	Médias semanais da temperatura máxima (°C), média (°C), mínima (°C) e umidade relativa (UR %) do ar no interior da estufa durante o período do experimento. Ciclo verão/outono no ano de 2021, Capão do Leão/RS.....	88
Figura 2	Médias semanais da radiação solar global no exterior da estufa durante o período do experimento. Ciclo verão/outono no ano de 2021. Capão do Leão/RS.....	89
Figura 3	Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre a produção de massa seca de raiz, caule, folha, frutos e total, área foliar e área foliar específica de plantas de tomateiro saladete em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2021.....	6
Figura 4	Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre o volume de raiz de plantas de tomateiro enxertadas e não enxertadas em	

	sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2021.....	97
Figura 5	Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre o número de frutos, peso médio de frutos, produção de frutos e tamanho dos frutos (altura e diâmetro transversal) de tomateiro saladete em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2021.....	99
Figura 6	Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre sólidos solúveis totais (SST) de frutos de plantas de tomateiro enxertadas e não enxertadas em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2021.....	100
Figura 7	Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre o volume de drenagem residual originado pelo cultivo de plantas de tomateiro enxertadas e não enxertadas em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2021.....	101

Lista de Tabelas

Projeto de tese

Tabela 1	Material de consumo.....	41
Tabela 2	Diárias e passagens.....	42
Tabela 3	Serviços de terceiros.....	42
Tabela 4	Despesas de capital.....	42
Tabela 5	Orçamento Geral.....	42

Artigo I

Tabela 1	Características físicas, condutividade elétrica e pH dos substratos casca de arroz <i>in natura</i> e substrato comercial ¹ ao início do ciclo de cultivo, empregados no cultivo de tomateiro saladete.....	63
Tabela 2	Efeitos do fator substrato sobre produção de massa seca do caule, folhas, frutos e total de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2020	67
Tabela 3	Interação dos fatores substrato e condutividade elétrica da solução nutritiva para as variáveis massa seca de raiz, volume de raiz e índice de área foliar (IAF) de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2020.....	69
Tabela 4	Efeitos do fator substrato sobre o número de frutos (N° frutos), peso médio, produção de frutos e sólidos solúveis totais dos frutos de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2020.....	71

Tabela 5	Interação dos fatores substrato e condutividade elétrica da solução nutritiva para a variável condutividade elétrica do drenado de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2020.....	73
----------	--	----

Artigo II

Tabela 1	Características físicas, condutividade elétrica e pH do substrato comercial ¹ ao início do ciclo de cultivo, empregados no cultivo de tomateiro saladete.....	91
Tabela 2	Quantidades de fertilizantes utilizados em função das condutividades elétricas da solução nutritiva empregadas no cultivo de tomateiro saladete, em sistema sem drenagem, em um ciclo de 173 dias.....	93
Tabela 3	Efeitos do fator enxertia sobre a produção de massa seca de raiz, caule, folha, fruto e total, área foliar (AF) e área foliar específica (AFE) de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2021.....	95
Tabela 4	Interação dos fatores enxertia e condutividade elétrica da solução nutritiva para a variável volume de raiz de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2021.....	97
Tabela 5	Efeitos do fator enxertia sobre o número (N° frutos), peso médio, produção e tamanho (altura e diâmetro transversal) dos frutos de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2021.....	98

Tabela 6	Interação dos fatores enxertia e condutividade elétrica da solução nutritiva para a variável sólidos solúveis totais (SST) de frutos de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2021.....	100
Tabela 7	Interação entre os fatores enxertia e condutividade elétrica da solução nutritiva para a variável volume do drenado residual originado pelo sistema de cultivo com plantas de tomateiro saladete. Capão do Leão/RS, 2021.....	101

Sumário

1 Introdução.....	18
2 Projeto de Pesquisa.....	23
3 Relatório de Trabalho de Campo.....	52
4 Artigo I: Práticas de manejo do tomateiro em sistema sem drenagem: substratos e condutividade elétrica da solução nutritiva.....	56
1 Introdução.....	58
2 Material e Métodos.....	61
3 Resultados.....	68
3.1 Variáveis relacionadas ao crescimento.....	68
3.2 Variáveis relacionadas aos aspectos produtivos.....	71
3.3 Variáveis relacionadas ao sistema.....	73
4 Discussão.....	74
5 Conclusões.....	78
6 Referências.....	79
5 Artigo II: Crescimento e produção de plantas enxertadas e não enxertadas de tomateiro cultivadas com diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva em sistema sem drenagem.....	83
1 Introdução.....	85
2 Material e Métodos.....	87
3 Resultados.....	95
3.1 Variáveis relacionadas ao crescimento.....	95
3.2 Variáveis relacionadas aos aspectos produtivos.....	98
3.3 Variáveis relacionadas ao sistema de cultivo.....	101
4 Discussão.....	102
5 Conclusões.....	107
6 Referências Bibliográficas.....	108
6 Considerações Finais.....	114
7 Referências.....	115

1 Introdução

O cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) em ambiente protegido tem se destacado como uma prática agrícola cada vez mais adotada em diversas regiões do mundo. A utilização de ambientes controlados oferece algumas vantagens, como a proteção contra intempéries, a possibilidade de manejo otimizado das condições climáticas, manejo mais efetivo contra problemas fitossanitários que resultam em um produto de qualidade superior, além da regularidade na oferta.

O sistema de produção em ambiente protegido tem permitido diferentes manejos com as plantas, buscando maior qualidade, sabor, produtividade e por possibilitar a produção em períodos de entressafra. No campo, é limitado o manejo dos fatores ambientais, consistindo fundamentalmente em ajustar as culturas ao ambiente, por meio da determinação de épocas de cultivo e da busca de resistência a fatores adversos como ventos, excesso ou escassez de chuvas, dentre outros (Andriolo, 1999). No entanto, para maximizar o potencial produtivo e a qualidade dos frutos, é essencial considerar não apenas o ambiente de cultivo, mas também aspectos relacionados ao sistema de cultivo, substratos e meios de tolerância das plantas à problemas fitossanitários.

Grande parte do cultivo de tomate em ambiente protegido é realizado diretamente no solo. O uso intensivo do solo pode acarretar problemas ambientais e com patógenos de solo, que afetam o sistema radicular das plantas, ou causar a sua salinização. Em ambiente protegido os problemas de salinização podem, ainda, ser maiores em virtude de não haver lavagem dos sais pelas águas das chuvas, como ocorre naturalmente em áreas cultivadas a céu aberto (Silva, 2013). Buscando uma maior eficiência no sistema de cultivo em ambiente protegido, o cultivo em substrato apresenta diversas vantagens, como a otimização do uso da água e fertilizantes, diminuição do uso de agroquímicos, alta produtividade e qualidade dos produtos.

Este tipo de cultivo vem crescendo substancialmente no Brasil e se apresenta como uma alternativa, proporcionando maior rendimento e qualidade da produção, bem como, economia de energia e a redução da ocorrência de doenças. Além disso, através deste sistema de cultivo se desvincula a produção do nível de fertilidade do solo adicionalmente, otimiza-se o uso da área, dispensando a rotação de culturas e o controle de plantas concorrentes (Cogo, 2009).

A utilização de substratos assim como técnicas de manejo e o uso da enxertia de plantas tem sido alternativas buscadas pelo produtor para otimizar a produção do cultivo em ambientes protegidos. A escolha de um substrato adequado pode contribuir significativamente para o sucesso da produção, garantindo um ambiente de crescimento propício para as plantas. De Boodt e Verdonck (1972), justificam que um substrato ideal deve apresentar uma porosidade total (PT) em torno de 85%, espaço de aeração (EA) entre 20 e 40%, água facilmente disponível (AFD) entre 20 e 30% e água tamponante (AT) entre 4 e 10%.

Diversos estudos têm sido desenvolvidos no sistema de cultivo em substratos, buscando materiais com potencial uso como substrato, considerando a sua disponibilidade, custo e a possibilidade de uso dos resíduos agrícolas produzidos em cada região. Na região de Pelotas, estudos com a casca de arroz *in natura* (Neutzling *et al.*, 2018; Perin *et al.*, 2018), e com adição de condicionadores (Signorini, 2020) tem sido desenvolvidos para diferentes culturas e sistemas de produção, com resultados promissores.

A casca de arroz *in natura* (CAIN) apresenta características de boa aeração, baixa compactação e alta drenagem, características que são valorizadas no cultivo de hortaliças em substratos. Além disso, a CAIN apresenta baixa ou nula capacidade de troca catiônica, característica interessante, que diminui o risco de salinização do substrato. Porém, apresenta baixa capacidade de retenção de água (CRA), em torno de 7,9 a 15,2 % (Rosa, 2015; Dutra, 2019), o que obriga a regas mais frequentes para o suprimento da demanda de água e nutrientes.

Outras opções de substratos que podem ser usados nesse sistema de cultivo, são os substratos comerciais (SC). De uma forma generalista, quando comparados à CAIN, possuem maior CRA e CTC, características que proporcionam redução do número de regas ao dia, porém, possíveis chances de salinização desse substrato.

De acordo com Ayers e Westcot (1991) o desempenho do tomateiro é reconhecidamente prejudicado quando vegeta em ambiente salino (solo/substratos) 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 $2,5 \text{ dS m}^{-1}$. A tolerância das culturas à salinidade é afetada por diversos fatores como o estágio de desenvolvimento no momento da exposição aos sais, duração da exposição aos sais, condições ambientais, propriedades físicas e químicas do solo e do tipo e intensidade do manejo (Maas, 1990).

O aumento da salinidade no solo por excesso de fertilizantes, além de alterar o potencial osmótico do meio provoca, entretanto, desequilíbrios nutricionais e mesmo o solo úmido e com nutrientes, esses não são absorvidos pelas plantas, seja por desequilíbrio nutricional ou por efeito osmótico (Silva, 2013). O acúmulo de sais solúveis no substrato ou na água de irrigação pode afetar negativamente o crescimento das plantas, reduzindo a absorção de água e nutrientes, e comprometendo a qualidade e o rendimento dos frutos. Portanto, compreender os efeitos da salinidade e implementar medidas adequadas de manejo são essenciais para minimizar os impactos negativos e garantir o sucesso do cultivo.

Em hortaliças da família das solanáceas, como o pimentão e o tomate, um dos principais problemas relacionados ao estresse salino é a elevada incidência de frutos com podridão apical (Rubio *et al.*, 2009), reduzindo consideravelmente a produção de frutos de padrão comercial. A podridão apical é uma das desordens fisiológicas mais importantes do tomateiro, considerada como um sintoma da deficiência de cálcio nos frutos, sendo o distúrbio abiótico que mais influencia a produtividade comercial. A baixa incidência de podridão apical é considerada fator chave para evitar perdas no rendimento da cultura (Loos *et al.*, 2008). Esta desordem é causada não somente pela baixa absorção de cálcio, mais ainda por condições que afetam a distribuição do cálcio para os frutos, como a baixa mobilidade deste nutriente e a elevada taxa de crescimento dos frutos (Fontes, 2003).

Dentre os parâmetros de rendimento do tomateiro afetados pelo estresse salino, os efeitos mais visíveis são a maior incidência no abortamento de flores, menor número de frutos, redução no tamanho dos frutos, e redução na massa média de frutos, resultando em perdas na produção de frutos comerciais (Campos *et al.*, 2006; Medeiros *et al.*, 2011).

A fertirrigação sem drenagem pode modificar o gasto de nutrientes das plantas devido ao acúmulo diferencial de nutrientes na solução do substrato (Wamser *et al.*, 2017), o que pode gerar problemas de elevada salinidade. Uma vez que as características do substrato podem afetar fortemente as condições da solução no meio radicular e que a demanda de nutrientes e a resposta à salinidade são dependentes do fator genético, a avaliação de substratos neste sistema, bem como o estudo de distintos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva para o cultivo de determinada variedade comercial de tomateiro são necessários.

Uma técnica que tem sido adotada para superar efeitos adversos e problemas com patógenos de solo é o uso da enxertia de plantas. O principal objetivo ao utilizar a enxertia de hortaliças é, segundo Peil (2003), obter resistência a doenças do solo e, portanto, possibilitar o cultivo de determinadas variedades e espécies em áreas contaminadas por patógenos. O porta-enxerto resistente se mantém sadio, assumindo a função de absorver água e nutrientes do solo, ao mesmo tempo em que isola a cultivar sensível do patógeno ou de condição desfavorável presente no solo.

Porém, já existem disponíveis variedades tolerantes a salinidade e que são usadas como porta-enxertos. O uso de variedades de porta-enxertos tolerantes é uma boa estratégia de adaptação ao estresse salino (Huang *et al.*, 2009; Penella *et al.*, 2017). Especificamente ao estresse salino e hídrico, a influência do porta-enxerto na tolerância de uma copa pode ser relacionada a um controle mais eficiente das funções estomáticas (mudanças na regulação estomática e nas relações hídricas), manutenção da fotossíntese, além de um sistema radicular maior e vigoroso, capaz de absorver água e nutrientes com muito mais eficiência (Aloni *et al.*, 2010, Penella *et al.*, 2017).

Diante dos benefícios da utilização da enxertia em hortaliças associado ao cultivo em ambiente protegido, são práticas que podem ser boas aliadas para a solução de problemas adversos frente ao cultivo de tomate. Com isso, se faz necessário estudos relacionados ao manejo, testes de associação de enxertos e porta-enxertos, substratos, soluções nutritivas que levem à melhores respostas de superação desses fatores adversos aliados com menor custo de produção e aumento de produtividade.

Este trabalho tem as seguintes hipóteses: as respostas de crescimento e produtivas das plantas à salinidade do meio radicular, imposta por uma maior condutividade elétrica da solução nutritiva, serão diferentes para os substratos casca de arroz *in natura* e o substrato comercial, devido às características físicas e químicas de cada substrato; plantas enxertadas se adaptam melhor a valores mais elevados de condutividade elétrica da solução no substrato e, conseqüentemente, ao sistema sem drenagem do lixiviado, devido a sua maior tolerância à salinidade, pois apresentam maior crescimento radicular; as plantas enxertadas teriam um sistema radicular mais desenvolvido, possibilitando maior aporte de água e nutrientes, e dessa forma podem promover maior crescimento da parte área e melhores resultados produtivos;

Dentro do contexto apresentado, esta pesquisa foi formalizada em dois artigos científicos. No primeiro artigo, buscou-se avaliar o desempenho de dois substratos e da condutividade elétrica da solução nutritiva e avaliar seus efeitos sobre as respostas de crescimento, produtivas e de qualidade dos frutos do tomateiro cultivadas em sistema sem drenagem. Com o segundo artigo objetivou-se avaliar o efeito da enxertia e da condutividade elétrica da solução nutritiva quanto ao crescimento, às respostas produtivas e de qualidade dos frutos do tomateiro cultivadas em sistema sem drenagem.

2 Projeto de Pesquisa



**Ministério da Educação
Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de
Produção Agrícola Familiar**



Exame de Qualificação de Doutorado

Projeto de Tese

Cultivo do tomateiro em substrato sem drenagem: respostas fisiológicas e agronômicas à enxertia de plantas e à condutividade elétrica da solução nutritiva

Doutoranda: Fabiane Kletke de Oliveira

Orientadora: Prof. Dra. Roberta Marins Nogueira Peil

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Grolli

Pelotas, 2020

Instituição:

Universidade Federal de Pelotas (UFPeI), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Departamento de Fitotecnia (DFt), Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar.

Equipe:

- Fabiane Kletke de Oliveira – Eng. Agr., Ms., Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista CAPES, UFPeI / FAEM. Responsável.
- Roberta Marins Nogueira Peil – Prof.^a, Dr., Departamento de Fitotecnia, UFPeI / FAEM. Orientadora.
- Paulo Roberto Grolli – Prof., Dr., Departamento de Fitotecnia, UFPeI / FAEM. Coorientador.
- Cristiane Neutzling - Eng. Agr., Ms, Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista CAPES, UFPeI / FAEM. Participante.
- Mussa Mamudo Sale – Eng. Agr., Ms, Discente do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Bolsista CAPES, UFPeI / FAEM. Participante.

1 ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

O tomateiro é uma das espécies mais cultivadas no mundo, sendo que o Brasil é o 9º produtor mundial. Em 2016, o Brasil produziu 4.167.629 toneladas, em uma área de aproximadamente 64 mil hectares, atingindo uma produção média de 65,14 toneladas por hectare, segundo Food and Agriculture Organization (FAO) (2018 *apud* Companhia Nacional de Abastecimento — CONAB, 2019). No Estado do Rio Grande do Sul, o volume de produção gira em torno de 115 mil toneladas, ocupando uma área de 1.750 hectares. O total de produtores envolvidos na produção de tomate no Estado é de 3.200.

Entretanto, sua produção envolve o uso de recursos caros e limitados, como água e fertilizantes. O cultivo do tomateiro em ambiente protegido é uma estratégia utilizada por agricultores para estender o período de produção através da manutenção de condições mais favoráveis para o desenvolvimento da cultura, protegendo-a das adversidades climáticas, buscando aumento de produtividade e qualidade e viabilizando o fornecimento em períodos de entressafra.

A maioria dos cultivos de tomate em ambiente protegido é realizada diretamente no solo. Entretanto, o uso intensivo da mesma área pode acarretar problemas com patógenos de solo, que afetam o sistema radicular das plantas, ou causar a sua salinização. A salinidade e a escassez de água são duas das maiores restrições ambientais que as culturas têm de enfrentar no cenário de mudanças climáticas (Penella *et al.*, 2017).

Uma forma rápida e eficiente de superar esses estresses sob o prisma de um manejo sustentável da cultura é a utilização da enxertia, combinando a cultivar desejada com um porta enxerto tolerante a estresses abióticos (Feng *et al.*, 2019).

Outra alternativa para tais problemas é o cultivo sem solo. Entre os sistemas de cultivo sem solo empregados para o cultivo de hortaliças, destacam-se a hidroponia e o cultivo em substrato. Estes sistemas têm proporcionado melhor estado fitossanitário das plantas, maior eficiência no uso da água e dos fertilizantes e eliminação dos custos com o manejo do solo.

No entanto, o cultivo hidropônico é sensível às quedas de energia elétrica, pois demanda uma alta frequência de fornecimento da solução. Diferentemente, quando o cultivo é realizado em substrato, há uma certa flexibilidade quanto a estas

influências externas, pois o volume de substrato confere segurança ao cultivo, pois se configura em uma reserva de água e nutrientes.

Nos sistemas de cultivo em substrato, estudos têm sido feitos com diferentes materiais de fácil aquisição e passíveis de reciclagem (Peil *et al.*, 2014), como a fibra de coco (Melo, 2015; Wamser *et al.*, 2017), casca de arroz na forma carbonizada (CAC) (Becker *et al.*, 2020) e *in natura* (CAIN) (Peil *et al.*, 2014; Neutzling, 2018 *et al.*; Perin *et al.*, 2018). A fibra de coco apresenta excelentes características para ser usada como substrato para plantas. Entretanto, chega aos produtores do RS com um elevado valor, em parte devido ao seu transporte, uma vez que é produzido na região nordeste do Brasil. Assim, acredita-se que em sistemas de cultivo em substrato, o emprego da casca de arroz traria uma série de vantagens ao produtor.

A casca de arroz tem mostrado resultados promissores (Perin *et al.*, 2018, Becker *et al.*, 2020) e, na região sul do Rio Grande do Sul, sua escolha é devida à alta disponibilidade em função da cultura do arroz estar estabelecida em grande área, com um importante parque de indústrias de processamento desse grão. A casca de arroz pode ser considerada um contaminante ambiental quando não descartada de forma correta, devido às elevadas quantidades produzidas. Assim, o seu uso como substrato para o cultivo de plantas pode trazer grandes benefícios do ponto de vista econômico ao produtor, devido ao seu baixo custo, e ambiental, uma vez que dá um fim adequado a um resíduo abundante, considerado um passivo ambiental.

Pode ser usada na composição de misturas, na forma carbonizada ou *in natura* para o cultivo de plantas (Strassburger *et al.*, 2011; Perin *et al.*, 2018; Becker *et al.*, 2020).

A CAC apresenta boa estabilidade física e química, possui baixa densidade, permitindo aeração e drenagem adequadas. Todavia, sua utilização em larga escala apresenta dificuldades relacionadas ao processo de carbonização, por ser um processo oneroso, que dispense mão de obra e tempo. Além disso, também pode ser prejudicial ao operador devido aos gases produzidos durante o processo. A CAIN também apresenta características de boa aeração, baixa compactação e alta drenagem, características que são valorizadas no cultivo de hortaliças em substratos. Além disso, a CAIN apresenta baixa ou nula capacidade de troca catiônica, característica interessante, que diminui o risco de salinização do substrato. Porém, apresenta muito baixa capacidade de retenção de água (CRA), em torno de 7,9 a 15,2

% (Rosa, 2015; Dutra, 2019), o que obriga a regas mais frequentes para o suprimento da demanda de água e nutrientes.

Outras opções de substratos que podem ser usados nesse sistema de cultivo, são os comerciais (SC). As características físicas e químicas de cada substrato são variáveis de acordo com a empresa que os produz e comercializa, decorrentes dos materiais e proporções utilizados. De uma forma generalista, quando comparados à CAIN, possuem maior CRA e CTC, características que proporcionam redução do número de regas ao dia, porém, possíveis chances de salinização desse substrato.

O manejo da nutrição das plantas no cultivo em substrato se baseia na aplicação de solução nutritiva completa, via fertirrigação, de modo a propiciar adequado estado nutricional às plantas. Como a adição de fertilizantes é feita via água de irrigação e a concentração salina da água é proporcional à quantidade de sais dissolvidos (Resh, 1996), a salinização do substrato pode ocorrer de acordo com o manejo adotado. Geralmente, o fornecimento de solução nutritiva se dá acima da capacidade de retenção do substrato e de forma a promover uma certa porcentagem de drenagem em relação ao volume aplicado (Sanjuán; Urrestarazu, 2001). A porcentagem ou fração de drenagem empregada em um sistema pode ser variável de acordo com a qualidade da água de irrigação, mais especificamente da sua condutividade elétrica (CE), sendo maior quanto maior for a CE da água (Miranda *et al.*, 2011), assim como, o substrato utilizado, as condições climáticas locais e a tolerância da espécie frente ao déficit hídrico e à salinidade. No Brasil, ainda são muito utilizados os sistemas de cultivos abertos, ou seja, com drenagem livre da solução excedente à capacidade máxima de retenção do substrato. A 'lavagem' do substrato, através de um determinado volume de solução excedente é utilizada a fim de reduzir possíveis problemas de salinização do meio de cultivo. Como consequência, há um elevado desperdício de água e fertilizantes e a promoção de contaminação ambiental, através da lixiviação de nutrientes para o solo e lençol freático.

A utilização de sistemas de cultivo em substrato com recirculação da solução nutritiva, isto é, com coleta e reutilização da solução nutritiva drenada, reduz esses impactos ambientais e o desperdício de água e fertilizantes, uma vez que as perdas são mínimas (Peil; Signorini, 2018). Entretanto, exige adequação da estrutura de cultivo, o que gera maiores custos com canais de coleta e recondução do lixiviado, o qual deve ser corretamente manejado. A incorporação do lixiviado à solução no reservatório pode causar alterações substanciais nas características desta, uma vez

que a composição e o pH do lixiviado são alterados em relação às características iniciais da solução de entrada. O grau de alteração depende das propriedades do substrato e da absorção diferenciada dos íons nutrientes ao passarem pelas raízes. Desta maneira, maior conhecimento técnico e tempo são necessários para o correto manejo da solução nutritiva, o que tem dificultado a adoção em maior escala dos sistemas recirculantes em substratos no país.

Como alternativa aos sistemas aberto e recirculante, o sistema de cultivo em substrato sem drenagem surge como uma proposta para minimização dos problemas citados. Nesse sistema, a solução nutritiva é disponibilizada frequentemente, conforme a demanda evapotranspiratória da cultura, sem a aplicação em excesso de solução nutritiva e consequente drenagem da mesma (Gratieri, 2012). No Brasil, alguns estudos foram realizados com a utilização desse sistema para hortaliças de fruto, como o melão (Gratieri, 2012), pimentão (Wamser *et al.*, 2017) e minitomate (Bezerra, 2015). No entanto, são desconhecidos estudos com outros tipos de variedades de mesa de tomateiro, como o saladete.

A fertirrigação sem drenagem pode modificar o gasto de nutrientes das plantas devido ao acúmulo diferencial de nutrientes na solução do substrato (Wamser *et al.*, 2017), o que pode gerar problemas de elevada salinidade. Uma vez que as características do substrato podem afetar fortemente as condições da solução no meio radicular e que a demanda de nutrientes e a resposta à salinidade são dependentes do fator genético, a avaliação de substratos neste sistema, bem como o estudo de distintos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva para o cultivo de determinada variedade comercial de tomateiro são necessários.

Uma vez que existem poucos estudos sobre substratos para o sistema sem drenagem, pode-se inferir que substratos com uma baixa CTC, como a casca de arroz, traria menor risco de salinização do meio radicular. No entanto, a baixa CRA deste material pode dificultar a ausência de drenagem, que é o objetivo fundamental do sistema. Por outro lado, substratos comerciais, resultantes de diferentes misturas de materiais e que, comumente, contêm composto orgânico na sua composição, apresentam maior CRA, mas representam um maior risco de salinização devido à maior CTC.

A resposta das plantas sob diferentes condições de salinidade é um fenômeno extremamente complexo, envolvendo alterações morfológicas e de crescimento, além de processos fisiológicos e bioquímicos (Paiva, 2017). Em nível molecular e

fisiológico, o estresse salino impõe o estresse oxidativo induzido por espécies reativas de oxigênio (ROS), que leva a desequilíbrios iônicos e nutricionais e mudanças osmóticas nas plantas (Ashraf *et al.*, 2018). Essas alterações no metabolismo, induzidas pela salinidade, podem levar a danos oxidativos, perturbações nas vias metabólicas e em várias respostas fisiológicas da planta, dentre as quais se destacam as modificações no crescimento, comportamento estomático e capacidade fotossintética (Paiva, 2017; Assaha *et al.*, 2017; Rahman *et al.*, 2019). No entanto, as plantas tem mecanismos para neutralizar o estresse salino, ocorrendo mudanças em nível morfológico, bioquímico, fisiológico e de desenvolvimento (Assaha *et al.*, 2017; Rahman *et al.*, 2019). Em geral, essas alterações metabólicas induzidas pela salinidade e para neutralizar o estresse salino resultam na redução da produção e qualidade comercial das colheitas (Alfosea-Simón *et al.*, 2020). No entanto, os prejuízos causados dependem da sua duração e sua severidade, e do estágio de desenvolvimento da mesma (Garcia *et al.*, 2010).

Embora a cultura do tomateiro seja considerada como moderadamente sensível aos efeitos da salinidade em condições de condutividade elétrica acima de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Ayers; Westcot, 1999), é uma das poucas hortaliças possíveis de ser produzida de forma comercial em condições de solos salinos, como algumas áreas do sudeste espanhol, onde a salinidade da água de irrigação pode alcançar valores superiores a 10 dS m^{-1} .

