

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

RONY DA SILVA

**FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO DE TOMATEIRO ENXERTADO EM CULTIVOS EM
VASO E AQUAPÔNICO**

**LAGES
2022**

RONY DA SILVA

**FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO DE TOMATEIRO ENXERTADO EM CULTIVOS EM
VASO E AQUAPÔNICO**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Produção Vegetal.
Área de concentração: Biologia e Tecnologia Pós-colheita.

Orientador: Dr. Cristiano André Steffens.
Coorientador: Dr. Clenilso Sehnen Mota (*in memoriam*).

LAGES
2022

Silva, Rony da
Fisiologia da produção de tomateiro enxertado em cultivos
em vaso e aquapônico. / Rony da Silva. -- 2022.
144 p.

Orientador: Cristiano André Steffens
Coorientador: Clenilso Sehnen Mota (in memoriam)
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2022.

1. Solanum lycopersicum. 2. Porta-enxerto. 3.
Incompatibilidade. 4. Composição mineral. 5. Qualidade de
fruto. I. Steffens, Cristiano André. II. Mota (in memoriam),
Clenilso Sehnen. III. Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título.

RONY DA SILVA

**FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO DE TOMATEIRO ENXERTADO EM CULTIVOS EM
VASO E AQUAPÔNICO**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Produção Vegetal.

BANCA EXAMINADORA

Orientador:


Professor Dr. Cristiano André Steffens

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro:


Professora Drª. Mari Lucia Campos

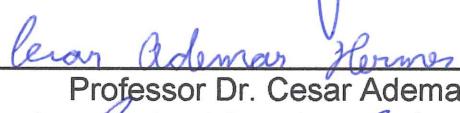
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membro:


Professor Dr. Leandro Luiz Marcuzzo

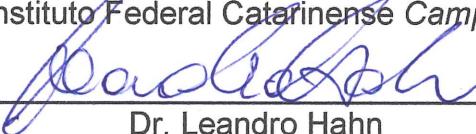
Instituto Federal Catarinense Campus Rio do Sul

Membro:


Professor Dr. Cesar Ademar Hermes

Instituto Federal Catarinense Campus Rio do Sul

Membro:


Dr. Leandro Hahn

Estação Experimental Gerência Regional de Caçador - EPAGRI

Lages, 23 de setembro de 2022.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por guiar e abençoar meus passos todos os dias.

À minha família, em especial aos meus pais Antônio José da Silva (*in memoriam*) e Maria Onete Geraldo Silva pelo carinho, amor e atenção neste período de minha trajetória acadêmica. Ao meu irmão Ródinei da Silva e filhos Ryan da Silva e Yago da Silva pelo apoio e incentivo.

À minha esposa Raquel Serrão Rodrigues da Silva, pela paciência, carinho, atenção e amor em todos os momentos deste período de aprendizado e superação.

A Universidade do Estado de Santa Catarina CAV/UDESC e o Instituto Federal Catarinense pelo apoio institucional para realização deste trabalho.

Aos professores Dr. Cristiano André Steffens e PhD Cassandro Vidal Talamine do Amarante, orientadores, por acreditar no trabalho, pelo apoio técnico-científico e financeiro, paciência, dedicação, análise crítica e ensinamentos.

Ao professor Dr. Clenilso Sehnen Mota (*in memoriam*), coorientador, pela atenção, contribuição nas análises com o IRGA e ensinamentos durante o trabalho.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, em especial a Drª Mari Inês Carissimi Boff, Dr. Ricardo Trezzi Casa, Dr. Fabio Nascimento da Silva, Dr. Antônio Mendes de Oliveira Neto e professora do programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo Drª Mari Lúcia Campos, pela parceria laboratorial, ensinamentos e intercâmbio técnico-científico.

Aos professores do Instituto Federal Catarinense Campus Rio do Sul Dr. Leandro Luiz Marcuzzo, Dr. Cesar Ademar Hermes, Dr. João Célio de Araújo, Dr. Sidinei Leandro Klöckner Stürmer, Msc. Ziocélito José Bardini, e diretores Dr. Ricardo Kozoroski Veiga e Dr. André Kuhn Raupp, pelo diálogo constante, apoio institucional, atenção, ensinamentos e contribuição para execução do projeto no Alto Vale do Itajaí.

Aos servidores Esp. Márcio Rampelotti, Helmuth dos Santos e equipe pela atenção, conhecimento, disponibilidade e contribuição na infraestrutura do trabalho.

Aos alunos do curso de Agronomia Vinícius Petermann, Victor Lacerda Gabriela Sagaz, Patrícia Goulart, e demais alunos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste projeto.

Aos colegas e amigos de laboratório e do curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela parceria, confiança e auxílio nas análises pós-colheita.

