

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

VANDRÉIA RICOBOM TEIXEIRA

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EM FRUTOS DE TOMATEIRO ENXERTADO
SOB SISTEMA DE CULTIVO EM VASOS FERTIRRIGADOS E AQUAPÔNICO

LAGES

2023

VANDRÉIA RICOBOM TEIXEIRA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EM FRUTOS DE TOMATEIRO ENXERTADO
SOB SISTEMA DE CULTIVO EM VASOS FERTIRRIGADOS E AQUAPÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Alves Moreira

LAGES

2023

Teixeira, Vandreia Ricobom

Características químicas em frutos de tomateiro enxertado sob sistema de cultivo em vasos fertirrigados e aquapônico. / Vandreia Ricobom Teixeira. -- 2023.

59 p.

Orientador: Dr. Marcelo Alves Moreira

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2023.

1. Ambiente protegido. 2. Características funcionais. 3. Fertirrigação. 4. Aquaponia. 5. Enxertia. I. Moreira, Dr. Marcelo Alves. II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. III. Título.

VANDRÉIA RICOBOM TEIXEIRA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EM FRUTOS DE TOMATEIRO ENXERTADO
SOB SISTEMA DE CULTIVO EM VASOS FERTIRRIGADOS E AQUAPÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Alves Moreira

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Marcelo Alves Moreira
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membros:

Professor Dr. Antonio Mendes de Oliveira Neto
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Professor Dr. Leandro Luiz Marcuzzo
Instituto Federal Catarinense - *Campus* Rio do Sul

Lages, 17 de julho de 2023.

Dedico este trabalho ao meu marido, meu filho
e a minha mãe.

AGRADECIMENTOS

Ao meu marido, Amilton, que incentivou e estimulou nos momentos difíceis, comemorou junto as alegrias e, esteve presente em todas as horas.

Ao meu filho, Vinicius, por toda a ajuda durante o curso e cabe aqui um pedido de desculpa por ter sido muitas vezes omissa...

Um agradecimento muito especial a minha mãe, Hilda, que contribuiu e ajudou com todo o seu carinho, sua dedicação e sua disponibilidade, permitindo que eu saísse de casa, mais tranquila. Espero um dia poder retribuir!

Ao professor Dr. Rony da Silva pela orientação, oportunidade e pela confiança na realização desse trabalho.

Aos professores Dr. Cristiano André Steffens e Dr. Gederson Buzzello, pelos ensinamentos no estágio de docência.

Ao professor Dr. Cassandro Vidal Talamini do Amarante que, de muitas formas orientou.

Ao professor Dr. Marcelo Alves Moreira, pela orientação e confiança

A Dra. Viviane Oliveira Santos por ter compartilhado todo seu conhecimento e pelo apoio à realização dos experimentos.

Aos alunos bolsistas do Laboratório de Fisiologia Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV/UEDESC) de Lages-SC, Marcell, Leila, Samara e Daiane pela ajuda na realização dos experimentos e aulas práticas.

Aos professores do curso de pós-graduação, pela oportunidade de assistir aulas maravilhosas.

Ao Secretário de Ensino de Pós-Graduação, Éderson por atender sempre e prontamente as dúvidas durante esse período.

RESUMO

O cultivo em ambiente protegido tem sido adotado para a cultura do tomate e junto a ele, a fertirrigação, visando o melhor manejo fitossanitário e a uniformidade da produção. Também no cultivo protegido, a aquaponia pode otimizar a produção do tomateiro de maneira sustentável. Outra tecnologia que vem sendo aplicada é uso da enxertia, visando o controle de doenças e conferindo melhor resposta das plantas a determinadas condições edafoclimáticas. Porém, os sistemas de cultivo e a combinação enxerto vs porta-enxerto podem impactar na qualidade de frutos em tomateiro. Além da importância relacionada a produtividade, algumas características químicas do tomate apresentam efeito benéfico na alimentação, através de propriedades antioxidantes conhecidas como compostos fenólicos. Esses compostos reduzem o estresse oxidativo que tem sido associado a doenças crônicas não transmissíveis, como as cardiovasculares. Objetivou-se com esse trabalho avaliar as características funcionais e minerais em frutos de tomateiro, em função do genótipo, porta-enxertos e sistema de produção. O trabalho foi conduzido no sistema de cultivo protegido em vasos fertirrigados e aquaponia. Em cada sistema de condução, foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2 x 3, consistindo de dois enxertos 'Anjico' e 'Santa Clara' e dois porta-enxertos 'Guardião' e 'Green Power' além de pé franco. A avaliação dos compostos fenólicos totais (CFT) foi efetuada através do método Folin-Ciocalteu, e a atividade antioxidante total (AAT) foi determinada através dos métodos DPPH e ABTS, em solução extratora aquosa. Foram determinados os teores dos minerais de N, Ca, K, P e Mg e as relações N/Ca, K/Ca e (K+Mg)/Ca nas folhas e nos frutos. Para as características avaliadas CFT e AAT, nos dois sistemas de cultivos, não houve diferenças entre as plantas enxertadas e pés francos. O porta-enxerto 'Guardião' e o pé franco 'Santa Clara' apresentaram maiores valores de compostos fenólicos nos frutos no sistema aquapônico. As concentrações dos minerais P, K, Ca, Mg encontrados nos frutos de tomateiro, tanto em plantas enxertadas quanto em pés francos, e em ambos os sistemas de cultivos, estão dentro dos níveis sugeridos para a cultura.

Palavras-chave: Ambiente protegido; Características funcionais; Composição mineral; Fertirrigação; Aquaponia; Enxertia.

ABSTRACT

The cultivation in protected environments has been adopted for tomato crops, along with fertigation, aiming for better phytosanitary management and production uniformity. In protected cultivation, aquaponics can also optimize tomato production in a sustainable manner. Another technology that has been applied is grafting, aiming to control diseases and provide better plant response to specific edaphoclimatic conditions. However, cultivation systems and the graft vs. rootstock combination can impact the fruit quality of tomatoes. Besides the importance related to productivity, some chemical characteristics of tomatoes have a beneficial effect on nutrition through antioxidant properties known as phenolic compounds. These compounds reduce oxidative stress, which has been associated with non-communicable chronic diseases such as cardiovascular diseases. The objective of this study was to evaluate functional and mineral characteristics in tomato fruits, considering genotype, rootstocks, and production systems. The study was conducted in a protected cultivation system using fertigated pots and aquaponics. In each cultivation system, a randomized complete block design was used in a 2 x 3 factorial arrangement, consisting of two grafts 'Anjico' and 'Santa Clara', two rootstocks 'Guardião' and 'Green Power', and ungrafted plants. The evaluation of total phenolic compounds (TPC) was performed using the Folin-Ciocalteu method, and the total antioxidant activity (TAA) was determined using the DPPH and ABTS methods in an aqueous extraction solution. The levels of minerals N, Ca, K, P, and Mg, as well as the ratios N/Ca, K/Ca, and (K+Mg)/Ca, were determined in the leaves and fruits. For the evaluated characteristics of TPC and TAA in both cultivation systems, there were no differences between grafted plants and ungrafted plants. The 'Guardião' rootstock and the 'Santa Clara' ungrafted plants showed higher values of phenolic compounds in the aquaponic system. The concentrations of minerals P, K, Ca, and Mg found in tomato fruits, both in grafted plants and ungrafted plants, and in both cultivation systems, are within the suggested levels for the crop.

Keywords: Protected cultivation; Functional characteristics; Mineral composition; Fertigation; Aquaponics; Grafting.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Cultivo protegido - Sistema de vasos irrigados	24
Figura 2 – Cultivo protegido - Sistema aquapônico	25
Figura 3 – Informações de temperatura média do ar (T °C) no ciclo de cultivo do tomateiro e região, nos sistemas de cultivo em 2021	26
Figura 4 – Diferentes estágios de maturação de frutos.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição do fruto de tomate in natura.....	23
Tabela 2 – Tratamentos do experimento em ambos os sistemas de produção	25
Tabela 3 – Compostos fenólicos e atividade antioxidante (polpa) em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, cultivados em vasos fertirrigados sob ambiente protegido (Rio do Sul, 2021).....	34
Tabela 4 – Atributos minerais nas folhas em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, cultivados em vasos fertirrigados sob ambiente protegido (Rio do Sul, 2021).....	36
Tabela 5 – Atributos minerais nos frutos em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, cultivados em vasos fertirrigados sob ambiente protegido (Rio do Sul, 2021).....	40
Tabela 6 – Compostos fenólicos e atividade antioxidante (polpa) em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, cultivados em sistema de aquaponia sob ambiente protegido (Rio do Sul, 2021).....	43
Tabela 7 – Atributos minerais nas folhas em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, cultivados em sistema de aquaponia sob ambiente protegido (Rio do Sul, 2021)	45
Tabela 8 – Atributos minerais nos frutos em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, cultivados em sistema de aquaponia sob ambiente protegido (Rio do Sul, 2021)	48

ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AAT	Atividade antioxidante total
ABTS	Radical 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
ANOVA	Análise da variância
B	Boro
Ca	Cálcio
CAV	Centro de Ciências Agroveterinárias
CEPEA	Centro de Abastecimentos de Hortifrutigranjeiros
Cfa	Clima subtropical, com verão quente
CaCl ₂	Cloreto de cálcio
CFT	Compostos fenólicos totais
Cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de carbono
CV	Coefficiente de variação
Cu	Cobre
DAT	Dias após o transplante
DPPH	Radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazila
EAG	Equivalente de ácido gálico
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ERRO	Espécie reativa de oxigênio
Fe	Ferro
G	Gramma
g kg ⁻¹	Gramma por quilo
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
H ₃ BO ₃	Ácido bórico
HCl	Ácido clorídrico
K	Potássio
KCl	Cloreto de potássio
Kg	Quilograma
LAS	Laboratório de análise de solo
L	Litro
M	Metro

M	Molar
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MF	Massa fresca
Mg	Magnésio
Mg	Miligrama
ml	Mililitro
Mm	Milímetro
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
Ms	Massa seca
N	Nitrogênio
NO ₂	Dióxido de nitrogênio
NH ₃	Amônia
NH ₄	Amônio
n ^o	Número
NaOH	Hidróxido de sódio
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sódio
Nm	Nanômetro
O ₂	Oxigênio
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico
Rpm	Rotação por minuto
SAS	Statistical Analysis System
TEAC	Equivalência Trolox
Trolox	6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UV	Ultravioleta
X	Versus
Zn	Zinco
μMo	Micromol
°C	Grau Celsius
λ	Comprimento da onda

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	A ECOFISIOLOGIA DO TOMATEIRO	18
3.2	SISTEMAS DE CULTIVO	19
3.3	ANTIOXIDANTES E COMPOSTOS FENÓLICOS	21
3.4	TOMATE COMO FONTE DE ANTIOXIDANTES E NUTRIENTES.....	23
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CULTIVO E DA ORIGEM DOS FRUTOS AVALIADOS	24
4.2	COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS	27
4.3	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL	28
4.3.1	Método DPPH	28
4.3.2	Método ABTS.....	28
4.4	ANÁLISES MINERAIS DE FOLHAS.....	29
4.5	ANÁLISES MINERAIS DE FRUTOS	29
4.6	ANÁLISE ESTÁTISTICA.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1	VASOS FERTIRRIGADOS	32
5.1.1	Compostos Fenólicos	32
5.1.2	Atividade Antioxidante Total	33
5.1.3	Minerais nas Folhas.....	35
5.1.4	Minerais nos Frutos.....	38
5.2	AQUAPONIA	41
5.2.1	Compostos Fenólicos	41
5.2.2	Atividade Antioxidante Total	43
5.2.3	Minerais nas Folhas.....	44
5.2.4	Minerais nos Frutos.....	47
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50

7	CONCLUSÕES.....	51
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Considerada uma das olerícolas mais cosmopolita, o tomate, *Solanum lycopersicum* originou-se da espécie andina silvestre, *L. esculentum* var. cerasiforme, que produz frutos tipo ‘cereja’. México é o centro secundário de origem, onde foi cultivado e melhorado. Introduzido na Europa nos anos de 1500, onde era considerado planta ornamental e somente mais tarde foi utilizado como fins culinários (FILGUEIRA, 2013).

Produzido em muitos países e sendo uma cultura de grande importância dentro do cenário internacional, é uma das hortaliças mais consumidas no mundo todo, inclusive no Brasil. Ademais, o país é um importante produtor desta hortaliça, sendo o nono maior produtor mundial (CONAB, 2019).

Conforme dados do IBGE (2023), a expectativa de produção brasileira de tomates, pode atingir quatro milhões de toneladas, produzidos numa área estimada de aproximadamente, 54 mil hectares, e com produtividade média de 70 toneladas por hectare. O tomate de mesa é importante no país, está presente em 48,7 mil estabelecimentos rurais, distribuídos em 4000 municípios, com gestão familiar ou empresarial. O segmento de mesa, representa em torno de 63% da produção de tomate, distribuída pelas regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do País, sendo os cultivares do grupo indeterminado, sob sistema de tutoramento, o mais comum e representativo no Sudeste e no Sul (CEPEA, 2021).

Santa Catarina ocupa a sétima posição no ranking nacional com produção equivalente a 168,9 mil toneladas, numa área de aproximadamente 2,5 mil hectares, sendo os municípios de Caçador e Lebon Regis as maiores áreas produtoras com 450 e 400 hectares, respectivamente (IBGE, 2022).