O potássio é um dos principais macronutrientes cuja absorção é prejudicada em condições de alta salinidade. É o primeiro nutriente mais acumulado pelo tomateiro (Fayad *et al.*, 2002), tendo a seguinte distribuição nos órgãos folhas, caule, raízes e frutos: 27; 18; 1 e 54%, respectivamente (Prado *et al.*, 2011). O potássio é considerado o nutriente da qualidade, devido aos seus importantes efeitos nos produtos, afetando atributos como a cor, tamanho, acidez, resistência ao transporte, manuseio, armazenamento, valor nutritivo e qualidades industriais (Raij, 1990). Sob condições de estresse com NaCl, a concentração de potássio no tecido foliar tende a decrescer, influenciando negativamente o crescimento das plantas (Paiva, 2017).

O cálcio é outro macronutriente cuja absorção e transporte na planta são fortemente afetados pela salinidade. De acordo com Prado *et al.* (2011), o cálcio é o terceiro macronutriente mais absorvido pelo tomateiro, e apresenta a seguinte distribuição nas folhas, caule, raízes e frutos: 70; 26; 2 e 2%, respectivamente. É importante na ativação enzimática, na regulação do movimento de água nas células e

é essencial para a divisão celular (Malavolta, 2006). Uma vez incorporado ao tecido celular, o cálcio é imóvel, daí a necessidade de suprimento constante para atender ao crescimento do fruto.

Em hortaliças da família das solanáceas, como o pimentão e o tomate, um dos principais problemas relacionados ao estresse salino é a elevada incidência de frutos com podridão apical (Rubio *et al.*, 2009), reduzindo consideravelmente a produção de frutos de padrão comercial. A podridão apical é uma das desordens fisiológicas mais importantes do tomateiro, considerada como um sintoma da deficiência de cálcio nos frutos, sendo o distúrbio abiótico que mais influencia a produtividade comercial. A baixa incidência de podridão apical é considerada fator chave para evitar perdas no rendimento da cultura (Loos *et al.*, 2008). Esta desordem é causada não somente pela baixa absorção de cálcio, mais ainda por condições que afetam a distribuição do cálcio para os frutos, como a baixa mobilidade deste nutriente e a elevada taxa de crescimento dos frutos (Fontes, 2003).

Os fatores mais prováveis para a ocorrência de podridão apical também podem estar relacionados com alta umidade relativa do ar no período de frutificação, com a diminuição do fluxo transpiratório e de nutrientes para a parte aérea, influenciando a redistribuição de Ca^{+2} para frutos (Paiva *et al.*, 1998). Por outro lado, condições que levem a uma elevada taxa transpiratória e/ou uma alta taxa de crescimento dos frutos, como reduzida umidade relativa e alta temperatura, frequentes em estufas de cultivo, também podem prejudicar a distribuição do cálcio para os frutos.

Dentre os parâmetros de rendimento do tomateiro afetados pelo estresse salino, os efeitos mais visíveis são a maior incidência no abortamento de flores, menor número de frutos, redução no tamanho dos frutos, e redução na massa média de frutos, resultando em perdas na produção de frutos comerciais (Campos *et al.*, 2006; Medeiros *et al.*, 2011). No entanto, ocorre aumento da concentração de sólidos solúveis e aumento da qualidade organoléptica dos frutos. Em níveis moderados, o uso de água salina na irrigação pode melhorar a qualidade dos produtos hortícolas, aumentando o conteúdo de matéria seca e a concentração de açúcar na fruta (Ling Li *et al.*, 2001).

Poucos registros de estudos no sistema sem drenagem são encontrados na literatura. Espera-se um adequado crescimento e produtividade das plantas de tomateiro no sistema devido à reconhecida tolerância da espécie à salinidade (Silva, 2017), porém, as respostas, possivelmente, sejam dependentes das condições de

cultivo, como o substrato e a condutividade elétrica da solução nutritiva, e da cultivar empregada. Em estudo sobre o manejo da fertirrigação na produção de minitomate em sistema sem drenagem, Bezerra (2015) observou que os manejos de fertirrigação testados não influenciaram o desenvolvimento vegetativo do tomateiro, produtividade total e o número de frutos por planta.

Além do fator genético, e considerando o maior vigor das raízes de plantas enxertadas (Peil; Galvez, 2005; Silva *et al.*, 2016), levanta-se a hipótese de que a enxertia poderia representar também uma ferramenta útil a ser associada ao cultivo em substrato sem drenagem para superar problemas de salinidade do meio radicular. O uso da enxertia surgiu como uma ferramenta potencial para aumentar rapidamente a eficiência de genótipos de alto rendimento para maior adaptabilidade ou resistência a diferentes estresses (Kumar *et al.*, 2017).

Tomateiros enxertados podem ser mais resistentes a doenças do solo como *Fusarium*, *Phytophthora* e nematoides (Kubota *et al.*, 2008), também é uma forma eficaz de superar estresses bióticos e abióticos (Keatinge *et al.*, 2014; Schwarz *et al.*, 2010) e pode aumentar a tolerância das plantas à seca (Penella *et al.*, 2017), salinidade (Colla *et al.*, 2010; Penella *et al.*, 2017; Koleska *et al.*, 2018) e variações de temperatura (Venema *et al.*, 2008), melhoram a qualidade da fruta (Grieneisen *et al.*, 2018; Keatinge *et al.*, 2014) e promovem o aumento da produção (Huang *et al.*, 2009). Esses benefícios são possíveis de acordo com as características das cultivares usadas como porta enxerto e copa, uma vez que a planta enxertada ganha vantagens das duas partes.

O uso de variedades de porta-enxertos tolerantes é uma boa estratégia de adaptação ao estresse salino (Huang *et al.*, 2009; Penella *et al.*, 2017). Vários estudos relataram que o enxerto de plantas em variedades de porta-enxertos tolerantes à salinidade pode aumentar sua tolerância a este fator de estresse, limitando o transporte de Na^+ e Cl^- para a parte aérea (Colla *et al.*, 2012; Estañ *et al.*, 2005), aumentando a atividade de enzimas antioxidantes (He *et al.*, 2009) e alterando a distribuição hormonal (Holbrook *et al.*, 2002) para se adaptar ao ambiente salino.

Diversos autores já demonstraram bons resultados com o uso da enxertia de plantas (Lee *et al.*, 2010; Nawaz *et al.*, 2016). A justificativa para os bons resultados obtidos reside na presença de um sistema radicular mais desenvolvido e vigoroso, resistente a patógenos e tolerantes a oscilações de temperatura, estresses por

salinidade e estresses hídricos, inerentes aos materiais empregados como porta enxertos.

Especificamente ao estresse salino e hídrico, a influência do porta-enxerto na tolerância de uma copa pode ser relacionada a um controle mais eficiente das funções estomáticas (mudanças na regulação estomática e nas relações hídricas), manutenção da fotossíntese, além de um sistema radicular maior e vigoroso, capaz de absorver água e nutrientes com muito mais eficiência (Aloni *et al.*, 2010, Penella *et al.*, 2017). Essas características, associadas ao sistema de cultivo e manejo da solução nutritiva adotado, podem suprir a planta de mais água e elementos minerais, permitindo maior crescimento, desenvolvimento e, conseqüentemente, aumento de produção.

Estudos sobre o comportamento fisiológico e produtivo de plantas enxertadas de tomateiro no sistema sem drenagem são desconhecidos. Tampouco, há estudos que indiquem se há diferenças entre a tolerância à salinidade e à absorção de nutrientes de plantas enxertadas de tomateiro em relação às plantas de pé franco nesse sistema.

Diante dos benefícios de economia de água e fertilizantes e reduzida contaminação ambiental associados ao emprego de um sistema de cultivo em substrato sem drenagem, surge a necessidade de gerar conhecimento sobre o potencial de uso de substratos com distintas características e o comportamento fisiológico e produtivo de plantas enxertadas em comparação às plantas de pé franco nesse sistema.

2 HIPÓTESES

- As respostas fisiológicas e produtivas das plantas à salinidade do meio radicular, imposta por uma maior condutividade elétrica da solução nutritiva, serão diferentes para os substratos casca de arroz *in natura* e o substrato comercial, devido às características físicas e químicas de cada substrato;
- A absorção de nutrientes minerais em plantas de tomateiro será afetada pela condutividade elétrica da solução nutritiva;
- Plantas enxertadas se adaptam melhor a valores mais elevados de condutividade elétrica da solução no substrato e, conseqüentemente, ao sistema

sem drenagem do lixiviado, devido a sua maior tolerância à salinidade, pois apresentam maior crescimento radicular;

- Devido aos distintos sistemas radiculares, plantas enxertadas apresentam absorção de água e de nutrientes minerais superiores aos das plantas de pé franco, o que se traduzirá em taxas de absorção de elementos minerais e respostas fisiológicas distintas na parte aérea.

3 OBJETIVOS E METAS

Objetivo geral:

- Avaliar os efeitos da condutividade elétrica da solução nutritiva e o emprego da enxertia de plantas sobre as taxas de absorção de nutrientes, os aspectos fisiológicos e produtivos, bem como, a qualidade dos frutos de plantas de tomateiro em sistema de cultivo em substrato sem drenagem, utilizando como substratos a casca de arroz *in natura* e substrato comercial.

Objetivos específicos:

- Analisar dois substratos e a condutividade elétrica da solução nutritiva e avaliar seus efeitos sobre as respostas de fotossíntese, transpiração, condutância estomática, produção e qualidade dos frutos da cultivar Guara[®], do tipo saladete;
- Avaliar os efeitos da condutividade elétrica da solução nutritiva e da enxertia de plantas sobre a fotossíntese, transpiração, condutância estomática, e a produção e a qualidade de frutos de plantas de tomateiro;
 - Avaliar o efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva, do substrato e da enxertia de plantas sobre a absorção de água e elementos minerais de plantas da cultivar Guara[®].

Metas:

Ao final do terceiro ano de execução do projeto, pretende-se:

- Definir a condutividade elétrica para o tomateiro que promover maior crescimento e produção, sem prejuízos à qualidade dos frutos, no sistema de cultivo sem drenagem;

- Determinar as diferenças quanto aos aspectos fisiológicos e produtivos e a adaptação da cultivar Guara® aos dois substratos e ao sistema de cultivo sem drenagem;
- Definir as diferenças entre plantas enxertadas e não enxertadas quanto aos aspectos fisiológicos e produtivos que justifiquem a adoção da prática da enxertia no cultivo em substrato sem drenagem.

4 METODOLOGIA

4.1 Localização

Os experimentos serão conduzidos no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia (DFt) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), no Campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPeI), localizado no município de Capão do Leão, RS. A localização geográfica aproximada é latitude 31°52' Sul e longitude 52°21' Oeste, com altitude média de 13 m acima do nível do mar. O clima dessa região caracteriza-se como temperado, de chuvas bem distribuídas e verão quente, sendo classificado, conforme Köppen e Geiger, como tipo Cfa (Köpper; Geiger, 1928).

A condução dos ensaios será em estufa modelo teto em arco, com estrutura metálica, compreendendo uma área de 210 m² (10 m x 21 m) com 5,0 m de altura máxima e 3,5 m de pé direito, disposta no sentido Norte-Sul. Apresenta cobertura com filme de polietileno de baixa densidade (150 µm de espessura). O solo apresenta-se nivelado e coberto com rafia sintética clara.

4.2 Manejo da estufa

Durante o período de execução dos experimentos, o manejo do ambiente da estufa será efetuado apenas por ventilação natural, mediante abertura e fechamento diário das janelas laterais e portas da estufa. Em dias em que ocorrerem baixas temperaturas, precipitação e/ou ventos muito fortes ou alta umidade relativa do ambiente externo à estufa, esta será fechada parcial ou totalmente, dependendo das condições climáticas.

4.3 Experimentos

O projeto foi dividido em dois experimentos, cujas diferenças de metodologia estão descritas a seguir:

Experimento 1: Respostas agronômicas do tomateiro em substrato sem drenagem sob diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva.

O experimento será realizado no período de verão/outono de 2020. Serão utilizadas sementes certificadas de tomateiro da cultivar híbrida Guara® (HM Clause) do tipo saladete de hábito de crescimento indeterminado. As mudas serão adquiridas do viveiro Hidroceres, de Santa Cruz do Rio Pardo, SP. Quando as plantas apresentarem entre quatro e seis folhas definitivas, será realizado o transplante.

Para o cultivo das plantas serão utilizados dois substratos, sendo eles a CAIN pura e substrato comercial (SC). A CAIN será coletada em uma unidade de processamento de grãos na região de Pelotas e será proveniente da última safra. O SC será adquirido da empresa ALC Composto, localizada no município de Feliz, RS. Esse substrato é formulado a partir da mistura de casca de arroz carbonizada + cinza de casca de arroz, casca de arroz oriunda do processo de parboilização e húmus, nas proporções de 2:1:0,5, respectivamente.

Experimento 2: Avaliação de componentes fisiológicos e de produtividade de plantas enxertadas e de pé franco de tomateiro sob diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva em sistema sem drenagem.

O experimento será realizado no período de verão/outono de 2021. As mudas serão adquiridas do viveiro Hortimudas de Nova Bassano, RS, especializado na produção de mudas enxertadas de tomateiro. Será utilizada a cultivar de tomateiro Multifort® (Seminis) para porta enxerto, descrita pela empresa por conferir vigor e longevidade, e para enxerto e plantas de pé franco, a cultivar Guara® (HM Clause). Quando as plantas apresentarem entre quatro e seis folhas definitivas, será realizado o transplante.

4.4 Sistema e estrutura de cultivo

O sistema de cultivo empregado será em calhas. Este será constituído por 24 canais de cultivo de madeira (0,30 m de largura, 3,8 m de comprimento e 0,10 m de altura), dispostos em 12 linhas duplas, com distância entre linhas duplas de 1,2 m e distância entre linhas simples de 0,5 m. Internamente, os canais de madeira serão impermeabilizados com filme de polietileno dupla face (preto-branco). Para a execução do experimento 1, 12 canais serão preenchidos com CAIN e 12 com SC,

formando uma camada de 10 cm de altura. O volume de substrato em cada calha será de 225 L (12 L planta^{-1}). Um único substrato será utilizado no experimento 2, o qual será selecionado com base nos resultados obtidos durante o experimento 1, sendo aquele que tenha proporcionado, de maneira geral, as melhores respostas das plantas.

A curva de retenção de água dos substratos em laboratório será elaborada a partir do ajuste do modelo hiperbólico aos percentuais de água retida nas tensões de 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 100 cm de coluna de água, segundo o método da mesa de tensão descrito por Kiehl (1979).

A partir da curva de retenção de umidade, serão determinados o espaço poroso total, a capacidade de aeração, a água facilmente disponível, a água de reserva e a capacidade de retenção de água obtida na tensão de 10 cm de coluna de água. Com o uso dessas informações, a necessidade de fornecimento da solução nutritiva será monitorada pelo método de tensão da água, com o auxílio de sensores de umidade de substrato, denominados de tensiômetros a gás ou Irrigas®, associado a um controlador automático de irrigação (central de medição digital) modelo MRI da marca Hidrosense®. Os sensores serão instalados a 0,1 m de profundidade mantendo-se o substrato próximo à capacidade de campo.

A solução nutritiva empregada será baseada na indicada por Steijn *et al.* (1995) e adaptada para a cultura do tomateiro na região, com a seguinte composição de macronutrientes (mmol litro^{-1}): 16,0 de NO_3^- ; 1,5 de H_2PO_4^- ; 4,4 de SO_4^{2-} ; 1,2 de NH_4^+ ; 9,5 de K^+ ; 5,4 de Ca^{+2} ; 2,4 de Mg^{+2} ; e micronutrientes (mg litro^{-1}), 3,0 de Fe; 0,5 de Mn; 0,05 de Zn; 0,15 de B; 0,02 de Cu e 0,01 de Mo. Para o preparo da solução nutritiva, será utilizada água da chuva ($\text{CE} = 0,0 \text{ dS m}^{-1}$). As condutividades elétricas (CE) da solução a serem estudadas serão: 1,3; 1,9; 2,6 e $3,2 \text{ dS m}^{-1}$.

Para o armazenamento e fornecimento das soluções nutritivas, serão utilizados quatro tanques reservatórios (500 litros) com seus correspondentes conjuntos moto-bomba de $\frac{1}{2}$ CV, um para cada condutividade elétrica, que impulsionará a solução nutritiva para a extremidade de maior cota dos canais, através de canos de PVC de $\frac{1}{2}$ polegada. A partir desse ponto, a solução nutritiva será fornecida através de fitas gotejadoras direcionadas para a base das plantas, com gotejadores espaçados a 20 cm e vazão unitária de $1,4 \text{ L h}^{-1}$. Havendo drenagem da solução nutritiva, essa será coletada, a fim de contabilizar a perda do sistema.

Duas soluções estoques concentradas 200 vezes de macronutrientes serão

empregadas: solução A (NO_3^- ; H_2PO_4^- ; SO_4^{2-} ; NH_4^+ ; K^+ ; Mg^{+2}) e solução B (Ca^{+2}). Volumes iguais das soluções A e B serão adicionados ao tanque reservatório até se alcançar o valor de CE requerido em cada tratamento. Já os micronutrientes, serão adicionados em proporções iguais para todos os tratamentos.

O monitoramento da solução nutritiva será feito diariamente, no período da manhã, através das medidas de CE (empregando-se condutivímetro manual digital) e de pH (empregando-se pHmetro manual digital) nos reservatórios de injeção de solução nutritiva e em amostras de solução coletadas do interior do substrato com o emprego de extratores de solução nutritiva. Tais extratores são constituídos de uma cápsula microporosa acoplada a uma câmara de vácuo, vedada por uma tampa de borracha.

O pH da solução nutritiva será mantido na faixa de $6,0 \pm 0,5$ unidades, com base no valor obtido por meio do extrator, através da adição de solução ácida (H_3PO_4 1 N) quando o pH estiver acima da faixa e solução básica (KHCO_3) quando o pH estiver abaixo da faixa recomendada.

Durante o cultivo, pretende-se manter um volume de solução nutritiva suficiente para atender o consumo hídrico das plantas e não comprometer o perfeito funcionamento das eletrobombas. A reposição desta será realizada quando o volume dos tanques estiver baixo e será realizada através da adição de água e solução estoque concentrada até atingir a condutividade elétrica de cada tratamento.

A condução das plantas será feita com haste única em espaçamento entre plantas de 0,4 m (densidade populacional de 2,94 plantas m^{-2}). O tutoramento das plantas será feito com fita de ráfia presa em linha de arame disposta cerca de 3,0 m acima da linha de cultivo e sustentada pela estrutura da estufa. Os demais tratos culturais (desbrotas, desfolhas) e fitossanitários serão efetuados na medida em que se fizerem necessários.

4.5 Medidas e avaliações

4.5.1 Análise do substrato

O substrato será analisado quanto as suas propriedades químicas, como condutividade elétrica (CE), pH, conteúdo de macronutrientes, micronutrientes, além das propriedades físicas: densidade úmida e seca; matéria seca; porosidade total; espaço de aeração; água facilmente disponível; água tamponante; água remanescente e capacidade de retenção de água. Serão adotadas duas épocas para

a caracterização dos substratos: no início e ao final dos experimentos. Amostras simples de cada unidade de cultivo serão coletadas, que após homogeneizadas, formarão uma amostra composta, que será enviada para análise no Laboratório de Análise de Substratos para Plantas da Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Irrigação/Porto Alegre.

4.5.2 Avaliações de crescimento

Para quantificar o crescimento da cultura, será efetuada a determinação da biomassa das plantas ao final dos dois experimentos, no último dia da colheita, considerando as quatro plantas centrais de cada canal de cultivo. As plantas serão fragmentadas em quatro frações (folha, caule, raiz e fruto), as quais serão pesadas para se mensurar a biomassa fresca e, posteriormente, secas em estufa de ventilação forçada a 65 ° C até peso constante. As raízes serão coletadas individualmente, coletando, aproximadamente 20 cm de cada lado da planta, retirando-as do canal de cultivo juntamente com o substrato. As mesmas serão lavadas em água corrente, com baixa pressão, para retirada total do substrato. Após lavadas, serão secas com auxílio de papel toalha, pesadas para determinação da biomassa fresca e, após secagem em estufa, para determinação da biomassa seca.

Também, será realizada a contagem das folhas e a determinação da área foliar através de equipamento medidor de imagens LI-COR (modelo 3100).

A biomassa total da planta corresponderá à soma da biomassa das folhas, dos caules, dos frutos e das raízes. A biomassa da parte aérea vegetativa corresponderá à soma das folhas e caules e da parte reprodutiva, a soma da fração frutos. Os frutos colhidos durante o processo produtivo, as folhas e os caules oriundos de desfolhas e desbrotas serão considerados nas frações correspondentes. Com esses dados, pretende-se determinar o índice de área foliar, a produção e a distribuição proporcional da matéria fresca e seca entre os diferentes órgãos da planta.

4.5.3 Avaliações fisiológicas

Semanalmente, serão realizadas leituras com aparelho de medidas fisiológicas IRGA (*Infrared Gas Analyser*) modelo LI-6400 (LI-COR), para obtenção de dados de fotossíntese, transpiração e condutância estomática. As medidas serão feitas em seis plantas por tratamento sempre no penúltimo folíolo da terceira folha, contada a partir do ápice, no período entre às 08h00min e às 12h00min (Garcia, 2014).

4.5.4 Produção e qualidade de frutos

Para a coleta dos dados de produção, serão realizadas duas colheitas semanais de frutos maduros, que serão pesados para obtenção da massa fresca e, posteriormente, utilizados para a determinação de massa seca da fração frutos. Para tal serão analisados os seguintes parâmetros em 12 plantas por tratamento:

- Produção de frutos comercializáveis: será obtida pela pesagem dos frutos colhidos em padrão comercial.
- Número de frutos comercializáveis: será obtido mediante a contagem de frutos produzidos, expressando-se os resultados em número de frutos por planta.
- Produção de frutos não comercializáveis: será obtida pela pesagem dos frutos que apresentarem podridões e/ou outros defeitos considerados graves.
- Comprimento e diâmetro transversal na região equatorial dos frutos: as medidas serão realizadas com o auxílio de paquímetro digital em uma amostra de três frutos por repetição em cada colheita.
- Espessura da polpa: dos mesmos frutos empregados para as medidas do comprimento e do diâmetro transversal será retirada uma fatia longitudinal, realizando a medida transversal da polpa na região equatorial do fruto nos dois lados opostos da fatia, com o auxílio de paquímetro digital.
- Sólidos solúveis da polpa: na sequência, as amostras da polpa dos mesmos frutos serão obtidas por meio do processamento. Após o processamento, serão coletadas algumas gotas da solução de polpa homogeneizada, e colocar-se-á diretamente no sensor do refratômetro portátil para sólidos solúveis e os resultados serão expressos em ° Brix.
- pH da polpa: será determinado por leitura direta na solução de polpa homogeneizada após o processamento, com pHmetro digital.

A partir dos dados de produção comercial e de número de frutos colhidos e da densidade de plantio serão determinados os componentes do rendimento: massa média de frutos, número de frutos por unidade de área e produtividade da cultura (kg m⁻²).

4.5.5 Avaliação nutricional

A avaliação nutricional das plantas será realizada através da determinação do teor de nutrientes avaliando-se a quarta folha (e respectivo pecíolo), a partir do ápice

da planta, conforme recomendação de Marouelli e Silva (2002), totalizando 12 repetições por tratamento. Para a avaliação dos frutos, serão coletados três frutos do terceiro cacho de 12 plantas por tratamento.

Amostras da massa seca das folhas e frutos serão analisadas quanto ao teor de macro e micronutrientes presentes nesses órgãos da planta. As análises serão realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas.

4.6 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado será inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2, com 12 repetições por tratamento. Serão utilizados três canais para cada condutividade elétrica, composto por nove plantas, destas, quatro serão utilizadas para as avaliações, sendo a unidade experimental considerada uma planta. Em ambos experimentos, serão adotados oito tratamentos, resultantes da combinação de quatro níveis do fator quantitativo condutividade elétrica da solução nutritiva (1,3; 1,9; 2,6 e 3,2 dS m⁻¹) e dois níveis do fator qualitativo substrato (CAIN e SC), no experimento 1, e dos dois níveis do fator qualitativo enxertia (plantas enxertadas e de pé franco), no experimento 2.

Os dados serão submetidos à análise da variância pelo teste F a 5% de probabilidade, e teste de hipóteses através da análise bifatorial. Quando verificadas diferenças significativas, as médias do fator qualitativo serão comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) e os do fator quantitativo por meio de análise de regressão.

5 IMPACTOS E RESULTADOS ESPERADOS

Almeja-se com este estudo obter informações sobre a condutividade elétrica para o tomateiro que promover maior crescimento e produção, sem prejuízos à qualidade dos frutos no sistema sem drenagem.

Também, busca-se gerar conhecimento aplicado com relação ao comportamento do genótipo frente ao sistema sem drenagem em dois substratos distintos. Neste mesmo contexto, a ausência de drenagem da solução nutritiva permitirá obter economia de água e fertilizantes, além de reduzir os impactos ambientais, quando comparado com os atuais sistemas abertos de cultivo em substrato empregado pelos produtores.

Ainda, pretende-se avaliar as diferenças quanto aos aspectos fisiológicos e produtivos entre plantas enxertadas e não enxertadas, a fim de justificar a adoção da prática no cultivo em substrato sem drenagem

6 RECURSOS NECESSÁRIOS

Os recursos necessários para execução do projeto de pesquisa ao longo dos três anos de curso estão descritos conforme as tabelas 1, 2, 3, 4 e 5. Estes recursos serão provenientes da ajuda de custo do Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP) e da própria bolsa de estudos da CAPES.

Tabela 1 - Material de consumo

Discriminação	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Fertilizantes solúveis	-	-	-	1.000,00
Casca de arroz	carga	1	200,00	200,00
Polietileno dupla face	metro	100	14,00	1.400,00
Caixas de água (500l)	un.	04	300,00	1.200,00
Mudas enxertadas	un.	150	2,50	375,00
Mudas de pé franco	un.	400	1,80	720,00
Bandejas de alumínio	cento	5	80,00	400,00
Sacos de papel	cento	10	10,00	100,00
Temporizador digital	un.	4	80,00	320,00
Fita gotejadora	metro	1000	0,35	350,00
Material hidráulico	-	-	-	1.000,00
Controlador de irrigação	un.	1	3.772,00	3.772,00
Subtotal				10.837,00

Tabela 2 - Diárias e passagens

Discriminação	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Inscrição em congressos e eventos da área	1	2	500,00	1.000,00
Diárias para participação em congressos e eventos da área	1	12	150,00	1.800,00
Passagens aéreas para congressos e eventos da área	1	2	800,00	1.600,00
Subtotal				4.400,00

Tabela 3 - Serviços de terceiros

Discriminação	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Análise nutricional de plantas	1	48	50,00	2.400,00
Análise física e química de substratos	1	8	45,00	360,00
Subtotal				2.760,00

Tabela 4 - Despesas de capital

Discriminação	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Medidor de condutividade e pH de bolso + soluções	-	01	600,0	600,00
Moto-bomba elétrica	-	04	350,00	1.400,00
Subtotal				2.000,00

Tabela 5 - Orçamento Geral

Discriminação	Valores (R\$)
Material de consumo	10.837,00
Diárias e passagens	4.400,00
Serviço de terceiros	2.760,00
Despesas de capital	2.000,00
Subtotal	19.997,00
Imprevistos (10%)	1.999,70
Bolsa	79.200,00
Total	101.196,70

7 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DE PESQUISA

As atividades previstas a serem realizadas durante a execução do projeto de pesquisa estão descritas nos quadros 6, 7, 8 e 9.