RESUMO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é uma das olerícolas mais importantes do mundo e o seu cultivo no sistema de produção em ambiente protegido tornou-se economicamente importante. A produção em ambiente protegido, sob sistema de cultivo em vaso e aquapônico associada a técnica de enxertia e genótipos resistentes promove o melhor controle fitossanitário e produtividade. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características morfofisiológicas das plantas, composição mineral e físico-químicas dos frutos em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, sob sistemas de cultivo em vaso e aquapônico. O trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal Catarinense Campus Rio do Sul, na região do Alto Vale do Itajaí em Santa Catariana no período de entressafra, em 2019 e 2021. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com arranjo fatorial 2 x 3 [2 enxertos, 'Anjico' e 'Santa Clara', e 2 porta-enxertos, 'Guardião' e 'Green Power', além de pé franco], sendo 5 blocos e 8 plantas por bloco. Avaliou-se parâmetros morfofisiológicos aos 40 e 70 dias após o transplantio, produtivos, nutricionais e atributos de qualidade na colheita. O porta-enxerto 'Green Power' obteve alto percentual de germinação e diminuiu a IE. As plantas de pé franco apresentaram maior valor para as características morfofisiológicas e teor de nutrientes em tecido foliar, caracterizando melhor resposta para o cultivo de tomateiro nas fases de desenvolvimento vegetativo até a primeira colheita. As plantas enxertadas apresentaram na fase de desenvolvimento vegetativo maior índice SPAD, A, E, PS II, ETR, contribuindo para maior teor de nutrientes nas relações K/Ca, K/Mg, Ca/Mg, consequentemente maior valor para produtividade e atributos na qualidade e colheita. O enxerto 'Anjico' apresentou maior valor para índice SPAD, API, AP, NF, Tempf, PT, PMP, PTF, PFC, força para compressão, força para ruptura da casca, força para penetração da polpa, AT, SS/AT, L, teor de nutrientes em tecido foliar (P, K, Ca, Mg) e relação entre os teores de nutrientes (Ca/Mg e K/Ca+Mg). Diante do exposto, o porta-enxerto 'Green Power', associado ao enxerto 'Anjico', resulta em melhor desempenho produtivo de tomateiro em período de entressafra, nos sistemas de cultivo em vaso e aquapônico.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; porta-enxerto; incompatibilidade; composição mineral; qualidade de fruto.

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum*) is one of the most important vegetables in the world and its cultivation in the protected environment production system has become economically important. The production in protected environment, under pot and aquaponic cultivation system associated with grafting technique and resistant genotypes promotes the best phytosanitary control and productivity. The objective of this work was to evaluate the morphophysiological characteristics of plants, mineral composition and physicochemical properties of fruits in tomato genotypes with and without grafting, under pot and aquaponic cultivation systems. The work was developed at the Instituto Federal Catarinense Campus Rio do Sul, in the Alto Vale do Itajaí region in Santa Catarina in the off-season period, in 2019 and 2021. The experimental design was randomized block, with factorial arrangement 2 x 3 [2 grafts, 'Anjico' and 'Santa Clara', and 2 rootstocks, 'Guardião' and 'Green Power', in addition to free foot], with 5 blocks and 8 plants per block. Morphophysiological parameters were evaluated at 40 and 70 days after transplanting, productivity, nutrition and quality attributes at harvest. The rootstock 'Green Power' obtained a high percentage of germination and decreased IE. The free-standing plants showed higher values for morphophysiological characteristics and nutrient content in leaf tissue, characterizing a better response for tomato cultivation in the vegetative development stages until the first harvest. Grafted plants showed higher SPAD, A, E, PS II, ETR index in the vegetative development phase, contributing to higher nutrient content in the K/Ca, K/Mg, Ca/Mg ratios, consequently higher value for productivity and attributes in quality and harvest. The scion 'Anjico' showed higher value for SPAD index, API, AP, AP, NF, Tempf, PT, PMP, PTF, PFC, compressive strength, peel breaking strength, pulp penetration strength, AT, SS/AT, L, nutrient content in leaf tissue (P, K, Ca, Mg) and nutrient content ratio (Ca/Mg and K/Ca+Mg). Therefore, the rootstock 'Green Power', associated with the scion 'Anjico', results in better production performance of tomato plants during the off-season, in pot-grown and aquaponic systems.