No contexto econômico, a produção do tomate representa a principal fonte de renda para muitos produtores e movimenta as indústrias de insumos, embalagens, máquinas agrícolas e equipamentos de irrigação, contribuindo para o desenvolvimento financeiro, social regional e do país (MELO; VILELA, 2005).

Bem como a importância econômica, o tomate foi o vegetal mais consumido no país em 2018, ocupando a 1ª posição, com 4,21 kg pessoa⁻¹ano⁻¹ (MODA; MENDES; CAMARGO, 2021).

Os frutos são apreciados pela aparência, sabor, aroma e está presente na mesa da população nas mais variadas formas, seja uma simples salada até seus produtos industrializados, como tomates secos, sucos, molhos e extratos. Além das qualidades organolépticas, o tomate constitui-se umas das fontes principalmente de licopeno e compostos fenólicos na dieta da

população brasileira, devido à sua disponibilidade para a ingestão durante o ano inteiro e as suas várias possibilidades de preparos culinários (BORGUINI, 2006).

Na atualidade, os alimentos e seus nutrientes têm recebido atenção crescente, certamente por muitos estudos epidemiológicos que associaram a ingestão de produtos vegetais com a redução do risco de uma série de doenças crônicas como aterosclerose e câncer. Estes benefícios têm sido atribuídos aos compostos contidos nos vegetais, que possuem atividade antioxidante (PORTO *et al.*, 2014). O cuidado com a ação dos antioxidantes e a sua interação com os radicais livres se tornou fundamental à compreensão das causas ou do mecanismo de desenvolvimento de alguma patologia (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004).

A produção quantitativa do tomateiro sempre foi o principal critério na avaliação do efeito das práticas culturais e sistemas de plantio sobre a cultura, e a qualidade dos frutos era pouco avaliada. Contudo, após avanços das pesquisas, atingindo maior potencial produtivo e caracterizando também os critérios relacionados à qualidade, mais ênfase tem sido dedicada ao efeito das práticas culturais em relação aos aspectos qualitativos do tomate (FERREIRA *et al.*, 2006).

Adicionalmente, nestes tempos, a premissa do consumidor e a concorrência determinada pelo mercado globalizado têm exigido a produção de alimentos com alto teor nutricional e características sensoriais (PEIXOTO *et al.*, 2017). A avaliação e determinação de compostos funcionais nas hortaliças produzidas e consumidas pela população são essenciais para identificar os alimentos-fonte de compostos bioativos e também para estimular a ingestão dos mesmos.

Para otimizar o rendimento do tomateiro com a finalidade de atender à demanda crescente de um mercado consumidor, novas tecnologias têm sido adotadas dentre as quais se destacam a enxertia (GOMES *et al.*, 2017), e a aquaponia (JORDAN *et al.*, 2020). Contudo, estudos sobre os efeitos do porta-enxerto de tomate na qualidade do fruto apresentaram resultados mistos, e poucos trabalhos foram feitos para examinar sistematicamente a associação entre as características de enxerto/porta-enxerto e a qualidade do fruto de tomate (GONG *et al.*, 2022).

Assim, sabendo da notabilidade destas tecnologias, da escassez das informações técnico-científica com relação ao assunto, e tendo em vista a importância da qualidade nutricional, da sustentabilidade na produção de alimentos, objetivou-se com este estudo, avaliar os teores de compostos fenólicos, atividade antioxidante total e a composição mineral das folhas e dos frutos do tomateiro em plantas enxertadas e não enxertadas, produzidas em cultivo protegido no sistema em vasos fertirrigados e aquapônico no período de outono/inverno.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar características químicas e minerais de frutos de tomates em ambiente protegido sob o efeito de plantas enxertadas e pés franco em sistema de cultivo em vasos fertirrigados e aquaponia na estação de outono/inverno.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar compostos fenólicos e atividade antioxidante total nos frutos de tomateiros enxertados e pés francos, cultivados em ambiente protegido em sistemas de vasos fertirrigados e aquapônico;
- Caracterizar as concentrações minerais de folhas e frutos do tomateiro enxertados e pés francos, cultivados em ambiente protegido em sistemas de vasos fertirrigados e aquapônico;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A ECOFISIOLOGIA DO TOMATEIRO

O fruto do tomate recebeu, com o passar do tempo, maciço melhoramento genético, sendo nos dias atuais, de cultivo cosmopolita, adaptando-se às variedades de condições ambientais. Entretanto, situações de clima ameno e seco, com boa luminosidade, são adequadas para o desenvolvimento da cultura (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018).

O tomate é uma solanácea herbácea com caule herbáceo, com muitas ramificações e que pode ser moldado pela poda. A cultura é perene, mas comporta-se como anual. O ciclo biológico varia de 4 a 7 meses (FILGUEIRA, 2013). A planta é exigente em luz, fundamentalmente por interferir na quantidade de licopeno, proporcionando cor vermelha intensa. Tanto a temperatura, quanto à radiação solar, são fatores que interferem diretamente sobre o metabolismo da planta, influenciando seu crescimento e o rendimento. A temperatura ótima para o desenvolvimento vegetativo é de 18 °C a 25 °C, enquanto a taxa de floração aumenta linearmente com temperaturas de 17 °C a 27 °C (FAYAD *et al.*, 2019).

O tomateiro apresenta crescimento determinado e indeterminado, sendo este último com desenvolvimento de haste contínua, e mostra maior predominância da gema apical às gemas laterais. O crescimento vegetativo é vigoroso, florescendo e frutificando ao mesmo tempo. O crescimento determinado acontece principalmente para os tomates de uso industrial, são rasteiros, menos vigorosos e são limitados pela emissão do cacho floral (FILGUEIRA, 2013).

As flores, autopolinizáveis, são agrupadas em cachos e são hermafroditas. Os frutos são bagas carnosas, suculentas, com aspecto, tamanho e peso variáveis. Na fase inicial, apresentam maior quantidade de pigmentos clorofila e xantofila, que caracterizam a cor verde, e no processo de maturação, apresentam a formação de β -caroteno e licopeno, que evidenciam as cores amarelada e vermelho vivas. As cultivares de mesa, na sua maioria, são as de hábito indeterminado, produzem frutos classificados em cinco grupos: Santa Cruz, Salada, Saladinha, Cereja e Italiano, e ainda, o tipo Longa Vida os quais, apresentam diferentes características de frutos e plantas, podendo ser uniloculares, biloculares ou multiloculares (FAYAD *et al.*, 2019).

Os tomates do tipo Italiano ou Saladete têm apresentado tendência de aumento de cultivo nos últimos anos. Geralmente, os frutos dessas cultivares híbridas disponíveis no mercado têm ótima qualidade gustativa e facilidades no uso culinário, podendo ser consumidos em saladas, no preparo de molhos caseiros e na forma de tomate seco (MACHADO; ALVARENGA; FLORENTINO, 2007).

Por outro lado, as opções híbridas do cultivar ‘Santa Clara’ têm atraído também a atenção de outra parcela do setor produtivo por serem frutos de maior conservação pós-colheita sem que possuam quaisquer dos genes que retardam o processo de maturação e alto potencial produtivo. Adicionalmente, as vantagens desses híbridos, em comparação aos tipos longa vida convencionais, é que seus frutos têm características organolépticas superiores, além de serem uniformes e exibirem coloração vermelha mais intensa. Com efeito, essa diversificação é positiva e favorece os consumidores que passaram a ter uma gama cada vez mais diversificada de tomates à sua disposição nos pontos de venda (SHIRAHIGE *et al.*, 2010).

3.2 SISTEMAS DE CULTIVO

O tomate é cultivado em praticamente todas as regiões do país, o que ajuda a explicar as tantas diferenças nos sistemas de produção e de comercialização, que envolve desde a venda feita ao varejo em âmbito local, passando pelas Centrais de abastecimentos (CEASAs), até a venda diretamente para os grandes supermercados (BOTEON; DELEO; MARANGON, 2021). Já os sistemas de cultivos do tomate de mesa podem ser divididos em cultivo em campo e cultivo em ambiente protegido, sendo este último em casa de vegetação ou estruturas de túnel alto (ÁVILA *et al.*, 2023).

O fato de ser uma espécie com muito potencial produtivo e o fruto ser formado por mais de 90% de água, nota-se o alto grau de exigência de água da planta (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018). Segundo Filgueira (2013), a cultura é muito exigente em água e a irrigação influencia não apenas a produtividade, mas também a qualidade dos frutos e ainda pode reduzir a incidência de distúrbios fisiológicos, destacando-se a podridão estilar. Para o ideal desenvolvimento da planta com obtenção de frutos com características de qualidade e produção satisfatórias é primordial o fornecimento de água e nutrientes, na quantidade ideal e no momento adequado.

Uma das práticas mais importantes no sistema de produção em substrato é o uso da solução nutritiva. Ela deve ser eficiente, proporcionar qualidade e produtividade sob o sistema de cultivo e de suas práticas culturais (BERNI; CHAVES, 2021). A utilização da irrigação concomitante com a adubação é fundamental tornando o uso da fertirrigação uma estratégia que possibilita a diminuição de custos e otimização da aplicação de água e fertilizantes (FELTRIM *et al.*, 2005).

Com a fertirrigação é possível melhorar as relações entre os nutrientes; proporcionar melhor distribuição e localização dos fertilizantes próximos à zona das raízes; controlar a

profundidade de aplicação do fertilizante; diminuir as perdas dos nutrientes por lixiviação; diminuir a perda de N por volatilização, porque o fertilizante nitrogenado está diluído na água; minimizar a compactação do solo pelo menor tráfego de máquinas na lavoura; economia de mão-de-obra; facilidade de aplicação (BRAGA, 2011).

Adicionalmente a fertirrigação, outra tecnologia que pode ser utilizada é a aquaponia, interação entre a produção de organismos aquáticos e a produção de plantas sem solo. Os peixes se alimentam da ração e produzem excretas que são transformadas em nutrientes que, durante o processo de circulação da água, serão absorvidos pelas plantas. Ao absorver esses nutrientes, as plantas, junto com as bactérias, exercem papel imprescindível na filtragem biológica da água, proporcionando condição adequada para o desenvolvimento normal dos peixes (CARNEIRO *et al.*, 2015).

A aquaponia é uma tecnologia de produção de alimentos que pode reduzir o gasto de água em até 90%, em contraponto aos sistemas convencionais, e promover a reutilização integral do efluente produzido dentro do próprio sistema (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Quando cultivado em solo, a aplicação de grande quantidade de adubos solúveis é uma prática potencialmente poluidora do meio-ambiente, principalmente da água, seja ela subterrânea ou superficial. Não bastasse o custo ambiental, os fertilizantes são adquiridos a um custo cada vez mais alto pelos produtores, onerando a produção de alimentos (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Neste contexto, a aquaponia pode fornecer nutrientes de fonte orgânica para as plantas cultivadas de forma hidropônica. Hu *et al.* (2015) dizem que uma das principais vantagens da aquaponia é a alta eficiência na utilização de nitrogênio. Os autores explicam que no modelo de aquicultura, cerca de 25% do nitrogênio fornecido é capturado na forma de biomassa de peixes, e mais de 70% é excretado no ambiente circundante na forma de amônia. A amônia é inicialmente oxidada a nitrito (NO_2^-) por bactérias oxidantes de amônia e depois transformada a nitrato (NO_3^-) por bactérias oxidantes de nitrito, principalmente *Nitrobacter* spp. e *Nitrospira* spp. Em vez de ser descarregado no ecossistema circundante, o NO_3^- e os resíduos de NH_3 e NH_4^+ e NO_2^- podem ser absorvidos pelas plantas. Assim, dois tipos de cultivos (plantas e peixes) são produzidos no sistema, utilizando nutrientes de forma sustentável.

Consequentemente, a aquaponia e a integração de fazendas agrícolas podem mitigar os impactos ambientais provenientes da aquicultura convencional e da agricultura (SÁTIRO; RAMOS NETO; DELRETE., 2018).

Ainda que existam muitas hortaliças já cultivadas em sistemas hidropônicos, que vão desde folhosas a plantas que produzem frutos, e que apresentam potencial para cultivo em

sistema aquapônico, é interessante o estudo para a escolha de variedades que se adaptem ao sistema aquapônico, devido a diferença que este apresenta em relação a hidroponia, quanto a concentração de nutrientes (JORDAN *et al.*, 2020).

Por mais que tenha importância na olericultura mundial, o cultivo do tomateiro possui grande risco econômico, visto que, são muitos os fatores que podem influenciar sua produção, dos quais evidencia-se estresse hídrico, desequilíbrio nutricional, existência de pragas e doenças, entre outros. Por conseguinte, a inovação e o uso de técnicas de manejo culturais que promovam maior rentabilidade à cultura são fundamentais para assegurar a sustentabilidade do sistema de produção (GUISOLFI, 2020).

Dentre as técnicas de cultivo, a enxertia tem sido adotada como opção para cultivo de tomate em situações desfavoráveis, como em áreas marginais de cultivo ou aquelas com influência de estresses bióticos e abióticos (GUISOLFI, 2020).

A enxertia frequentemente é a opção escolhida, pois que, não precisa de modificações no sistema de cultivo para sua implantação. Além disso, funciona como uma escolha de controle a curto prazo e, algumas situações, com menores custos. Adicionalmente, permitir a produção em solos contaminados, possibilita uma produção adequada em condições de temperaturas de solo inapropriadas (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018).