Figura 1 - Quadro com atividades previstas para o ano de 2019

[illegible]

Figura 2 - Quadro com atividades previstas para o ano de 2020

Atividades	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Revisão de Literatura												
Disciplinas												
Docência Orientada												
Condução plano de ação 1												
Instalação plano de ação 2												

Figura 3 - Quadro com atividades previstas para o ano de 2021

Atividades	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Revisão de Literatura												
Análise dos dados												
Elaboração de tese												
Condução plano de ação 2												

Figura 4 - Quadro com atividades previstas para o ano de 2022

Atividades	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Elaboração de tese												
Submissão de artigos												
Defesa de tese												

8 DIVULGAÇÃO PREVISTA

Os resultados obtidos serão publicados em congressos da área, encontros de pós-graduação, reuniões técnico-científicas e revistas científicas, assim como farão parte de uma tese de doutorado apresentada pela Universidade Federal de Pelotas / Curso de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFOSEA-SIMÓN, M. *et al.* Effect of foliar application of amino acids on the salinity tolerance of tomato plants cultivated under hydroponic system. **Scientia Horticulturae**, v. 272, out. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109509> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442382030337X> Acesso em: 29 maio 2024.

ALONI, B. *et al.* M. Hormonal signaling in rootstock-scion interactions. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p. 119–126, dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.003> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810004115> Acesso em: 29 maio 2024.

ASHRAF, M. A. *et al.* Phenological application of selenium differentially improves growth, oxidative defense and ion homeostasis in maize under salinity stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 123, p. 268-280, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.12.023> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29275208/> Acesso em: 30 maio 2024.

ASSAHA, D. V. *et al.* The role of Na⁺ and K⁺ transporters in salt stress adaptation in glycophytes. **Frontiers of Physiology**, v. 8, p. 509, jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00509> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28769821/> Acesso em: 29 maio 2024.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999.

BEZERRA, R. S. **Manejo da fertirrigação na produção de minitomate em ambiente protegido**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/items/441db285-a851-4d43-92a0-e3b36650d581> Acesso em: 29 maio 2024.

BORDIGNON, A. Projeção de Mercado. Safra de tomate no RS atinge 115 toneladas. **Sebrae**, 9 jul. 2018. Disponível em: <https://sebraers.com.br/horticultura/safra-de-tomate-no-rs-atinge-115-mil-toneladas/> Acesso em: 29 maio 2024.

BECKER, T. B. *et al.* Productive Behavior of Strawberry from Potted Seedlings Produced With Application of Prohexadione Calcium in Soilless Cultivation. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 4, p. 309-18, 2020. DOI: 10.9755/ejfa.2020.v32.i4.2097 Disponível em: https://www.academia.edu/75415477/Productive_behavior_of_strawberry_from_potted_seedlings_produced_with_application_of_prohexadione_calcium_in_soilless_cultivation Acesso em: 28 maio 2024.

CAMPOS, C. A. B. *et al.* Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 2, p. 146-152, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000200006> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/QMYyVqHTXX9BXQpZDLCvmCG/#> Acesso em: 29 maio 2024.

COLLA, G. *et al.* Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p. 147-155, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.004> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810003705> Acesso em: 30 maio 2024.

COLLA, G. *et al.* Grafting cucumber plants enhance tolerance to sodium chloride and sulfate salinization. **Scientia Horticulturae**, v. 135, p. 177-185, fev. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.11.023> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423811006194> Acesso em: 29 maio 2024.

DUTRA, J. G. **Calhas com substrato de casca de arroz “in natura” e recirculação da solução nutritiva drenada:** um sistema alternativo para o cultivo de minimelancia. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/4960> Acesso em: 28 maio 2024.

ESTAÑ, M. T. *et al.* Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, p. 703-712, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eri027> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15557292/> Acesso em: 29 maio 2024.

FAYAD, J. A. *et al.* Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n.1, p. 90-94, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000100017> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/JYGjHf7CWv3s9cMvSB5cyTB/#> Acesso em: 30 maio 2024.

FENG, X.; *et al.* Growth and fruit production of tomato grafted onto wolfberry (*Lycium chinense*) rootstock in saline soil. **Scientia Horticulturae**. v. 255, p. 298-305, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.028> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423819303759> Acesso em: 29 maio 2024.

FONTES, P. C. R. Podridão apical do tomate, queima dos bordos das folhas em alface e depressão amarga dos frutos em maca: deficiência de cálcio? **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 145, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362003000200003> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/XhgRNQK8JZ8zjXDQkLmNpRj/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 30 maio 2024.

GARCIA, R. P. O. **Efeitos de giberelinas para respostas em plantas de tomate à deficiência hídrica.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/6615/1/texto%20completo.pdf> Acesso em: 30 maio 2024.

GARCIA, G. O. *et al.* Respostas de genótipos de feijoeiro à salinidade. **Revista Engenharia na Agricultura**. v. 18, n. 4, p.330-338, 2010. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v18i4.73> Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/65> Acesso em: 29 maio 2024.

GRATIERI, L. A. **Nitrogênio e potássio para meloeiro cultivado em fibra de coco, sem drenagem.** 2012. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/7b7b1ffc-b9a4-4dc8-90fe-673ab7b69566/content> Acesso em: 28 maio 2024.

GRIENEISEN, M. L. *et al.* Yield and fruit quality of grafted tomatoes, and their potential for soil fumigant use reduction. A meta-analysis. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, p. 29, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-018-0507-5> Acesso em: 30 maio 2024.

HE, Y. *et al.* Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, p. 270-278, maio 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.02.007> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847209000343> Acesso em: 29 maio 2024.

HOLBROOK, N. M. *et al.* Stomatal control in tomato with ABA-deficient roots: response of grafted plants to soil drying. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 1503-1514, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12021298/> Acesso em: 29 maio 2024.

HUANG, Y. *et al.* Improving the fruit yield and quality of cucumber by grafting onto the salt tolerant rootstock under NaCl stress. **Scientia Horticulturae**, 122, p. 26-31, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.04.004> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423809001800> Acesso em: 29 maio 2024.

KEATINGE, J. D. H. *et al.* Overcoming biotic and abiotic stresses in the Solanaceae through grafting: current status and future perspectives. **Biological Agriculture & Horticulture**. 30 pp. 272-287, 2014.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.

KOLESKA, I. *et al.* Grafting influence on the weight and quality of tomato fruit under salt stress. **Annals of Applied Biology**. v. 172, p. 187-196, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/aab.12411> Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/aab.12411> Acesso em: 30 maio 2024.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928. Mapa 150cmx200cm.

KUBOTA, C. *et al.* Vegetable Grafting: History, Use, and Current Technology Status in North America. **HortScience**, v. 43, n. 6, p. 85721-0036, 2008. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.6.1664> Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/43/6/article-p1664.xml> Acesso em: 30 maio 2024.

KUMAR, P. *et al.* Vegetable grafting as a tool to improve drought resistance and water use efficiency. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1-9, jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01130> Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2017.01130/full> Acesso em: 29 maio 2024.

LEE, J. M. *et al.* Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p. 93-105, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.003> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810003699> Acesso em: 30 maio 2024.

LING LI, Y.; *et al.* Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 88, p. 11-29, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(00\)00190-4](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00190-4) Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423800001904> Acesso em: 29 maio 2024.

LOOS, R. A. *et al.* Identificação e quantificação dos componentes de perdas de produção em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 281-286, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000200031> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/BdHwyGZ7zD7ghFQ575s5kDS/#> Acesso em: 30 maio 2024.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento**. Brasília: EMBRAPA, 2002. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/773410/4/ct30.pdf> Acesso em: 30 maio 2024.

MEDEIROS, R. F. *et al.* Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 505-511, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Myt73BQNfM55ZXy6gWwqHDs/?format=pdf> Acesso em: 29 maio 2024.

MELO, D. M. **Reutilização do substrato e concentração da solução nutritiva no cultivo do tomateiro do grupo salada**. 2015. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/57997ff4-b361-4ce0-aaaf-08f817cdb9bc/content> Acesso em: 28 maio 2024.

MIRANDA, F. R. *et al.* **Produção de tomate em substrato de fibra de coco**. Fortaleza: EMBRAPA, 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/911301/producao-de-tomate-em-substrato-de-fibra-de-coco> Acesso em: 30 maio 2024.

NAWAZ, M. A. *et al.* Grafting: a technique to modify ion accumulation in horticultural crops. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. 1457, p. 1-15, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01457> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27818663/> Acesso em: 30 maio 2024.

NEUTZLING, C. *et al.* Reutilización del substrato cascarilla de arroz in natura tras el cultivo de tomate para la producción de híbridos de pepino de conserva (Cucumis

sativus L.) em sistema de recirculación de lixiviado. **Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas**, v. 12, n. 3, p. 602-610. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2018v12i3.7684> Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/343570529 Reutilizacion del sustrato cas carilla de arroz in natura tras el cultivo de tomate para la produccion de hibridos de pepino de conserva Cucumis sativus L en sistema de recirculacion de lixiviado](https://www.researchgate.net/publication/343570529_Reutilizacion_del_sustrato_cas_carilla_de_arroz_in_natura_tras_el_cultivo_de_tomate_para_la_produccion_de_hibridos_de_pepino_de_conserva_Cucumis_sativus_L_en_sistema_de_recirculacion_de_lixiviado) Acesso em: 30 maio 2024.

PAIVA, E. A. S. *et al.* Occurrence of blossom end rot in tomato as a function of calcium dose in the nutrient solution and air relative humidity. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, n. 12, p. 2663-2670, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904169809365596> Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904169809365596> Acesso em: 30 maio 2024.

PAIVA, F. I. G. **Manejo da fertirrigação potássica e cálcica na cultura do tomateiro cultivadas em ambiente protegido e submetidas ao estresse salino**. 2017. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/4715a290-8b73-464d-b7fb-7611dada9b33> Acesso em: 29 maio 2024.

PEIL, R. M. N. *et al.* Densidade de plantio e genótipos de tomateiro cereja em sistema fechado de cultivo em substrato. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 234/240, abr./jun. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/TFmbCVGLBJJKd4Mfq9c68fQ/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 30 maio 2024.

PEIL, R. M. N.; GÁLVEZ, J. L. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto en invernadero. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 1, p. 5-11, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/1171> Acesso em: 30 maio 2024.

PEIL, R. M. N.; SIGNORINI, C. B. Aspectos técnicos e ambientais da produção de hortalças de fruto em sistemas abertos e fechados de cultivo em substrato. *In: XI Encontro Nacional de Substratos para Plantas - ENSuB*, 2018, Canela. Anais. Porto Alegre: UFRGS, 2018. v. 1. p. 1-5.

PENELLA, C. *et al.* Grafting pepper onto tolerant rootstocks: An environmental-friendly technique overcome water and salt stress. **Scientia Horticulturae**, v. 226, p. 33–41, dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.020> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423817304995> Acesso em: 29 maio 2024.

PERIN, L. *et al.* Trough and pot crop systems with leaching recirculation and defoliation levels for mini tomatoes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.34992> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/WHb7RwYgK8YSRnXj8ZwNSmz/#> Acesso em: 28 maio 2024.

PRADO, R. M. *et al.* Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 19-30, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/182e5010-9e50-4b62-b0ab-caa7f3848f50/content> Acesso em: 30 maio 2024.

RAHMAN, M. M. *et al.* Insight into salt tolerance mechanisms of the halophyte *Achras sapota*: an important fruit tree for agriculture in coastal areas. **Protoplasma**, v. 256, p. 181-191, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00709-018-1289-y> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30062531/> Acesso em: 29 maio 2024.

RAIJ, B. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna**. Piracicaba: Associação brasileira para a pesquisa da Potassa e do Fosfato - Potafos, 1990

RESH, H. M. **Hydroponic food production**. Califórnia: Woodbridge Press Publishing Company, 1996.

ROCHA, M. Q. *et al.* Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 466-471, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000400015> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/B56p8DwrdyBx6XPXFLBT3Hp/?format=html#> Acesso em: 29 maio 2024.

ROSA, D. S. B. **Número de hastes para o cultivo do tomateiro grape em substrato de casca de arroz e sistema fechado**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=1941430 Acesso em: 28 maio 2024.

RUBIO, J. S. *et al.* Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K⁺ and Ca²⁺ fertilization. **Scientia Horticulturae**, v. 119, n. 2, p. 79-97, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.07.009> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423808002719> Acesso em: 30 maio 2024.

SANJUÁN, M. C. S.; URRESTARAZU, M. **Técnicas de fertirrigación en cultivo sin suelo**. Almería: Universidade de Almería, 2001.

SILVA, J. D. **Faixas de condutividade elétrica no desenvolvimento e características físico-químicas de pimentão pé-franco e enxertado**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/b81fae52-56a7-42a3-bace-06317ef74b0c/content> Acesso em: 29 maio 2024.

SILVA, P. T. P. *et al.* Comparação de produtividade em plantas de tomate enxertadas e não enxertadas. In: 54 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2016. **Anais**. Recife: UFRPE, 2016.

STRASSBURGER, A. S. *et al.* Dinâmica do crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. **Acta Scientiarum**, v. 33, n. 2, p. 283-289, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.5952> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/DzNqrGLfbrp4gwk7vMz7fhk/> Acesso em: 30 maio 2024.

STEIJN, B. **Training course on soilless cultivation of vegetables**. 1995.

SCHWARZ, D. *et al.* Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses Thermal stress, water stress and organic pollutants. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p. 162–171, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.016> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810004243> Acesso em: 30 maio 2024.

VENEMA, J. H. *et al.* Grafting tomato (*Solanum lycopersicum*) onto the rootstock of a high-altitude accession of *Solanum habrochaites* improves suboptimal-temperature tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, p. 359–367, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.12.015> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847208000117> Acesso em: 30 maio 2024.

WAMSER, A. F. *et al.* Influence of drainage and nutrient-solution nitrogen and potassium concentrations on the agronomic behavior of bell-pepper plants cultivated in a substrate. **PloS ONE**, v. 12, n. 7, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180529> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28678884/> Acesso em: 28 maio 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Compêndio de Estudos CONAB. Tomate: análise dos indicadores da produção e da comercialização no mercado mundial, brasileiro e catarinense**. Brasília: CONAB, 2019.

3 Relatório de Trabalho de Campo

Relatório de trabalho de campo

O primeiro experimento foi instalado em 15 de novembro de 2019 na estufa do campo didático e experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, no campus da Universidade Federal de Pelotas. As sementes necessárias foram adquiridas de um viveiro da cidade de Nova Bassano, na serra Gaúcha, pois das cultivares que se pretendia trabalhar só havia disponível embalagem com 1000 sementes cujo número era muito além da necessidade. As mudas foram produzidas na própria estufa. As calhas de cultivo foram reaproveitadas de outros experimentos e as mesmas preenchidas com casca de arroz *in natura*. Em 23 de novembro, começou-se a perceber um desenvolvimento atípico das plantas, folhas com desenvolvimento anormal, com coloração amarelada e meristema apical encarquilhado. Foi verificado possíveis problemas com a solução nutritiva, sendo nada atípico constatado. Alguns dias depois, em conversa com um aluno do PPG Sementes, confirmou-se o uso de agrotóxicos na área experimental próxima a estufa. E com isso, a suspeita passou a ser deriva de 2,4D cujos sintomas nas plantas se assemelhavam aos sintomas causados por essa molécula. Por mais uns dias, o experimento foi mantido na esperança de que as mudas se recuperassem, pois estavam na fase inicial de desenvolvimento. Porém, o experimento foi encerrado no dia 17 de dezembro de 2019, pois as plantas não apresentaram sinais de evolução.

Concomitante a esse problema, no final do mês de novembro estava em uma viagem pela disciplina de Cultivo sem solo, visitando diversos produtores da Serra Gaúcha. Durante a visita ao produtor Luis Henrique, na cidade de Feliz, conversei com ele, falei dos sintomas das plantas e apresentei fotos das plantas do meu experimento, já falando da possibilidade de descarte do experimento e de não ter tempo hábil para instalação de um novo experimento, devido ao tempo para aquisição das sementes e produção das mudas. Foi quando ele falou que possivelmente teria mudas sobrando, pois ele adquire as mudas de um viveiro e as mesmas seriam entregues no início do mês de janeiro, e ele conseguiria o número de mudas necessárias para a montagem do meu experimento. Porém, ele teria apenas mudas de uma das cultivares que eu pretendia trabalhar, motivo esse que nos fez repensar todo o projeto.

Também, nessa viagem visitamos uma propriedade que trabalha na formulação de substrato voltados para a horticultura. E foi a partir da necessidade de mudar o projeto e a partir da visita nessa propriedade, tivemos a ideia de testar dois substratos

no sistema que seria utilizado. Em contato com o senhor Carlos Henzel, ele fez a doação do substrato necessário para a realização do experimento. Porém, devido a reformulação do projeto de pesquisa, toda a estrutura que estava montada na estufa teve que ser readequada, sendo necessária a remoção de todo substrato dos canais de cultivo, a mudança dos canais de cultivo dentro da estufa e do sistema de irrigação que estavam projetados para o experimento anterior e que seria totalmente diferente para esse próximo. Isso tudo teve que ser feito entre o final do mês de dezembro e o início do mês de janeiro, momento em que a maioria das pessoas se encontravam em férias e muito trabalho tinha-se a fazer.

Contando com a doação do substrato pelo senhor Carlos e das mudas de tomate do Luiz Henrique, no dia 29 de janeiro de 2020 foi possível realizar a instalação do experimento. E tudo parecia estar acontecendo muito bem, até que no início do mês de março de 2021 fomos acometidos pela pandemia mundial da Covid-19. Diante disso, a recomendação da OMS e das instituições de saúde do Brasil e seguidas pela UFPel era de fechar tudo, estando inicialmente todos impossibilitados de acessar os prédios e qualquer outro local dentro da universidade.

Novamente, o projeto teve de ser readequado, dessa vez devido à pandemia mundial da Covid-19. Algumas análises não foram possíveis de serem realizadas devido à falta de pessoas para realizar e devido aos laboratórios estarem fechados, pois diversas análises são realizadas em outros laboratórios. Dentre as análises que seriam realizadas em outros laboratórios, as amostras foram guardadas em freezer ou em massa seca, dependendo da metodologia de cada análise, para realização assim que possível. Já as análises que precisavam ser realizadas no momento da coleta das amostras, contei com a ajuda da minha colega Cristiane, do meu marido Lucas e minha tia Ana Claudia para a realização das mesmas, uma vez que os alunos de iniciação científica estavam afastados naquele período e alguns colegas da pós-graduação também, por terem problemas de saúde e serem considerados do grupo de risco.

Contando com a ajuda dessas mesmas pessoas, no dia 28 de julho de 2020, iniciei as avaliações finais desse experimento. Foram duas semanas bem intensas de atividades até concluídas todas as avaliações e organização do laboratório e da estufa para a implantação do novo experimento futuramente.

O plano de ação 2 ocorreu no ciclo de outono/inverno de 2021, tendo por objetivo avaliar os componentes fisiológicos e de produtividade de plantas enxertadas

e não enxertadas de tomateiro sob diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva em sistema sem drenagem.

As mudas foram adquiridas do viveiro de mudas Hidroceres, de Santa Cruz do Rio Pardo, SP. Foram utilizadas mudas enxertadas e não enxertadas para a realização desse experimento. Nas mudas enxertadas foi utilizado o porta-enxerto Gumgang® da Seminis, por apresentar alta adaptabilidade a estresses salinos abituais. A partir dos resultados obtidos no plano de ação 1, optamos por trabalhar somente com o substrato comercial. Novamente recebemos a doação de substrato da Empresa ALC Substratos para a realização desse experimento.

Após a remoção de todo o substrato usado anteriormente e distribuição do novo substrato, além da conferência de todo sistema hidráulico, no dia 29 de janeiro de 2021 foi realizado o transplante das mudas de tomate. Nesse período, as restrições devido a pandemia já eram menores, possibilitando a realização de avaliações que no plano de ação 1 não foram possíveis, mas exigindo todo o cuidado de afastamento entre pessoas e com as devidas restrições de pessoas dentro de espaços fechados como em laboratórios. Por esses motivos, novamente foi necessário armazenar amostras de forma refrigerada ou em massa seca para posterior realização das análises. Esse experimento foi encerrado no dia 28 de julho do mesmo ano.

Após finalizadas as atividades de campo, ainda restava ser processadas e analisadas todas as amostras que estavam armazenadas dos dois experimentos. Esse foi um processo bem longo e demorado, pois todas as análises a ser executadas, precisavam ser realizadas em outros laboratórios. As dificuldades decorrentes da Pandemia do Covid 19 ainda se faziam presentes, pois o uso dos laboratórios ainda estava com algumas restrições e uma demanda alta de uso, fazendo aguardar em fila de espera para realização das análises. Dessa forma, só foi possível finalizar as análises laboratoriais em maio de 2023.

**4 Artigo I: Práticas de manejo do tomateiro em sistema sem drenagem:
substratos e condutividade elétrica da solução nutritiva**

(Segundo Normas da revista *Scientia Horticulturae*)

Práticas de manejo do tomateiro em sistema sem drenagem: substratos e condutividade elétrica da solução nutritiva

Resumo

No setor agrícola, a cobrança por reduzir os impactos ao meio ambiente é crescente. Sistemas de busca otimizar o uso de água, fertilizantes e meios de cultivo tem ganhado espaço entre os produtores. Dentre os sistemas de cultivo utilizados, o sistema sem drenagem tem como potencial a redução do consumo de água e fertilizantes, porém requer cuidados especiais pois a drenagem é um processo essencial para evitar o acúmulo de água nas raízes. O objetivo desse estudo foi analisar dois substratos e a condutividade elétrica da solução nutritiva e avaliar seus efeitos sobre as respostas de produção e crescimento de plantas de tomateiro cultivadas em sistema sem drenagem. O experimento foi realizado em estufa localizada no Rio Grande do Sul/Brasil, em sistema de cultivo sem drenagem em calhas de madeira, internamente impermeabilizadas e preenchidas com substrato na altura de 0,10 m. Foram utilizados dois substratos, casca de arroz *in natura* e substrato comercial, e quatro concentrações da solução nutritiva, 1,3; 1,9; 2,6 e 3,2 dS m⁻¹. Foi utilizada a cultivar Guara®, do tipo saladete, na safra verão/outono de 2020. Foram avaliadas a produção de massa seca da raiz, caule, folhas, frutos e total, volume de raiz, índice de área foliar, volume do drenado e condutividade elétrica do drenado. O substrato comercial, independente da condutividade elétrica da solução nutritiva, promoveu maior produção de massa seca de caule, folhas, frutos e total, número de frutos, produção de frutos e sólidos solúveis totais. O substrato afeta a qualidade dos frutos no que se refere à concentração de sólidos solúveis, sendo a casca de arroz *in natura* a que promove maior concentração de açúcares nos frutos. A condutividade elétrica da solução nutritiva de 1,3 dS m⁻¹ favorece o peso médio de frutos e, consequentemente, um maior rendimento de frutos. Já a CE 2,6 dS m⁻¹ favorece a produção de massa seca de caule, de folhas e total. Os dados obtidos mostram a viabilidade técnica do cultivo do tomateiro do tipo saladete em sistema de cultivo em substrato sem drenagem.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., cultivo em calhas, características dos substratos.

1 Introdução

O cultivo do tomateiro em ambiente protegido é uma estratégia utilizada por agricultores para estender o período de produção através da manutenção de condições mais favoráveis para o desenvolvimento da cultura, protegendo-a das adversidades climáticas, buscando aumento de produtividade, qualidade e viabilizando o fornecimento em períodos de entressafra. A maioria dos cultivos de tomate em ambiente protegido é realizado diretamente no solo. Entretanto, o uso intensivo da mesma área pode acarretar problemas ambientais e com patógenos de solo, que afetam o sistema radicular das plantas, ou causar a sua salinização.

Buscando a redução de impactos ambientais, o cultivo sem solo apresenta várias vantagens quando comparado com o cultivo tradicional no solo, entre elas a otimização do uso da água e fertilizantes e a diminuição do uso de agroquímicos. O avanço do sistema de cultivo sem solo no Brasil promoveu o aumento do uso de substratos no cultivo de hortaliças (Wamser; Valmorbida, 2022). Dessa forma, se faz importante a busca por substratos alternativos com potencial uso para o cultivo de plantas.

Nos sistemas de cultivo em substrato, estudos têm sido feitos com diferentes materiais de fácil aquisição e passíveis de reciclagem (Peil *et al.*, 2014), como a fibra de coco (Melo, 2015; Wamser *et al.*, 2017), casca de arroz na forma carbonizada (CAC) (Becker *et al.*, 2020) e *in natura* (CAIN) (Peil *et al.*, 2014; Neutzling, 2018; Perin *et al.*, 2018). A casca de arroz tem mostrado resultados promissores (Perin *et al.*, 2018, Becker, 2020) e, na região sul do Rio Grande do Sul, sua escolha é devido à alta disponibilidade, consequentemente, gerando uma redução de custos para esse sistema de produção.

A CAIN apresenta características de boa aeração, baixa compactação e alta drenagem, características que são valorizadas no cultivo de hortaliças em substratos. Além disso, a CAIN apresenta baixa ou nula capacidade de troca catiônica, característica interessante, que diminui o risco de salinização do substrato. Porém, apresenta baixa capacidade de retenção de água (CRA), em torno de 7,9 a 15,2 % (Rosa, 2015; Dutra, 2019), o que obriga a regas mais frequentes para o suprimento da demanda de água e nutrientes.

Outras opções de substratos que podem ser usados nesse sistema de cultivo, são os substratos comerciais (SC). As características físicas e químicas de cada

substrato são variáveis de acordo com a empresa que os produz e comercializa, decorrentes dos materiais e proporções utilizados. De uma forma generalista, quando comparados à CAIN, possuem maior CRA e CTC, características que proporcionam redução do número de regas ao dia, porém, possíveis chances de salinização desse substrato.

O manejo da nutrição das plantas no cultivo em substrato se baseia na aplicação de solução nutritiva completa, via fertirrigação, de modo a propiciar adequado estado nutricional às plantas. Como a adição de fertilizantes é feita via água de irrigação e a concentração salina da água é proporcional à quantidade de sais dissolvidos (Resh, 1996), a salinização do substrato pode ocorrer de acordo com o manejo adotado. Geralmente, o fornecimento de solução nutritiva se dá acima da capacidade de retenção do substrato e de forma a promover uma certa porcentagem de drenagem em relação ao volume aplicado (Sanjuán; Urrestarazu, 2001). A porcentagem ou fração de drenagem empregados em um sistema podem ser variáveis de acordo com a qualidade da água, o substrato utilizado, as condições climáticas locais e a tolerância da espécie frente ao déficit hídrico e à salinidade.

O destino dado a essa fração de drenagem é que caracteriza os diferentes sistemas de cultivo em substrato. No sistema aberto, ocorre a livre drenagem do excedente de solução nutritiva. No sistema fechado, o excedente de solução aplicada é coletado e reutilizado, reduzindo os impactos ambientais e o desperdício de água e fertilizantes (Peil; Signorini, 2018). Porém, exige adequação do sistema de cultivo para a realização da coleta e recondução do lixiviado, além do manejo adequado, uma vez que alterações provenientes da absorção das plantas e das propriedades do substrato utilizado estarão interferindo na composição desse lixiviado.