Keywords: *Solanum lycopersicum*; rootstock; incompatibility; mineral composition; fruit quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interação entre os componentes biológicos no sistema de cultivo B	23
Figura 2 - Informações de temperatura média do ar (T °C) no ciclo de cultivo do tomateiro e região, nos sistemas de cultivo A e B, anos 2019 e 2021	30
Figura 3 - Informações de umidade relativa do ar (UR %) no ciclo de cultivo do tomateiro e região, nos sistemas de cultivo A e B, anos 2019 e 2021	31
Figura 4 - Substrato utilizado para produção de mudas e no sistema de cultivo A ...	33
Figura 5 - Técnica de enxertia em tomateiro	34
Figura 6 - Sistema de cultivo em vaso	35
Figura 7 - Sistema de cultivo aquapônico	38
Figura 8 - Avaliação da emergência de plântulas e características morfofisiológicas	45
Figura 9 - Uso do fogo e fumaça para mitigar os danos causados pelo frio intenso .	46
Figura 10 - Avaliação das características morfofisiológicas	66
Figura 11 - Amostra de frutos do tratamento ‘Green Power/Anjico’	107
Figura 12 - Avaliação dos atributos de textura	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características dos híbridos e cultivar de tomateiro utilizados no experimento.....	29
Quadro 2 - Fases do ciclo de cultivo do tomateiro, estação do ano, fases nos cultivos, datas de execução ou período (data), número de dias (ciclo), nos sistemas de cultivo A e B, anos 2019 e 2021	43
Quadro 3 - Formas químicas absorvidas e transportadas no xilema, remobilização via floema e principais funções dos nutrientes	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA), aos 115 DAT nos sistemas de cultivo A e B, ano 2019 e 2021.....	32
Tabela 2 - Propriedades físicas e químicas do substrato, anos 2019 e 2021	33
Tabela 3 - Porcentagem de germinação dos materiais vegetais.....	33
Tabela 4 - Manejo de fertirrigação nos anos 2019 e 2021	36
Tabela 5 - Teor de nutrientes (mg L^{-1}) certificados nas amostras de água do tanque de peixes e limite de quantificação (LDQ), anos 2019 e 2021	39
Tabela 6 - Teor de nutrientes (mg L^{-1}) na água do tanque de peixes, anos 2019 e 2021	41
Tabela 7 - Incompatibilidade de enxertia (IE) dos materiais vegetais enxertados, aos 40 e 70 DAT, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021	52
Tabela 8 - Incompatibilidade de enxertia (IE) dos materiais vegetais enxertados, aos 40 e 70 DAT, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021	52
Tabela 9 - Índice SPAD em folhas dos materiais vegetais, com e sem enxertia, aos 40 e 70 DAT do sistema de cultivo A, anos 2019 e 2021	54
Tabela 10 - Índice SPAD em folhas dos materiais vegetais, com e sem enxertia, aos 40 e 70 DAT no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021	55
Tabela 11 - Taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), condutância estomática (g_s), relação entre concentração intercelular e concentração atmosférica de CO_2 ($C_i \text{Ca}^{-1}$), taxa de transpiração (E), rendimento quântico efetivo do fotossistema II (PS II), taxa aparente de transporte de elétrons (ETR) dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo A, ano de 2019.....	57
Tabela 12 - Taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), condutância estomática (g_s), relação entre concentração intercelular e concentração atmosférica de CO_2 ($C_i \text{Ca}^{-1}$), taxa de transpiração (E), rendimento quântico efetivo do fotossistema II (PS II), taxa aparente de transporte de elétrons (ETR) dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo B, ano de 2019.....	62
Tabela 13 - Altura da primeira inflorescência (API) aos 25 DAT, altura de planta (AP), número de folhas (NF), temperatura média foliar (Tempf), dos materiais vegetais com e sem enxertia, aos 40 e 70 DAT, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021	69

Tabela 14 - Altura da primeira inflorescência (API), altura de planta (AP), número de folhas (NF), temperatura média foliar (Tempf), dos materiais vegetais com e sem enxertia, aos 40 e 70 DAT, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021	70
Tabela 15 - Área foliar média (AFM), área média da folha (AMF), índice de área foliar (IAF) dos materiais vegetais, com e sem enxertia, aos 40 e 70 DAT, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021	74
Tabela 16 - Área foliar média (AFM), área média da folha (AMF), índice de área foliar (IAF) dos materiais vegetais, com e sem enxertia, aos 40 e 70 DAT, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021	75
Tabela 17 - Produtividade total (PT), produção média por planta (PMP), peso total de frutos por planta (PTF), peso de fruto comercial por planta (PFC), dos materiais vegetais com e sem enxertia, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021	78
Tabela 18 - Produtividade total (PT), produção média por planta (PMP), peso total de frutos por planta (PTF), peso de fruto comercial por planta (PFC), dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021	80
Tabela 19 - Teor de nutrientes, valores médios certificados, encontrados na amostra referência NIST 1573a e limite de detecção instrumental (LDI)	84
Tabela 20 - Teores de nutrientes na água do tanque de peixes	87
Tabela 21 - Teor de nutrientes em tecido foliar de tomateiro (matéria seca) por ocasião do primeiro fruto maduro, dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021	90
Tabela 22 - Teor de nutrientes no tecido foliar de tomateiro (matéria seca), em diferentes sistemas de produção (SPD)	91
Tabela 23 - Teor de nutrientes nas relações N/Ca, K/Ca, K/Mg, K/Ca+Mg e Ca/Mg em tecido foliar de tomateiro (matéria seca), no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021	96
Tabela 24 - Teor de nutrientes nas relações N/Ca, K/Ca, K/Mg, K/Ca+Mg e Ca/Mg em tecido foliar de tomateiro (matéria seca), em diferentes sistemas de produção (SPD)	97
Tabela 25 - Teor de nutrientes em tecido foliar de tomateiro (matéria seca), por ocasião do primeiro fruto maduro dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021	101

Tabela 26 - Teor de nutrientes nas relações N/Ca, K/Ca, K/Mg, K/Ca+Mg e Ca/Mg em tecido foliar de tomateiro (matéria seca), no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021	103
Tabela 27 - Peso médio do fruto (PMF), atributos de textura [força para ‘compressão’ (N), força para ruptura da ‘casca’ (N) e força para penetração da ‘polpa’ (N)] dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021	110
Tabela 28 - Peso médio do fruto (PMF), atributos de textura [força para ‘compressão’ (N), força para ruptura da ‘casca’ (N) e força para penetração da ‘polpa’ (N)] dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021	112
Tabela 29 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT, dos materiais vegetais com e sem enxertia, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021	114
Tabela 30 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT, dos materiais vegetais com e sem enxertia, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021	116
Tabela 31 - Parâmetros de cor L (luminosidade/brilho), C (cromaticidade) e hº (ângulo hue) dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021	118
Tabela 32 - Parâmetros de cor L (luminosidade/brilho), C (cromaticidade) e hº (ângulo hue) dos materiais vegetais com e sem enxertia, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021	120