Em síntese, o enxerto é a planta que se pretende cultivar, possivelmente susceptível a um patógeno, e o porta-enxerto refere-se a uma planta resistente a um patógeno conhecido ou que possua outra característica desejável, pujante, com adequada taxa de crescimento. O uso de porta-enxertos deve contemplar as seguintes características: resistência à doença que se pretende controlar; resistência aos patógenos do solo; vigor e rusticidade; adequado nível de compatibilidade com a variedade enxertada; condições morfológicas propícias para a realização da enxertia e não interferir na qualidade dos frutos (PEIL, 2003).

3.3 ANTIOXIDANTES E COMPOSTOS FENÓLICOS

Substâncias antioxidantes são aquelas que, quando presentes em baixas concentrações, comparativamente ao conjunto daquelas existentes em um substrato oxidável, atrasam ou previnem de forma significativa a oxidação deste substrato (DIAS *et al.*, 2015).

Antioxidantes são importantes na prevenção de doenças tanto de plantas, quanto para animais (BORGUINI, 2006). Do ponto de vista nutricional, antioxidantes alimentares, presentes em vegetais, têm atraído um grande interesse entre os consumidores e a comunidade

científica, uma vez que existe uma forte correlação inversa entre o consumo regular de frutas e hortaliças e a prevalência de algumas doenças degenerativas (MELO *et al.*, 2006).

Entre os agentes antioxidantes encontrados nos alimentos destacam-se vitaminas (C e A), compostos fenólicos (flavonoides e ácidos fenólicos) e carotenoides (β -caroteno e licopeno) (PEREIRA; VIDAL; CONSTANT, 2009).

Dentre os antioxidantes naturais, o grupo notadamente importante são os compostos fenólicos, que fazem parte dos constituintes do metabolismo secundário das plantas. Enquanto os metabólitos primários respondem pela sobrevivência do vegetal, exercendo função ativa nos processos de fotossíntese, respiração e assimilação de nutrientes, os metabólitos secundários estão intimamente associados às estratégias de defesa das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Existem diferentes classes de compostos polifenólicos, divididas em quatro famílias: flavonóides (flavonas, flavanonas, catequinas e antocianinas), ácidos fenólicos, lignanas e estilbenos (resveratrol), sendo que cada uma apresenta efeito antioxidante diferenciado. A distribuição e a quantidade destes compostos não ocorrem de maneira igual nos vegetais, o que interfere a capacidade antioxidante de cada um dos tipos de antioxidantes (GIADA, 2006).

Os antioxidantes presentes nos frutos, em especial os compostos fenólicos, atuam como agentes redutores do estresse oxidativo, que ocorre quando a produção de moléculas prejudiciais, chamadas de radicais livres, está além da capacidade protetora das defesas antioxidantes. Os radicais livres são átomos quimicamente ativos ou moléculas que apresentam um número ímpar de elétrons na sua órbita externa (MESSIAS, 2009). Os radicais livres contêm uma forma de oxigênio conhecida como espécies reativas de oxigênio (ERO), que são produzidas durante o processo metabólico de transportes fotossintético e respiratório de elétrons. As formas mais comuns de EROs são superóxido (O_2^-), oxigênio singlete ($1O_2^*$), radical hidroxila (OH^-) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os compostos fenólicos agem como antioxidantes, porque promovem a remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da reação, através da doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas, interrompendo a reação em cadeia (MESSIAS, 2009).

As lesões provocadas pelos radicais livres nas células podem ser prevenidas ou reduzidas pela atividade de antioxidantes, sendo estes encontrados em muitos alimentos. Assim, o interesse nos oxidantes naturais e o conhecimento das fontes alimentares e dos principais antioxidantes naturais (vitaminas, compostos fenólicos e carotenoides) permite sua utilização consciente e os torna uma alternativa à manutenção de uma vida saudável (PEREIRA; VIDAL; CONSTANT, 2009).

3.4 TOMATE COMO FONTE DE ANTIOXIDANTES E NUTRIENTES

Os fatores nutricionais são considerados fundamentais para a saúde humana. Inúmeros estudos obtidos a partir de dados epidemiológicos evidenciam que dietas ricas em frutas e hortaliças estão associadas com um menor risco de doenças crônicas não-transmissíveis, o que é conferido ao fato destes alimentos fornecerem uma quantidade considerada adequada de fotoquímicos, como os antioxidantes naturais, as fibras e outros compostos bioativos. Neste sentido, o tomate tem assumido o *status* de alimento funcional, pois o fruto contém substâncias antioxidantes como ácido ascórbico, licopeno, caroteno e compostos fenólicos, que exercem papel preventivo, especialmente contra as doenças crônicas não transmissíveis, como certos tipos de câncer e doenças vasculares (BORGUINI, 2006). Segundo Shamy (2004), o licopeno pode ser encontrado nas diversificadas formas de preparo do tomate.

A quantidade de compostos bioativos nas frutas e vegetais pode variar conforme a estação do ano, estágio de maturação, variedade, efeito climático e geográfico, local de plantio, manejo pós-colheita e do armazenamento; em geral, as frutas avermelhadas apresentam maiores teores na concentração de licopeno (MORITZ; TRAMONTE, 2006). Ferrari (2008) ratifica esta condição, acrescentando que os sistemas de produção também apresentam influências na composição química dos frutos. O fruto do tomate contém baixo teor de gorduras e calorias, vitaminas A, B, C e D (NEPA, 2011). A Tabela 1 mostra as faixas dos minerais e alguns nutrientes que compõem um tomate maduro *in natura* com peso médio de 100g.

Tabela 1 – Composição do fruto de tomate *in natura*

Componente	Valores médios em 100 g
Água	93% a 97%
Caloria	18 a 20 Kcal
B	0,06 a 0,13 mg
Ca	6,02 a 34 mg
Cu	0,05 a 0,33 mg
Fe	0,29 a 0,44 mg
P	17,4 a 43 mg
Mg	7,06 a 8,53 mg
K	25 a 190 mg
Zn	0,12 a 0,19 mg
Mn	0,06 a 0,17 mg

Fonte: Alvarenga (2004).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CULTIVO E DA ORIGEM DOS FRUTOS AVALIADOS

Os frutos utilizados para avaliação deste trabalho foram colhidos de sistemas de cultivos em vasos fertirrigados, e aquapônico, realizados no período de outono/inverno de 2021. A área experimental foi no Instituto Federal Catarinense - Campus Rio do Sul – SC, localizado nas coordenadas geográficas 27°11'03.67" Sul e 49°39'38.14" Oeste, com altitude de 690 m.

O sistema de cultivo em vasos fertirrigados (Figura 1) foi implantado em casa de vegetação, e continha 10 linhas com 30,0 m de comprimento. O experimento foi conduzido em delineamento experimental em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2 x 3, sendo 5 blocos e 8 plantas em cada bloco. As plantas foram plantadas em vasos e manejadas de acordo com orientações específicas para o cultivo e solução nutritiva adaptada de Hochmuth (1995) e Yara (2019), descrito por Silva, (2022).

Figura 1 – Cultivo protegido - Sistema de vasos irrigados



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

No sistema aquapônico (Figura 2) a disposição do experimento foi a mesma do sistema em vaso fertirrigado, porém o sistema de fertirrigação foi substituído por tanques com peixes tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), carpas comuns (*Cyprinus carpio*) e carpas cabeça

grande (*Hypophthalmichthys*) os quais eram tratados com ração duas vezes ao dia (SILVA, 2022). O manejo de irrigação foi feito de maneira automatizada, de acordo as condições ambientais e necessidades da cultura.

Figura 2 – Cultivo protegido - Sistema aquapônico



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os tratamentos avaliados foram: – T1- ‘Anjico’ (pé franco); T2- ‘Santa Clara’ (pé franco); e as combinações de enxerto e porta-enxerto T3 - ‘Anjico’ x ‘Green Power’; T4- ‘Santa Clara’ x ‘Green Power’; T5- ‘Anjico’ x ‘Guardião’; e T6- ‘Santa Clara’ x ‘Guardião’, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Tratamentos do experimento em ambos os sistemas de produção

Tratamentos	Pé-Franco	
T1	‘Anjico’	
T2	‘Santa Clara’	
	Porta-Enxerto	Enxerto
T3	‘Green-Power’	‘Anjico’
T4	‘Green-Power’	‘Santa Clara’
T5	‘Guardião’	‘Anjico’
T6	‘Guardião’	‘Santa Clara’

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os porta-enxertos ‘Green-Power’ e ‘Guardião’ são híbridos desenvolvidos pela empresa Takii® e de características de médio e baixo/médio vigor, respectivamente. O enxerto ‘Santa Clara’ é uma cultivar do tipo Santa Cruz, frutos de formato globulares, com adaptação em temperaturas amenas, com peso aproximado de 180 g. ‘Anjico’ é um híbrido do grupo Italiano, de formato oblongo pesando entre 100 e 150 g. Ambos de crescimento indeterminado e desenvolvidos pela empresa Isla Sementes Ltda.

Para os dois sistemas de cultivos, os tomates foram semeados em 18/03/21, enxertados em 11/04/21 e transplantados para os vasos, na primeira semana de maio. A colheita aconteceu em agosto de 2021.

O clima do município de Rio do Sul é classificado como Cfa, segundo Köppen e Geiger, e apresenta temperatura média anual de 17,8 °C e pluviosidade média anual é 1615 mm.

Durante o ciclo da cultura, os dados da temperatura foram mensurados através ‘datalogger’ (UNI-T UT330B), com intervalos de 2h entre as leituras e os dados encontram-se na Figura 3. Durante o experimento as temperaturas médias semanais apresentaram mínima entre 4,2 e 10 °C e máxima entre 23,3 e 34,4 °C (SILVA, 2022).

Figura 3 – Informações de temperatura média do ar (T °C) no ciclo de cultivo do tomateiro e região, nos sistemas de cultivo em 2021



T1: temperatura média no cultivo protegido; T2: temperatura média recomendada para cultivo de tomateiro durante as fases do ciclo e T3: temperatura média da região (estação meteorológica, Davis Vantage Vue®).

Fonte: Silva (2022).

Para avaliação, os frutos foram colhidos quando todas as plantas apresentavam condição ideal de maturação, sendo selecionados aleatoriamente 10 frutos por tratamento (Figura 4) e cada fruto representou uma planta por tratamento. Após a colheita, os frutos foram

transportados ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós e Colheita do CAV/UEDESC para o preparo das amostras. Os tomates sem as sementes, foram homogeneizados em processador e em seguida colocados em tubo tipo Falcon, e armazenados em *ultra freezer* para as análises posteriores. As avaliações realizadas foram: compostos fenólicos, atividades antioxidante total e análises minerais de folhas e frutos.

Figura 4 – Diferentes estágios de maturação de frutos



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

4.2 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

O processo de aquisição do extrato para a quantificação de compostos fenólicos e atividade antioxidante total foi adaptado de Rufino *et al.* (2007). Foi utilizado o método de extração aquosa. Foram utilizados 3 g de polpa da fruta e adicionados 10 ml de metanol 50% em um Bequer com capacidade de 100 ml. Após homogeneizados foram mantidos em repouso por uma hora. Na sequência, o material foi centrifugado a 15000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi armazenado num balão volumétrico de 25 ml e o resíduo submetido a uma nova extração com 10 ml de acetona 70%. Após uma hora, o material foi novamente centrifugado, acrescentando o sobrenadante ao anterior, completando o volume para 25 ml com água destilada. Os extratos foram armazenados em recipiente âmbar e mantidos congelados a 80 °C até o momento das análises.

A quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada pelo método colorimétrico Folin-Ciocalteu, que envolve a redução do reagente pelos compostos fenólicos da amostra,

com a formação de um complexo azul, que aumenta linearmente a absorvância no λ de 760 nm (SWAIN; HILLIS, 1959; ROESLER *et al.*, 2007). O ácido gálico foi utilizado como padrão dos compostos fenólicos. Foram retirados 2,5 ml de Folin-Ciocalteu, colocados em tubos de ensaio e adicionados 7,5 ml de água destilada. Em ambiente escuro, foi tomado 1 mL do extrato da amostra e adicionado 2 ml de carbonato de sódio a 20%. Os tubos foram agitados em Vórtex e incubados por 30 minutos ao abrigo da luz. Após este período as leituras foram realizadas em triplicata, em espectrofotômetro, no λ de 765 nm. O espectrofotômetro foi calibrado usando o branco. O conteúdo de compostos fenólicos totais dos frutos de tomate foi expresso em equivalente de ácido gálico (EAG; mg EAG g⁻¹ matéria fresca), usando a equação da reta obtida da calibração da curva com o ácido gálico.

4.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL

4.3.1 Método DPPH

Metodologia proposta por Rufino *et al.* (2007). Baseia-se no sequestro do radical estável DPPH (2,2- difenil-1-picril-hidrazil) do meio da amostra. O radical DPPH serve como radical oxidável a ser reduzido pelo antioxidante bem como indicador para a reação, de modo que ele é um radical estável de coloração violeta, recebendo um elétron ou um hidrogênio radical para tornar-se uma molécula estável, sendo então reduzido e muda para a coloração amarela.

Nesse método, a partir dos extratos obtidos, foram preparadas cinco diluições diferentes em triplicata. Em ambiente escuro, utilizou-se 0,1 ml de cada diluição do extrato com 3,9 ml do radical DPPH. A mistura foi agitada em Vortex e deixada em repouso. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, no λ de 515 nm, após 30 minutos. Os resultados foram expressos em Micromol de equivalente Trolox g⁻¹ de massa fresca. ($\mu\text{M TE g}^{-1}$).