Como alternativa aos sistemas aberto e fechado, o sistema de cultivo em substrato sem drenagem surge como uma proposta para minimização dos problemas citados. Nesse sistema, a solução nutritiva é disponibilizada frequentemente, conforme a demanda evapotranspiratória da cultura, sem a aplicação em excesso de solução nutritiva e consequente drenagem da mesma (Gratieri, 2012). No Brasil, alguns estudos foram realizados com a utilização desse sistema para hortaliças de fruto, como o melão (Gratieri, 2012) e pimentão (Wamser *et al.*, 2017). No entanto, são desconhecidos estudos com variedades de tomateiro.

A fertirrigação sem drenagem pode modificar o gasto de nutrientes das plantas devido ao acúmulo diferencial de nutrientes na solução e no substrato (Wamser *et al.*,

2017), o que pode gerar problemas de elevada salinidade. Uma vez que as características do substrato podem afetar fortemente as condições da solução no meio radicular e que a demanda de nutrientes e a resposta à salinidade são dependentes do fator genético, a avaliação de substratos neste sistema, bem como o estudo de distintos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva para o cultivo de determinada variedade comercial de tomateiro são necessários.

Uma vez que existem poucos estudos sobre substratos para o sistema sem drenagem, pode-se inferir que substratos com uma baixa capacidade de troca catiônica, como a casca de arroz, traria menor risco de salinização do meio radicular. No entanto, a baixa capacidade de retenção de água deste material pode dificultar a ausência de drenagem, que é o objetivo fundamental do sistema. Por outro lado, substratos comerciais, resultantes de diferentes misturas de materiais e que, comumente contêm composto orgânico na sua composição, apresentam maior capacidade de retenção de água, mas representam um maior risco de salinização devido à maior capacidade de troca catiônica.

Embora a cultura do tomateiro seja considerada como moderadamente sensível aos efeitos da salinidade em condições de condutividade elétrica acima de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Ayers; Westcot, 1999), é uma das poucas hortaliças possíveis de ser produzida de forma comercial em condições de solos salinos, como algumas áreas do sudeste espanhol, onde a salinidade da água de irrigação pode alcançar valores superiores a 10 dS m^{-1} .

Poucos registros de estudos no sistema sem drenagem são encontrados na literatura. Espera-se um adequado crescimento e produtividade das plantas de tomateiro no sistema devido à reconhecida tolerância da espécie à salinidade (Silva, 2017), porém, as respostas, possivelmente, sejam dependentes das condições de cultivo, como o substrato e a condutividade elétrica da solução nutritiva, e da cultivar empregada.

Considerando o contexto, o objetivo foi avaliar o desempenho de dois substratos e a condutividade elétrica da solução nutritiva e avaliar seus efeitos sobre as respostas de crescimento, produtivas e de qualidade dos frutos do tomateiro cultivadas em sistema sem drenagem.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na safra 2020, compreendendo o período de 28 de janeiro a 27 de julho de 2020, com período de cultivo de 178 dias, (verão/outono). O experimento foi instalado no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizado no município de Capão do Leão-RS (31°52' latitude Sul, 52°21' longitude Oeste e altitude de 13 m), no estado do Rio Grande do Sul, região sul do Brasil. O clima da região é temperado com precipitação de chuvas bem distribuídas e verão quente, sendo classificado, conforme W. Köppen, como tipo Cfa (Köpper; Geiger, 1928).

O experimento foi implementado sob delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições, sob esquema fatorial (2 x 4), resultante da combinação de dois níveis do fator substrato (casca de arroz *in natura* – CAIN e substrato comercial - SC) e quatro níveis do fator condutividade elétrica da solução nutritiva: 1,3; 1,9; 2,6 e 3,2 dS m⁻¹, respectivamente para as soluções nutritivas com reduções de 50% e 25% da concentração de nutrientes; solução nutritiva padrão e solução nutritiva com aumento de 25% da concentração de nutrientes. Cada parcela correspondeu a uma linha (canal) de cultivo, com 9 plantas. As plantas das extremidades das parcelas foram consideradas como bordaduras. Por tratamento, foram utilizadas 12 plantas como plantas controles para as avaliações realizadas.

O experimento foi realizado em estufa modelo teto em arco, com estrutura metálica, compreendendo uma área de 210 m² (10 m x 21 m) com 5,0 m de altura máxima e 3,5 m de pé direito, disposta no sentido Norte-Sul. Apresenta cobertura com filme de polietileno de baixa densidade (150 µm de espessura). O solo apresenta-se nivelado e coberto com rafia sintética clara. O manejo do ambiente protegido foi efetuado apenas por ventilação natural, através da abertura e fechamento das janelas laterais e portas da estufa de acordo com a variação das condições ambientais, a fim de manter as melhores condições para o adequado desenvolvimento da cultura.

Durante os experimentos, foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar (Figura 1), em termo higrômetro, instalado em abrigo meteorológico a 1,5 m de altura do chão, localizado no centro da estufa. A radiação solar global no exterior da estufa (Figura 2) foi obtida a partir dos dados registrados pela Estação Agroclimatológica de Pelotas (Convênio UFPel/EMBRAPA), localizada na área do Campus da UFPel, onde foram executados os experimentos.

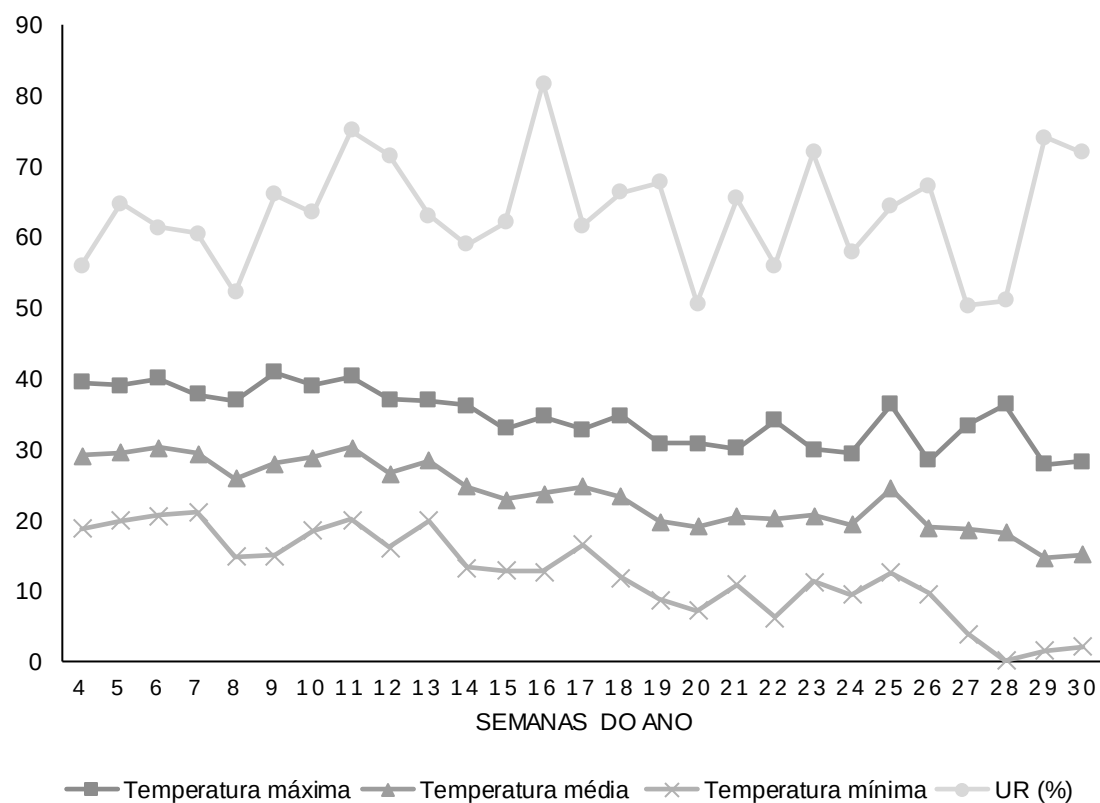


Figura 1 - Médias semanais da temperatura máxima (°C), média (°C), mínima (°C) e umidade relativa (UR %) do ar no interior da estufa durante o período do experimento. Ciclo verão/outono no ano de 2020, Capão do Leão/RS

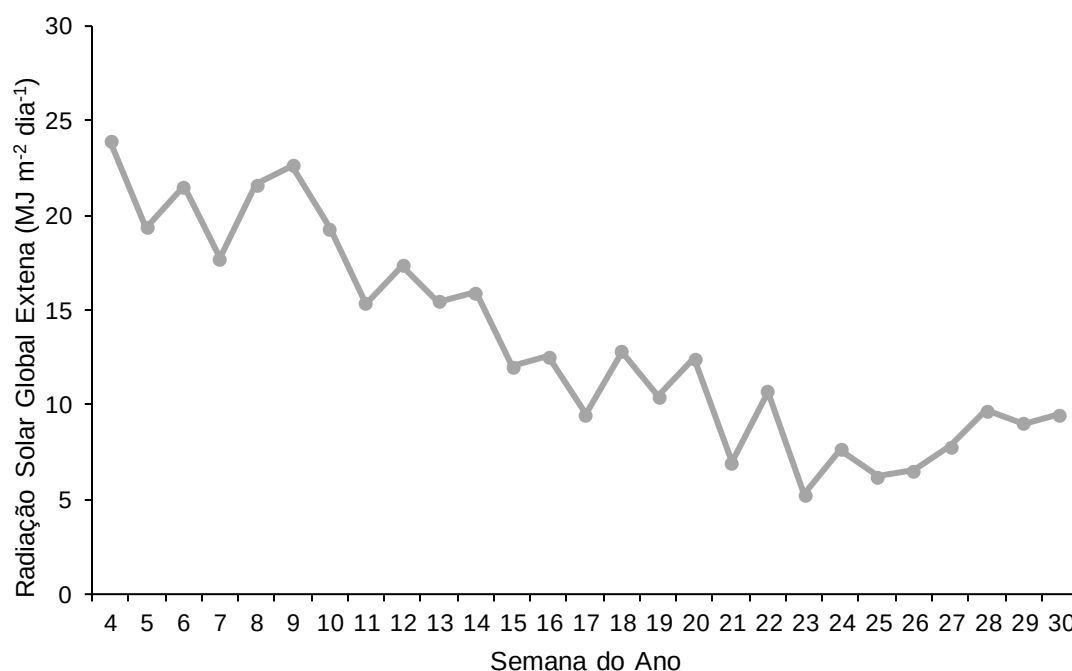


Figura 2 - Médias semanais da radiação solar global no exterior da estufa durante o período do experimento. Ciclo verão/outono no ano de 2020. Capão do Leão/RS

As mudas foram adquiridas do viveiro Hidroceres da cidade de Santa Cruz do Rio Pardo/SP. Foram utilizadas mudas da cultivar híbrida Guara® (Clause) do tipo saladete, de hábito de crescimento indeterminado. O transplante foi realizado quando as plantas apresentaram entre quatro e seis folhas definitivas.

A condução das plantas foi feita com haste única em espaçamento entre plantas de 0,4 m (densidade populacional de 2,94 plantas m⁻²). O tutoramento das plantas foi realizado com fita de ráfia presa em linha de arame disposta cerca de 3,0 m acima da linha de cultivo e sustentada pela estrutura da estufa. As plantas foram despontadas após a emissão do sexto cacho floral. Os demais tratos culturais (desbrotas e desfolhas) e fitossanitários foram efetuados na medida em que se fizeram necessários.

O sistema de cultivo empregado foi em calhas, constituído por canais de cultivo de madeira (0,30 m de largura, 3,8 m de comprimento e 0,10 m de altura), dispostos em 12 linhas duplas, com distância entre linhas duplas de 1,2 m e distância entre linhas simples de 0,5 m. Internamente, os canais de madeira foram revestidos com filme de polietileno dupla face (preto-branco). Os canais foram apoiados por cavaletes de madeira com altura de aproximadamente 0,5 m, instalados de forma a proporcionar uma declividade de 1% para o escoamento da solução nutritiva excedente à capacidade de retenção dos substratos. Para a execução do experimento, 12 canais

foram preenchidos com CAIN e 12 com SC (Tabela 1), formando uma camada de 10 cm de altura. O volume de substrato em cada calha foi de 225 L (12 L planta⁻¹).

Análises ¹	Substratos	
	CAIN ²	SC ²
Densidade Úmida (g L ⁻¹)	111	330
Matéria Seca (g 100g ⁻¹)	94	93
Densidade Seca (g L ⁻¹)	104	308
Porosidade Total (m ³ m ⁻³)	64	82
Espaço de Aeração (m ³ m ⁻³)	36	16
Água Facilmente Disponível (m ³ m ⁻³)	21	36
Água Tamponante (m ³ m ⁻³)	1	8
Capacidade de Retenção de Água 10 cm (m ³ m ⁻³)	28	66
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	0,14	0,35
Valor de pH (H ₂ O)	7,44	7,98

Tabela 1 - Características físicas, condutividade elétrica e pH dos substratos casca de arroz *in natura* e substrato comercial ao início do ciclo de cultivo, empregados no cultivo de tomateiro saladete

¹ Análise de substrato realizada no Laboratório de Análise de Substrato para Plantas (LASPP – UFRGS); Porto Alegre, RS, Brasil.

² Casca de arroz *in natura*

³ Substrato comercial adquirido da empresa ALC Composto.

A solução nutritiva empregada foi baseada na indicada por Steijn *et al.* (1995) e adaptada para a cultura do tomateiro na região, com a seguinte composição de macronutrientes (mmol L⁻¹): 16,0 de NO₃⁻; 1,5 de H₂PO₄⁻; 4,4 de SO₄⁻²; 1,2 de NH₄⁺; 9,5 de K⁺; 5,4 de Ca⁺²; 2,4 de Mg⁺²; e micronutrientes (mg L⁻¹), 3,0 de Fe; 0,5 de Mn; 0,05 de Zn; 0,15 de B; 0,02 de Cu e 0,01 de Mo. Para o preparo da solução nutritiva, foi utilizada água da chuva (CE = 0,0 dS m⁻¹).

A necessidade de fornecimento da solução nutritiva foi monitorada pelo método de tensão da água, com o auxílio de sensores de umidade do substrato, denominados de tensiômetros a gás ou Irrigas®, associado a um controlador automático de irrigação (central de medição digital) modelo MRI da marca Hidrosense®. Os sensores foram instalados a 0,1 m de profundidade mantendo-se o substrato próximo à capacidade de campo. A determinação do acionamento do sistema de motobombas através do controlador automático de irrigação se deu para que não houvesse drenagem nos canais de cultivo. Para isso, o sistema foi dividido em dois ramais, um para as calhas que continham o substrato casca de arroz *in natura* e outro, para as calhas com

substrato comercial. O acionamento de cada ramal se dava de forma independente, de acordo com a umidade do substrato e os parâmetros de umidade do substrato adotados foram os seguintes: acionamento do sistema de irrigação -5,5 KPa para a casca de arroz *in natura* e - 4,0 KPa para o substrato comercial. O desligamento do sistema foi programado por tempo, a partir da observação da não ocorrência de drenagem em cada um dos substratos. Dessa forma, após o acionamento do sistema de irrigação, o mesmo permaneceu ligado por 45 segundos para o substrato CAIN e por 50 segundos para o SC.



Figura 3. Controlador automático de irrigação MRI® e cápsulas porosas sendo instaladas no substrato comercial (esquerda) e na casca de arroz *in natura* (direita)

Para o armazenamento e fornecimento das soluções nutritivas, foram utilizados quatro tanques reservatórios (500 litros) com seus correspondentes conjuntos moto-bomba de $\frac{1}{2}$ CV, um para cada condutividade elétrica, que impulsionará a solução nutritiva para a extremidade de maior cota dos canais, através de canos de PVC de $\frac{1}{2}$ polegada. A partir desse ponto, a solução nutritiva foi fornecida através de fitas gotejadoras direcionadas para a base das plantas, com gotejadores espaçados a 20 cm e vazão unitária de $1,4 \text{ L h}^{-1}$. Havendo drenagem da solução nutritiva, essa foi coletada, a fim de contabilizar a perda do sistema.

Duas soluções estoques concentradas 200 vezes de macronutrientes foram empregadas: solução A (NO_3^- ; H_2PO_4^- ; SO_4^{2-} ; NH_4^+ ; K^+ ; Mg^{+2}) e solução B (Ca^{+2}).

Volumes iguais das soluções A e B foram adicionados ao tanque reservatório até se alcançar o valor de CE requerido em cada tratamento. Já os micronutrientes, foram adicionados em proporções iguais para todos os tratamentos.

O monitoramento da solução nutritiva era feito diariamente, no período da manhã, através das medidas de CE (empregando-se condutivímetro manual digital) e de pH (empregando-se pHmetro manual digital) nos reservatórios de injeção de solução nutritiva.

O pH da solução nutritiva foi mantido na faixa de $6,0 \pm 0,5$ unidades, com base no valor obtido por meio do extrator, através da adição de solução ácida (H_3PO_4 1 N) quando o pH estava acima da faixa e solução básica (KHCO_3) quando o pH estava abaixo da faixa recomendada.

Durante o cultivo, foi mantido um volume de solução nutritiva suficiente para atender o consumo hídrico das plantas e não comprometer o perfeito funcionamento das eletrobombas. A reposição desta foi realizada quando o volume dos tanques estivesse baixo e foi realizada através da adição de água e solução estoque concentrada até atingir a condutividade elétrica de cada tratamento.

Para a coleta dos dados de produção e de qualidade dos frutos, foram realizadas colheitas semanais de frutos maduros de duas plantas por repetição, evitando as plantas de bordadura, os quais eram contados e pesados para obtenção do número de frutos, produtividade, massa média de frutos e teor de sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$). Este último foi obtido por meio de análises mensais de frutos com 100% da epiderme apresentando a coloração vermelha, através de refratômetro portátil. Com a finalidade de avaliar o crescimento da cultura, durante e ao final do ciclo de cultivo foi feita a quantificação da massa fresca e seca total acumulada das plantas controle, incluindo os frutos colhidos durante o processo produtivo, bem como as folhas provenientes das desfolhas. Foram analisadas as variáveis: número de folhas emitidas, sendo consideradas aquelas com mais de 0.05 m de comprimento; comprimento total do caule e área foliar. Esta última foi obtida através do método dos quadrados, utilizando material transparente quadriculado (1,0 cm x 1,0 cm) que foi colocado sobre as folhas e contados o número de quadrados totalmente ou mais de 50% ocupados pelas folhas (De Lucena *et al.*, 2011). A partir da área foliar (cm^2) foi obtido o índice de área foliar (IAF) através da multiplicação da área foliar por planta pela densidade de plantas. As frações caule, folhas e frutos foram pesadas em balança de precisão para obtenção da massa fresca, e posteriormente foram secas

em estufa com circulação forçada de ar (65 °C) para obtenção da massa seca. A massa seca vegetativa representa o resultado da soma das massas seca das folhas e do caule e, a massa seca total, a soma da massa seca vegetativa e dos frutos.

Os resultados obtidos passaram por um tratamento prévio para análise estatística descritiva dos dados. Após, foi realizada a ANOVA em esquema fatorial, delineamento de blocos ao acaso, considerando substrato e CE como variáveis independentes. Havendo significância na interação entre CE e substrato, foi realizado o desdobramento da análise de variância, comparando as médias de substratos dentro de cada nível de CE, e estimando regressões lineares para estudar o efeito de CE dentro de cada nível de substrato.

Para comparações de médias, foi realizado teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para ajuste do modelo de regressão, foi escolhido o modelo mais simples, com melhor ajuste e significativo. Foi utilizado um nível de 5% de probabilidade e as análises foram realizadas no software R 4.1.0 (2021), utilizando os pacotes *openxlsx* (Schauberger, 2021), *tidyverse* (Wickham, 2019), *agricolae* (Mendiburu, 2023), *ecotox* (Hlina *et al.*, 2021), *ExpDes.pt* (Ferreira; Cavalcanti; Nogueira, 2021).

3 Resultados

A análise de variância indicou interação significativa entre os fatores substrato e níveis de EC sobre as variáveis massa seca de raiz (MSR), volume de raiz (VR), índice de área foliar (IAF) (Tabela 3) e condutividade elétrica do drenado (CEd) (Tabela 5). O fator substrato evidenciou efeito significativo sobre as variáveis número de frutos (NFr), produção de frutos (PFr), sólidos solúveis totais (SST), massa seca de caule (MSC), massa seca de folhas (MSF), massa seca de frutos (MSFr), massa seca total (MST) e volume do drenado (VD). O fator CE apresentou efeito significativo para as variáveis, peso médio de frutos (PMFr), produção de frutos (PFr), massa seca de caule (MSC), massa seca de folhas (MSF) e massa seca total (MST).

3.1 Variáveis relacionadas ao crescimento

Com relação ao efeito do fator substrato sobre a produção de massa seca (Tabela 2), observou-se efeito significativo para todas as variáveis sendo elas, caule, folhas, frutos e total. Para todas as variáveis em questão, o substrato comercial (SC)

promoveu maior produção de massa seca comparado ao substrato casca de arroz *in natura* (CAIN).

Substrato	Produção de Massa Seca (g planta ⁻¹)			
	Caule	Folhas	Frutos	Total
SC ¹	45,7 a	268,1 a	211,3 a	547,6 a
CAIN ²	36,5 b	112,9 b	154,6 b	326,7 b
C.V. (%)	19,9	36,6	23,9	3,6

Tabela 2 - Efeitos do fator substrato sobre produção de massa seca do caule, folhas, frutos e total de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2020

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

¹SC: substrato comercial

²CAIN: casca de arroz *in natura*

Em relação ao efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 4), as variáveis MSC, MSF e MST apresentaram significância frente ao aumento da condutividade elétrica. A variável MSFr não foi significativa. A MSC foi maior na CE 2,6 dS m⁻¹ e menor na 1,3 dS m⁻¹, obtendo-se 45,2 e 36,3 g respectivamente. As variáveis MSF e MST, apresentaram comportamento resposta semelhante frente ao aumento da CE. As CEs 1,9 e 2,6 dS m⁻¹ mostraram-se superiores à CE 1,3 dS m⁻¹ e similar à CE 3,2 dS m⁻¹, obtendo-se para MSF 212,9; 227,6; 145,8 e 184,5, respectivamente. Independente da condutividade elétrica, os resultados relativos à MSFr foram equivalentes à média obtida de 182,9 g.

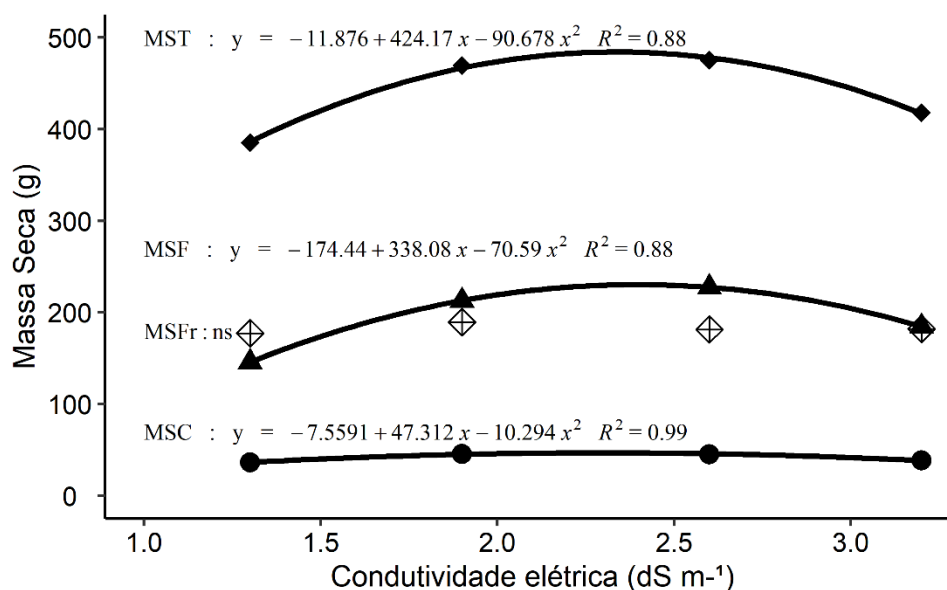


Figura 4 - Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre a produção de massa seca de caule, folha, frutos e total de plantas de tomateiro saladete em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2020

Na tabela 3 é apresentada a interação entre os fatores substrato e condutividade elétrica da solução nutritiva para as variáveis MSR, VR e IAF. Para a variável MSR, diferenças no fator substrato, podem ser observadas na CE 2,6 dS m⁻¹, em que a CAIN apresentou média superior ao SC (18,2 g planta⁻¹). Em relação ao efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva, para CAIN os maiores valores são observados nas CEs 1,9 e 2,6 dS m⁻¹, sendo observado um comportamento de redução para as CEs de 1,3 e 3,2 dS m⁻¹. Já para o SC, o menor valor de MSR é observado na CE 1,3 dS m⁻¹, sendo as demais CEs semelhantes estatisticamente, apresentando um comportamento de aumento nos valores de MSR com o aumento da CE (Figura 5A).

Para a variável VR (Tabela 3), as diferenças entre os substratos são observadas nas CEs 1,3; 1,9 e 2,6 dS m⁻¹, tendo o substrato CAIN apresentado médias significativamente superiores ao SC. Quanto ao efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 5B), para CAIN o maior valor foi observado na CE 1,9 dS m⁻¹, e os menores valores nas CEs 1,3 e 3,2 dS m⁻¹, sendo observado comportamento de redução na menor e maior CE testadas. Para o SC o maior valor é encontrado na CE 3,2 dS m⁻¹, sendo os menores valores de VR observados nas CEs 1,3 e 2,6 dS m⁻¹.

Subs./CE*	1,3		1,9		2,6		3,2	
Massa Seca Raiz (g planta ⁻¹)								
SC ¹	7,9	Ba	13,7	ABa	11,5	ABb	14,1	Aa
CAIN ²	11,4	Ba	22,2	Aa	18,2	Aa	11,0	Ba
Volume Raiz (mL planta ⁻¹)								
SC	76,7	Bb	119,2	ABb	90,2	Bb	134,2	Aa
CAIN	113,4	Ba	172,8	Aa	153,5	ABa	112,9	Ba
IAF								
SC	2,3	Ba	3,2	Aa	2,4	Ba	3,4	Aa
CAIN	1,1	Bb	1,8	Ab	1,8	Ab	1,4	ABb

Tabela 3 - Interação dos fatores substrato e condutividade elétrica da solução nutritiva para as variáveis massa seca de raiz, volume de raiz e índice de área foliar (IAF) de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2020

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

*Subs./CE: substrato/condutividade elétrica

¹SC: substrato comercial

²CAIN: casca de arroz *in natura*

Em relação a variável IAF (Tabela 3), dentro de todos os níveis de CEs, o substrato SC apresentou valores significativamente superiores a CAIN. Em relação ao efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 5C), para CAIN o menor valor é observado na CE 1,3 dS m⁻¹, sendo observado um comportamento de aumento nos valores de IAF até a CE 2,6 dS m⁻¹ e, posteriormente, um declínio nos valores com o aumento da CE.