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
2F	Segunda folha
4F	Quarta folha
6F	Sexta folha
8F	Oitava folha
A	Assimilação líquida de CO ₂
AF	Área foliar
AFM	Área foliar média
AI	Alumínio
AMF	Área média da folha
AP	Altura de planta
APHA	<i>American Public Health Association</i>
API	Altura da primeira inflorescência
AT	Acidez titulável
AT	Área total considerada utilizada
B	Boro
C	Croma
Ca	Cálcio
CAV	Centro de Ciências Agroveterinárias
CE	Condutividade elétrica
Cfa	Clima subtropical úmido com precipitação abundante
$C_i C_a^{-1}$	Relação entre concentração intercelular e atmosférica de CO ₂
cm	Centímetro
cmol _c dm ³	Centimol por decímetro cúbico
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cu	Cobre
CUD	Coeficiente de uniformidade de distribuição
cv	Cavalo-vapor
CV	Coeficiente de variação
cv.	Cultivar
DAT	Dias após o transplantio
DE	Diâmetro do enxerto
DFFFA	Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos
mg kg ⁻¹	Miligrama por quilo
Mg	Magnésio
min	Minuto
mL	Mililitro
mm	Milímetro
Mn	Manganês
MO	Matéria orgânica
Mo	Molibdênio
mS cm ⁻¹	Millisiemens por centímetro
DPE	Diâmetro da haste do porta-enxerto
DPOE	Diâmetro do ponto de enxertia
E	Taxa de transpiração

ERO's	Espécies reativas de oxigênio
ETR	Taxa aparente de transporte de elétrons
Fd	Fator de diluição
Fe	Ferro
g kg ⁻¹	Grama por quilo
<i>g_s</i>	Condutância estomática
h	Hora
H	Hidrogênio
H ₂ O	Fórmula molecular da água
ha ⁻¹	Hectare
IAF	Índice de área foliar
IE	Incompatibilidade de enxertia
IRGA	<i>Infrared Gas Analyzer</i>
K	Potássio
L h ⁻¹	Litro por hora
<i>L</i>	<i>Lightness</i>
L	Litro
LAS	Laboratório de análise de solo
LDI	Limite de detecção instrumental
LDQ	Limite de quantificação
LLAA	Laboratório de levantamento e análise ambiental
m	Metro
M	Molar
m.c.a.	Metros de coluna d'água
m ² m ²	Metro quadrado por metro quadrado
m ³	Metro cúbico
mcg kg	Micrograma por quilo
mg dm ³	Milograma por decímetro cúbico
<i>N</i>	Newton
N	Nitrogênio
NF	Número de folhas
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
nm	Nanômetro
NP	Número de plantas
°C	Graus celsius
°h	Ângulo hue
P	Fósforo
P1	Planta 1
P2	Planta 2
PFC	Peso de fruto comercial
pH	Potencial hidrogeniônico
PMF	Peso médio do fruto
PMP	Produção média por planta
PS II	Rendimento quântico efetivo do fotossistema II
PT	Produtividade total
PTF	Peso total de fruto
SAS	<i>Statistical Analysis System</i>
Sistema de cultivo A	Sistema de cultivo em vaso
Sistema de cultivo B	Sistema de cultivo aquapônico
SMP	Método pH-SMP

SPAD	<i>Soil-Plant Analysis Development</i>
SPD	Sistema de produção
SRM	<i>Standard Reference Materials</i>
SS	Sólidos solúveis
SS/AT	Relação sólidos solúveis e acidez titulável
t	Toneladas
T1	Temperatura média do cultivo protegido
T2	Temperatura média recomendada para o cultivo
T3	Temperatura média da região
T3f	Temperatura na terceira folha
T6f	Temperatura na sexta folha
Tempf	Temperatura média foliar
Tmax	Temperatura máxima
Tmed	Temperatura média
Tmin	Temperatura mínima
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UI kg	Unidade internacional por quilo
un	Unidade
UR	Umidade relativa
UR1	Umidade relativa média do cultivo protegido
UR2	Umidade relativa média recomendada para o cultivo
UR3	Umidade relativa média da região
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
Zn	Zinco
µmol	Micromol
µS cm ⁻¹	Microsiemens por centímetro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	CULTURA DO TOMATE.....	20
2.1	ORIGEM E BOTÂNICA	20
2.2	ECOFISIOLOGIA	20
2.3	CULTIVO PROTEGIDO	22
2.4	AQUAPONIA	23
2.5	ENXERTIA EM HORTALIÇAS	24
3	HIPÓTESES.....	26
4	OBJETIVOS.....	27
4.1	OBJETIVO GERAL.....	27
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
5	COMPATIBILIDADE DE ENXERTIA E TROCAS GASOSAS EM GENÓTIPOS DE TOMATEIRO COM E SEM ENXERTIA SOB SISTEMAS DE CULTIVO EM VASO E AQUAPÔNICO	28
5.1	INTRODUÇÃO	28
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	29
5.2.1	Local de execução e material vegetal utilizado	29
5.2.2	Condições climáticas	29
5.2.3	Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos	32
5.2.4	Semeadura, germinação e enxertia	32
5.2.5	Sistema de cultivo em vaso (Sistema de cultivo A)	34
5.2.6	Sistema de cultivo aquapônico (Sistema de cultivo B).....	37
5.2.7	Ciclo de cultivo	42
5.2.8	Avaliações.....	43
5.2.9	Delineamento experimental e análise estatística dos dados	46
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.3.1	Temperatura do ar e umidade relativa do ar nos sistemas de cultivo A e B	47
5.3.2	Compatibilidade de enxertia em plantas de tomateiro nos sistemas de cultivo A e B	50
5.3.3	Índice SPAD em plantas de tomateiro nos sistemas de cultivo A e B ...	53