4.3.2 Método ABTS

Metodologia proposta por Rufino *et al.* (2007). Está baseado na habilidade dos antioxidantes em capturar o cátion ABTS (2,2-azinobis (etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico). A captura provoca um decréscimo na absorvância, que é lida a partir da mistura do radical com o antioxidante em diferentes tempos.

Neste método, o radical foi gerado a partir da reação da solução estoque de ABTS (5 mM) com o persulfato de potássio (140 mM), mantido no escuro por 16 horas, à temperatura

ambiente. Antes da análise, a mistura foi diluída com álcool etílico até obter uma absorbância de $0,70 \pm 0,05$, no λ de 734 nm. A partir dos extratos obtidos dos frutos, foram preparadas cinco diluições diferentes, em triplicata. Em ambiente escuro, utilizou-se 30 μ L de cada diluição da amostra com 3 ml do radical ABTS, seguido de homogeneização em agitador de tubos Vortex.

As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, no λ de 734 nm, após seis minutos da mistura. Foi utilizado álcool etílico como branco para calibrar o espectrofotômetro. A partir das absorbâncias obtidas das diferentes diluições dos extratos, foi obtida a equação da reta, e os resultados expressos em equivalência Trolox (TEAC; μ Mol de Trolox g^{-1} de matéria fresca).

4.4 ANÁLISES MINERAIS DE FOLHAS

As análises de composição mineral na folha foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo (LAS) no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC) – Lages, Santa Catarina.

A amostragem de tecido vegetal dos cultivos em sistemas vasos fertirrigados e aquapônico para análise do conteúdo mineral, foi realizada com 100 DAT. Foi coletada a terceira folha com pecíolo, a partir do ápice caulinar, por ocasião do primeiro fruto maduro (SBCS, 2004).

As folhas estavam sem sintomas de doença e, ou distúrbios fisiológicos. As amostras foram limpas em água deionizada, secadas em estufa com ar forçado, a 65 °C, processadas em moinho (tipo Wiley® TE-650/1), identificadas e lacradas em embalagens plásticas.

Foi realizada a digestão sulfúrica para a determinação de N pelo método Kjeldahl, descrito por Bremner (1965), assim como os teores de K através do método fotometria de chama descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). As análises dos teores de nutrientes para P, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo foram realizadas por meio de digestão nitroperclórica e a quantificação realizada por espectrometria de emissão ótica com plasma acoplado indutivamente, ICP-OES (Optima® 8300, Perkin Elmer, Norwalk, EUA).

4.5 ANÁLISES MINERAIS DE FRUTOS

As análises minerais dos frutos foram realizadas no Laboratório de Análise de Tecido Vegetal da Estação Experimental da Epagri, em Caçador, Santa Catarina.

Os teores minerais avaliados foram nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Os valores foram expressos em mg kg^{-1} de massa fresca (MF), conforme metodologia descrita por Schweitzer e Suzuki (2013).

Foram pesados 5,0 g de massa fresca (MF) das partes trituradas dos frutos e então acondicionadas em tubos de vidro, os quais permaneceram em blocos de aquecimento no interior de capela de exaustão de gases.

Para determinação de N, as amostras foram solubilizadas em 1,0 g de catalizador, 5,0 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) e 5 ml de peróxido de hidrogênio 30% (H_2O_2). Estas amostras permaneceram em blocos de aquecimento durante 1 hora e 30 min, aumentando a temperatura gradativamente até 335°C . A completa digestão da matéria orgânica, caracterizou-se por um líquido incolor ou levemente esverdeado (SCHVEITZER; SUZUKI, 2013). Ao final do processo de digestão, aguardou-se as amostras ficarem em temperatura ambiente, iniciando o processo de destilação, de acordo com o método semi-micro Kjeldahl (LABCONCQ, 2005). Foi adicionado ao extrato digerido, restante no tubo, 20 ml de água destilada (H_2O) e 50 ml de hidróxido de sódio 5% (NaOH). Em seguida, transferiu-se o tubo para o destilador, conectando na extremidade de refrigeração do destilador um Erlemeyer de 250 ml contendo 10 ml de solução de indicador ácido bórico (H_3BO_3). A destilação encerrou-se quando o volume do Erlemeyer chegou a 50 ml, sendo em seguida titulado com ácido sulfúrico 0,05 N (H_2SO_4), até a mudança da cor esverdeada para rosa.

Para análise de P, K, Mg e Ca, as amostras foram solubilizadas em 1,5 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) e 3,0 ml de peróxido de hidrogênio 30% (H_2O_2). Estas amostras permaneceram em blocos de aquecimento durante 1 hora e 30 min, aumentando a temperatura gradativamente até 220°C . Um excedente de 1,5 ml de peróxido de hidrogênio foi adicionado lenta e gradativamente. A completa digestão da matéria orgânica foi caracterizada por um líquido completamente transparente. Ao final do processo de digestão, e após as amostras ficarem em temperatura ambiente, foi adicionado extrato digerido, restante no tubo, 50 ml de água destilada (H_2O). Deste extrato inicial, pipetou 10 ml em tubos de ensaio, e adicionou 3,5 ml de La 0,4%, para a leitura do Ca. Da diluição realizada para o Ca, pipetou-se 1 ml em tubos ensaio e adicionou-se 15 ml de água destilada, para a leitura de K e Mg (SCHVEITZER; SUZUKI, 2013). Após as diluições, foram realizadas as leituras de Ca, K e Mg em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo A Analyst 200, da marca PerkinElmer® (Waltham, EUA), quantificando os teores dos nutrientes. Do extrato inicial, pipetou-se 5,0 ml em tubos de ensaio, adicionou-se 5,0 ml de água destilada e 4,0 ml do indicador molibdato/vanadato, formando coloração amarelada que absorve onda de luz em 420 nm.

Após 30 min e realizou-se a leitura da absorvância em espectrofotômetro UV-visível, marca Varian® (Palo Alto, EUA) (SCHVEITZER; SUZUKI, 2013). Através dos valores da absorvância, quantificou-se os teores do nutriente em mg kg^{-1} MF.

4.6 ANÁLISE ESTÁTISTICA

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizados, com cinco repetições, cada repetição composta de 10 frutos. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e se significativo, a análise de contrastes lineares ($p < 0,05$) com o programa SAS (SAS Institute, 2009), para: a) 'Enxertia' x 'Pé Franco'; b) 'Guardião' x 'Green Power'; c) 'Anjico' x 'Santa Clara'; d) 'Guardião' x 'Green Power' em 'Anjico'; e) 'Guardião' x 'Green Power' em 'Santa Clara'; f) 'Anjico' x 'Santa Clara' em 'Guardião'; e g) 'Anjico' x 'Santa Clara' em 'Green Power'.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 VASOS FERTIRRIGADOS

5.1.1 Compostos Fenólicos

Para os valores relacionados aos compostos fenólicos totais, os tratamentos apresentaram entre 16,194 mg EAG 100g⁻¹ e 17,663 mg EAG 100g⁻¹. Não houve diferenças significativas entre os contrastes ‘Enxertia’ x ‘Pé franco’, porta-enxertos ‘Guardião’ x ‘Green Power’ e enxertos, ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ (Tabela 3).

Dados sobre compostos fenólicos, quantificados sob a influência de sistemas de cultivos não convencionais como fertirrigados em vasos, aquaponia e ainda sob enxertia, em frutos de tomates são escassos, dificultando a comparação dos resultados. Vieira (2016), em seu trabalho de investigação dos compostos bioativos em tomates *in natura*, encontrou valores de 49,12 mg EAG 100g⁻¹. Este valor é superior se comparado aos encontrados neste trabalho para o tomate.

Embora os resultados apresentaram diferenças não significativas neste estudo, estes valores podem ser justificados pelo fato de que todos os tratamentos continham tomates colhidos em fase de maturidade diversificada, com coloração verde, verde amarelado até vermelho (Figura 4).

Paula *et al.* (2015), em seu trabalho de avaliação de compostos fenólicos em diversos estádios de maturação, observou que frutos de tomates colhidos no estágio mais avançado, com 90% da cor vermelha, apresentaram maior teores do que aqueles colhidos menos maduros. Djidonou *et al.* (2017) não encontraram diferenças entre compostos fenólicos de plantas de tomateiro enxertadas e não enxertadas, mas encontrou teores mais altos em frutos colhidos aos 86 dias quando comparados com a colheita inicial aos 71 dias, revelando uma influência mais pronunciada no período de maturação do fruto que do enxerto com diferentes porta-enxertos.

Segundo Fayad *et al.* (2019) no início da maturação do fruto, a clorofila e xantofila são os pigmentos em maior quantidade, a partir desta fase aumenta a quantidade de β caroteno e licopeno, que são alguns dos metabólicos secundários em maior quantidade dos tomates.

Estudos mostram que existem diversos fatores que podem contribuir com o teor de compostos fenólicos em hortaliças ou frutíferas, como exemplo podem ser citados sistemas de cultivos, fatores genéticos, partes das plantas, condições ambientais, nutrição, fase de desenvolvimento e estágio de maturação (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

Concentrações baixas de compostos fenólicos encontrados neste estudo, podem estar relacionadas com o período de cultivo, haja vista que os frutos são provenientes de colheitas nas estações de outono e inverno, com intensidade luminosa menor quando comparada a estação primavera, verão e com temperatura média de 18 °C, sendo que durante alguns períodos aconteceram temperaturas abaixo de 15 °C.

No inverno, a intensidade luminosa é menor e os dias são mais curtos. Nesta situação, ocorre maior gasto dos carboidratos para a respiração, tornando-se fator limitante para diversos processos metabólicos, inclusive a formação inadequada de pigmentos nos frutos (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018).

Gobbo-Neto e Lopes (2007) explicam que a temperatura, associada a outros fatores como a intensidade e, ou quantidade de radiação ultravioleta exercem influência no desenvolvimento das plantas, afetando a produção de metabólitos secundários. A biossíntese dos compostos fenólicos é derivada da fenilalanina, um produto da rota do ácido chiquímico e esta reação é catalisada pela enzima fenilalanina amônia liase (PAL) que é ativada por fatores ambientais, tais como a luz (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Para uma comparação mais adequada dos compostos fenólicos entre os tratamentos seria necessária uma amostragem mais homogênea, visando comparar os frutos colhidos no mesmo estágio de maturação fisiológica.

Por conseguinte, em virtude da classificação de Vasco, Ruales e Kamal-Eldin (2008), em relação ao conteúdo de fenólicos totais, são consideradas frutas de categoria baixa (<100 mg EAG 100 g⁻¹); média (100-500 mg EAG 100 g⁻¹) e alta (>500 mg EAG 100 g⁻¹), os resultados encontrados neste estudo, são classificadas na categoria baixa.

5.1.2 Atividade Antioxidante Total

Avaliando a atividade antioxidante total pelo método ABTS, no sistema de cultivo dos vasos fertirrigados, não houve diferença entre os contrastes ‘Enxertia’ e ‘Pé Franco’ que apresentaram respectivamente, 0,702 e 0,632 µM de Trolox g⁻¹ de matéria fresca e entre os enxertos ‘Anjico’ e ‘Santa Clara’ com 0,632 e 0,637 µM de Trolox g⁻¹ de matéria fresca. A média dos tratamentos foi de 0,67 µM de Trolox g⁻¹ de matéria fresca. O contraste avaliando os porta-enxertos, mostraram que ‘Guardião’ apresentou diferença significativa em relação ao ‘Green-Power’, com valores de 0,786 e 0,618 µM de Trolox g⁻¹ de matéria fresca, respectivamente. Quando comparados os enxertos, ‘Anjico’ em porta enxerto ‘Green Power’ foi significativo e o enxerto ‘Santa Clara’ teve melhor resultado em porta enxerto ‘Guardião’.

Ao comparar os porta-enxertos, ‘Green Power’ teve valores maiores com o enxerto ‘Anjico’ e o porta-enxerto ‘Guardião’ quando enxertado com ‘Santa Clara’.

Num trabalho feito por Gong *et al.* (2022), os teores de antioxidantes e a capacidade antioxidante de tomate variaram entre a combinação de porta-enxerto, enxerto e época de plantio. Os autores citam que frutos de tomate *grape* ‘BHN1022’ no plantio de primavera tiveram capacidade antioxidante 33% menor que os frutos de plantio de outono. Já tomates *beefsteak* ‘Skyway’ no plantio de primavera, tiveram capacidade antioxidante 43,9% maior que no plantio de outono. Mostraram ainda, que, no plantio de primavera, o enxerto em porta-enxertos vigorosos, diminui a capacidade de antioxidantes dos frutos de ambas as cultivares em média 18,8% em relação aos não enxertados

Na avaliação pelo método DPPH, os contrastes ‘Enxertia’ x ‘Pé Franco’, porta-enxertos ‘Green Power’ x ‘Guardião’ e enxertos ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ não apresentaram diferenças significativas (Tabela 3).