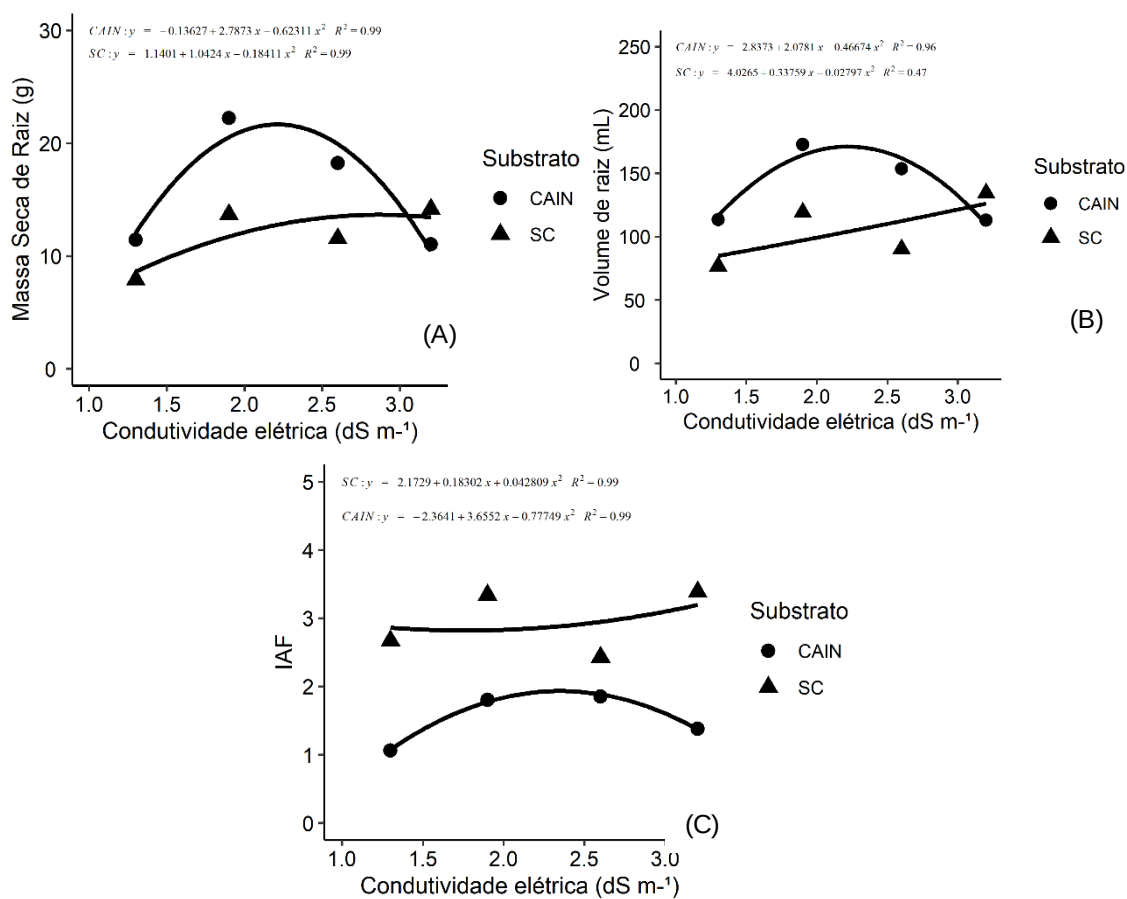


Figura 5 - Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre massa seca de raiz, volume de raiz e índice de área foliar de plantas de tomateiro em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2020.

3.2 Variáveis relacionadas aos aspectos produtivos

Com relação ao efeito dos substratos sobre os caracteres produtivos, verificou-se que o substrato comercial promoveu maior NFr e PFr (Tabela 4). Já para SST as maiores médias foram encontradas quando as plantas foram cultivadas em CAIN. Para a variável peso médio de frutos (PMFr) não houve efeito do substrato, e os resultados obtidos foram equivalentes à média de 110,4 g fruto⁻¹.

Substrato*	N° frutos (planta ⁻¹)	Peso médio (g fruto ⁻¹)	Produção (g planta ⁻¹)	SST (°Brix)
SC ¹	33,3 a	111,5 a	3712,9 a	4,8 b
CAIN ²	25,7 b	109,3 a	2809,0 b	5,3 a
C.V. (%)	26,4	13,3	30,8	14,3

Tabela 4 - Efeitos do fator substrato sobre o número de frutos (N° frutos), peso médio, produção de frutos e sólidos solúveis totais dos frutos de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2020

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

*Subs./CE: substrato/conductividade elétrica

¹SC: substrato comercial

²CAIN: casca de arroz *in natura*

Com respeito ao efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre as variáveis produtivas, observa-se que as variáveis PMFr (Figura 6B) e PFr (Figura 6C) foram significativas. Para o PMFr, as maiores médias são observadas nas CEs 1,3 e 1,9 dS m⁻¹, obtendo-se 122,5 e 113,5 g, respectivamente, sendo observada uma redução no peso médio dos frutos com o aumento da CE, sendo o menor valor de peso médio observado na CE 3,2 dS m⁻¹ (103,2 g). De forma semelhante para PFr, observa-se maior produção nas CEs 1,3 e 1,9 dS m⁻¹, obtendo-se 3828,8 e 3528,1 g, respectivamente, sendo observada uma redução na produção de frutos com o aumento da CE.

Para as variáveis NFr (Figura 6A) e SST (Figura 6D) não houve efeito da condutividade elétrica, e os resultados obtidos foram equivalentes à média de 29,5 e 5,1, respectivamente.

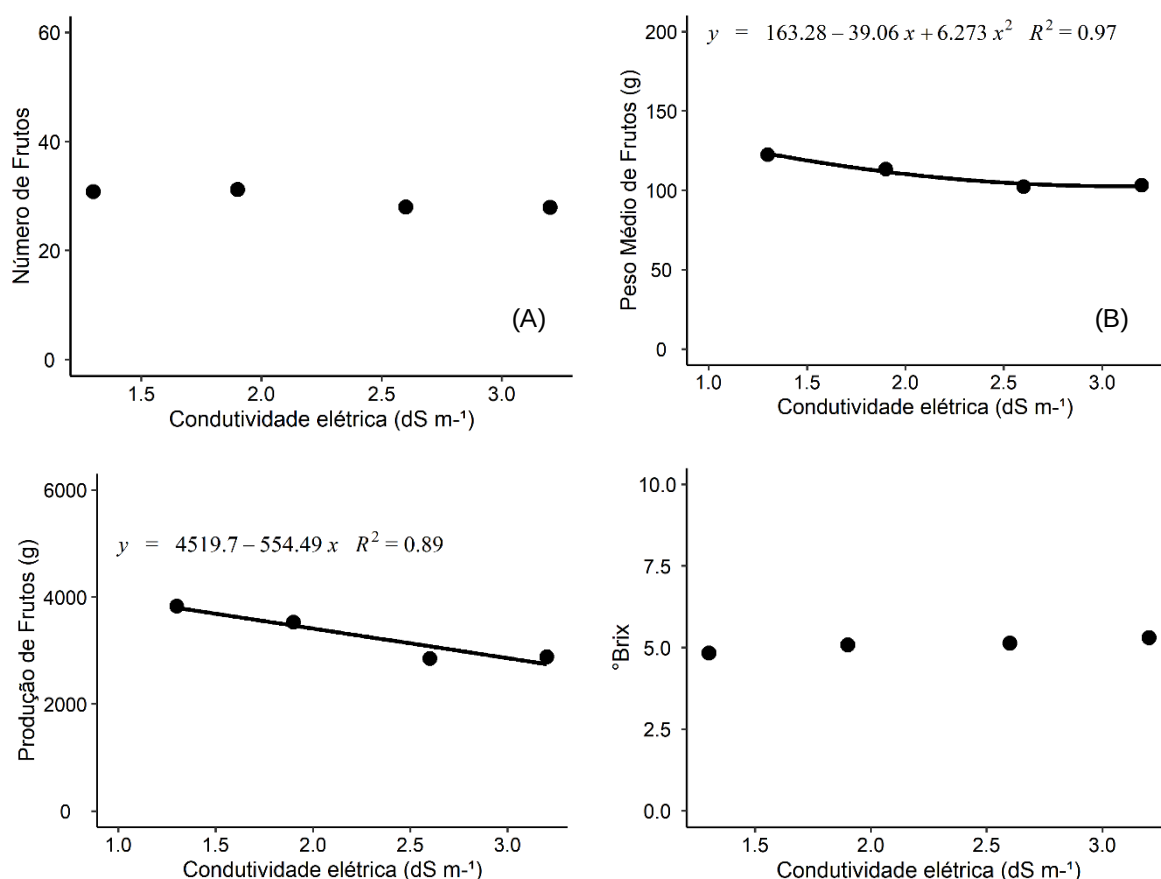


Figura 6 - Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre o número de frutos, peso médio de frutos, produção de frutos e sólidos solúveis totais (°Brix) dos frutos de tomateiro saladete em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2020

3.3 Variáveis relacionadas ao sistema

Os dados acumulados do volume do drenado (VD) originado pelo sistema de cultivo, demonstram que houve efeito significativo para o fator substrato. O VD foi maior para o substrato CAIN, obtendo-se 306,8 litros de solução drenada ao longo de todo ciclo da cultura (178 dias). Já para o SC, o VD foi de 101,5 litros.

Na Tabela 5 é apresentada a interação entre os fatores substrato e condutividade elétrica da solução nutritiva para a variável condutividade elétrica do drenado (CEd). Diferenças promovidas pelo fator substrato, podem ser observadas na CE 3,2 dS m⁻¹ em que o substrato SC apresentou média significativamente superior a CAIN. Por outro lado, não há diferença significativa entre as CEs 1,3; 1,9 e 2,6 entre os substratos.

Subs./CE*	Condutividade Elétrica do drenado (dS m ⁻¹)							
	1,3		1,9		2,6		3,2	
SC ¹	1,5	Ca	2,6	Ca	4,7	ABa	7,9	Aa
CAIN ²	1,6	Ca	2,5	BCa	4,6	ABa	4,9	Ab

Tabela 5 - Interação dos fatores substrato e condutividade elétrica da solução nutritiva para a variável condutividade elétrica do drenado de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2020

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

*Subs./CE: substrato/condutividade elétrica

¹SC: substrato comercial

²CAIN: casca de arroz *in natura*

Em relação ao efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre a variável CEd (Figura 7), observou-se que os substratos apresentaram comportamento resposta semelhantes, sendo as maiores médias observadas nas CEs 2,6 e 3,2 dS m⁻¹, reduzindo com a diminuição da CE.

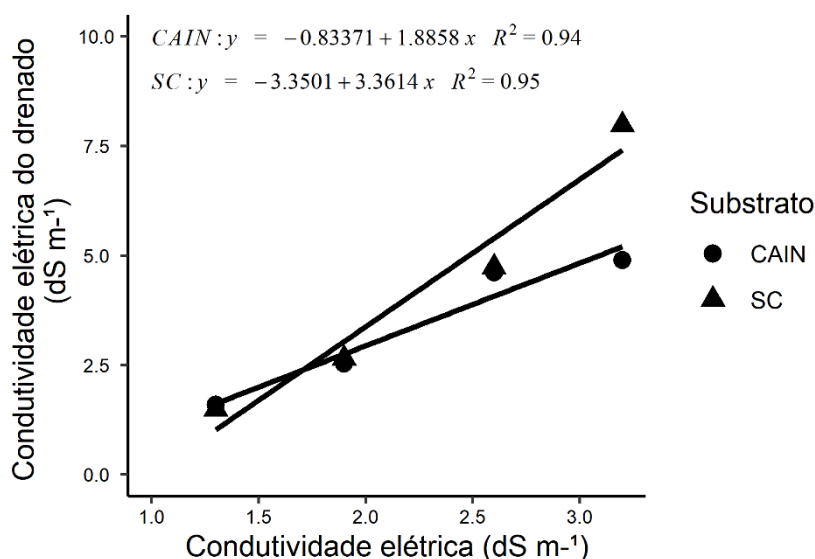


Figura 7 - Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre a condutividade elétrica do drenado residual originado pelo cultivo de plantas de tomateiro em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2020

4 Discussão

A maior produção de massa seca de caule, folhas, frutos e total (Tabela 2) foi observada no substrato comercial. Esse resultado pode ser devido às características físicas do substrato comercial quando comparado à casca de arroz *in natura* (Tabela 1), a qual apresenta maiores valores de porosidade total (82 m³ m⁻³), capacidade de

retenção de água ($66 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e água facilmente disponível ($36 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), características essas que propiciam uma melhor capacidade hídrica contribuindo para as médias superiores de massa seca de caule, folhas, frutos e total, assim como maior número e produção de frutos (Tabela 4). Segundo De Boodt e Verdonck (1972), o substrato ideal apresenta uma porosidade total em torno de 85%, espaço de aeração entre 20 e 40%, água facilmente disponível entre 20 e 30% e água tamponante entre 4 e 10%.

O efeito do substrato para as variáveis massa seca de raiz e volume de raiz (Tabela 3), mostrou que o substrato CAIN promoveu um maior crescimento de raiz quando comparado ao SC. Já para o índice de área foliar (Tabela 3), observa-se que o SC promoveu as maiores médias para essa variável. Adicionalmente, frente à condutividade elétrica da solução nutritiva, para o SC as variáveis massa seca de raiz, volume de raiz e índice de área foliar mostraram comportamento resposta semelhante, porém, suas médias foram inferiores à CAIN. Para o índice de área foliar, o substrato comercial superou as médias obtidas para CAIN. Já para o substrato CAIN, respostas semelhantes frente à CE são observadas para massa seca de raiz e volume de raiz, com médias superiores nas CEs 1,9 e 2,6 dS m^{-1} . Porém, o índice de área foliar resultou em médias significativas inferiores ao SC.

Apesar da maior produção de massa seca e volume de raiz das plantas cultivadas em CAIN e, conseqüentemente, maior capacidade de absorção de água e nutrientes minerais, o índice de área foliar dessas plantas foi menor, possivelmente em decorrência da condição hídrica desse substrato não se manter constante ao longo do dia, causando um estresse para as plantas.

A CAIN, retém menos água, por sua menor capacidade de retenção de água, logo menores valores de água facilmente disponível e uma menor porosidade total em relação ao SC (Tabela 1), por esse motivo, propiciou condições inferiores para a absorção dos nutrientes, ainda que a massa seca e volume de raízes fossem maiores. Segundo Taiz e Zeiger (2017), uma baixa porosidade total pode resultar em menor aeração, afetando, por consequência, a respiração das raízes e a disponibilidade de oxigênio, limitando seu crescimento e desenvolvimento.

Também, vale ressaltar que as mudas foram plantadas no final do mês de janeiro, mês de temperaturas e radiação solar ainda muito elevadas, e esse fato em conjunto com o plantio no substrato casca de arroz *in natura* no início do experimento, possivelmente causou estresse hídrico e dificultou o crescimento inicial, com reflexos negativos para a expansão foliar.

O substrato CAIN devido às suas características físicas, apresenta baixa capacidade de retenção de água. O baixo volume de água retido por esse substrato repercute negativamente sobre o rendimento da cultura (Tabela 4), porque dificulta o manejo tanto da água como dos nutrientes. Com relação ao volume de água retido por esse substrato, o volume disponível às plantas passa rapidamente de uma situação de potencial hídrico total próximo de zero para valores negativos, os quais induzem o estresse hídrico, com a entrada em ação dos mecanismos fisiológicos de controle da transpiração (Andriolo *et al.*, 1999). O principal mecanismo dessa natureza é o fechamento dos estômatos, que reduz simultaneamente a saída de vapor d'água e a taxa de fotossíntese (Urban, 1991).

Ainda que a frequência de irrigação fosse adaptada aos diferentes substratos através do uso do controlador automático de irrigação MRI®, a manutenção, ao longo do dia, da umidade no meio radicular garantida pelo substrato comercial, possivelmente propiciou as plantas, melhor produção.

Observou-se efeito significativo do substrato sobre a produção de frutos. O substrato comercial promoveu uma maior produção de frutos ($3712,9 \text{ g planta}^{-1}$) que a casca de arroz *in natura* ($2809,0 \text{ g planta}^{-1}$) (Tabela 4). Uma vez que o peso médio de frutos não variou (Tabela 4), a maior produção de frutos verificadas no substrato comercial é atribuída ao seu maior número de frutos. Para esse substrato, foram colhidos, na média, 33,3 frutos por planta. Já para a casca de arroz *in natura*, foram colhidos 25,7 frutos por planta.

No presente trabalho, a produtividade das plantas cultivadas em CAIN e SC correspondeu a $82,5 \text{ t ha}^{-1}$, e $109,2 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente, podendo ser considerada uma boa produção para a região e época do ano em que o trabalho foi conduzido. Sobre dados do Sebrae, Bordignon (2018) aponta que a produtividade média da cultura no Estado do Rio Grande do Sul gira em torno de 65 toneladas por hectare. Genúncio *et al.* (2010) em estudo conduzido entre junho e novembro, no Rio de Janeiro com a cultivar San Marzano, obtiveram produtividades de $79 \text{ e } 56 \text{ t ha}^{-1}$ para cultivo em NFT e em substrato fertirrigado, respectivamente.

Efeito significativo do substrato foi observado para sólidos solúveis totais (Tabela 4), sendo o substrato casca de arroz *in natura* o que promoveu maior teor de sólidos solúveis totais nos frutos ($5,3^\circ \text{Brix}$). Os resultados encontrados para SST cultivados em casca de arroz *in natura* são superiores aos verificados na literatura para tomate de mesa cultivados nos sistemas convencional e orgânico, cujas médias

são 4,83 e 4,72 °Brix, respectivamente (Ferreira *et al.*, 2010). Estima-se que esse resultado verificado para SST em CAIN se deu em decorrência da reduzida capacidade de retenção de água da casca de arroz *in natura* associado ao menor número de frutos produzidos. Nesse substrato, as frequências de irrigação eram maiores, o que pode ter ocasionado com que as plantas se mantivessem com uma capacidade hídrica maior. Mesmo a frequência de irrigação sendo determinada pelo controlador automático de irrigação MRI®, ele pode não ter sido tão preciso para esse substrato e ter provocado esse estresse nas plantas. Independentemente do nível de condutividade elétrica, os sólidos solúveis totais são estatisticamente iguais, se assemelhando a média de 4,9 °Brix.

Os maiores volumes do drenado observados para a casca de arroz *in natura* estão relacionados às características físicas desse substrato, principalmente devido à baixa capacidade de retenção de água (Tabela 1). Outro fator de grande relevância está associado aos fatores climatológicos em que ocorreu o plantio das mudas e às características dos sensores de umidade que comandavam o sistema de irrigação. O plantio das mudas foi realizado no final do mês de janeiro, período de temperaturas e radiação solar ainda muito elevadas (Figuras 1 e 2), que geram uma elevada perda da umidade do substrato para o ambiente, apesar da baixa demanda das plantas devido ao seu porte inicial de desenvolvimento. Além disso, acredita-se que os sensores de umidade instalados no substrato (cápsulas porosas de tensiometria gasosa) podem ter apresentado uma certa dificuldade na detecção da umidade do substrato devido ao sistema gasoso de controle da irrigação, associado ao elevado espaço de aeração e baixa capacidade de retenção de água desse substrato.

Essas características da casca de arroz *in natura* afetam o funcionamento da cápsula porosa, uma vez que essa necessita estar em contato com as partículas do substrato para um bom funcionamento. Acredita-se que devido às características físicas da casca de arroz *in natura*, essas leituras podem ter sido parcialmente comprometidas, influenciando no elevado volume de drenagem para esse substrato. Na casca de arroz a água disponível às plantas diminui muito rapidamente, exigindo irrigações frequentes, dificultando o manejo correto da água e aumentando os volumes drenados, que estão associados também a uma maior perda de nutrientes (Andriolo *et al.*, 1999).

5 Conclusões

O substrato comercial, independente da condutividade elétrica da solução nutritiva, promoveu maior produção de massa seca de caule, folhas, frutos e total, número de frutos, produção de frutos e sólidos solúveis totais.

O substrato afeta a qualidade dos frutos no que se refere à concentração de sólidos solúveis, sendo a casca de arroz *in natura* a que promove maior concentração de açúcares nos frutos.

A condutividade elétrica da solução nutritiva de 1,3 dS m⁻¹ favorece o peso médio de frutos e, conseqüentemente, um maior rendimento de frutos. Já a CE 2,6 dS m⁻¹ favorece a produção de massa seca de caule, de folhas e total.

Os dados obtidos mostram a viabilidade técnica do cultivo do tomateiro do tipo saladete em sistema de cultivo em substrato sem drenagem.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Pelotas, à CAPES e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

6 Referências

ANDRIOLO, J. L. *et al.* Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 215-219, nov. 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05361999000300008> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/PrJKQPpkKdKg4Zj7FyRPPMg/#> Acesso em: 28 maio 2024.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999.

BECKER, T. B. *et al.* Productive Behavior of Strawberry from Potted Seedlings Produced With Application of Prohexadione Calcium in Soilless Cultivation. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 4, p. 309-18, 2020. DOI: 10.9755/ejfa.2020.v32.i4.2097 Disponível em: https://www.academia.edu/75415477/Productive_behavior_of_strawberry_from_potted_seedlings_produced_with_application_of_prohexadione_calcium_in_soilless_cultivation Acesso em: 28 maio 2024.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, v.26, p. 37-44, 1972. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1972.26.5> Disponível em: https://www.actahort.org/books/26/26_5.htm Acesso em: 28 maio 2024.

DE LUCENA, R. R. M. *et al.* Medição de área foliar de aceroleira. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 40-45, abr./jun., 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1728/4710> Acesso em: 28 maio 2024.

DUTRA, J. G. **Calhas com substrato de casca de arroz “in natura” e recirculação da solução nutritiva drenada: um sistema alternativo para o cultivo de minimelancia**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/4960> Acesso em: 28 maio 2024.

FERREIRA, S. M. R. *et al.* Qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 224-230, jan./mar. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000100033> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/tgfThYvjG8dd5JGX7TFr6Hc/> Acesso em: 28 maio 2024.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **Pacote Experimental Designs (Portugues). Packstage ‘ExpDes.pt’**. out. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4236/am.2014.519280> Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/index.html> Acesso em: 28 maio 2024.

GRATIERI, L. A. **Nitrogênio e potássio para meloeiro cultivado em fibra de coco, sem drenagem**. 2012. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2012. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/7b7b1ffc-b9a4-4dc8-90fe-673ab7b69566/content> Acesso em: 28 maio 2024.

GENÚNCIO, G. C. *et al.* Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, 446-452, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000400012> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/xvqCyj5h3ryHtybfzRWvFr/> Acesso em: 28 maio 2024.

HLINA, B. L. *et al.* The relationship between thermal physiology and lampricide sensitivity in larval sea lamprey (*Petromyzon marinus*). **Journal of Great Lakes Research**, v. 47, p. 273-284, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2021.10.002> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0380133021002203?via%3Dihub> Acesso em: 2 jun. 2024.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928. Mapa 150cmx200cm.

MENDIBURU, F. **agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-6**. out 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/index.html> Acesso em: 28 maio 2024.

MELO, D. M. **Reutilização do substrato e concentração da solução nutritiva no cultivo do tomateiro do grupo salada**. 2015. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/57997ff4-b361-4ce0-aaaf-08f817cdb9bc/content> Acesso em: 28 maio 2024.

MELO, D. M. **Reutilização do substrato e concentração da solução nutritiva no cultivo do tomateiro do grupo salada**. 2015. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/57997ff4-b361-4ce0-aaaf-08f817cdb9bc/content> Acesso em: 31 maio 2024.

NEUTZLING, C. *et al.* Reutilización del substrato cascarilla de arroz in natura tras el cultivo de tomate para la producción de híbridos de pepino de conserva (*Cucumis sativus* L.) em sistema de recirculación de lixiviado. **Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas**, v. 12, n. 3, p. 602-610. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2018v12i3.7684> Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/343570529> Reutilizacion del sustrato cascarilla de arroz in natura tras el cultivo de tomate para la produccion de hibridos de pepino de conserva *Cucumis sativus* L en sistema de recirculacion de lixiviado Acesso em: 30 maio 2024.

PEIL, R. *et al.* Densidade de plantio e genótipos de tomateiro cereja em sistema fechado de cultivo em substrato. **Horticultura Brasileira**. v. 32, p. 234-240, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000200021> Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/hb/a/TFmbCVGLBJJKd4Mfq9c68fQ/> Acesso em: 28 maio 2024.

PERIN, L. *et al.* Trough and pot crop systems with leaching recirculation and defoliation levels for mini tomatoes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.34992> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/WHb7RwYgK8YSRnXj8ZwNSmz/#> Acesso em: 28 maio 2024.

R CORE TEAM (2020). **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical.** 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 28 maio 2024.

RESH, H. M. **Hydroponic food production.** Califórnia: Woodbridge Press Publishing Company, 1996.

ROSA, D. S. B. **Número de hastes para o cultivo do tomateiro grape em substrato de casca de arroz e sistema fechado.** 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=1941430 Acesso em: 28 maio 2024.

SANJUÁN, M. C. S.; URRESTARAZU, M. **Técnicas de fertirrigación en cultivo sin suelo.** Almería: Universidade de Almería, 2001.

SILVA, J. D. **Faixas de condutividade elétrica no desenvolvimento e características físico-químicas de pimentão pé-franco e enxertado.** 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/b81fae52-56a7-42a3-bace-06317ef74b0c/content> Acesso em: 28 maio 2024.

SCHAUBERGER, P. *et al.* **openxlsx: Read, write and edit xlsx files. R package version 4.1.0.** 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/openxlsx/index.html> Acesso em: 28 maio 2024.

STEIJN, B. **Training course on soilless cultivation of vegetables.** 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2017.

URBAN, L. Etat hydrique et production sous serre en hors sol. **PHM Revue Horticole**, v. 319, p. 37 - 43, 1991.

WAMSER, A. F. *et al.* Influence of drainage and nutrient-solution nitrogen and potassium concentrations on the agronomic behavior of bell-pepper plants cultivated in a substrate. **PloS ONE**, v. 12, n. 7, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180529> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28678884/> Acesso em: 28 maio 2024.

WAMSER, A. F.; VALMOTBIDA, J. Evolução do consumo hídrico do morangueiro

em cultivo com substrato. **Agropecuária Catarinense**, v. 35, n. 2, p. 24-26, 2022. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1448> Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1448> Acesso em: 28 maio 2024.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Nova Iorque: Springer-Verlag, 2016.

NEUTZLING, C. *et al.* Reutilización del substrato cascarilla de arroz in natura tras el cultivo de tomate para la producción de híbridos de pepino de conserva (*Cucumis sativus* L.) em sistema de recirculación de lixiviado. **Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas**, v. 12, n. 3, p. 602-610. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2018v12i3.7684> Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/343570529> Reutilizacion del sustrato cascarilla de arroz in natura tras el cultivo de tomate para la produccion de hibridos de pepino de conserva *Cucumis sativus* L en sistema de recirculacion de lixiviado Acesso em: 30 maio 2024.