5.3.4	Trocas gasosas em plantas de tomateiro nos sistemas de cultivo A e B	57
5.4	CONCLUSÃO.....	63
6	CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E PRODUÇÃO EM GENÓTIPOS DE TOMATEIRO COM E SEM ENXERTIA SOB SISTEMAS DE CULTIVO EM VASO E AQUAPÔNICO	64
6.1	INTRODUÇÃO	64
6.2	MATERIAL E MÉTODOS	65
6.2.1	Avaliações	65
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
6.3.1	Características morfológicas das plantas de tomateiro nos sistemas de cultivo A e B	67
6.3.2	Produtividade das plantas de tomateiro nos sistemas de cultivo A e B	76
6.4	CONCLUSÃO.....	81
7	COMPOSIÇÃO MINERAL NA FOLHA EM GENÓTIPOS DE TOMATEIRO COM E SEM ENXERTIA SOB SISTEMAS DE CULTIVO EM VASO E AQUAPÔNICO	82
7.1	INTRODUÇÃO	82
7.2	MATERIAL E MÉTODOS	83
7.2.1	Local de análise.....	83
7.2.2	Amostra de tecido vegetal.....	83
7.2.3	Avaliação do diagnóstico nutricional	84
7.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
7.3.1	Análise de condutividade elétrica e pH nos sistemas de cultivo A e B.	85
7.3.2	Composição mineral na água do tanque de peixes (sistema de cultivo B)	86
7.3.3	Teor de nutrientes em tecido foliar de tomateiro no sistema de cultivo A	88
7.3.3.1	<i>Relações dos teores de nutrientes em tecido foliar de tomateiro</i>	94
7.3.4	Teor de nutrientes em tecido foliar de tomateiro no sistema de cultivo B	99
7.3.4.1	<i>Relações dos teores de nutrientes em tecido foliar de tomateiro</i>	102

7.4	CONCLUSÃO.....	104
8	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS EM GENÓTIPOS DE TOMATEIRO COM E SEM ENXERTIA SOB SISTEMAS DE CULTIVO EM VASO E AQUAPÔNICO	106
8.1	INTRODUÇÃO	106
8.2	MATERIAL E MÉTODOS	107
8.2.1	Local de análise.....	107
8.2.2	Avaliações.....	107
8.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	109
8.3.1	Características físico-químicas de frutos de tomateiro no sistema de cultivo A e B.....	109
8.3.2	Parâmetros de cor em frutos de tomateiro no sistema de cultivo A e B	117
8.4	CONCLUSÃO.....	120
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
	REFERÊNCIAS.....	123

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de tomate possui grande importância econômica e nutricional, sendo uma das principais espécies produzidas no Brasil e no mundo (NICK; BORÉM, 2016). O setor produtivo do tomate ‘de mesa’ apresenta elevada rentabilidade e é uma alternativa de cultivo para agricultores familiares, auxiliando na redução do êxodo rural e geração de renda no campo (PEREIRA *et al.*, 2007).

O mercado de tomate vem exigindo um produto de qualidade que atenda aos seguintes aspectos de produção: alimento seguro, saudável e limpo (ausência de resíduos de produtos fitossanitários).

O fornecimento de alimento funcional ou nutracêutico, com maiores cuidados em relação à forma de produção, respeito às leis socioambientais, bem como, alimento e serviços com responsabilidade técnica de profissionais devidamente qualificados, são fundamentais para a cadeia de produção (BECKER *et al.*, 2016).

A produção de tomate no mundo correspondeu a 186,8 milhões de toneladas, com uma produtividade de 36,9 toneladas ha⁻¹, em uma área cultivada de 5 milhões de hectares, em 2020 (FAOSTAT, 2022). Na América do Sul, a produção foi de 6,3 milhões de toneladas com uma produtividade de 56,7 toneladas ha⁻¹, em uma área cultivada de 112,4 mil hectares em 2020 (FAOSTAT, 2022). No Brasil a produção correspondeu 3,6 milhões de toneladas, com produtividade de 69,7 toneladas ha⁻¹, em uma área cultivada de 51,7 mil hectares em 2022 (FAOSTAT, 2022; IBGE, 2022). O estado de Santa Catarina apresenta uma produção de tomate correspondente a 171,2 mil toneladas, com produtividade de 68,5 toneladas ha⁻¹, em uma área de 2,5 mil hectares em 2022 (IBGE, 2022).