Tabela 3 – Compostos fenólicos e atividade antioxidante (polpa) em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, cultivados em vasos fertirrigados sob ambiente protegido (Rio do Sul, 2021)

Porta-enxerto	Enxerto	Compostos Fenólicos (mg EAG/100g)	ABTS (µM Trolox/g de amostra)	DPPH (µM Trolox/g de amostra)
‘Green Power’	‘Anjico’	16,89	0,88	17,76
‘Green Power’	‘Santa Clara’	16,57	0,35	17,62
‘Guardião’	‘Anjico’	16,19	0,64	17,76
‘Guardião’	‘Santa Clara’	16,98	0,92	17,68
Pé franco	‘Anjico’	17,00	0,54	17,72
Pé franco	‘Santa Clara’	17,66	0,72	17,40
Média		16,88	0,67	17,65
CV (%)		11,30	36,70	1,60
Contrastes				
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns
‘Green Power’ x ‘Guardião’		ns	*	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’		ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em ‘Green Power’		ns	***	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em ‘Guardião’		ns	**	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em Pé franco		ns	ns	ns
‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Anjico’		ns	*	ns
‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Santa Clara’		ns	***	ns

*, ** e ***: significativo ($p < 0,05$, $p < 0,01$ e $p < 0,001$, respectivamente); ns: não significativo.

Os valores encontrados, situaram-se entre 17,765 mg de matéria fresca g^{-1} DPPH para os tratamentos ‘Guardião’ e ‘Green Power’ com ‘Anjico’ e 17,396 mg de matéria fresca g^{-1} DPPH, para o tratamento pé franco ‘Santa Clara’. A média de capacidade antioxidante total destes tratamentos pela metodologia DPPH foi de 17,65 mg de matéria fresca g^{-1} DPPH.

5.1.3 Minerais nas Folhas

As folhas são os principais órgãos fotossintéticos, e uma adequada nutrição mineral é benéfica para a função do aparato fotossintético (HUANG *et al.*, 2016). As concentrações de nutrientes nos tecidos das folhas variaram consideravelmente entre os tratamentos. Ca e Mn não apresentaram diferenças entre os contrastes. N não mostrou diferenças entre os contrastes 'Enxertia' x 'Pé Franco' e 'Green Power' x 'Guardião', mas apresentou níveis maiores no enxerto 'Anjico' com média de 32,43 g kg⁻¹ matéria seca. P e Mo apresentaram maior acúmulos em folhas de 'Pés Francos' que quando enxertados, tendo o genótipo 'Anjico' se destacado significativamente apenas para o P. A média das plantas enxertadas apresentou P com teores de 6,2 g.kg⁻¹ matéria seca e os pés francos 7,6 g.kg⁻¹ matéria seca. Com relação ao acúmulo de K, o porta-enxerto 'Guardião' mostrou 42 g kg⁻¹ matéria seca, valor superior em comparação ao 'Green Power'. O K também esteve mais presente nas folhas do tratamento 'Guardião' em 'Anjico'. As concentrações de Mg foram significativas tanto para o enxerto quanto para o pé franco 'Anjico' com aproximadamente 7g kg⁻¹ matéria seca. A diferença também foi evidenciada quando foi enxertado em 'Green Power'. Já os minerais B e Cu foram encontrados em maiores quantidades em plantas enxertadas. O enxerto 'Santa Clara' em 'Green Power' teve níveis de Fe aumentado, apresentando 150 mg kg⁻¹ matéria seca. O nutriente Zn das folhas, apresentou diferença significativa a favor do porta-enxerto 'Guardião' quando enxertado com 'Santa Clara' (Tabela 4).

Tabela 4 – Atributos minerais nas folhas em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, cultivados em vasos fertirrigados sob ambiente protegido (Rio do Sul, 2021)

Porta-enxerto	Enxerto	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	N/Ca	K/Ca	(K+Mg)/Ca
		g kg ⁻¹ matéria seca					mg kg ⁻¹ matéria seca								
‘Green Power’	‘Anjico’	32,7	6,3	36,8	23,0	7,5	74,7	119,1	85,5	272,0	68,8	2,7	1,4	1,6	1,9
‘Green Power’	‘Santa Clara’	29,8	6,4	38,4	21,0	6,3	72,7	104,2	150,1	285,8	66,3	3,7	1,4	1,8	2,1
‘Guardião’	‘Anjico’	33,1	6,0	42,1	22,5	6,2	64,0	112,1	93,8	276,2	75,1	3,3	1,5	1,9	2,1
‘Guardião’	‘Santa Clara’	30,3	6,2	40,5	22,0	6,5	76,8	133,1	116,3	312,4	92,7	3,9	1,4	1,8	2,1
Pé franco	‘Anjico’	31,5	8,4	41,4	21,3	7,3	67,9	95,6	115,2	267,6	78,0	4,6	1,5	1,9	2,3
Pé franco	‘Santa Clara’	29,0	6,8	37,8	21,3	6,2	59,5	77,7	106,8	255,0	63,0	6,1	1,4	1,8	2,1
Média		31,1	6,7	39,5	21,9	6,7	69,3	107,0	107,0	278,2	74,0	4,1	1,4	1,8	2,1
CV (%)		9,9	15,2	9,8	8,5	13,7	15,9	25,8	25,8	14,3	23,2	44,2	8,3	11,6	10,5
Contrastes															
‘Enxertia’ x ‘Pé franco’		ns	***	ns	ns	ns	*	**	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
‘Green Power’ x ‘Guardião’		ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’		*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em ‘Green Power’		ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em ‘Guardião’		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em Pé franco		ns	***	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Anjico’		ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Santa Clara’		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

*, ** e ***: significativo ($p < 0,05$, $p < 0,01$ e $p < 0,001$, respectivamente); ns: não significativo.

Djidonou *et al.* (2017) encontraram em tomates, concentrações de N, Ca e K maiores em tecidos de plantas da parte aérea (lâminas folhares, pecíolo e caules) de plantas enxertadas em comparação com as não-enxertadas. Tais concentrações, podem estar relacionadas com a biomassa acumulada das plantas enxertadas, citam os autores. Os mesmos autores citam que para o P, plantas enxertadas apresentaram valores menores que as não-enxertadas, corroborando com este estudo. Gomes *et al.* (2017), também encontraram em cultivo de tomates em vasos com fibra de coco, valores de P menores em plantas enxertadas quando comparadas as não enxertadas e explica que isto talvez seja em função da enxertia que pode constituir uma barreira, dificultando a absorção e translocação de alguns nutrientes, tais como o P.

Souza *et al.* (2010) explica que, no caso do P, elemento de baixa mobilidade no solo, a absorção pode ser explicada pela extração de água mais uniforme devido à fertirrigação que mantém o substrato úmido por período de tempo mais adequado e que este fato promove um maior coeficiente de difusão no solo. Os autores citam que a morfologia do sistema radicular e os parâmetros da cinética de absorção de P são mecanismos que podem influenciar na absorção de P e estes fatores são características adaptadas da espécie ou variedade de planta.

Mesmo os valores de P sendo menores em plantas enxertadas, e estando dentro do recomendado para a cultura, é pressuposto que a disponibilidade de P esteja associada à fertirrigação. Segundo Oliveira *et al.* (2009), a adubação pode alterar a disponibilidade dos nutrientes nas plantas. Outrossim, Santarosa (2013) cita que os porta-enxertos apresentam diversidade de vigor, diferentes exigências nutricionais, afetando a capacidade de absorção e transporte de água e nutrientes para a parte aérea da variedade copa. Além disto, podem apresentar seletividade na absorção de íons na solução dos solos.

Os mecanismos responsáveis pela alta eficiência de absorção diferem entre as espécies. Para a questão do N, neste estudo, não houve diferença entre plantas enxertadas e pés-francos e entre os porta-enxertos, mas houve diferença entre os enxertos, assim, é possível que interações entre enxerto e porta-enxerto possam desenvolver modificações fisiológicas e moleculares e os nutrientes acumulados podem estar diretamente relacionados com o crescimento e desenvolvimento das variedades enxertadas (FLORES *et al.*, 2010; DJIDONOU *et al.*, 2017).

Segundo Huang *et al.*, (2016), em cultivo protegido, encontrou valores maiores de K, Ca, Fe, Mg e principalmente N, em plantas enxertadas, tanto na raiz, quanto nas partes superiores. Os autores citam ainda que, certos porta-enxertos podem aumentar a eficiência das plantas enxertadas na absorção e translocação de Fe e Mn para a parte aérea, proporcionando

um melhor crescimento dessas plantas explicando o aumento de Fe no enxerto ‘Santa Clara’ em ‘Green Power’.

Fernandes *et al.* (2002) em estudo em casa de vegetação e cultivo em vasos encontraram concentração de N, P, K, Ca, Mg, nas folhas de 31,8; 12,5; 51,1; 45,0; 8,8; g kg⁻¹ respectivamente, e as concentrações de Fe, Zn, Cu, Mn e B foram, respectivamente, 209; 96; 10; 665; e 209 mg kg⁻¹. Valores estes, mais altos que os encontrados neste trabalho. Cabe salientar, que com exceção do N, os valores encontrados neste estudo, estão dentro dos estabelecidos para a cultura (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

O valor de Cu encontra-se muito acima do recomendado e isto pode estar associado às pulverizações realizadas com fungicidas cúpricos possivelmente realizadas durante o manejo fitossanitário.

De maneira geral, as relações minerais entre N/Ca, K/Ca e (K+Mg) /Ca não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, com exceção da relação K/Ca na combinação porta enxerto ‘Guardião’ e ‘Anjico’.

O maior acúmulo de K no porta-enxerto ‘Guardião’ pode ser devido a sua melhor capacidade de absorção. Contudo, não houve diferença significativa quando comparado com o acúmulo de K no fruto. Os mecanismos responsáveis pela eficiência de absorção diferem entre as espécies. Alguns porta-enxertos possuem sistema radicular extensivo, enquanto outros têm alta capacidade de absorção por unidade de comprimento radicular, ou seja, grande aporte de nutrientes (FÖHSE *et al.*, 1988).

5.1.4 Minerais nos Frutos

O desempenho dos vegetais enxertados pode variar consideravelmente entre as combinações de porta-enxerto e enxerto (DJIDONOU *et al.*, 2017). Os dados encontrados neste trabalho, relacionados aos minerais N, P, K, Ca e Mg, não mostraram diferenças significativas entre plantas enxertadas e não enxertadas. Da mesma forma, quando avaliados os porta-enxertos ‘Green Power’ e ‘Guardião’, os mesmos não apresentaram diferenças. Nas condições estudadas, os acúmulos de N e P não evidenciaram diferenças entre nenhum dos tratamentos. Os minerais K e Mg mostraram concentrações significativas para o enxerto ‘Anjico’ quando este estava sobre o porta-enxerto ‘Green Power’, com acúmulo de 1957,5 e 121,0 mg.kg⁻¹ matéria fresca, nesta ordem. Em relação ao Ca, este apresentou acúmulos superiores para o enxerto ‘Santa Clara’ e quando o mesmo estava enxertado nos porta-enxertos ‘Green Power’ e ‘Guardião’.

A movimentação do Ca^{2+} e do Mg^{2+} do solo para as raízes das plantas se dá pelo mecanismo fluxo de massa. No caso do Ca^{2+} , também é através da interceptação radicular. O K^+ , realiza a movimentação por difusão. Estes mecanismos são fundamentais para a nutrição vegetal. Enquanto no solo, a abundância destes nutrientes se dá em ordem decrescente de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , esta relação se inverte no tecido vegetal. (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Os teores médios dos minerais K, Ca e Mg encontrado nas folhas (Tabela 4) e nos frutos (Tabela 5) corroboram com esta informação.

Tabela 5 – Atributos minerais nos frutos em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, cultivados em vasos fertirrigados sob ambiente protegido (Rio do Sul, 2021)

Porta-enxerto	Enxerto	mg.kg ⁻¹ matéria seca							
		N	P	K	Ca	Mg	N/Ca	K/Ca	(K+Mg) / Ca
‘Green Power’	‘Anjico’	1260,6	377,4	1957,4	88,8	121,0	14,0	22,0	23,4
‘Green Power’	‘Santa Clara’	1061,6	363,8	1773,8	123,4	96,8	8,4	14,4	15,2
‘Guardião’	‘Anjico’	1189,8	354,8	1870,6	91,4	105,2	13,2	20,6	22,0
‘Guardião’	‘Santa Clara’	1193,0	378,6	1864,6	128,0	115,4	9,4	14,8	16,0
Pé franco	‘Anjico’	1071,0	375,8	1831,6	100,0	108,2	11,6	19,4	20,6
Pé franco	‘Santa Clara’	1201,8	386,0	1862,4	121,4	102,6	9,8	15,6	16,2
Média		1163,0	372,7	1860,1	108,8	108,2	11,1	17,8	18,9
CV (%)		13,8	6,6	6,3	19,8	13,9	27,0	21,1	21,7
Contrastes									
	‘Enxertia’ x ‘Pé franco’	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	‘Green Power’ x ‘Guardião’	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	‘Anjico’ x ‘Santa Clara’	ns	ns	ns	***	ns	***	***	***
	‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em ‘Green Power’	ns	ns	*	***	*	***	***	***
	‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em ‘Guardião’	ns	ns	ns	***	ns	*	***	***
	‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em Pé franco	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	*
	‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Anjico’	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Santa Clara’	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns

* e ***: significativo (p < 0,05 e p < 0,001, respectivamente); ns: não significativo.

O pé franco ‘Santa Clara’ apresentou diferença significativa em comparação ao pé franco ‘Anjico’ para o mineral Ca e a relação K/Ca. Segundo Aular e Natale (2013), a competição entre cátions K e Ca no solo pode explicar o favorecimento da absorção de K, principalmente quando este está em concentrações elevadas, em relação ao Ca. Apesar de não haver diferenças significativas nos teores isolados de N, a relação N/Ca, resultou valor superior significativo para o enxerto ‘Anjico’ independente do porta-enxerto. Os mesmos autores citam que as funções específicas do N no metabolismo vegetal justificam o colapso interno, quando a adubação nitrogenada é excessiva ou as relações N/Ca são altas.