5 Artigo II: Crescimento e produção de plantas enxertadas e não enxertadas de tomateiro cultivadas com diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva em sistema sem drenagem

(Segundo Normas da revista *Scientia Horticulturae*)

Crescimento e produção de plantas enxertadas e não enxertadas de tomateiro cultivadas com diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva em sistema sem drenagem

Resumo

A enxertia em hortaliças tem crescido bastante e pode ser considerada uma alternativa para os produtores que buscam benefícios especialmente em termos de resistência a doenças, otimização de nutrientes e aumento da produção. Em vista desses benefícios, plantas enxertadas têm sido usadas também no cultivo sem solo. Dentre os sistemas de cultivo utilizados, o sistema sem drenagem tem como potencial a redução do consumo de água e fertilizantes, porém requer cuidados especiais pois a drenagem é um processo essencial para evitar o acúmulo de água nas raízes. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da enxertia e da condutividade elétrica da solução nutritiva quanto ao crescimento, às respostas produtivas e de qualidade dos frutos do tomateiro cultivadas em sistema sem drenagem. O experimento foi realizado em estufa localizada no Rio Grande do Sul/Brasil, em sistema de cultivo sem drenagem em calhas de madeira, internamente impermeabilizadas e preenchidas com substrato na altura de 0,10 m. Foi utilizado dois tipos de plantas (enxertadas e não enxertadas) e quatro condutividades elétricas da solução nutritiva, 1,3; 1,9; 2,6 e 3,2 dS m⁻¹. Foi utilizado como porta enxerto a cultivar Gumgang® (Seminis) e como enxerto assim como para as plantas não enxertadas a cultivar Guara®, do tipo saladete, na safra verão/outono de 2021. Foram avaliadas as seguintes variáveis: produção de massa seca de raiz, caule, folha, fruto e total das plantas, área foliar, área foliar específica, sólidos solúveis totais, número, peso médio, produção e tamanho dos frutos, volume de raiz e volume do drenado. A enxertia de plantas, independente da condutividade elétrica da solução nutritiva, favorece o crescimento radicular e caular das plantas, a expansão foliar, a produção de um maior número de frutos e, conseqüentemente, um maior rendimento de frutos. A enxertia não afeta a qualidade dos frutos no que se refere ao peso médio e dimensões (altura e diâmetro transversal). Com o uso da solução nutritiva de CE de 2,6 dS m⁻¹, é possível obter frutos com maior concentração de açúcares de plantas enxertadas do que de plantas não enxertadas. A condutividade elétrica da solução nutritiva de 2,6 dS m⁻¹ favorece a expansão foliar, a produção de um maior número de frutos e, conseqüentemente, seu rendimento.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., cultivo em calhas, porta enxerto

1 Introdução

A agricultura moderna enfrenta desafios significativos, como a busca por métodos sustentáveis que atendam à crescente demanda por alimentos de alta qualidade. Nesse contexto, o cultivo de tomate em ambiente protegido, associado à maior eficiência no uso de insumos, à potencial redução no uso de defensivos agrícolas, à proteção contra pragas, doenças e eventos climáticos adversos, tem ganhado relevância no Brasil.

A maioria dos cultivos de tomate em ambiente protegido é realizada diretamente no solo. Entretanto, o uso intensivo da mesma área pode acarretar problemas com patógenos de solo, que afetam o sistema radicular das plantas, ou causar a sua salinização, reduzindo o crescimento e o rendimento ao longo dos sucessivos cultivos (Silva *et al.*, 2013). A salinidade e a escassez de água são duas das maiores restrições ambientais que as culturas têm de enfrentar no cenário de mudanças climáticas (Penella *et al.*, 2017).

Uma alternativa para tais problemas é o cultivo sem solo. Entre os sistemas de cultivo sem solo empregados para o cultivo de hortaliças, destaca-se, no Brasil, o cultivo em substrato. Estes sistemas têm proporcionado redução do uso de agrotóxicos, otimização da mão de obra, maior potencial produtivo por unidade de área (Peil; Signorini, 2018) melhor estado fitossanitário das plantas, além da eliminação dos custos com o manejo do solo.

O principal objetivo que se pretende alcançar com a enxertia de hortaliças é obter resistência a doenças do solo (Peil, 2003). A utilização da enxertia pode ser associada ao cultivo sem solo em ambiente protegido objetivando superar estresses sob o prisma de um manejo sustentável da cultura, combinando a cultivar desejada com um porta enxerto tolerante a estresses abióticos (Feng *et al.*, 2019).

A resposta das plantas sob diferentes condições de salinidade é um fenômeno extremamente complexo, envolvendo alterações morfológicas e de crescimento, além de processos fisiológicos e bioquímicos (Paiva, 2017). No entanto, as plantas têm mecanismos para neutralizar o estresse salino, ocorrendo mudanças em nível morfológico, bioquímico, fisiológico e de desenvolvimento (Assaha *et al.*, 2017; Rahman *et al.*, 2019). Em geral, essas alterações metabólicas induzidas pela salinidade e para neutralizar o estresse salino resultam na redução da produção e qualidade comercial das colheitas (Alfonsea-Simón *et al.*, 2020). Contudo, os

prejuízos causados dependem da sua duração e sua severidade, e do estágio de desenvolvimento da mesma (Garcia *et al.*, 2010).

Embora a cultura do tomateiro seja considerada como moderadamente sensível aos efeitos da salinidade em condições de condutividade elétrica acima de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Ayers; Westcot, 1999), é uma das poucas hortaliças possíveis de ser produzida de forma comercial em condições de solos salinos, como algumas áreas do sudeste espanhol, onde a salinidade da água de irrigação pode alcançar valores superiores a 10 dS m^{-1} .

Dentre os parâmetros de rendimento do tomateiro afetados pelo estresse salino, os efeitos mais visíveis são a maior incidência no abortamento de flores, menor número de frutos, redução no tamanho dos frutos, e redução na massa média de frutos, resultantes devido à menor disponibilidade de água para a planta, o que pode resultar em frutos menores e menos desenvolvidos, gerando perdas na produção de frutos comerciais (Campos *et al.*, 2006; Medeiros *et al.*, 2011). No entanto, pode proporcionar aumento da concentração de sólidos solúveis e aumento da qualidade organoléptica dos frutos. Em níveis moderados, o uso de água salina na irrigação pode melhorar a qualidade dos produtos hortícolas, aumentando o conteúdo de matéria seca e a concentração de açúcar na fruta (Ling Li *et al.*, 2001).

Poucos registros de estudos no sistema sem drenagem são encontrados na literatura. Espera-se um adequado crescimento e produtividade das plantas de tomateiro no sistema devido à reconhecida tolerância da espécie à salinidade (Silva, 2017), porém, as respostas, possivelmente, sejam dependentes das condições de cultivo, como o substrato e a condutividade elétrica da solução nutritiva, e da cultivar empregada. Em estudo sobre diferentes manejos da fertirrigação na produção de minitomate, Bezerra (2015) observou que os manejos de fertirrigação testados não influenciaram o desenvolvimento vegetativo do tomateiro, produtividade total e o número de frutos por planta.

Além do fator genético, e considerando o maior vigor das raízes de plantas enxertadas (Peil; Galvez, 2005; Silva *et al.*, 2016), levanta-se a hipótese de que a enxertia poderia representar também uma ferramenta útil a ser associada ao cultivo em substrato sem drenagem para superar problemas de salinidade do meio radicular. O uso da enxertia surgiu como uma ferramenta potencial para aumentar rapidamente a eficiência de genótipos de alto rendimento para maior adaptabilidade ou resistência a diferentes estresses (Kumar *et al.*, 2017).

O uso de variedades de porta-enxertos tolerantes é uma boa estratégia de adaptação ao estresse salino (Huang *et al.*, 2009; Penella *et al.*, 2017). Alguns estudos relataram que o enxerto de plantas em variedades de porta-enxertos tolerantes à salinidade pode aumentar sua tolerância a este fator de estresse, limitando o transporte de Na^+ e Cl^- para a parte aérea (Colla *et al.*, 2012; Estañ *et al.*, 2005), aumentando a atividade de enzimas antioxidantes (He *et al.*, 2009) e alterando a distribuição hormonal (Holbrook *et al.*, 2002) para se adaptar ao ambiente salino.

Outros estudos indicam que, especificamente ao estresse salino e hídrico, a influência do porta-enxerto na tolerância de uma copa pode ser relacionada a um controle mais eficiente das funções estomáticas (mudanças na regulação estomática e nas relações hídricas), manutenção da fotossíntese, além de um sistema radicular maior e vigoroso, capaz de absorver água e nutrientes com muito mais eficiência (Aloni *et al.*, 2010; Penella *et al.*, 2017). Essas características, associadas ao sistema de cultivo e manejo da solução nutritiva adotados, podem suprir a planta de mais água e elementos minerais, permitindo maior crescimento, desenvolvimento e, conseqüentemente, aumento de produção, mesmo em condições de maior salinidade que podem advir do cultivo em substrato sem drenagem.

Estudos sobre o comportamento fisiológico e produtivo de plantas enxertadas de tomateiro no sistema sem drenagem são desconhecidos. Diante dos benefícios de economia de água e fertilizantes e reduzida contaminação ambiental associados ao emprego de um sistema de cultivo em substrato sem drenagem, surge a necessidade de gerar conhecimento sobre o potencial desse sistema.

Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da enxertia e da condutividade elétrica da solução nutritiva quanto ao crescimento, às respostas produtivas e de qualidade dos frutos do tomateiro cultivadas em sistema sem drenagem.

2 Material e Métodos

O trabalho foi realizado na safra 2021, compreendendo o período de 29 de janeiro a 23 de julho de 2021 (ciclo de 173 dias). Um experimento foi instalado no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizado no município de Capão do Leão-RS (31°52' latitude Sul, 52°21' longitude Oeste e altitude de 13 m), no estado do Rio Grande do Sul, região sul do Brasil. O clima da região é

temperado com precipitação de chuvas bem distribuídas e verão quente, sendo classificado, conforme W. Köppen, como tipo Cfa (Köpper; Geiger, 1928).

O experimento foi realizado em estufa modelo teto em arco, com estrutura metálica, compreendendo uma área de 210 m² (10 m x 21 m), com 5,0 m de altura máxima e 3,5 m de pé direito, disposta no sentido Norte-Sul. Apresenta cobertura com filme de polietileno de baixa densidade (150 µm de espessura). O solo apresentava-se nivelado e coberto com rafia de solo sintética clara. O manejo do ambiente foi efetuado apenas por ventilação natural, através da abertura e fechamento das janelas laterais e portas da estufa de acordo com a variação das condições ambientais, a fim de manter as melhores condições para o adequado desenvolvimento da cultura.

Durante os experimentos, foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar (Figura 1), em termo higrômetro, instalado em abrigo meteorológico a 1,5 m de altura do chão, localizado no centro da estufa. A radiação solar global no exterior da estufa (Figura 2) foi obtida a partir dos dados registrados pela Estação Agroclimatológica de Pelotas (Convênio UFPel/EMBRAPA), localizada na área do Campus da UFPel, onde foram executados os experimentos.

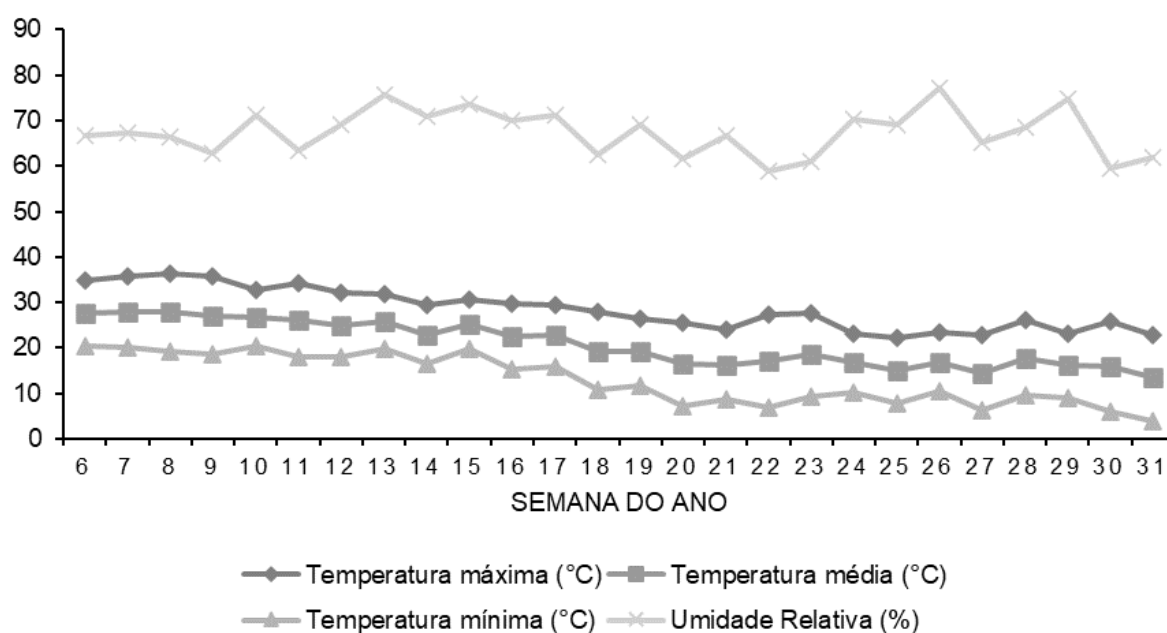


Figura 1 - Médias semanais da temperatura máxima (C°), média (°C), mínima (C°) e umidade relativa (UR %) do ar no interior da estufa durante o período do experimento. Ciclo verão/outono no ano de 2021, Capão do Leão/RS

O experimento foi implementado sob delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições, sob esquema fatorial (2 x 4), resultante da combinação de dois níveis do fator enxertia (plantas enxertadas – E e plantas não enxertadas - NE) e quatro níveis do fator condutividade elétrica da solução nutritiva: 1,3; 1,9; 2,6 e 3,2 dS m⁻¹, respectivamente para as soluções nutritivas com reduções de 50% e 25% da concentração de nutrientes; solução nutritiva padrão e solução nutritiva com aumento de 25% da concentração de nutrientes. Cada parcela correspondeu a uma linha (canal) de cultivo, com 9 plantas. As plantas das extremidades das parcelas foram consideradas como bordaduras. Por tratamento, foram utilizadas 12 plantas como plantas controles para as avaliações realizadas.

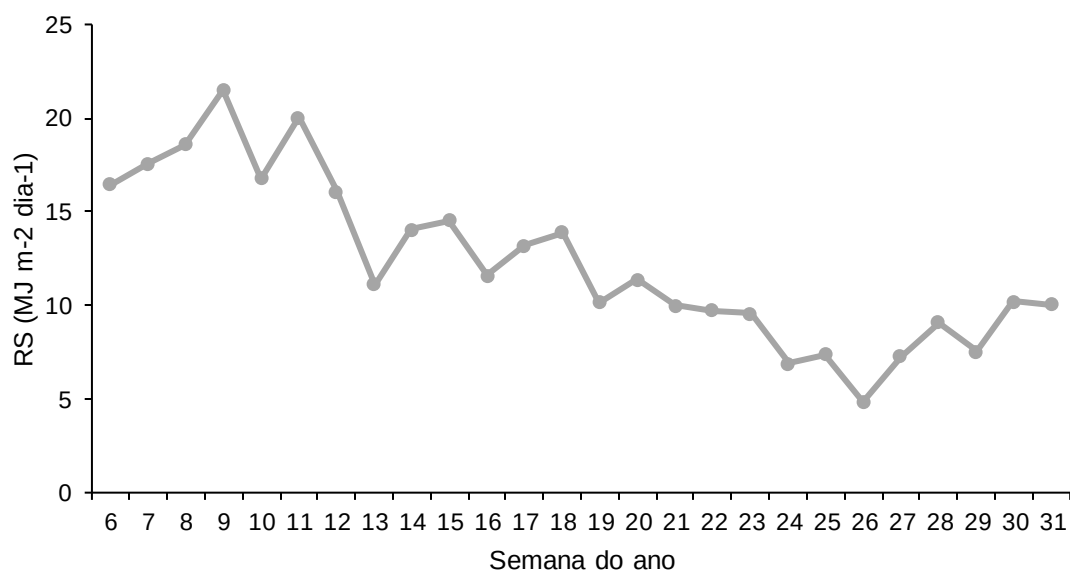


Figura 2 - Médias semanais da radiação solar global no exterior da estufa durante o período do experimento. Ciclo verão/outono no ano de 2021. Capão do Leão/RS

As mudas foram adquiridas do viveiro Hidroceres de Santa Cruz do Rio Pardo/SP. Foram utilizadas mudas de tomateiro Gumgang® (Seminis) para porta-enxerto, variedade escolhida por apresentar alta adaptabilidade a estresses salinos eventuais. O enxerto e plantas não enxertadas foram oriundas da cultivar híbrida Guara® (Clause) do tipo saladete, de hábito de crescimento indeterminado. A técnica de enxertia utilizada foi do tipo inglês simples, sendo as mudas cortadas em ângulo aproximado de 45° e unidas por cliques de pressão. O transplante foi realizado quando as plantas apresentaram entre quatro e seis folhas definitivas.

O sistema de cultivo empregado foi em calhas, constituído por canais de cultivo de madeira (0,30 m de largura, 3,8 m de comprimento e 0,10 m de altura), dispostos em 12 linhas duplas, com distância entre linhas duplas de 1,2 m e distância entre linhas simples de 0,5 m. Internamente, os canais de madeira foram revestidos com filme de polietileno dupla face (preto-branco). Embora a proposta de manejo do sistema tenha sido para evitar a geração de solução drenada, antevendo a possibilidade de que isso ocorresse, os canais foram apoiados por cavaletes de madeira com altura de aproximadamente 0,5 m, instalados de forma a proporcionar uma declividade de 1% para o escoamento da solução nutritiva excedente à capacidade de retenção dos substratos. Para a execução do experimento, os canais foram preenchidos com substrato comercial (Tabela 1) produzido pela empresa ALC

Composto, de maneira a formar uma camada de 10 cm de altura. O volume de substrato em cada calha foi de 225 L (12 L planta⁻¹).

A solução nutritiva empregada foi baseada na indicada por Steijn *et al.* (1995) e adaptada para a cultura do tomateiro na região, com a seguinte composição de macronutrientes (mmol litro⁻¹): 16,0 de NO₃⁻; 1,5 de H₂PO₄⁻; 4,4 de SO₄⁻²; 1,2 de NH₄⁺; 9,5 de K⁺; 5,4 de Ca⁺²; 2,4 de Mg⁺²; e micronutrientes (mg litro⁻¹), 3,0 de Fe; 0,5 de Mn; 0,05 de Zn; 0,15 de B; 0,02 de Cu e 0,01 de Mo. Para o preparo da solução nutritiva, foi utilizada água da chuva (CE = 0,0 dS m⁻¹).

A necessidade de fornecimento da solução nutritiva era monitorada pelo método de tensão da água, com o auxílio de sensores de umidade de substrato, denominados de tensiômetros a gás ou Irrigas®, associado a um controlador automático de irrigação (central de medição digital) modelo MRI da marca Hidrosense®. Os sensores foram instalados a 0,1 m de profundidade, mantendo-se o substrato próximo à capacidade de campo. A determinação do acionamento do sistema de motobombas através do controlador automático de irrigação se deu para que não houvesse drenagem nos canais de cultivo. Para isso, o sistema foi dividido em dois ramais, um para as calhas que continham as plantas enxertadas e outro, para as calhas com as plantas não enxertadas. O acionamento de cada ramal se dava de forma independente, de acordo com a umidade do substrato. O desligamento do sistema foi programado por tempo, a partir da observação da não ocorrência de drenagem nos canais. Dessa forma, após o acionamento do sistema de irrigação, o mesmo permanecia ligado por 50 segundos e era desligado automaticamente.

Análises ¹	SC ²
Densidade Úmida (g L ⁻¹)	330
Matéria Seca (g 100 g ⁻¹)	93
Densidade Seca (g L ⁻¹)	308
Porosidade Total (m ³ m ⁻³)	82
Espaço de Aeração (m ³ m ⁻³)	16
Água Facilmente Disponível (m ³ m ⁻³)	36
Água Tamponante (m ³ m ⁻³)	8
Capacidade de Retenção de Água 10 cm (m ³ m ⁻³)	66
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	0,35
Valor de pH (H ₂ O)	7,98

Tabela 1 - Características físicas, condutividade elétrica e pH do substrato comercial¹ ao início do ciclo de cultivo de tomateiro saladete

¹Análise de substrato realizada no Laboratório de Análise de Substrato para Plantas (LASPP -UFRGS); Porto Alegre, RS, Brasil.

² Substrato comercial adquirido da empresa ALC Composto.

Para o armazenamento e fornecimento das soluções nutritivas, foram utilizados quatro tanques reservatórios (500 litros) com seus correspondentes conjuntos moto-bomba de ½ CV, um para cada condutividade elétrica. Este impulsionava a solução nutritiva para a extremidade de maior cota dos canais, através de canos de PVC de ½ polegada. A partir desse ponto, a solução nutritiva foi fornecida através de fitas gotejadoras direcionadas para a base das plantas, com gotejadores espaçados a 20 cm e vazão unitária de 1,4 L h⁻¹. Havendo drenagem da solução nutritiva, essa foi coletada e realizada as medias de CE (empregando-se condutímetro manual digital) e de pH (empregando-se pHmetro manual digital), a fim de contabilizar a perda do sistema.

Duas soluções estoques concentradas 200 vezes de macronutrientes foram empregadas: solução A (NO_3^- ; H_2PO_4^- ; SO_4^{2-} ; NH_4^+ ; K^+ ; Mg^{+2}) e solução B (Ca^{+2}). Volumes iguais das soluções A e B eram adicionados ao tanque reservatório até se alcançar o valor de CE requerido em cada tratamento. Já os micronutrientes, eram adicionados em proporções iguais para todos os tratamentos.

O monitoramento da solução nutritiva era feito diariamente, no período da manhã, através das medidas de CE (empregando-se condutivímetro manual digital) e de pH (empregando-se pHmetro manual digital) nos reservatórios de injeção de solução nutritiva.

O pH da solução nutritiva foi mantido na faixa de $6,0 \pm 0,5$. Com base no valor da solução extraída do substrato, a correção era realizada nos reservatórios, através da adição de solução ácida (H_3PO_4 1 N), quando o pH estivesse acima da faixa, e solução básica (KHCO_3), quando o pH estivesse abaixo da faixa recomendada.

Durante o cultivo, foi mantido um volume de solução nutritiva suficiente para atender o consumo hídrico das plantas e não comprometer o perfeito funcionamento das eletrobombas. A reposição desta foi realizada quando o volume dos tanques estivesse baixo e foi realizada através da adição de água e solução estoque concentrada até atingir a condutividade elétrica de cada tratamento.

A condução das plantas foi feita com haste única em espaçamento entre plantas de 0,4 m (densidade populacional de $2,94 \text{ plantas m}^{-2}$). O tutoramento das plantas foi realizado com fita de ráfia presa em linha de arame disposta cerca de 3,0 m acima da linha de cultivo e sustentada pela estrutura da estufa. As plantas foram despontadas após a emissão do sexto cacho floral. Os demais tratos culturais (desbrotas e desfolhas) e fitossanitários foram efetuados na medida em que se fizeram necessários.

Para a coleta dos dados de produção e de qualidade dos frutos, foram realizadas colheitas semanais de frutos maduros de quatro plantas por repetição, evitando as plantas de bordadura, os quais eram contados e pesados para obtenção do número de frutos, produtividade, massa média de frutos e teor de sólidos solúveis totais (° Brix). Este último foi obtido por meio de análises mensais de frutos com 100% da epiderme apresentando a coloração vermelha, através de refratômetro portátil.

Avaliou-se ainda o consumo de fertilizantes total utilizado para cada condutividade elétrica da solução nutritiva no período total do experimento (Figura 2).

A quantidade de fertilizantes consumida foi avaliada através dos valores acumulados das quantidades dispendidas para a formulação da solução nutritiva.

Fertilizantes	Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)			
	1,3	1,9	2,6	3,2
Nitrato de cálcio	1791,25	3658,36	6511,53	8351,79
MAP	21,18	43,26	77,00	98,77
MKP	288,30	588,82	1048,04	1344,23
MgSO ₄	907,19	1852,79	3297,78	4229,79
K ₂ SO ₄	535,10	1092,86	1945,19	2494,93
KNO ₃	639,37	1305,82	2324,24	2981,11
Fe EDDHA 6%	255,00	322,50	310,00	303,00
MnSO ₄	7,19	9,09	8,74	8,54
ZnSO ₄	1,12	1,42	1,36	1,33
H ₃ BO ₃	4,34	5,48	5,27	5,15
CuSO ₄	0,40	0,51	0,49	0,48
K ₂ MoO ₄	0,13	0,16	0,16	0,15
Total (g)	4450,58	8881,07	15529,79	19819,26

Tabela 2 - Quantidades de fertilizantes utilizados em função das condutividades elétricas da solução nutritiva empregadas no cultivo de tomateiro saladete, em sistema sem drenagem, em um ciclo de 173 dias

Com a finalidade de avaliar o crescimento da cultura, ao final do ciclo de cultivo foi feita a quantificação da massa fresca e seca total acumulada das plantas controle, sendo avaliadas 12 plantas por tratamento, incluindo os frutos colhidos durante o processo produtivo, bem como as folhas provenientes das desfolhas. Foram analisadas as variáveis: número de folhas emitidas, sendo consideradas aquelas com mais de 0.05 m de comprimento; comprimento total do caule e área foliar. Esta última foi obtida através do método dos quadrados, utilizando material transparente quadriculado (1,0 cm x 1,0 cm), que foi colocado sobre as folhas e contados o número de quadrados totalmente ou mais de 50% ocupados pelas folhas (De Lucena *et al.*, 2011). A partir da área foliar (cm²) foi obtido a área foliar específica (área foliar/massa seca das folhas; cm² g⁻¹). As frações caule, folhas e frutos foram pesadas em balança de precisão para obtenção da massa fresca, e posteriormente foram secas em estufa com circulação forçada de ar (65 °C) até peso constante para a obtenção da massa seca.

Os resultados obtidos passaram por um tratamento prévio para análise estatística descritiva dos dados. Após, foi realizada a ANOVA em esquema fatorial, delineamento de blocos ao acaso, considerando enxertia (E) e condutividade elétrica (CE) como variáveis independentes. Havendo significância na interação entre enxertia e CE, foi realizado o desdobramento da análise de variância, comparando as médias de enxertia dentro de cada nível de CE, e estimando regressões lineares para estudar o efeito de CE dentro de cada nível de enxertia.

Para comparações de médias, foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para ajuste do modelo de regressão, foi escolhido o modelo mais simples, com melhor ajuste e significativo. Foi utilizado um nível de 5% de probabilidade e as análises foram realizadas no software R 4.1.0 (2021), utilizando os pacotes *openxlsx* (Schauberger, 2021), *tidyverse* (Wickham, 2019), *agricolae* (Mendiburu, 2023), *ecotox* (Hlina *et al.*, 2021), *ExpDes.pt* (Ferreira; Cavalcanti; Nogueira, 2021).

3 Resultados

A análise de variância evidenciou interação significativa entre os fatores enxertia e níveis de CE em relação às variáveis volume de raiz (VR), sólidos solúveis totais (SST) e volume do drenado. O fator enxertia exerceu efeito significativo sobre as variáveis número de frutos, produção de frutos por planta, produção de massa seca de raiz, massa seca de caule, área foliar e área foliar específica. O fator CE apresentou efeito significativo para as variáveis número, peso médio, produção de frutos, altura de fruto, massa seca de raiz (MSR), de caule, de folha, de frutos e do total da planta, área foliar e área foliar específica.

3.1 Variáveis relacionadas ao crescimento

Com relação ao efeito da enxertia sobre a produção de massa seca (Tabela 3), observou-se que apenas as variáveis massa seca de raiz e de caule apresentaram resposta significativa. Para ambas, as plantas enxertadas apresentaram valores superiores aos das plantas não enxertadas. O fator enxertia não teve efeito significativo sobre a produção de massa seca de folha, fruto, total da planta e sobre a AFE. A enxertia de plantas influenciou positivamente a AF (Tabela 3).