A oscilação das informações de produtividade do tomateiro pode estar relacionada ao nível tecnológico adotado nas regiões produtoras, onde os sistemas de cultivo são recomendados de acordo com as condições ambientais, como: temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação, fatores que exercem grande influência na produtividade e qualidade de frutos destinados ao consumo *in natura* (BECKER *et al.*, 2016; BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018; NICK; SILVA; BORÉM, 2018).

2 CULTURA DO TOMATE

2.1 ORIGEM E BOTÂNICA

A planta é originária da espécie andina e silvestre da parte ocidental da América do Sul, localizada no Peru, Bolívia e Equador (FONTES; SILVA, 2002; FILGUEIRA, 2008), possuindo duas variedades *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (tomates tipo cherry) e *Solanum lycopersicum* var. *lycopersicum* (alguns tomates do tipo cherry e quase todos os demais tipos de tomates comerciais) (ALVARENGA; BRAGA, 2022).

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) pertence à família das Solanáceas, sendo uma das mais diversificadas entre as angiospermas eudicotiledôneas, com registros de ocorrência de 28 a 32 gêneros e de 350 a 450 espécies no Brasil (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018). É uma planta herbácea, autógama, com taxa de polinização cruzada natural variando entre 0,5 a 4% e apesar de ser uma planta perene, é cultivada como anual e possui inflorescência tipo racemo com número variado de flores com a sua frutificação efetiva altamente influenciada por temperaturas abaixo ou acima dos limites considerados ótimos para o cultivo da hortaliça (BECKER *et al.*, 2016; BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018).

O hábito de crescimento é dividido em dois tipos: o indeterminado que ocorre na maioria das espécies destinadas à produção do tomate ‘de mesa’, e o determinado, em sua grande maioria destinado ao ‘processamento industrial’ (FILGUEIRA, 2008).

O fruto do tomateiro é do tipo baga carnosa, sendo o tamanho, a forma e os lóculos dos frutos dependentes do grupo e cultivar. A superfície pode ser lisa ou canelada, com formato arredondado, alongado ou elíptico, apresentando de 2 a 10 lóculos de coloração entre o amarelo e o vermelho (FILGUEIRA, 2008; BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018). O fruto possui baixo valor calórico, baixo teor de massa seca e características funcionais devido às propriedades antioxidantes do licopeno, exercendo função preventiva no controle de doenças crônicas (ANDREUCCETTI *et al.*, 2005; SHIRAHIGE *et al.*, 2010).

2.2 ECOFISIOLOGIA

A temperatura e a umidade relativa do ar são fatores climáticos importantes nos diversos estádios de desenvolvimento das plantas. O clima ideal para o cultivo do

tomateiro é aquele com temperatura amena durante o dia e com noites frias. Segundo Brandão Filho *et al.* (2018), a planta de tomateiro pode tolerar uma amplitude térmica de 10 a 34 °C. No entanto, em cada fase do ciclo do tomateiro, existe uma temperatura considerada ótima, mas temperaturas diurnas de 18 a 25 °C e noturnas de 15 a 20 °C são consideradas favoráveis para o bom desenvolvimento e frutificação da cultura (PALARETTI *et al.*, 2012). Mello e Tonhati (2022) registraram que temperaturas noturnas e diurnas possuem diferentes efeitos, pois o crescimento maior se dá quando a temperatura diurna está na faixa de 24 a 28 °C e a noturna de 16 a 19 °C. Brandão Filho *et al.* (2018) asseveram que temperaturas diurnas em torno de 26 °C e temperaturas noturnas em torno de 17 a 20 °C são favoráveis ao melhor desenvolvimento da planta de tomateiro. Para maximizar a frutificação efetiva, a faixa ótima de temperatura diurna é de 19 a 24 °C e a noturna de 14 a 17 °C (BECKER *et al.*, 2016; MELLO; TONHATI, 2022). Outrossim, as temperaturas noturnas abaixo de 10 °C e superiores a 20 °C prejudicam a frutificação (BECKER *et al.*, 2016).

A umidade relativa do ar ótima oscila entre 60 e 80% e, quando muito elevada, favorece o desenvolvimento de doenças da parte aérea. A umidade relativa muito baixa, por sua vez, dificulta a fixação do pólen ao estigma das flores, reduzindo a frutificação efetiva (BECKER *et al.*, 2016). Brandão Filho *et al.* (2018) e Mello e Tonhati (2022) afirmam que os níveis adequados de umidade relativa do ar, para o cultivo de tomateiro estão na faixa de 50 a 70%.

A luz consiste em um dos fatores mais importantes para o crescimento das plantas e a luminosidade em cultivo protegido pode ser reduzida de 18 a 43%, em função do tipo de cobertura plástica e transmissividade dos materiais (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018), podendo interferir na atividade fotossintética e na produção de fotoassimilados imprescindíveis para o bom desenvolvimento e uniformidade dos frutos (CALIMAN *et al.*, 2005). Portanto, o manejo adequado nos sistemas de cultivo, com relação à luminosidade e a escolha de material vegetal com melhores características adaptativas, possibilita a estabilidade e uniformidade da produção (PEREIRA *et al.*, 2012).