As relações N/Ca e K/Ca são fatores importantes para a estabilidade das células da polpa dos frutos e neste sistema de produção as relações K/Ca e (K+Mg) /Ca mostraram valores menores para os contrastes relacionados ao enxerto ‘Santa Clara’ e ambos os porta-enxertos

Diferenças nas concentrações de nutrientes dependem da época de plantio, da idade da planta ou órgão amostrado, do cultivar, da interação entre nutrientes, das condições climáticas (CARVALHO; BASTOS; ALVARENGA, 2004).

Dados deste trabalho, corroboram com a citação de Assis *et al.* (2004), que explica que a absorção do Ca e do Mg pelas plantas é bem menos eficiente do que a do K e do N, e inclusive pode ser inibida se houver alta concentração de K. Além disso, os vasos do floema, maior provedor de nutrientes para os frutos, apresentam sempre baixas concentrações de Ca e elevadas concentrações de K.

5.2 AQUAPONIA

5.2.1 Compostos Fenólicos

Os tomates colhidos no sistema de cultivo aquaponia, apresentaram valores de compostos fenólicos totais, variando entre 18,276 mg EAG 100g⁻¹ e 11,979 mg EAG 100g⁻¹ para os tratamentos ‘Guardião’/‘Santa Clara’ e o pé franco ‘Anjico’, respectivamente. Não houve diferenças significativas entre os contrastes ‘Enxertia’ x ‘Pé Franco’ que apresentaram médias de 15,269 e 14,196 mg EAG 100g⁻¹.

Os contrastes dos porta-enxertos ‘Green Power’ x ‘Guardião’ apresentaram 13,864 mg EAG 100g⁻¹ e 16,674 mg EAG 100g⁻¹ respectivamente, sendo diferentes significativamente. Da mesma forma, os enxertos ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ apresentaram diferenças com os valores médios de 13,080 e 16,742 mg EAG 100g⁻¹. O pé franco ‘Santa Clara’ apresentou

aproximadamente 37% mais compostos fenólicos que o pé franco ‘Anjico’. A média dos tratamentos foi 14,91 mg EAG 100g⁻¹ (Tabela 6).

Não especificando o sistema de cultivo, Faller e Fialho (2009) citaram que valores médios de compostos fenólicos para tomates cultivados no Brasil, são de 13,7 mg EAG/100g de peso fresco, valor este, menor que o apresentado nesta condição de estudo.

Pedó *et al.* (2015) avaliaram a produtividade e características qualitativas do tomateiro submetidas à enxertia e encontraram valores de compostos fenólicos maiores em plantas enxertadas, atribuindo o resultado ao porta-enxerto. Aumonde *et al.* (2011) também verificaram que frutos de plantas enxertadas atingiram maior quantidade de fenóis totais em relação ao pé-franco, sendo que o estresse ocasionado pela enxertia parece ser indutor no aumento da produção destes metabólitos secundários (GOTO; SANTOS; CAÑIZARES, 2003). No entanto, os efeitos do porta-enxerto não são passíveis de serem detectados sem se considerar o sistema como um todo, porta-enxerto e enxerto, uma vez que existe ação recíproca entre as partes envolvidas (PAULETTO *et al.*, 2001).

Embora não seja possível uma comparação de valores, estes resultados podem ter grande variações devido ao sistema de cultivo, visto que no sistema de aquaponia, Carneiro *et al.* (2015) citam que a nutrição das plantas está relacionada com a quantidade de peixes do tanque e também da quantidade de ração fornecida, portanto, caso os nutrientes não estejam de acordo com o desenvolvimento e necessidade da espécie cultivada, isto pode levar ao aumento ou diminuição na concentração de compostos fenólicos. Por conseguinte, Gobbo-Neto e Lopes (2007) explicam que estresse nutricional pode levar a um aumento dos valores dos compostos secundários, exceto quando há falta de nitrogênio e enxofre, neste caso, a produção de compostos fenólicos pode ser diminuída. No sistema de cultivo ‘aquapônico, quando avaliados os enxertos: ‘Santa Clara’ apresentou maiores valores de N nos frutos (Tabela 6) e maior quantidade de compostos fenólicos que o enxerto ‘Anjico’. A relação entre a qualidade dos frutos e a nutrição nitrogenada de tomates são limitadas, mas para Porto *et al.* (2014) em seus estudos sobre doses e fontes de N, avaliaram que os níveis aumentados de nitrogênio reduziram o teor de compostos fenólicos, diferentemente deste estudo. Takahashi (2018) explica que como N, P e S apresentam papel fundamental em reações metabólicas, as quais dão origem aos precursores de compostos fenólicos, é compreensível o aumento destes em função da maior concentração dos referidos nutrientes.

5.2.2 Atividade Antioxidante Total

Para os resultados de antioxidantes totais no método ABTS, os tratamentos não apresentaram diferença entre si. A média dos tratamentos foi de 0,75 μM de Trolox g^{-1} de matéria fresca. Apenas quando foi utilizado o genótipo ‘Santa Clara’ em porta-enxerto ‘Guardião’, este apresentou resultado significativo quando comparado ao genótipo ‘Anjico’ (Tabela 6).

Tabela 6 – Compostos fenólicos e atividade antioxidante (polpa) em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, cultivados em sistema de aquaponia sob ambiente protegido (Rio do Sul, 2021)

Porta-enxerto	Enxerto	Compostos Fenólicos (mg EAG/100g)	ABTS (μM Trolox/g de amostra)	DPPH (μM Trolox/g de amostra)
‘Green Power’	‘Anjico’	12,19	0,48	17,70
‘Green Power’	‘Santa Clara’	15,53	0,78	17,35
‘Guardião’	‘Anjico’	15,07	0,68	17,46
‘Guardião’	‘Santa Clara’	18,27	1,29	17,53
Pé franco	‘Anjico’	11,98	0,66	17,90
Pé franco	‘Santa Clara’	16,41	0,65	17,37
Média		14,91	0,75	17,55
CV (%)		23,40	60,9	1,90
Contrastes				
‘Enxertia’ x ‘Pé franco’		ns	ns	ns
‘Green Power’ x ‘Guardião’		*	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’		**	ns	*
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em ‘Green Power’		ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em ‘Guardião’		ns	*	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em Pé franco		*	ns	**
‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Anjico’		ns	ns	ns
‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Santa Clara’		ns	ns	ns

*, **: significativo ($p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente); ns: não significativo.

Quando confrontados os valores equivalentes ao Trolox (TEAC) encontrados neste estudo para a polpa de tomates, com valores TEAC obtidos de outros alimentos de conhecido potencial antioxidante, como acerola (1,60 μM g^{-1}), goiaba (0,198 μM g^{-1}), caju (0,212 μM g^{-1}) (VIEIRA, 2016), pode-se considerar a polpa de tomate como um alimento de maior capacidade antioxidante. Tiveron (2010) analisou a atividade antioxidante pelo método ABTS de algumas verduras e hortaliças consumidas no Brasil, e encontrou quantidades de antioxidantes bem discrepantes entre si. Por exemplo: 6,1 μM de Trolox. g^{-1} para vagem; 16,1 μM de Trolox. g^{-1} para repolho 18,0 μM de Trolox. g^{-1} para rúcula; 96,5 μM de Trolox. g^{-1} para alface. Valores bem diferentes desta pesquisa acerca de tomates. Estas discrepâncias podem ser inerentes às características e ao mecanismo de ação dos compostos bioativos e a metodologia utilizada para

avaliar sua propriedade antioxidante. Ainda, de acordo com o autor, os métodos utilizados na determinação interferem diretamente nos resultados desta variável.

Somado a isto, estudos recentes, demonstrados por Gong *et al.* (2022) já indicam influência nas interações entre o ano, porta-enxertos com características genéticas semelhantes e enxertos, quando avaliado os atributos químicos dos frutos de tomate. Os resultados destacam que os fatores ambientais promovem variações em todas as características dos frutos.

Os valores também podem estar relacionados com o estágio de maturação, já que o amadurecimento dos frutos de tomate envolve várias alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares, incluindo degradação da clorofila e síntese e armazenamento de carotenoides, particularmente licopeno (FAYAD, 2019), sendo estas todas substâncias com atividade antioxidante.

Outrossim, Kralik *et al.* (2023) quando avaliaram os efeitos da aquaponia nas características químicas de frutos de tomates, não encontraram diferença significativa nos teores de compostos fenólicos ou na capacidade antioxidante quando comparados com plantio convencional.

Quando avaliado a metodologia DPPH, encontramos poucas variações entre os tratamentos e os valores oscilaram entre 17,352 mg de matéria fresca g⁻¹ DPPH para o tratamento 'Green Power'/'Santa Clara' e 17,902 mg de matéria fresca g⁻¹ DPPH para o pé franco 'Anjico'. A média de atividade antioxidante total destes tratamentos pela metodologia DPPH foi de 17,55 mg de matéria fresca g⁻¹ DPPH. Para os valores de DPPH, os contrastes 'Enxerto' x 'Pé Franco' e 'Green Power' x 'Guardião' não apresentaram diferenças. Contrariamente, os enxertos apresentaram diferenças significativas entre si. 'Anjico' apresentou atividade antioxidante maior que o enxerto 'Santa Clara' com valores 17.687 e 17.420 mg de matéria fresca g⁻¹ DPPH, respectivamente. Pé franco 'Santa Clara' apresentou maior capacidade antioxidante que o pé franco 'Anjico', pela metodologia DPPH (Tabela 6).

5.2.3 Minerais nas Folhas

Sob as condições do presente estudo, Ca, Mg, Cu, Mn e Mo não apresentaram diferenças relevantes entre os contrastes 'Enxerto' x 'Pé Franco', porta-enxertos 'Green Power' x 'Guardião' e enxertos 'Anjico' x 'Santa Clara'. Em relação ao P, este mostrou concentrações maiores em plantas de pés francos. Quando comparados os enxertos, P e K ficaram evidenciados em 'Anjico' com valor de 7,1 e 23,0 g kg⁻¹ matéria seca, nesta ordem, em relação ao 'Santa Clara' com 5,6 e 11,5 g kg⁻¹ matéria seca de P e K, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7 – Atributos minerais nas folhas em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, cultivados em sistema de aquaponia sob ambiente protegido (Rio do Sul, 2021)

Porta-enxerto	Enxerto	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	N/Ca	K/Ca	(K+Mg)/Ca
		g kg ⁻¹ matéria seca						mg kg ⁻¹ matéria seca							
‘Green Power’	‘Anjico’	22,0	5,7	18,9	22,8	4,1	51,9	206,0	98,8	500,3	132,4	0,03	0,9	0,8	1,0
‘Green Power’	‘Santa Clara’	17,4	5,3	14,7	21,0	3,9	51,5	209,4	96,5	489,5	133,0	0,03	0,9	0,8	0,9
‘Guardião’	‘Anjico’	19,6	5,6	11,1	22,4	3,9	51,1	294,6	149,8	515,6	152,0	0,03	0,9	0,5	0,7
‘Guardião’	‘Santa Clara’	21,5	5,2	18,7	22,9	3,9	55,0	322,1	99,4	484,5	154,0	0,03	0,9	0,8	1,0
Pé franco	‘Anjico’	22,3	7,1	23,0	21,0	4,0	48,2	293,0	100,2	463,9	151,0	0,03	1,1	1,1	1,3
Pé franco	‘Santa Clara’	15,0	5,6	11,5	20,2	3,9	45,0	152,0	218,5	413,6	94,4	0,03	0,8	0,6	0,8
Média		19,6	5,8	16,3	21,6	4,0	50,4	246,1	127,2	477,9	136,0	0,03	0,9	0,8	1,0
CV (%)		34,6	18,2	43,2	16,4	10,9	14,5	62,4	69,6	21,7	26,6	0,00	37,0	47,8	39,6
Contrastes															
‘Enxertia’ x ‘Pé franco’		ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Green Power’ x ‘Guardião’		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’		ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em ‘Green Power’		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em ‘Guardião’		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em Pé franco		ns	*	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	*	*
‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Anjico’		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Santa Clara’		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*: significativo ($p < 0,05$); ns: não significativo.

Um sistema radicular bem desenvolvido é importante para a utilização do fósforo. A quantidade de P que chega até as raízes por difusão é diretamente proporcional ao coeficiente de difusão do elemento na solução e as adaptações morfológicas e a capacidade das raízes em absorver este nutriente (SOUSA et al., 2010).

O teor de P nas folhas foi superior nas plantas não enxertadas, apresentando valor médio de 6,3 g kg⁻¹ MS. Segundo Santarosa (2013), diferenças na absorção de nutrientes podem ser influenciadas pelas características fenotípicas dos porta-enxertos quanto à morfologia e vigor do sistema radicular, como comprimento e largura. Neste sentido o autor cita que as raízes podem apresentar seletividade na absorção e extração de nutrientes, sendo que as exigências nutricionais são dependentes do genótipo.

Salienta-se que, o menor teor de P, de 5,6 g kg⁻¹ MS para o pé franco ‘Santa Clara’, permaneceu dentro dos níveis considerados adequados para o tomateiro, de 4,0 a 8,0 g kg⁻¹ MS (HAHN, 2021).