Enxertia	Produção de Massa Seca (g planta ⁻¹)					AF (cm ²)	AFE (cm ² g ⁻¹)
	Raiz	Caule	Folha	Fruto	Total		
Pl.* enxertada	26,7 a	63,4 a	136,4 a	158,8 a	385,2 a	24625,0 a	134,7 a
Pl.* não enxertada	22,8 b	52,0 b	136,4 a	141,9 a	353,0 a	19490,0 b	129,6 a
CV (%)	29,4	17,7	24,8	50,8	24,3	32,4	23,5

Tabela 3 - Efeitos do fator enxertia sobre a produção de massa seca de raiz, caule, folha, fruto e total, área foliar (AF) e área foliar específica (AFE) de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2021

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não difererem significativamente entre si, pelo teste de Turkey a 5%.

Planta (Pl.)

Em relação ao efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 3), todas as variáveis avaliadas relacionadas ao crescimento apresentaram resposta significativa. A produção de massa seca de raiz, caule, folha e total (Figura 3A) foi menor na CE 1,3 dS m⁻¹, não sendo observada influência da CE a partir da CE 1,9 dS m⁻¹. Para a variável massa seca de frutos, a CE 3,2 dS m⁻¹ se mostrou superior à CE 1,3 dS m⁻¹ e semelhante às CEs 1,9 e 2,6 dS m⁻¹. Obteve-se 173,5; 108,3; 160,3 e 159,2 g planta⁻¹ de massa seca de frutos, respectivamente, nas CE de 1,3, 1,9, 2,6 e 3,2 dS m⁻¹.

Para a variável área foliar (Figura 3 B) as CEs 1,9 e 2,6 dS m⁻¹ mostraram-se superiores à CE 1,3 dS m⁻¹ e similar à CE 3,2 dS m⁻¹, obtendo-se os valores de 24770; 25189; 17578 e 20694 cm², respectivamente. Para a variável área foliar específica (Figura 3 C) a CE 1,3 dS m⁻¹ se mostrou superior à CE 3,2 dS m⁻¹, com valores de 163,1 e 100,6 cm² g⁻¹, respectivamente.

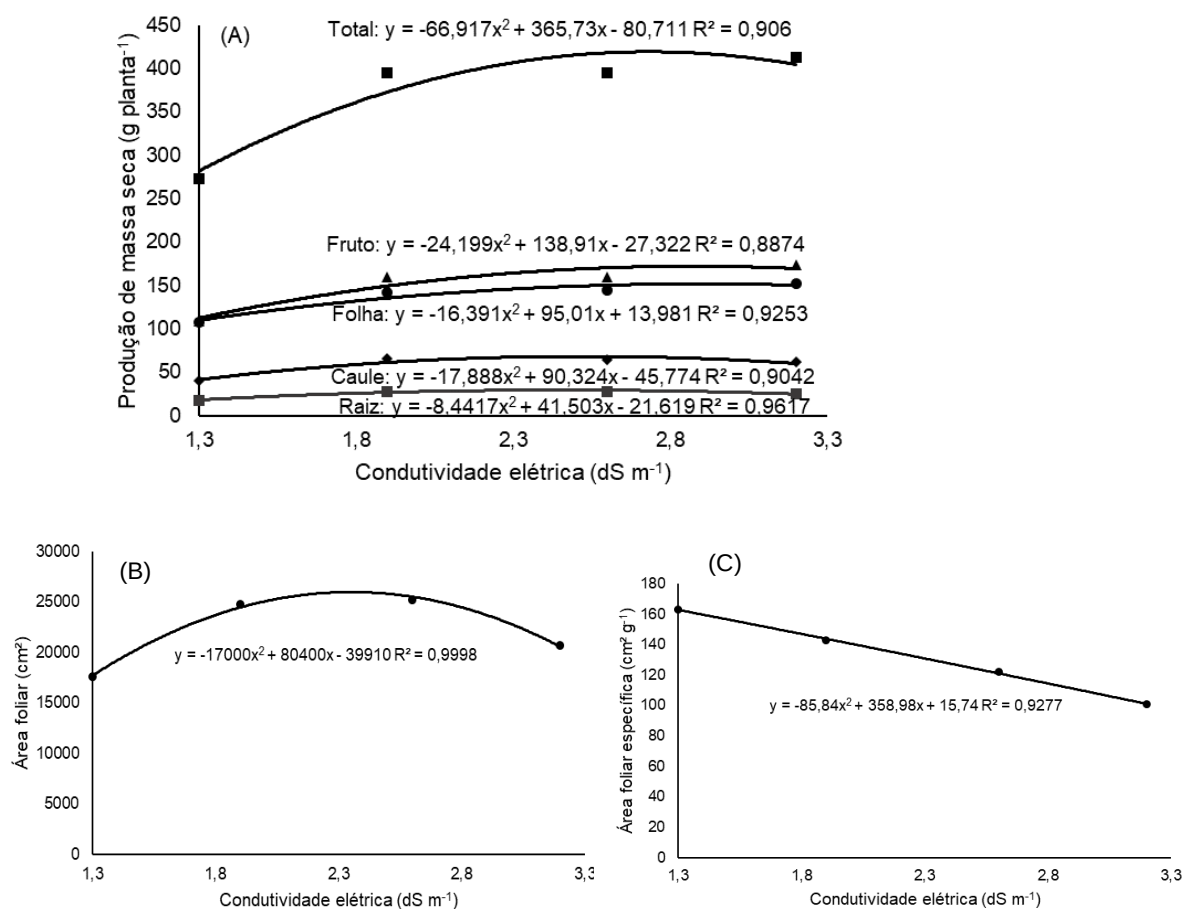


Figura 3 - Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre a produção de massa seca de raiz, caule, folha, frutos e total, área foliar e área foliar específica de plantas de tomateiro saladete em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2021

Na Tabela 4 é apresentada a interação entre os fatores enxertia e condutividade elétrica da solução nutritiva para a variável volume de raiz. O efeito positivo da enxertia sobre esta variável pode ser observado somente na CE 1,3 dS m⁻¹. Em todas as demais CEs estudadas, não se identificou diferenças de volume de raiz entre plantas enxertadas e não enxertadas.

Em relação ao efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre o volume de raiz (Figura 4), observou-se que as plantas não enxertadas apresentaram valores superiores de volume de raiz nas CEs 1,9; 2,6 e 3,2 dS m⁻¹ em relação ao observado na CE de 1,3 dS m⁻¹. Já, para as plantas enxertadas, o volume de raiz não sofreu influência da condutividade elétrica da solução nutritiva.

Enxertia	Volume de raiz (mL planta)			
	Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)			
	1,3	1,9	2,6	3,2
Plantas enxertadas	237,1 Aa	213,2 Aa	206,7 Aa	189,2 Aa
Plantas não enxertadas	104,0 Bb	205,7 Aa	203,8 Aa	177,6 Aa

Tabela 4 - Interação dos fatores enxertia e condutividade elétrica da solução nutritiva para a variável volume de raiz de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2021

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

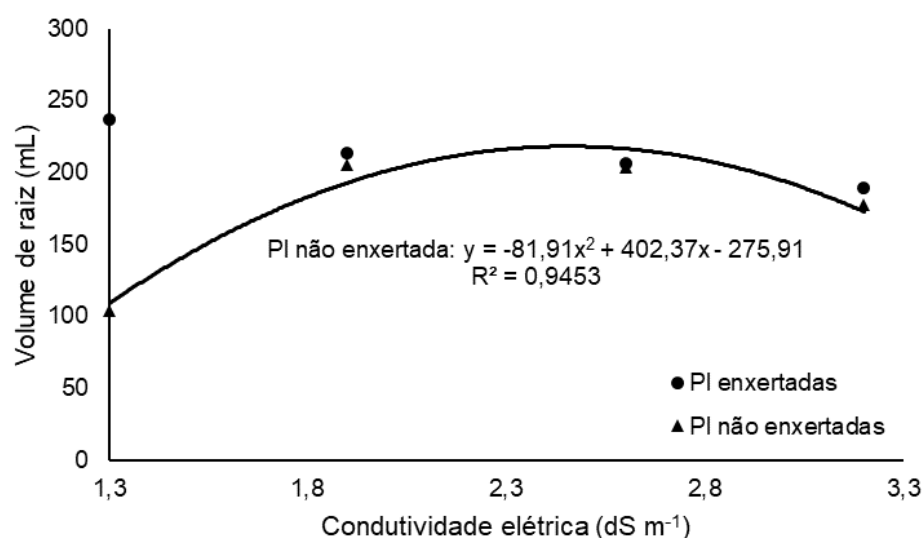


Figura 4 - Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre o volume de raiz de plantas de tomateiro enxertadas e não enxertadas em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2021

3.2 Variáveis relacionadas aos aspectos produtivos

Com relação ao efeito da enxertia sobre os caracteres produtivos, verificou-se que as plantas enxertadas apresentaram maior número e produção de frutos (Tabela 5). Em relação às variáveis peso médio e tamanho dos frutos (altura e diâmetro transversal), não houve efeito da enxertia.

Enxertia	Nº frutos (planta ⁻¹)	Peso médio (g fruto ⁻¹)	Produção (g planta ⁻¹)	Tamanho dos frutos (mm)	
				Altura	Diâmetro
Pl.* enxertada	36,6 a	118,2 a	4326,1 a	84,2 a	52,7 a
Pl.* não enxertada	32,4 b	115,9 a	3755,2 b	83,0 a	53,1 a
C.V. (%)	19,0	13,4	21,0	5,7	6,3

Tabela 5 - Efeitos do fator enxertia sobre o número (Nº frutos), peso médio, produção e tamanho (altura e diâmetro transversal) dos frutos de plantas de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2021

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Planta (Pl.)

Com respeito ao efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre as variáveis produtivas (Figura 5), pode-se observar que o número (Figura 5A) e a produção (Figura 5C) de frutos por planta apresentaram comportamentos semelhantes, aumentaram com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva.

Com relação ao número de frutos (Figura 5A), as CEs 2,6 e 3,2 dS m⁻¹ se mostraram superiores à CE 1,3 dS m⁻¹ e similares à CE 1,9 dS m⁻¹, obtendo-se 37,8; 36,7; 29,5 e 34 frutos por planta, respectivamente. Para a produção de frutos (Figura 5C), a CE de 2,6 dS m⁻¹ mostrou-se superior à CE de 1,3 dS m⁻¹ e semelhante às CEs de 3,2 e 1,9 dS m⁻¹, obtendo-se 4358,1; 3665,8; 4178,2 e 3855,9 g por planta, respectivamente.

Em relação ao peso médio de frutos (Figura 5B), não se observou influência da condutividade elétrica da solução nutritiva nas respostas apresentadas. Independente da concentração iônica, os resultados relativos a este componente do rendimento foram equivalentes à média obtida de 117,1 g.

Observou-se influência da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre a altura dos frutos (Figura 5D). A CE 1,3 dS m⁻¹ proporcionou frutos com altura superior em relação às demais CEs, sendo esse valor de 86,9 mm. Independente da condutividade elétrica da solução nutritiva, os resultados relativos ao diâmetro transversal dos frutos (Figura 5D) se mantiveram equivalentes à média obtida, de 52,9 mm.

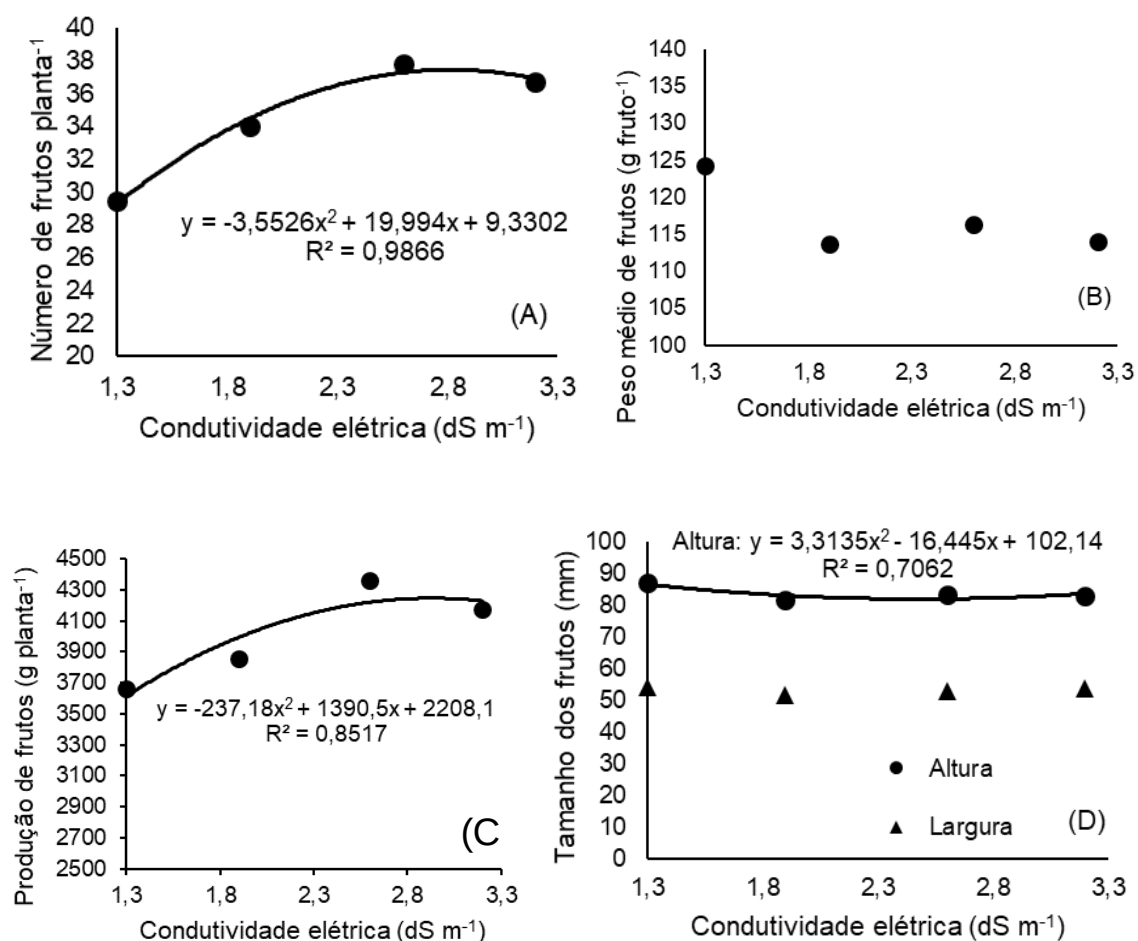


Figura 5 - Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre o número de frutos, peso médio de frutos, produção de frutos e tamanho dos frutos (altura e diâmetro transversal) de tomateiro saladete em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2021

Na Tabela 6, é apresentada a interação entre os fatores enxertia e condutividade elétrica da solução nutritiva referente à variável sólidos solúveis totais (SST). Efeito significativo da enxertia pode ser observado somente na CE 2,6 dS m⁻¹, em que plantas enxertadas apresentaram frutos com valor superior de SST em comparação com os frutos de plantas não enxertadas.

Fatores	SST (°Brix)			
	Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)			
	1,3	1,9	2,6	3,2
Plantas enxertadas	3,6 Aa	5,1 Aa	5,3 Aa	4,8 Aa
Plantas não enxertadas	3,9 Ba	4,8 Aa	4,6 Ab	5,1 Aa

Tabela 6 - Interação dos fatores enxertia e condutividade elétrica da solução nutritiva para a variável sólidos solúveis totais (SST) de frutos de tomateiro saladete cultivadas em sistema sem drenagem. Capão do Leão/RS, 2021

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Em relação ao efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre a variável SST (Figura 6), observou-se que as plantas não enxertadas apresentaram valores superiores. Já para as plantas enxertadas, o SST não sofreu influência da condutividade elétrica da solução nutritiva.

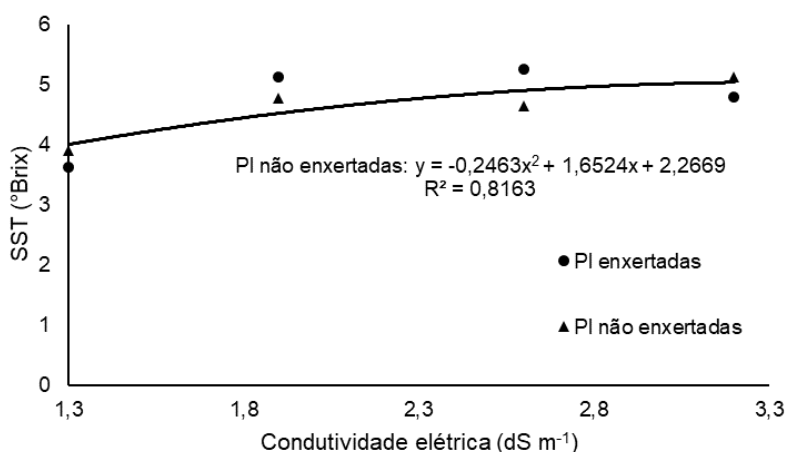


Figura 6. Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre sólidos solúveis totais (SST) de frutos de plantas de tomateiro enxertadas e não enxertadas em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2021.

3.3 Variáveis relacionadas ao sistema de cultivo

Na Tabela 7, é apresentada a interação entre os fatores enxertia e condutividade elétrica da solução nutritiva com respeito ao volume do drenado originado pelo sistema. Efeito da enxertia pode ser observado na CE 3,2 dS m⁻¹. Somente nesta CE, o sistema contendo as plantas não enxertadas originou um volume de drenado menor quando comparado ao de plantas enxertadas.

Enxertia	Volume do drenado (L)			
	Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)			
	1,3	1,9	2,6	3,2
Plantas enxertadas	30,7 Aa	28,0 Aa	27,5 Aa	30,3 Aa
Plantas não enxertadas	27,3 Aa	32,0 Aa	30,2 Aa	5,0 Bb

Tabela 7 - Interação entre os fatores enxertia e condutividade elétrica da solução nutritiva para a variável volume do drenado residual originado pelo sistema de cultivo com plantas de tomateiro saladete. Capão do Leão/RS, 2021

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Em relação ao efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre a variável volume de drenagem (Figura 7), observou-se que as plantas não enxertadas apresentaram menor volume de drenagem na CE 3,3 dS m⁻¹. Já para as plantas enxertadas, o volume de drenagem não sofreu influência da condutividade elétrica da solução nutritiva.

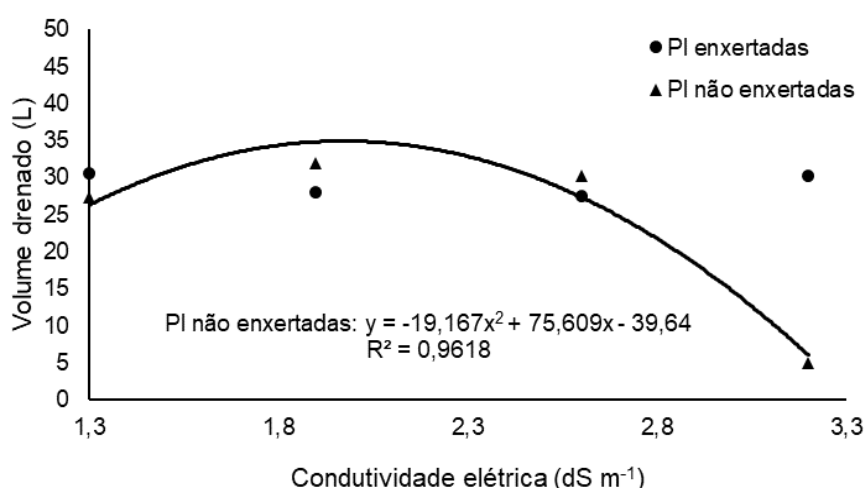


Figura 7 - Efeito da condutividade elétrica da solução nutritiva sobre o volume de drenagem residual originado pelo cultivo de plantas de tomateiro enxertadas e não enxertadas em sistema sem drenagem, cidade de Capão do Leão, RS, 2021.

4 Discussão

A maior produção de massa seca de raízes (Tabela 3) e de caule (Tabela 3) observada nas plantas enxertadas indica que houve um maior crescimento radicular e caulinar e, conseqüentemente, essas plantas possuíam uma maior capacidade de absorção e transporte de água e nutrientes minerais do que as plantas não enxertadas, independentemente da CE da solução nutritiva empregada no cultivo. A

massa do sistema radicular é fundamental para o crescimento das plantas, pois um sistema radicular bem desenvolvido pode proporcionar melhores condições de suprimento da demanda de água e nutrientes para as plantas (Silva *et al.*, 2013).

A maior capacidade de absorção e de transporte de água e de nutrientes minerais, possivelmente, proporcionou que as plantas enxertadas apresentassem um maior fluxo de água e de nutrientes minerais para a parte aérea, com maior crescimento do caule e maior expansão foliar por unidade de massa seca foliar, o que é corroborado pelos maiores valores de massa seca de caule (Tabela 3), área foliar (Tabela 3) e área foliar específica (Tabela 3) dessas plantas. Como consequência desse aumento da capacidade em transportar água e nutrientes para a parte aérea e da maior área foliar, pode-se supor que as plantas enxertadas apresentaram maior taxa de fotossíntese e, com isso, um maior índice de pegamento de frutos, conforme pode-se confirmar pelo maior número de frutos (Tabela 5) produzidos, o que levou a uma maior produção de frutos (Tabela 5).

Apesar das informações expostas, a enxertia não teve efeito sobre a massa seca de folhas, massa seca de frutos e massa seca total. A ausência de diferenças em relação a essas variáveis pode ser devida a duração do ciclo de cultivo (173 dias), a época de cultivo e à poda apical aplicada às essas plantas. Na região e época do ano em que o trabalho foi conduzido, as condições relacionadas a temperaturas e radiação solar são consideradas adversas para o bom desempenho da cultura, podendo esse fator ter influenciado na expressão dos potenciais resultados dos tratamentos estudados. Além disso, a poda apical realizada nessas plantas, limitou o crescimento apical precocemente, e com isso pode ter mascarado o maior vigor das plantas enxertadas.

A enxertia promoveu um incremento de 12,7% na produção de frutos por planta, que foi de 4324,1 g planta⁻¹, enquanto nas plantas não enxertadas foi de 3755,2 g planta⁻¹. Essa maior produção de frutos das plantas enxertadas se deve ao maior número de frutos produzidos por planta, uma vez que o peso médio dos frutos (assim como a altura e o diâmetro transversal) não foi influenciado pela enxertia.

No presente trabalho, a produtividade das plantas enxertadas e não enxertadas correspondeu a 127 e 110 t ha⁻¹, respectivamente, podendo ser considerada uma boa produção para a região e época do ano em que o trabalho foi conduzido. Sobre dados do Sebrae, Bordignon (2018) aponta que, a produtividade média da cultura no Estado do Rio Grande do Sul gira em torno de 65 toneladas por hectare. Genúncio *et al.*

(2010) em estudo conduzido entre junho e novembro, no Rio de Janeiro com a cultivar San Marzano, obtiveram produtividades de 79 e 56 t ha⁻¹ para cultivo em NFT e em substrato fertirrigado, respectivamente.

Vale ressaltar que o presente estudo foi conduzido entre o final de janeiro e o final de julho, época do ano em que as plantas foram submetidas a uma queda gradual das temperaturas (Figura 1) e da radiação solar global (Figura 2), configurando uma situação de temperaturas e radiação solar muito elevadas no início do ciclo, e muito baixas no final do ciclo. Tais condições são consideradas muito adversas para o bom desempenho da cultura.

No sistema que foi conduzido esse estudo, se esperava um efeito mais adverso da elevação da CE. Esse fato pode explicar a falta de interação existente entre a enxertia e a CE em relação a maioria das variáveis estudadas, em que se esperava um efeito mais efetivo da elevação da CE nas plantas não enxertadas. Mas, na realidade isso pouco ficou evidente. Pelo contrário, nas plantas não enxertadas, se observou um efeito adverso maior da menor CE sobre o volume de raiz (Figura 4). De maneira geral, o que se evidenciou é que as plantas enxertadas crescem mais, verificados pelas variáveis relacionadas ao sistema radicular e caule, sem efeito na massa seca de folhas, fruto e total (Tabela 3) e produzem um maior número de frutos (Tabela 5) e, com isso, apresentam maior produtividade (Tabela 5) que as plantas não enxertadas, independente da CE.

O efeito da interação entre o fator enxertia de plantas e condutividade elétrica da solução nutritiva para a variável volume de raiz (Tabela 4), evidenciou que no menor valor de CE avaliado, as plantas enxertadas foram superiores às plantas não enxertadas. Adicionalmente, as plantas enxertadas, mesmo quando cultivadas com solução nutritiva com a menor CE (1,3 dS m⁻¹), obtiveram um volume de raiz equivalente ao observado nas demais CEs (Figura 4). Já para as plantas não enxertadas, ocorreu uma redução no volume de raiz na menor condutividade elétrica (1,3 dS m⁻¹) em relação às demais, o que sugere que a concentração de nutrientes nessa solução nutritiva não foi capaz de suprir as demandas nutricionais dessas plantas, causando a redução do crescimento radicular.

O efeito da interação entre o fator enxertia de plantas e condutividade elétrica da solução nutritiva para a variável sólidos solúveis totais (SST) (Tabela 6) demonstra que na CE 2,6 dS m⁻¹, as plantas enxertadas produziram frutos com maior

concentração de açúcares do que as plantas não enxertadas. O menor teor de sólidos solúveis nos frutos

Dados obtidos por Oliveira (2022) com tomate cereja, demonstraram que o aumento do teor de SST em condições de estresse salino foi associado a diminuição da oferta de água para o fruto, fato que aumenta a concentração de nutrientes e solutos compatíveis (açúcares) no fruto. Diferindo dos resultados encontrados nesse estudo, em que a produção de massa seca de raízes (Tabela 3) foi menor nas plantas não enxertadas, causando uma possível redução da absorção de água e nutrientes minerais, porém o teor de sólidos solúveis totais dos frutos se manteve menor em comparação às plantas enxertadas.

Com respeito ao efeito principal da condutividade elétrica da solução nutritiva, os resultados da área foliar (Figura 3) indicam que essa variável aumentou com o aumento da CE (de 1,3 a 1,9 dS m⁻¹) porém, apresentou uma tendência de redução com o aumento da CE (de 2,6 a 3,2 dS m⁻¹). A redução da área foliar como consequência da elevação da CE foi descrita anteriormente para o tomateiro (Rocha *et al.*, 2010; Lorenzo *et al.*, 2003) e outras hortaliças (Muller *et al.*, 2007; Andriolo *et al.*, 2009).

A produção de matéria seca da raiz, caule, folha e total (Figura 3 A) apresentou o mesmo comportamento frente ao aumento da CE de 1,3 a 1,9 dS m⁻¹, sendo esse aumento de 36,6; 39,3; 24,1 e 30,9%, respectivamente (Figura 3). Já a produção de massa seca dos frutos foi significativamente mais elevada na CE 3,2 dS m⁻¹ (173,5 g planta⁻¹) e menor na CE 1,3 dS m⁻¹ (108,28 g planta⁻¹), sendo esse aumento na ordem de 37,6%.