O metabolismo fotossintético do tomateiro é do tipo C₃, com desenvolvimento vegetativo dependente de fatores intrínsecos, como genéticos e ambientais, como a umidade, luminosidade, temperatura, fertilização, irrigação e a concentração de CO₂.

atmosférico (BEZERRA NETO; NOGUEIRA, 1999; CALIMAN *et al.*, 2005; ALBUQUERQUE NETO; PEIL, 2012).

2.3 CULTIVO PROTEGIDO

O tomate pode ser cultivado em várias regiões do mundo, sendo adaptado à condições climáticas tropicais e subtropicais, sob condições de ambiente de campo ou protegido, e por vários tipos de manejo utilizando diversas tecnologias. O tomate está entre as hortaliças mais consumidas no mundo, que utiliza grandes quantidades de produtos fitossanitários que prejudicam a qualidade do fruto e do ambiente (PEREIRA *et al.*, 2012).

Visando uma produção mais sustentável, os agricultores estão adotando o sistema de produção em ambiente protegido, com fertirrigação, vislumbrando melhor manejo fitossanitário e a uniformidade da produção. Purquerio e Tivelli (2006) asseveraram que o cultivo protegido é um sistema de produção agrícola especializado, que possibilita certo controle das condições edafoclimáticas como: temperatura, umidade do ar, radiação, solo, vento e composição atmosférica. Outrossim, Santiago *et al.* (2017) reconhecem que o uso de tecnologias, como as telas de sombreamento, promove alterações microclimáticas, como aumento de temperatura e redução da umidade do ar, proporcionando melhores condições de desenvolvimento dos cultivos em relação à campo aberto. Assim, o sistema de produção em ambiente protegido permite a realização de cultivos fora da época recomendada para a cultura, contribuindo para um melhor desempenho produtivo, quando comparado com o sistema de produção em campo (PURQUERIO; TIVELLI, 2006; ROCHA, 2007).

Os países da Ásia Central, atentos ao mercado europeu de hortaliças, estão investindo na tecnologia de cultivo sob ambiente protegido, principalmente para as culturas de tomates e pepinos. Nesses países, mesmo a horticultura sendo pouco expressiva, existem grandes perspectivas de melhorias nos sistemas de cultivos (MULDERIJ, 2018). Silva e Moreno (2016) asseveraram que o cultivo em ambiente protegido contribui com a produtividade e melhoria da qualidade de produtos agrícolas, promovendo maior regularidade na produção local em diferentes épocas de cultivo. Os principais países da União Europeia, como Espanha e Polônia, trabalham com quase 100% da produção para tomate ‘de mesa’ em ambiente protegido

(MULDERIJ, 2018). No Brasil, o tomate é produzido em todos os estados da federação com variação da época, sistemas de cultivo e níveis tecnológicos.

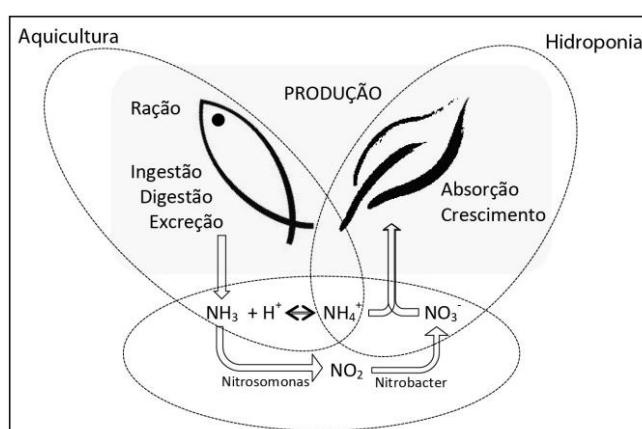
2.4 AQUAPONIA

A tecnologia de produção em ambiente aquapônico está em constante evolução, mostrando-se capaz de otimizar a produção, gerando renda dos produtos de origem animal e vegetal, além de ser possível consorciar com sistemas de ambientes protegidos, podendo ser flexível no momento de realizar a higienização do sistema frente aos problemas fitossanitários.

A aquaponia integra a piscicultura e a agricultura, onde os peixes servem como fábricas de fertilizante e as plantas como purificadores da água (MATSON, 2008). Durante o ciclo de produção dos peixes, ocorre o acúmulo de resíduos orgânicos nos tanques, modificando as características físicas, químicas e biológicas (ASSUNÇÃO, 2011).

O sistema de produção aquapônico consiste no aproveitamento dos resíduos de alimentos e dejetos dos peixes como nutriente das plantas, onde a água é filtrada e retorna ao tanque dos peixes e os compostos orgânicos são absorvidos pelos vegetais (SANTOS; SEABRA; NUNES, 2010). O biofiltro fornece abrigo as bactérias que realizam o processo de nitrificação (conversão de amônia em nitritos e nitratos). Esse processo permite que peixes, plantas e bactérias nitrificantes vivam em conjunto (Figura 1), isto é, formando um sistema em equilíbrio (SOMERVILLE *et al.*, 2014).