Fayad (1998) encontrou na matéria seca de folhas do tomateiro, em cultivo hidropônico, os valores de 38; 3,0; 29; 53; 8,0 g kg⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg, respectivamente, e 175; 543; 323; e 1.282 mg kg⁻¹ para Zn, Fe, Cu e Mn, respectivamente. Valores superiores aos encontrados neste estudo. As temperaturas observadas durante o período de condução do experimento foram de 15 °C, com temperaturas abaixo de 0 °C em alguns dias (SILVA, 2022) e isto pode ter proporcionado valores mais baixos para as concentrações minerais, visto que as etapas de transplante, floração e colheita apresentavam temperaturas abaixo do ideal para a cultura. (Fayad (2019) cita que a absorção de nutrientes pode ser afetada por temperaturas abaixo de 15 °C e acima de 30 °C, interferindo nos processos bioquímicos.

O mineral B teve acúmulo significativo em plantas enxertadas, não diferindo nos outros tratamentos. Diferenças significativas também foram observadas nas concentrações de Fe para ‘Santa Clara’ e Zn para ‘Anjico’, ambos pés francos. O micronutriente Mn embora não tenha apresentado diferença significativa entre os tratamentos, apresentou valores considerados altos. Para Fernandes et al. (2002) teores Mn acima de 100 mg kg⁻¹ de MS são considerados altos e podem causar toxidez na deficiência de B.

Teores de N, K encontrados abaixo e Mg no limite do ideal para a cultura, podem estar relacionados com o período de cultivo, haja vista que nos meses de maio, junho e julho, a temperatura foi inferior aqueles necessários para o desenvolvimento da cultura (Tabela 3) e isto pode afetar a absorção e o transporte de assimilados para os órgãos de acumulação e reserva. (BURIOL, 2000).

Outro fator a ser considerado, é a quantidade de peixes no tanque. Segundo Jordan *et al.* (2020), no sistema de aquaponia é preciso adequada concentração de nutrientes na água, por isso os sistemas intensivos são indicados, pois a densidade de peixes é superior e conseqüentemente a concentração de nutrientes na água é muito maior. Cabe salientar que com exceção do N, os valores encontrados neste estudo, estão dentro dos estabelecidos para a cultura

Na maioria dos contrastes, as relações minerais entre N/Ca, K/Ca e (K+Mg) /Ca não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, com exceção da relação K/Ca e (K+Mg) /Ca na comparação entre os genótipos, que mostrou relações maiores para ‘Green Power’ em ‘Anjico’ (Tabela 7).

5.2.4 Minerais nos Frutos

Entre os nutrientes apenas o N apresentou diferença significativa entre os contrastes ‘Anjico’ e ‘Santa Clara’, onde foram encontrados teores de 851,73 e 937,20 mg kg⁻¹ matéria fresca.

As concentrações de N na polpa dos frutos foram semelhantes nos contrastes ‘Enxertia’ x ‘Pé Franco’ com valores de 903,65 e 864,10 mg kg⁻¹ matéria fresca, nesta ordem e ‘Green Power’ x ‘Guardião’ com concentrações de 933,80 e 885,5 mg kg⁻¹ matéria fresca, respectivamente. O enxerto ‘Santa Clara’ apresentou acúmulo de N significativamente superior, tanto no porta-enxerto ‘Green Power’ quanto no ‘Guardião’.

A enxertia pode alterar os teores de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas devido à seletividade diferencial do sistema radicular do porta-enxerto em absorver nutrientes (FAHL *et al.* 1998).

Os demais minerais avaliados neste sistema de produção, P, K, Ca, Mg, e suas relações N/Ca, K/Ca e (K+Mg) /Ca não apresentaram diferenças consideráveis entre os tratamentos (Tabela 8). Importante ressaltar que um experimento realizado em vaso, diferente das condições reais de campo, possibilita uma avaliação preliminar das plantas com melhor controle de água e nutrientes. Isso garante uma maior homogeneidade dos tratamentos.

Tabela 8 – Atributos minerais nos frutos em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, cultivados em sistema de aquaponia sob ambiente protegido (Rio do Sul, 2021)

Porta-enxerto	Enxerto	mg.kg ⁻¹ matéria seca					N/Ca	K/Ca	(K +Mg) / Ca
		N	P	K	Ca	Mg			
‘Green Power’	‘Anjico’	870,4	280,8	1919,8	104,6	83,0	9,0	20,4	21,4
‘Green Power’	‘Santa Clara’	997,2	284,2	1980,2	89,8	79,2	13,6	24,6	25,4
‘Guardião’	‘Anjico’	824,6	304,2	2033,4	107,0	98,8	7,6	19,0	20,0
‘Guardião’	‘Santa Clara’	946,4	283,0	1921,0	106,2	83,6	10,0	19,8	20,2
Pé franco	‘Anjico’	860,2	311,0	1794,2	86,4	96,8	10,6	21,2	22,4
Pé franco	‘Santa Clara’	868,0	262,2	1777,4	95,2	75,2	10,4	20,4	21,4
Média		894,5	287,6	1904,3	98,2	86,1	10,2	20,9	21,8
CV (%)		9,5	23,0	20,2	31,5	27,8	38,9	30,6	30,8
Contrastes									
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Green Power’ x ‘Guardião’		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’		***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em ‘Green Power’		***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em ‘Guardião’		***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ em Pé franco		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Anjico’		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Santa Clara’		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

***: significativo (p<0,001); ns: não significativo.

Huang *et al.* (2016) encontrou maior quantidade de minerais em frutos de plantas enxertadas e creditou o fato ao porta-enxerto vigoroso, o que não ficou definido neste trabalho, pois no presente estudo não houve diferenças significativas entre plantas enxertadas ou pés francos.

Estudos mais comuns, abordam os efeitos entre os diferentes porta-enxertos, isto pode não considerar as características típicas do enxerto, que troca ativamente fotoassimilados e mensageiros metabólicos com o porta-enxerto (ALBACETE *et al.*, 2015). Flores *et al.* (2010) suspeitam que, em plantas enxertadas, os processos metabólicos podem ser altamente controlados pela espécie do enxerto. Além disto, várias interações podem ocorrer entre os nutrientes na solução, afetando a disponibilidade, quais sejam: antagonismo, inibição competitiva e inibição não competitiva (interações negativas), além de sinergismo (interação positiva) (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Para o N, conforme cita Paixão *et al.* (2020), sabe-se que o mesmo desempenha importante papel na biossíntese de açúcares nas folhas, os quais são translocados para os frutos e segundo Fayad (2019), com o início da frutificação, a maior parte do N, P, K, são alocados para os frutos. Frutos e folhas, são os maiores drenos de nutrientes das plantas de tomate, cita o mesmo autor.

A variabilidade genética das espécies vegetais também proporciona diferenças nas capacidades de absorção de nutrientes (OLIVEIRA *et al.*, 2009). A diferença entre as concentrações de N encontrada nos enxertos, permite dizer que as variedades analisadas responderam de forma diferenciada, denotando as distintas composições genéticas desses materiais. No presente trabalho, o aumento na concentração de N, em relação aos enxertos, foi verificado apenas nas plantas quando enxertadas. Com base em tal resultado, pode-se concluir que o aumento na concentração de N nos frutos do enxerto ‘Santa Clara’, pode ter sido influenciado pela enxertia, alterando o padrão de vascularização das plantas de acordo com as características do porta-enxerto. Estas alterações podem proporcionar maior capacidade de transporte de água e nutrientes para atender as necessidades da parte aérea (SANTAROSA 2013). Segundo o autor, existem implicações devido a diferença de vigor na interação porta-enxerto e enxerto, que alteram o metabolismo da planta entre a parte aérea e raízes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora não se possa comparar estatisticamente os dois sistemas de cultivo, valores absolutos mostram que no sistema de vasos fertirrigados há maiores quantidades dos macronutrientes para folhas e frutos, com exceção do K que no sistema aquapônico apresentou maior teor.

Da mesma forma, os valores de compostos fenólicos são maiores no sistema de vasos fertirrigados.

Como dito, vários fatores estão envolvidos nos teores e composição química das plantas, e os valores podem estar relacionados com a quantidade de nutrientes disponibilizados durante o seu desenvolvimento. Salienta-se que no sistema aquapônico não foi fornecido nenhum tipo de nutriente, apenas sendo mantido a recirculação de água e nutrientes em sistema fechado.

Em estudos futuros, mais combinações de porta-enxertos podem ser testadas em termos de qualidade de frutos, sistema de produção e estações de cultivos, para fornecer informações mais seguras sobre o uso de tecnologias relacionados a enxertia. Além destes, para a aquaponia, mais pesquisas podem ser realizadas para dimensionar o controle populacional de peixes ou quais culturas são adequadas para o sistema de produção em questão e que poderiam auxiliar agricultores e técnicos refletindo diretamente na obtenção de teores mais equilibrados de minerais para as plantas e para a dieta humana.

Considerando a incipiente fonte de informações no Brasil, sobre os níveis de nutrientes e compostos bioativos, esses dados fornecem uma referência fundamental para esforços futuros de otimização da qualidade em cultivos em ambiente protegido e tecnologias sustentáveis como aquaponia e enxertia.

7 CONCLUSÕES

Não houve diferenças entre plantas enxertadas e pés francos, em ambos os sistemas de cultivos, para as características compostos fenólicos e atividade antioxidante total.

O porta-enxerto ‘Guardião’ e as combinações ‘Anjico’ em ‘Green Power’ e ‘Santa Clara’ em ‘Guardião’ apresentaram maior atividade antioxidante total pela metodologia ABTS no sistema vasos fertirrigados

O porta-enxerto ‘Guardião’ e o pé franco ‘Santa Clara’ apresentaram maiores valores de compostos fenólicos no sistema aquapônico.

Houve acúmulo de K em ambas as metodologias, o que indica que o tomate além de conter compostos fenólicos e antioxidantes é um importante fornecedor deste nutriente

Os nutrientes P, K, Ca, Mg encontrados nos frutos estão dentro dos níveis estabelecidos para a cultura, nos dois sistemas de cultivo, em plantas enxertadas e não enxertadas.

Os frutos do enxerto ‘Santa Clara’, tanto no porta-enxerto ‘Green Power’ quanto no ‘Guardião’, apresentaram maior acúmulo de nitrogênio, quando conduzidos no sistema aquapônico.

As folhas das plantas não enxertadas apresentaram maiores teores de P nos dois sistemas de cultivos.

REFERÊNCIAS

- ALBACETE, A. *et al.* Unravelling rootstock×scion interactions to improve food security. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 8, p. 2211-2226. March 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv027>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/66/8/2211/497463>. Acesso em: 15/05/23
- ALQAHTANI, A. *et al.* Seasonal variation of triterpenes and phenolic compounds in Australian *Centella asiatica* (L.) Urb. **Phytochemical Analysis**, v. 26, n. 6, p. 436-443, nov./dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/pca.2578>. Disponível em: <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pca.2578>. Acesso em: 15/05/23
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate - Produção em campo, casa de vegetação e Hidroponia**. Viçosa: Editora da UFV, 2004.
- AULAR, J.; NATALE, W. **Nutrição mineral e qualidade do fruto: de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, manga, bananeira e mamoeiro**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1214-1231, dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000400033>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/5LgSrPTT9n39NWYMNGLhtnC/?lang=ptq>. Acesso em: 17/05/23
- AUMONDE, T. Z. *et al.* **Enxertia, produção e qualidade de frutos do híbrido de mini melancia Smile**. Revista Brasileira Agrociência, Pelotas, v. 17, n. 1-4, p. 42-50, jan./mar. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/2030>. Acesso em: 18/02/23
- ÁVILA, A. C. *et al.* **Como plantar tomate de mesa**. Sistema de cultivo. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalias/tomate-de-mesa/sistemas-de-cultivo>. Acesso em: 05 maio 2023.
- ASSIS, J.S. *et al.* Equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em manga ‘tommy atkins’ Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 26, n. 2, p. 326-329, Agosto 2004. Acesso em 19/05/23.
- BERNI, R. F.; CHAVES, F. C. M. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro sob cultivo protegido na região de Manaus, AM**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2021. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1131559>. Acesso em: 12 set. 22.
- BORGUINI, R. G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. 2006. 178 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- BOTEON, M.; DELEO, J. P.; MARANGON, M. **Os caminhos do tomate até o prato do brasileiro**. Piracicaba: CEPEA - ESALQ/USP, jul. 2021. Disponível em:

<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/edicao-de-julho-os-caminhos-do-tomate-ate-o-prato-do-brasileiro.aspx>. Acesso em: 18/02/23

BRAGA, G. N. M. **Fertirrigação do tomateiro**. Agronomia com Gismonti, 2011. Disponível em: <https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2011/04/fertirrigacao-do-tomateiro.html#more>. Acesso em: 12 set. 2022.

BRANDÃO FILHO, J. U. T. *et al.* **Solanáceas**. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T. *et al.* (Org.). Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, 2018.

BREMNER, J. Inorganic forms of nitrogen. In: BLACK, C. (Org.). **Methods of Soil Analysis**: Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 9.2. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, p. 1179-1237, 1965.

BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; ANDRIOLO, J. L.; MATZENAUER, R.; TAZZO, I. F. Disponibilidade de radiação solar para o cultivo do tomateiro durante o inverno no estado do rio grande do sul. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, v. 6, n. 1, p. 113-120, 31 ago. 2000.

