



Características químicas em frutos de tomateiro enxertado sob sistema de cultivo aquapônico

Vandréia Ricobom TEIXEIRA¹
Marcelo Alves MOREIRA¹
Cassandro Vidal Talamini do AMARANTE¹
Cristiano André STEFFENS¹
Rony da SILVA²
Amilton TEIXEIRA³

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC; ² Instituto Federal Catarinense Campus Rio do Sul, Rio do Sul, SC; ³ Engenheiro Agrônomo.
ricobom.13@hotmail.com

RESUMO - No cultivo protegido, a aquaponia pode otimizar a produção do tomateiro de maneira sustentável. 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 no organismo, através de propriedades antioxidantes, como os compostos fenólicos. Dessa maneira, o objetivo desse estudo foi avaliar compostos fenólicos, atividade antioxidante total e minerais em folhas e frutos de tomateiro, em plantas enxertadas e não enxertadas em sistema de aquaponia. O trabalho foi conduzido no sistema de cultivo aquapônico, utilizando 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. Realizou-se análise de compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante total (AAT) pelos métodos DPPH e ABTS. 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, 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. As concentrações dos minerais P, K, Ca e Mg encontrados nos frutos de tomateiro, tanto em plantas enxertadas quanto em pés francos estão dentro dos níveis sugeridos para a cultura.

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

ABSTRACT - In protected cultivation, aquaponics can optimize tomato production in a sustainable way. However, the culture systems and the graft *vs.* rootstock can impact fruit quality in tomatoes. In addition to the importance related to productivity, some chemical characteristics of tomatoes have a beneficial effect on the body, through antioxidant properties, such as phenolic compounds. Thus, the aim of this study was to evaluate phenolic compounds, total antioxidant activity, and minerals in leaves and fruits of tomato plants, both grafted and non-grafted, an aquaponic system. The work was carried out in an aquaponic cultivation system, using a randomized block experimental design, in a 2 x 3 factorial arrangement, consisting of



two grafts ('Anjico' and 'Santa Clara') and two rootstocks ('Guardião' and 'Green Power'), in addition to Pé-franco. Analysis of total phenolic compounds (CFT) and total antioxidant activity (AAT) was carried out using the DPPH and ABTS methods. The mineral contents of N, Ca, K, P, and Mg and the N/Ca, K/Ca, and (K+Mg)/Ca ratios in leaves and fruits were determined. For the evaluated characteristics CFT and AAT, there were no differences between grafted and ungrafted plants. The 'Guardião' rootstock and the 'Santa Clara' unrivaled rootstock showed higher values of phenolic compounds in the fruits. The concentrations of minerals P, K, Ca, and Mg found in tomato fruits, both in grafted plants and in ungrafted plants, are within the levels suggested for the culture.

Keywords: Protected environment. Functional characteristics. Mineral composition. Aquaponics. Grafting.

INTRODUÇÃO

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a produção brasileira de tomates em 2020, atingiu 3,7 milhões de toneladas, produzidos numa área estimada de aproximadamente, 52 mil hectares, e com produtividade média de 72 toneladas por hectare. O tomate de mesa é muito importante no país, 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).

Bem como a importância econômica, o tomate é protagonista também em consumo de vegetais no país, ocupando em 2018, a 1ª posição, com 4,21 kg/pessoa/ano (MODA; MENDES; CAMARGO, 2021).

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).

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 frutos e dos frutos do tomateiro em plantas enxertadas e não enxertadas, produzidas em cultivo sistema aquapônico no período de outono/inverno.

MATERIAIS E MÉTODO

Os frutos utilizados para avaliação deste trabalho foram colhidos de sistemas de cultivos 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 cultivo foi implantado em casa de vegetação, e continha 10 linhas com 30,0 m de comprimento. O sistema é constituído 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. O experimento foi conduzido em delineamento experimental em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2 x 3, sendo 5 blocos e 8 plantas cada bloco.

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’

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

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. 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).

Para avaliação, os frutos foram colhidos quando todas as plantas apresentavam condição ideal de maturação, sendo selecionados aleatoriamente 10 frutos/tratamento e cada fruto representou uma planta/tratamento. 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.

O processo de aquisição do extrato para a quantificação de compostos fenólicos e atividade antioxidante total foi adaptado de Rufino *et al.* (2007). 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 chamas 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).

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).

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 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'.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Compostos fenólicos

Os tomates apresentaram valores de compostos fenólicos totais, variando entre 18.276 mg EAG 100 g⁻¹ e 11.979 mg EAG 100 g⁻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 100 g⁻¹.