O número de frutos aumentou com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 5). As CEs 2,6 e 3,2 dS m⁻¹ foram as que promoveram o maior número de frutos, 37,8 e 36,7, respectivamente, decrescendo 21,9% até o valor de 29,5 frutos no tratamento com CE 1,3 dS m⁻¹. Quanto ao peso médio de frutos, não foram observadas diferenças significativas entre as condutividades elétricas da solução nutritiva e o valor médio foi de 117,1 g. A produção de frutos foi maior na CE 2,6 dS m⁻¹ (4358,1 g), decrescendo 15,8% até o valor de 3665,8 g no tratamento com CE 1,3 dS m⁻¹. Eloi *et al.* (2007), utilizando a mesma cultura e metodologia com solo franco-arenoso, encontraram o valor de Salinidade Limiar de 3,03 (dS m⁻¹), com decréscimo relativo da produtividade de 10,95% para cada aumento de uma unidade da salinidade do solo, causada por sais fertilizantes.

Por fim, cabe tecer considerações sobre o sistema de cultivo sem drenagem, empregado nesta pesquisa, que ainda é pouco estudado em relação às suas características e às culturas que melhor se adaptam a ele. A forma de ajustar o manejo de fornecimento da água de irrigação e/ou solução nutritiva a fim de evitar a drenagem ainda é um desafio. Influenciam esse processo as características relacionadas aos substratos usados e à forma de detecção da umidade ideal desse substrato, a fim de suprir as necessidades das plantas sem promover um encharcamento do sistema radicular e elevados volumes de drenagem ou promovendo um estresse hídrico pela baixa disponibilidade de água. Desta forma, apesar do manejo proposto nesta pesquisa ter como finalidade a eliminação de qualquer volume de solução drenada, isso não foi possível, o que pode ser verificado pelos valores expostos na Tabela 7.

Independentemente do tipo de recipiente empregado, a grande maioria dos cultivos em sistema em substrato é feita em sistema “aberto”, isto é, a solução nutritiva drenada é liberada diretamente no solo causando desperdício de água, fertilizantes e gerando contaminação ambiental. A adoção do cultivo em sistema “fechado” promove a coleta e recirculação da solução drenada dos recipientes. O descarte de lixiviado neste sistema é mínimo, podendo representar somente 10% do volume perdido nos sistemas abertos. O gasto de água e fertilizantes é significativamente reduzido, baixando para valores mínimos de 15-20% do volume dispendido no sistema aberto (Peil *et al.*, 2021).

O efeito da interação entre o fator enxertia de plantas e condutividade elétrica da solução nutritiva para a variável volume do drenado demonstram que nos canais de cultivo nos quais se encontravam as plantas enxertadas com fornecimento da solução nutritiva de CE $1,3 \text{ dS m}^{-1}$, houve maior volume de drenagem do que nos canais cultivados com as plantas não enxertadas nesta mesma CE. Além disso, nos canais de cultivo em que estavam as plantas não enxertadas, o volume de drenagem foi semelhante, independente da CE (Figura 7). Já para as plantas enxertadas, houve um volume de drenagem muito superior quando se empregou a solução nutritiva com CE de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 7) do que com as outras três CEs avaliadas.

Adicionalmente, é relevante estabelecer relações entre as quantidades de fertilizantes (Tabela 2) utilizados em cada nível do fator condutividade elétrica da solução nutritiva com as respostas de crescimento das plantas (Figura 3) e produtivas (Figura 5) e o custo ligado ao valor investido na compra desses fertilizantes. Uma vez que as CEs possuem uma relação entre si, essa mesma relação pode ser observada

nas quantidades de adubos utilizados ao longo dos 173 dias do experimento (Tabela 2).

Dessa forma, as CEs 1,9 e 2,6 dS m⁻¹ foram as que apresentaram os maiores valores de produção de massa seca (Figura 3A) e maior número de frutos (Figura 5A), sendo a CE de 2,6 dS m⁻¹ a que proporcionou maior produção de frutos (Figura 5C), com um incremento de 502,2 g por planta, quando comparada à CE 1,9 dS m⁻¹. Nesse caso, para a tomada de decisão sobre a CE a ser usada, cabe avaliar em conjunto com as variáveis citadas anteriormente o custo dos fertilizantes para cada CE, pois a diferença entre essas CEs é de 6648,7 g de fertilizantes totais.

Avaliando os dados de produção média do Estado e os resultados obtidos nesse trabalho para o sistema de cultivo sem drenagem, pode-se inferir que é possível produzir tomate italiano nesse sistema de forma compatível com bons níveis de produtividade para a região de Pelotas, RS.

Os resultados obtidos são promissores e indicam a necessidade de pesquisas que busquem afinar e realizar ajustes de manejo do sistema na busca por zerar a produção de solução drenada.

5 Conclusões

A enxertia de plantas, independente da condutividade elétrica da solução nutritiva, favorece o crescimento radicular e caulinar das plantas, a expansão foliar, a produção de um maior número de frutos e, conseqüentemente, um maior rendimento de frutos.

A enxertia não afeta a qualidade dos frutos no que se refere ao peso médio e dimensões (altura e diâmetro transversal). Com o uso da solução nutritiva de CE de 2,6 dS m⁻¹, é possível obter frutos com maior concentração de açúcares de plantas enxertadas do que de plantas não enxertadas.

A condutividade elétrica da solução nutritiva de 2,6 dS m⁻¹ favorece a expansão foliar, a produção de um maior número de frutos e, conseqüentemente, seu rendimento.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Pelotas, à CAPES e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

6 Referências Bibliográficas

ALONI, B. *et al.* M. Hormonal signaling in rootstock-scion interactions. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p. 119–126, dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.003> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810004115> Acesso em: 29 maio 2024.

ANDRIOLO, J. L. *et al.* Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 39, n.3, p. 684-690, maio/jun. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000008> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/N3LVfDNF5NXpQCmZ5kryzSq/#> Acesso em: 29 maio 2024.

BEZERRA, R. S. **Manejo da fertirrigação na produção de minitomate em ambiente protegido**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/items/441db285-a851-4d43-92a0-e3b36650d581> Acesso em: 29 maio 2024.

ALFOSEA-SIMÓN, M. *et al.* Effect of foliar application of amino acids on the salinity tolerance of tomato plants cultivated under hydroponic system. **Scientia Horticulturae**, v. 272, out. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109509> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442382030337X> Acesso em: 29 maio 2024.

ASSAHA, D. V. *et al.* The role of Na⁺ and K⁺ transporters in salt stress adaptation in glycophytes. **Frontiers of Physiology**, v. 8, p. 509, jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00509> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28769821/> Acesso em: 29 maio 2024.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999.

BORDIGNON, A. Projeção de Mercado. Safra de tomate no RS atinge 115 toneladas. **Sebrae**, 9 jul. 2018. Disponível em: <https://sebraers.com.br/horticultura/safra-de-tomate-no-rs-atinge-115-mil-toneladas/> Acesso em: 29 maio 2024.

CAMPOS, C. A. B. *et al.* Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 2, p. 146-152, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000200006> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/QMYyVqHTXX9BXQpZDLCvmCG/#> Acesso em: 29 maio 2024.

COLLA, G. *et al.* Grafting cucumber plants enhance tolerance to sodium chloride and sulfate salinization. **Scientia Horticulturae**, v. 135, p. 177-185, fev. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.11.023> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423811006194> Acesso em: 29 maio 2024.

ELOI, W. M. *et al.* Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p. 83-89, jan./mar. 2007. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v2i1a1809> Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001652338> Acesso em: 29 maio 2024.

ESTAÑ, M. T. *et al.* Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, p. 703-712, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eri027> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15557292/> Acesso em: 29 maio 2024.

FENG, X.; *et al.* Growth and fruit production of tomato grafted onto wolfberry (*Lycium chinense*) rootstock in saline soil. **Scientia Horticulturae**. v. 255, p. 298-305, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.028> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423819303759> Acesso em: 29 maio 2024.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **Pacote Experimental Designs (Portugues). Packstage 'ExpDes.pt'**. out. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4236/am.2014.519280> Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/index.html> Acesso em: 28 maio 2024.

GARCIA, G. O. *et al.* Respostas de genótipos de feijoeiro à salinidade. **Revista Engenharia na Agricultura**. v. 18, n. 4, p.330-338, 2010. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v18i4.73> Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/65> Acesso em: 29 maio 2024.

GENÚNCIO, G. C. *et al.* Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, 446-452, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000400012> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/xvqCyj5h3ryHtytbzRWvFr/> Acesso em: 28 maio 2024.

HE, Y. *et al.* Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, p. 270-278, maio 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.02.007> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847209000343> Acesso em: 29 maio 2024.

HLINA, B. L. *et al.* The relationship between thermal physiology and lampricide sensitivity in larval sea lamprey (*Petromyzon marinus*). **Journal of Great Lakes Research**, v. 47, p. 273-284, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2021.10.002> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0380133021002203?via%3Dihub> Acesso em: 2 jun. 2024.

HOLBROOK, N. M. *et al.* Stomatal control in tomato with ABA-deficient roots: response of grafted plants to soil drying. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 1503-1514, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12021298/> Acesso em: 29 maio 2024.

HUANG, Y. *et al.* Improving the fruit yield and quality of cucumber by grafting onto the salt tolerant rootstock under NaCl stress. **Scientia Horticulturae**, 122, p. 26-31, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.04.004> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423809001800> Acesso em: 29 maio 2024.

KEATINGE, J. D. H.; LIN, L. J.; EBERT, A. W.; CHEN, W. Y.; HUGHES, J. D.; LUTHER, G.; C.; WANG, J. F.; RAVISHANKAR, M. Overcoming biotic and abiotic stresses in the Solanaceae through grafting: current status and future perspectives. *Biological Agriculture & Horticulture*. 30 pp. 272-287, 2014.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928. Mapa 150cmx200cm.

KUBOTA, C.; MCCLURE, M. A.; KOKALIS-BURELLE, N.; BAUSHER, M. G.; ROSSKOPF, E. N. Vegetable Grafting: History, Use, and Current Technology Status in North America. *HortScience*, v. 43 (6) 85721-0036, 2008.

KUMAR, P. *et al.* Vegetable grafting as a tool to improve drought resistance and water use efficiency. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1-9, jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01130> Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2017.01130/full> Acesso em: 29 maio 2024.

LING LI, Y.; *et al.* Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 88, p. 11-29, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(00\)00190-4](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00190-4) Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423800001904> Acesso em: 29 maio 2024.

LORENZO, P. *et al.* External greenhouse mobile shading: effect on microclimate, water use efficiency and yield of a tomato crop grown under different salinity levels of the nutrient solution. **Acta Horticulturae**, v. 609, p. 181-186, 2003. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.609.24> Disponível em: https://www.actahort.org/books/609/609_24.htm Acesso em: 2 jun. 2024.

MEDEIROS, R. F. *et al.* Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 505-511, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Myt73BQNfM55ZXy6gWwqHDs/?format=pdf> Acesso em: 29 maio 2024.

MENDIBURU, F. **agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-6**. out 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/index.html> Acesso em: 28 maio 2024.

MÜLLER, D. R. *et al.* Produção hidropônica de batata em diferentes concentrações de solução nutritiva e épocas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 647-653, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000500006> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/pZtvnXFR6DvsGt3QfCFQzTL/#> Acesso em: 2 jun. 2024.

OLIVEIRA, S. G. **Cultivo do tomate cereja sob salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2022. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/26386> Acesso em: 29 maio 2024.

PAIVA, F. I. G. **Manejo da fertirrigação potássica e cálcica na cultura do tomateiro cultivadas em ambiente protegido e submetidas ao estresse salino**. 2017. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/4715a290-8b73-464d-b7fb-7611dada9b33> Acesso em: 29 maio 2024.

PEIL, R. M. N. *et al.* Cultivo em calhas com substrato e recirculação do drenado: uma 94 alternativa econômica e de baixo impacto ambiental. *In: OLIVEIRA, J. L. B. et al. (Orgs.). Diversificação e aprimoramento no cultivo hidropônico*. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2021. p. 121-139.

PEIL, R. M. N. A enxertia na produção de mudas de hortaliças. **Ciência Rural**, v. 23, n. 6, p. 1169-1177, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000600028> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/t6WPSJp7srbMywggwG87GrFs/#> Acesso em: 29 maio 2024.

PEIL, R. M. N.; GÁLVEZ, J. L. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto en invernadero. **Revista Brasileira de Agrocência**, v. 11, n. 1, p. 5-11, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/1171> Acesso em: 30 maio 2024.

PEIL, R. M. N.; SIGNORINI, C. B. Aspectos técnicos e ambientais da produção de hortaliças de fruto em sistemas abertos e fechados de cultivo em substrato. *In: XI Encontro Nacional de Substratos para Plantas - ENSuB*, 2018, Canela. Anais. Porto Alegre: UFRGS, 2018. v. 1. p. 1-5

PENELLA, C. *et al.* Grafting pepper onto tolerant rootstocks: An environmental-friendly technique overcome water and salt stress. **Scientia Horticulturae**, v. 226, p. 33–41, dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.020> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423817304995> Acesso em: 29 maio 2024.

R CORE TEAM (2020). **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical**. 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 28 maio 2024.

RAHMAN, M. M. *et al.* Insight into salt tolerance mechanisms of the halophyte *Achras sapota*: an important fruit tree for agriculture in coastal areas. **Protoplasma**, v. 256, p. 181-191, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00709-018-1289-y> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30062531/> Acesso em: 29 maio 2024.

ROCHA, M. Q. *et al.* Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 466-471, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000400015> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/B56p8DwrDyBx6XPXFLBT3Hp/?format=html#> Acesso em: 29 maio 2024.

SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E.; ROMERO, L.; RUIZ, M. J. Role of grafting in resistance to water stress in tomato plants: Ammonia production and assimilation. *Journal of Plant Growth Regulation*, v.32, p.831-842, 2013. Doi: 10.1007/s00344-013-9348-2.

SILVA, J. D. **Faixas de condutividade elétrica no desenvolvimento e características físico-químicas de pimentão pé-franco e enxertado**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/b81fae52-56a7-42a3-bace-06317ef74b0c/content> Acesso em: 29 maio 2024.

SILVA, P. F. *et al.* Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1173–1180, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001100007> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/6scPVJdqpzWj3Ctry97fKFy/#> Acesso em: 29 maio 2024.

SCHAUBERGER, P. *et al.* **openxlsx: Read, write and edit xlsx files. R package version 4.1.0**. 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/openxlsx/index.html> Acesso em: 28 maio 2024.

SILVA, P. T. P. *et al.* Comparação de produtividade em plantas de tomate enxertadas e não enxertadas. *In*: 54 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2016. **Anais**. Recife: UFRPE, 2016.

STEIJN, B. **Training course on soilless cultivation of vegetables**. 1995.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Nova Iorque: Springer-Verlag, 2016.

6 Considerações Finais

De forma geral observou-se um adequado crescimento e desenvolvimento da cultivar de tomateiro italiano Guará® nas condições de cultivo em substrato no sistema sem drenagem e impostas pelo clima da região produtora, com índices elevados de obtenção de frutos de qualidade compatíveis com as exigências do mercado.

Os dois substratos, casca de arroz *in natura* e substrato comercial, promoveram uma boa produção de frutos comparados à média de produção do estado do Rio Grande do Sul. Porém, o substrato comercial promoveu maior produção de massa seca de caule, folhas, frutos e total, número de frutos, produção de frutos e sólidos solúveis totais.

O substrato afetou a qualidade dos frutos no que se refere à concentração de sólidos solúveis, sendo a casca de arroz *in natura* a que promove maior concentração de açúcares nos frutos.

A condutividade elétrica da solução nutritiva de 1,3 dS m⁻¹ favorece o peso médio de frutos e, conseqüentemente, um maior rendimento de frutos. Já a CE 2,6 dS m⁻¹ favorece a produção de massa seca de caule, de folhas e total.

Os dados obtidos mostram a viabilidade técnica do cultivo do tomateiro do tipo saladete em sistema de cultivo em substrato sem drenagem.

A enxertia de plantas, independente da condutividade elétrica da solução nutritiva, favorece o crescimento radicular e caulinar das plantas, a expansão foliar, a produção de um maior número de frutos e, conseqüentemente, um maior rendimento de frutos.

A enxertia não afeta a qualidade dos frutos no que se refere ao peso médio e dimensões (altura e diâmetro transversal). Com o uso da solução nutritiva de CE de 2,6 dS m⁻¹, é possível obter frutos com maior concentração de açúcares de plantas enxertadas do que de plantas não enxertadas.

A condutividade elétrica da solução nutritiva de 2,6 dS m⁻¹ favorece a expansão foliar, a produção de um maior número de frutos e, conseqüentemente, seu rendimento.

7 Referências

- ALONI, B. *et al.* M. Hormonal signaling in rootstock-scion interactions. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p. 119–126, dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.003> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810004115> Acesso em: 29 maio 2024.
- ANDRIOLO, J. L. *et al.* Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 39, n.3, p. 684-690, maio/jun. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000008> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/N3LVfDNF5NXpQCmZ5kryzSq/#> Acesso em: 29 maio 2024.
- ANDRIOLO, J. L. *et al.* Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 215-219, nov. 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05361999000300008> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/PrJKQPpkKdKg4Zj7FyRPPMg/#> Acesso em: 28 maio 2024.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999.
- BECKER, T. B. *et al.* Productive Behavior of Strawberry from Potted Seedlings Produced With Application of Prohexadione Calcium in Soilless Cultivation. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 4, p. 309-18, 2020. DOI: 10.9755/ejfa.2020.v32.i4.2097 Disponível em: https://www.academia.edu/75415477/Productive_behavior_of_strawberry_from_potted_seedlings_produced_with_application_of_prohexadione_calcium_in_soilless_cultivation Acesso em: 28 maio 2024.
- BEZERRA, R. S. **Manejo da fertirrigação na produção de minitomate em ambiente protegido**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/items/441db285-a851-4d43-92a0-e3b36650d581> Acesso em: 29 maio 2024.
- COGO, C. M. **Crescimento, produtividade e consumo de solução nutritiva em diferentes concentrações pelo tomateiro cultivado em casca de arroz *in natura***. 2020. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009. Disponível em: [https://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/handle/123456789/2396/Tese Clarissa %20Melo %20Cogo.pdf?sequence=1](https://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/handle/123456789/2396/Tese%20Clarissa%20Melo%20Cogo.pdf?sequence=1) Acesso em: 31 maio 2024.
- DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, v.26, p. 37-44, 1972. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1972.26.5> Disponível em: https://www.actahort.org/books/26/26_5.htm Acesso em: 28 maio 2024.
- DE LUCENA, R. R. M. *et al.* Medição de área foliar de aceroleira. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 40-45, abr./jun., 2011. Disponível em:

<https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1728/4710> Acesso em: 28 maio 2024.

DUTRA, J. G. **Calhas com substrato de casca de arroz “in natura” e recirculação da solução nutritiva drenada: um sistema alternativo para o cultivo de minimelancia.** 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/4960> Acesso em: 28 maio 2024.

FENG, X.; *et al.* Growth and fruit production of tomato grafted onto wolfberry (*Lycium chinense*) rootstock in saline soil. **Scientia Horticulturae**. v. 255, p. 298-305, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.028> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423819303759> Acesso em: 29 maio 2024.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **Pacote Experimental Designs (Portugues). Packstage ‘ExpDes.pt’.** out. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4236/am.2014.519280> Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/index.html> Acesso em: 28 maio 2024.

FERREIRA, S. M. R. **Características de qualidade do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado nos sistemas convencional e orgânico comercializado na região metropolitana de Curitiba.** 2004. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/659> Acesso em: 30 maio 2024.

FERREIRA, S. M. R. *et al.* Qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 224-230, jan./mar. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000100033> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/tgfThYvjG8dd5JGX7Tfr6Hc/> Acesso em: 28 maio 2024.

GARCIA, G. O. *et al.* Respostas de genótipos de feijoeiro à salinidade. **Revista Engenharia na Agricultura**. v. 18, n. 4, p.330-338, 2010. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v18i4.73> Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/65> Acesso em: 29 maio 2024.

GENÚNCIO, G. C. *et al.* Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, 446-452, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000400012> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/xvqCyj5h3ryHtytbzRWvFr/> Acesso em: 28 maio 2024.

GRATIERI, L. A. **Nitrogênio e potássio para meloeiro cultivado em fibra de coco, sem drenagem.** 2012. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/7b7b1ffc-b9a4-4dc8-90fe-673ab7b69566/content> Acesso em: 28 maio 2024.

KEATINGE, J. D. H. *et al.* Overcoming biotic and abiotic stresses in the Solanaceae through grafting: current status and future perspectives. **Biological Agriculture & Horticulture**. 30 pp. 272-287, 2014.

KUBOTA, C. *et al.* Vegetable Grafting: History, Use, and Current Technology Status in North America. **HortScience**, v. 43, n. 6, p. 85721-0036, 2008. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.6.1664> Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/43/6/article-p1664.xml> Acesso em: 30 maio 2024.

KUMAR, P. *et al.* Vegetable grafting as a tool to improve drought resistance and water use efficiency. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1-9, jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01130> Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2017.01130/full> Acesso em: 29 maio 2024.

MAAS, E. V. Crop salt tolerance. In: Tanji, K. K. (ed.) **Agricultural salinity** MEDEIROS, R. F. *et al.* Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 505-511, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Myt73BQNfM55ZXy6gWwqHDs/?format=pdf> Acesso em: 29 maio 2024.

MELO, D. M. **Reutilização do substrato e concentração da solução nutritiva no cultivo do tomateiro do grupo salada**. 2015. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/57997ff4-b361-4ce0-aaaf-08f817cdb9bc/content> Acesso em: 28 maio 2024.

MENDIBURU, F. **agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-6**. out 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/index.html> Acesso em: 28 maio 2024.

NEUTZLING, C. *et al.* Reutilización del substrato cascarilla de arroz in natura tras el cultivo de tomate para la producción de híbridos de pepino de conserva (*Cucumis sativus* L.) em sistema de recirculación de lixiviado. **Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas**, v. 12, n. 3, p. 602-610. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2018v12i3.7684> Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/343570529 Reutilizacion del sustrato cascarilla de arroz in natura tras el cultivo de tomate para la produccion de hibridos de pepino de conserva Cucumis sativus L en sistema de recirculacion de lixiviado](https://www.researchgate.net/publication/343570529_Reutilizacion_del_sustrato_cascarilla_de_arroz_in_natura_tras_el_cultivo_de_tomate_para_la_produccion_de_hibridos_de_pepino_de_conserva_Cucumis_sativus_L_en_sistema_de_recirculacion_de_lixiviado) Acesso em: 30 maio 2024.

OLIVEIRA, S. G. **Cultivo do tomate cereja sob salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2022. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/26386> Acesso em: 29 maio 2024.

PAIVA, F. I. G. **Manejo da fertirrigação potássica e cálcica na cultura do tomateiro cultivadas em ambiente protegido e submetidas ao estresse salino**. 2017. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/4715a290-8b73-464d-b7fb-7611dada9b33> Acesso em: 29 maio 2024.

PEIL, R. M. N. *et al.* Cultivo em calhas com substrato e recirculação do drenado: uma 94 alternativa econômica e de baixo impacto ambiental. *In: OLIVEIRA, J. L. B. et al.* (Orgs.). **Diversificação e aprimoramento no cultivo hidropônico**. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2021. p. 121-139.

PEIL, R. M. N. *et al.* Densidade de plantio e genótipos de tomateiro cereja em sistema fechado de cultivo em substrato. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 234/240, abr./jun. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/TFmbCVGLBJJKd4Mfq9c68fQ/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 30 maio 2024.

PEIL, R. M. N. A enxertia na produção de mudas de hortaliças. **Ciência Rural**, v. 23, n. 6, p. 1169-1177, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000600028> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/t6WPSJp7srbMywggwG87GrFs/#> Acesso em: 29 maio 2024. Acesso em: 11 abr. 2024.

PENELLA, C. *et al.* Grafting pepper onto tolerant rootstocks: An environmental-friendly technique overcome water and salt stress. **Scientia Horticulturae**, v. 226, p. 33–41, dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.020> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423817304995> Acesso em: 29 maio 2024.

PERIN, L. *et al.* Trough and pot crop systems with leaching recirculation and defoliation levels for mini tomatoes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.34992> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/WHb7RwYgK8YSRnXj8ZwNSmz/#> Acesso em: 28 maio 2024.

R CORE TEAM (2020). **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical**. 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 28 maio 2024.

RAHMAN, M. M. *et al.* Insight into salt tolerance mechanisms of the halophyte *Achras sapota*: an important fruit tree for agriculture in coastal areas. **Protoplasma**, v. 256, p. 181-191, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00709-018-1289-y> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30062531/> Acesso em: 29 maio 2024.

RESH, H. M. **Hydroponic food production**. Califórnia: Woodbridge Press Publishing Company, 1996.

ROCHA, M. Q. *et al.* Rendimento do tomate cereja em função do cacho floral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 466-471, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000400015> Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/hb/a/B56p8DwrdyBx6XPXFLBT3Hp/?format=html#> Acesso em: 29 maio 2024.

ROSA, D. S. B. **Número de hastes para o cultivo do tomateiro grape em substrato de casca de arroz e sistema fechado**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=1941430 Acesso em: 28 maio 2024.

SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E.; ROMERO, L.; RUIZ, M. J. Role of grafting in resistance to water stress in tomato plants: Ammonia production and assimilation. *Journal of Plant Growth Regulation*, v.32, p.831-842, 2013. Doi: 10.1007/s00344-013-9348-2.

SANJUÁN, M. C. S.; URRESTARAZU, M. **Técnicas de fertirrigación en cultivo sin suelo**. Almería: Universidade de Almería, 2001.

SIGNORINI, C. B. **Substrato de casca de arroz in natura e condicionadores para a cultura do morangueiro em sistema com recirculação da solução nutritiva**. 2020. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

SILVA, E. M. *et al.* Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 150-158, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100019> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/CfMP69CSqFTPvZzZF8fRjtqs/#> Acesso em: 30 maio 2024.

SILVA, J. D. **Faixas de condutividade elétrica no desenvolvimento e características físico-químicas de pimentão pé-franco e enxertado**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/b81fae52-56a7-42a3-bace-06317ef74b0c/content> Acesso em: 29 maio 2024.

SILVA, P. F. *et al.* Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1173–1180, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001100007> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/6scPVJdqpzWj3Ctry97fKFy/#> Acesso em: 29 maio 2024.

SCHAUBERGER, P. *et al.* **openxlsx: Read, write and edit xlsx files. R package version 4.1.0**. 2018. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/openxlsx/index.html> Acesso em: 28 maio 2024.

STEIJN, B. **Training course on soilless cultivation of vegetables**. 1995.

URBAN, L. Etat hydrique et production sous serre en hors sol. **PHM Revue Horticole**, v. 319, p. 37 - 43, 1991.

WAMSER, A. F. *et al.* Influence of drainage and nutrient-solution nitrogen and potassium concentrations on the agronomic behavior of bell-pepper plants cultivated in a substrate. **PloS ONE**, v. 12, n. 7, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180529> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28678884/> Acesso em: 28 maio 2024.

WAMSER, A. F.; VALMOTBIDA, J. Evolução do consumo hídrico do morangueiro em cultivo com substrato. **Agropecuária Catarinense**, v. 35, n. 2, p. 24-26, 2022. DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1448> Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1448> Acesso em: 28 maio 2024.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Nova Iorque: Springer-Verlag, 2016.