CARNEIRO, P. C. F. *et al.* **Aquaponia**: produção sustentável de peixes e vegetais. 1. ed. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142630/1/Doc-189.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2022.

CARVALHO, J. G.; BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R. Fertirrigação. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora UFLA, 2004.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Disponível em <https://www.hfbrasil.org.br/br/hortifruti-cepea-custo-de-producao-de-tomate-em-cacador-sc-pequena-escala.aspx>. Acesso em 15/01/23.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Tomate**: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab/item/12529-compendio-de-estudos-da-conab-v-21-tomate-analise-dos-indicadores-da-producao-e-comercializacao-no-mercado-mundial-brasileiro-e-catarinense>. Acesso em: 20 ago. 2022.

DIAS, T. *et al.* Compostos fenólicos e capacidade antioxidante em frutos de tomateiros mutantes fotomorfogenéticos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 5, p. 782-787, mai. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140098>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/D3jDmY9YGBW3RLJJW45W8dC>. Acesso em: 13/05/23.

DJIDONOU, D. *et al.* Influence of interspecific hybrid rootstocks on tomato growth, nutrient accumulation, yield, and fruit composition under greenhouse conditions. **HortTechnology**, v. 27, n. 6, p. 868-877, dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03810-17>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/27/6/article-p868.xml>. Acesso em: 12/05/23

FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 211-218, abr. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102009005000010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/3WZmsb4q6n9ZQJq4vQ4XpdB/?lang=pt>. Acesso em: 24/03/23

FAYAD, J. A. **Absorção de nutrientes, crescimento e produção do tomateiro cultivado em condições de campo e estufa**. 1998. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

FAHL, J.I. et al. Enxertia de Coffea arabica sobre progênies de C. canephora e de C. ongensis no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.2, p.297-312, 1998.

FAYAD, J.A.; et al. Sistema de plantio direto de hortaliças. In. **Cultivo do Tomateiro**. 1ª ed. São Paulo:Expressão Popular,2019. 432 p.

FELTRIM, D. M. *et al.* Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 17-24, out. 2005. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5398>. Acesso em:18/04/23

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 564-570, dezembro 2002.

FERRARI, A. A. **Caracterização Química de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) empegando análise por ativação neutrônica instrumental**. 2008. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2008.

FERREIRA M.M.M. *et al.* Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 141-145, jun. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362006000200003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/zMJLQnhHBmGyst98dk7vQSN/abstract/?lang=pt>. Acesso em:23/05/23

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013.

FLORES F. *et al.* The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. **Scientia Horticulturae**, v. 125, n. 3, p. 211-217, jun. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.03.026>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442381000138X>. Acesso em: 04/06/23

FÖHSE, D.; CLAASSEN, N.; JUNGK, A. Phosphorus efficiency of plants. I. External and internal P requirement and P uptake efficiency of different plant species. **Plant and Soil**, v. 110, p. 101-109, 1988. Acesso 10/05/23

GIADA, M. L. R. **Avaliação da capacidade antioxidante dos compostos fenólicos do cotilédono da semente de girassol (*Helianthus annuus* L.) rajada**. 2006. 233 f. Tese (Doutorado em Nutrição Experimental) – Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo, 2006.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, abr. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/gn5mhqcFHSbXXgTKNLJTS9t/?lang=pt>. Acesso em: 13/04/23

GOMES, R. F. *et al.* Porta-enxertos para tomateiro conduzido com quatro hastes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 2, p. 183-188, mar./abr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764020011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/wNb8WXY9ccSBxYM9q3ZH57G/>. Acesso em: 14/03/23

GONG, T. *et al.* Tomato fruit quality is more strongly affected by scion type and planting season than by rootstock type. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1-18, dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.948556>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.948556/full>. Acesso em: 24/05/23

GOTO, R.; SANTOS, H. S.; CAÑIZARES, A. L. **Enxertia em hortaliças**. São Paulo: Editora UNESP, 2003.

GUISOLFI, L. P. **Influência da enxertia no desenvolvimento e produção do tomateiro de hábito de crescimento indeterminado**. 2020. 45 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.

HANG F. Fósforo é determinante na tomaticultura. Disponível em <https://revistacampoenegocios.com.br/fosforo-e-determinante-na-tomaticultura>. Acesso em 10/04/23

HOCHMUTH, G. **Florida greenhouse vegetable production handbook**. Florida: University of Florida, 1995.

HU, Z. *et al.* Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. **Bioresource Technology**, v. 188, p. 92-98, jul. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852415000243>. Acesso em: 02/06/23.

HUANG, Y. *et al.* Comprehensive mineral nutrition analysis of watermelon grafted onto two different rootstocks. **Horticultural Plant Journal**, v. 2, n. 2, p. 105-113, mar. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2016.06.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468014116300292>. Acesso em: 02/06/23

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. IBGE, 2022. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?edicao=37122&t=resultados>. Acesso em: 18 jun. 23

ISLA. **Isla Sementes**. Disponível em <https://www.isla.com.br/>. Acesso em 10/07/2023.

JORDAN, R. A. *et al.* Produtividade de híbridos de tomate cultivados em aquaponia associada em sistema tipo floating. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 9, p. 1-22, set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.8198>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8198>. Acesso em: 05/05/23.

KRALIK, B. *et al.* The effect of aquaponics on tomato (*Solanum lycopersicum*) sensory, quality, and safety outcomes. **Journal of Food Science**, v. 88, n. 6, p. 2261-2272, jun. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16578>. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1750-3841.16578>. Acesso em: 05/06/23

LABCONCQ. **To Kjeldahl Nitrogen determination methods and apparatus**. Expotech USA, 2005. Disponível em <http://www.expotechusa.com/catalogs/labconco/pdf/KJELDAHLguide.PDF> Acesso em 01/01/23.

MACHADO, A. Q.; ALVARENGA, M. A. R.; FLORENTINO, C. E. T. Produção de tomate italiano (saladete) sob diferentes densidades de plantio e sistemas de poda visando ao consumo *in natura*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 149-153, jun. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000200004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/VGfxMC4mskc8CsRgKcccHzG/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 05/04/23.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.

MELO, E, A. *et al.* **Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas**. Food Science and Technology, Campinas, v. 26, n. 3, p. 639-644, jul./set. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000300024>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/mj6dJ54Kjw9Y75tz6MB4gRM/?lang=pt>. Acesso em: 25/05/23.

MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 154-157, mar. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000100032>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/j6Yn8Zww6FbPNX3BrCTTYVw/?lang=pt>. Acesso em: 14/02/22

MESSIAS, K. L. S. **Dossiê Antioxidantes**. Food Ingredients Brasil, n. 06, 2009. Disponível em: <http://www.unirio.br/ib/dmp/nutricao-integral/arquivos/fontes-de-consulta-complementar/Antioxidantes%20-%20FOOD%20INGREDIENTS%20BRASIL%20No6%20-%202009.pdf>. Acesso em: 18 set. 2022.

MODA, L.; MENDES, A. R.; CAMARGO, I. **O que mudou no consumo brasileiro de frutas e hortaliças nos últimos anos?** Piracicaba: CEPEA - ESALQ/USP, mar. 2021. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/edicao-de-marco-o-que-mudou-no-consumo-do-brasileiro-nos-ultimos-anos.aspx>. Acesso em: 03 abr. 2023.

MOREIRA, A. V. B.; MANCINI, J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.

17, n. 4, p. 411-424, dez. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000400002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/DTZrPWn4jQZ7CBB9CHmS7Yt/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 24/03/22.

MORITZ, B.; TRAMONTE, V. L. C. Biodisponibilidade do licopeno. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 265-273, abr. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732006000200013>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/R73YFswR6qrGhWgDdcfwDJt/>. Acesso em 03 abri. 2023.

NEPA. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2011. Disponível em: <https://www.nepa.unicamp.br/taco/tabela.php?ativo=tabela>. Acesso em: 04/05/22

PORTO, J. S. *et al.* Capacidade antioxidante, carotenoides e fenóis do tomate fresco e congelado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 31, p. 3438-3443, 2014.

OLIVEIRA, A. R. *et al.* Absorção de nutrientes e resposta à adubação em linhagens de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 498-504, dez. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000400016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/RYjBKpZbrY6QJqxmVjzzk7t/?lang=pt>. Acesso em: 24/05/23.

PAIXÃO, C. F. C. *et al.* Crescimento de plantas e qualidade de frutos de tomate tipo *sweet grape* sob efeitos de doses de nitrogênio e reposições hídricas. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 7, p. 1-17, jun. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4784>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4784>. Acesso em: 17/05/23

PAULA, J. T. *et al.* Características físico-químicas e compostos bioativos em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 434-440, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000400005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/vSYJgLrpbgFQFXSqLrXjKwc/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 17/05/23

PAULETTO, D. *et al.* Produção e vigor da videira ‘Niágara Rosada’ relacionada com o porta-enxerto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 115-121, jan. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000100014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/8sTbPGsp6hryCSvwyymn6Fgc/?lang=pt>. Acesso em: 25/05/23.

PEDÓ, T. *et al.* Produtividade e características qualitativas do tomateiro submetidas à enxertia. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 2, p. 179-183, abr./jun. 2013. DOI: <https://doi.org/10.4322/rca.2013.027>. Disponível em: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.027>. Acesso em: 14/03/22.

PEIL, R. M. A enxertia na produção de mudas de hortaliças. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 6, p. 1169-1177, dez. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000600028>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/t6WPSJp7srbMywggG87GrFs/?lang=pt>. Acesso em: 14/03/22

PEIXOTO, J. V. M. *et al.* Tomaticultura: aspectos morfológicos e propriedades físico-químicas do fruto. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 19, n. 1, p. 108-131, 2017. Disponível em: <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/RCR/article/view/96>. Acesso em: 14/03/22

PEREIRA, A. L. F.; VIDAL, T. F.; CONSTANT, P. B. L. Antioxidantes alimentares: importância química e biológica. **Nutrire**: São Paulo, v. 34, n. 3, p. 231-247, dez. 2009. Disponível em: <http://www.sban.org.br/revista-acervo.aspx?post=20>. Acesso em: 01 set. 2022.

ROESLER, R. *et al.* Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, mar. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000100010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/JL5qH3Jtr4NNnXRJkphMVNG/>. Acesso em: 24/04/22

RUFINO, M. S. M. *et al.* **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS^{o+}. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 128).

SANTAROSA, E. **Caracterização Anatômica e Fisiológica da Interação Porta-enxertos/copa em videira**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio grande do Sul – 354 p.

SÁTIRO T. M; RAMOS NETO, K. X. C.; DELPRETE, S. E. Aquaponia: sistema que integra produção de peixes com produção de vegetais de forma sustentável. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, Maranhão, v. 11, n. 1, p. 38-54, out. 2018. DOI: <https://doi.org/10.18817/repesca.v11i1.1513>. Disponível em: <https://ppg.revistas.uema.br/index.php/REPESCA/article/view/1513>. Acesso em: 14/03/22

SBCS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004.

SCHVEITZER, B.; SUZUKI, A. **Métodos de análises químicas de polpa fresca de maçã**. Epagri, Documento n. 241, ISSN 0100-8986, 23 p., 2013.

SHAMY N.J.I; MOREIRA E.A.M. **Licopeno como agente antioxidante** Rev Nutr. 2004; 17(2):227-36. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/sJ6qRLvhXvkQR6CjnKgZn7K/abstract/?lang=pt>. Acesso em 14/04/22

SHIRAHIGE, F. H. *et al.* Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 292-298, set. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/mLkcGxpMBLLJfQV35kfrnNR/>. Acesso em: 14/02/23.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* i.- The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of Science and Food Agriculture**. Washington, v. 10, p. 63-68, 1959

SILVA, D. J.; MOHAMMAD, M. C.; MENDES A. M. S.; DANTAS, B. F.; Efeito da aplicação pré-colheita de cálcio na qualidade e No teor de nutrientes de manga ‘tommy atkins’1 Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 30, n. 1, p. 074-078, Março 2008

SILVA, R. **Fisiologia da produção de tomateiro enxertado em cultivos em vaso e aquapônico**. Tese de Doutorado. Universidade do Estado de Santa Catarina. Centro de Ciências Agroveterinárias. 144 p, Lages – SC, 2022

SOUSA, D.M.G.; et al. Boas Práticas para uso eficiente de Fertilizantes. In: **Fósforo**.2010. vol 2.Piracicaba – SP p. 68 -126.

SOUZA A.G. **Caracterização física, química, nutricional e antioxidante em frutos e flores de genótipos de goiabeira-serrana [*Aacca sellowiana* (Berg.) Burret]**. 2015. 168 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAKAHASHI H. W. *et al.* **Management of the nutrient solution for postharvest quality of tomatoes with fertigation in sand**. Braz. J. Food Technol., v. 21, e2016144, 2018

TAKII, B. **Porta-enxerto para tomate**. Takii, Disponível em <https://takii.com.br/portfolio-categories/porta-enxertos>. Acesso em 10/07/23

TIVERON, A.P. **Atividade antioxidante e composição fenólica de algumas frutas e legumes consumidas no Brasil**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Dissertação de Mestrado. 2010. Piracicaba. 102 p.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v. 111, n. 4, p. 816-823, dez. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814608005062>. Acesso em:24/05/23.

VIEIRA, M. C. S. **Investigação dos compostos biativos em tomates (*Lycopersicon esculentum* L.) após o processamento térmico**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

YARA. **Cultivo protegido substratos: tomate fertirrigado**. Yara Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/>. Acesso em: 20 nov. 2019.