Os contrastes dos porta-enxertos 'Green Power' x 'Guardião' apresentaram 13,864 mg EAG 100 g⁻¹ e 16,674 mg EAG 100 g⁻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 100 g⁻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 1).

**Tabela 1.** 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/100 g) | ABTS (µM Trolox/g) | DPPH (µM Trolox/g) |
|---|---------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|
| '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 |

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

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. Neste sistema de cultivo, quando avaliados os enxertos: 'Santa Clara' apresentou maiores valores de N nos frutos (Tabela 1) e maior quantidade de compostos fenólicos que o enxerto 'Anjico'. 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.

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'.

Os valores 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 *et al.*, 2019), sendo estas todas substâncias com atividade antioxidante.

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.

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 2).

**Tabela 2.** 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 | g kg ⁻¹ matéria seca | | | | | mg kg ⁻¹ matéria seca | | | | | N/Ca | K/Ca | (K+Mg)/Ca | |
|---|---------------|---------------------------------|------|------|------|------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----------|------|
| | | N | P | K | Ca | Mg | B | Cu | Fe | Mn | Zn | | | | Mo |
| '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.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).



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.

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 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 2) e isto pode afetar a absorção e o transporte de assimilados para os órgãos de acumulação e reserva. (BURIOL *et al.*, 2000).

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 2).

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. O enxerto ‘Santa Clara’ apresentou acúmulo de N significativamente superior, tanto no porta-enxerto ‘Green Power’ quanto no ‘Guardião’ (Tabela 3).

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 3). 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 3.** 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 | N | P | K | Ca | Mg | N/Ca | K/Ca | (K +Mg) / Ca |
|---|---------------|----------------------------------|-------|--------|-------|------|------|------|--------------|
| | | mg.kg ⁻¹ matéria seca | | | | | | | |
| '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 < 0,05); ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).



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). 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. Estas alterações podem proporcionar maior capacidade de transporte de água e nutrientes para atender as necessidades da parte aérea (SANTAROSA 2013).

CONCLUSÕES

Não houve diferenças entre plantas enxertadas e pés francos, para as características compostos fenólicos e atividade antioxidante total. Os frutos do porta-enxerto ‘Guardião’ e o pé franco ‘Santa Clara’ apresentaram maiores valores de compostos fenólicos. Os nutrientes P, K, Ca e Mg encontrados nos frutos estão dentro dos níveis estabelecidos para a cultura, em plantas enxertadas e não enxertadas.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que o trabalho não possui conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- ALBACETE, A. *et al.* Unravelling rootstock×scion interactions to improve food security. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 8, p. 2211-2226, mar. 2015.
- BREMNER, J. M. Inorganic forms of nitrogen. In: BLACK, C. (Org.). **Methods of Soil Analysis**. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Wisconsin: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1965.
- BURIOL, G. A. *et al.* Disponibilidade de radiação solar para o cultivo do tomateiro durante o inverno no estado do rio grande do sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 113-120, ago. 2000.
- CARNEIRO, P. C. F. *et al.* **Aquaponia**: produção sustentável de peixes e vegetais. 1. ed. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.



CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **HORTIFRUTI/CEPEA: Custo de produção de tomate em Caçador (SC) - Pequena escala.** HF Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/hortifruti-cepea-custo-de-producao-de-tomate-em-cacador-sc-pequena-escala.aspx>. Acesso em: 15 jan. 2023.

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

FAYAD, J. A. **Sistema de plantio direto de hortaliças.** In: Cultivo do Tomateiro. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2019.

FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. 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, dez. 2002.

FLORES F. *et al.* The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. **Scientia Horticulturae**, v. 125, n. 3, p. 211-217, jun. 2010.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, Norberto P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, abr. 2007.

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.

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.

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.

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-sistematico-da-producao-agricola.html?edicao=37122&t=resultados>. Acesso em: 18 jun. 2023.

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.

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-FILHO, 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.

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.

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

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.

SANTAROSA, E. **Caracterização anatômica e fisiológica da interação porta-enxertos/copa em videira**. 2013. 354 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SCHVEITZER, B.; SUZUKI, A. **Métodos de análises químicas de polpa fresca de maçã**. Florianópolis: Epagri, 2013.

SILVA, R. **Fisiologia da produção de tomateiro enxertado em cultivos em vaso e aquapônico**. 2022. 144 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2022.

SOUSA, D. M. G. *et al.* Fósforo. *In*: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Fósforo, 2010.

TAKAHASHI, H. W. *et al.* Management of the nutrient solution for postharvest quality of tomatoes with fertigation in sand. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, p. 1-6, 2018.