Figura 1 - Interação entre os componentes biológicos no sistema de cultivo B



Fonte: Elaborado pelo autor (2022), adaptado de Carneiro *et al.* (2015).

A aquaponia é uma tecnologia de baixo impacto ambiental por produzir alimentos (animal e vegetal), com baixo consumo de água e alto aproveitamento do resíduo orgânico gerado (TYSON; TREADWELL; SIMONNE, 2011). Os peixes se alimentam e produzem excretas que são convertidas em nutrientes, que serão absorvidos pelo sistema radicular das plantas em substrato de argila expandida. No sistema ocorre um fluxo contínuo de nutrientes entre os diferentes organismos vivos que estão relacionados por meio de ciclos biológicos naturais, como a nitrificação desenvolvida por bactérias nitrificantes dos gêneros *Nitrosomonas* sp. e *Nitrobacter* sp. conforme Figura 1 (CARNEIRO *et al.*, 2015).

A tecnologia ainda é nova no Brasil, mas já vem sendo usada e comprovada sua eficiência econômica e produtiva em vários países nos últimos 20 anos (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006; GRABER; JUNGE, 2009). Atualmente, é possível produzir uma grande variedade de espécies vegetais em aquaponia, como alface (*Lactuca sativa*), agrião (*Nasturtium officinale*), repolho (*Brassica oleracea*), rúcula (*Eruca sativa*), tomate (*Solanum lycopersicum*), pepino (*Cucumis sativus*) e muitas outras. Espécies vegetais adaptadas à hidroponia são sempre recomendadas à aquaponia, uma vez que a maioria delas tolera altos teores de água em suas raízes e oscilações nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva, sem apresentar graves sintomas de deficiência nutricional (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Uma pesquisa realizada com objetivo de caracterizar o sistema de cultivo hidropônico com tomateiro enxertado e comparar com o sistema de cultivo aquapônico, caracterizou o sistema que integra a piscicultura e a agricultura com melhor resultado em produtividade por planta, características físico-químicas, como SS (sólidos solúveis) e calibre de fruto (FERREIRA; BERNARDINO, 2017). Neste sentido, o sistema de cultivo aquapônico configura-se como alternativa de produção, mais sustentável, utilizando menor volume de água em relação ao sistema hidropônico, bem como a não necessidade da adição de adubos à solução nutritiva.

2.5 ENXERTIA EM HORTALIÇAS

As mudanças climáticas influenciam diminuindo a disponibilidade de água ao cultivo do tomateiro, promovendo investimentos em sistema de cultivo e consequentemente aumentando os custos de produção (OLIVEIRA *et al.*, 2015;

DELAZARI; FONTES; SILVA, 2021). Além disso, o encharcamento do solo e o cultivo permanente destas áreas aumentam os problemas fitossanitários com bactérias (*Ralstonia solanacearum*), nematoides (*Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*) e fungos (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raças 0, 1 e 2, *Verticillium dahliae* e *Verticillium albo-atrum*) (COSTA; VENTURA, 2010).

Conforme Peil (2003) a enxertia em hortaliças possibilita o cultivo em áreas contaminadas por patógenos de solo e ainda confere habilidades em relação a determinadas condições edafoclimáticas (resistência à baixa temperatura, à seca, ao excesso de umidade e ao aumento da capacidade de absorção de nutrientes).

A enxertia envolve a união entre partes de plantas após a regeneração dos tecidos através da união do câmbio. A técnica tem sido utilizada em vegetais das famílias das Solanáceas e Cucurbitáceas (PEIL, 2003). A utilização de enxertia com porta-enxertos resistentes ou tolerantes as doenças é uma excelente alternativa no cultivo de orgânicos, permitindo a produção sem o uso de produtos fitossanitários (MARTINS, 2012). Além de patógenos de solo, pode controlar problemas de ordem salina ou mesmo de oscilações de temperatura (GAMA et al., 2013), permitir uma produção adequada em condições de temperatura de solo inadequada (BRANDÃO FILHO et al., 2018), melhorar o aproveitamento de água e nutrientes, aumentar o vigor da planta, prolongar o período de colheita (RIZZO et al., 2004) e melhorar a qualidade de frutos (FLORES et al., 2010).

A combinação porta-enxerto/enxerto pode modificar vários processos fisiológicos na planta de tomateiro, como absorção e translocação de nutrientes (SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ et al., 2014), água (LIU et al., 2014) e fotossíntese (LI et al., 2014). A enxertia pode resultar em plantas mais vigorosas (COHEN et al., 2012), principalmente sob condições de estresse biótico, como doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus, e também a fatores abióticos, como estresse térmico, hídrico e salinidade do solo, quando comparada às variedades comerciais desenvolvidas em pé franco. O controle químico de doenças de solo nunca é uma medida 100% efetiva, além de ser onerosa e de alto risco. As perdas causadas por doenças de solo e nematoides em áreas de cultivo intensivo somam 68% das perdas totais na produção de hortaliças no Japão (ODA, 2007).

O cultivo do tomateiro em ambiente protegido com o uso da técnica de enxertia pode promover o aumento do controle fitossanitário e, consequentemente, o

incremento da produção, sendo necessário verificar a produtividade e qualidade de frutos (LOOS; CALIMAN; SILVA, 2009). Os fatores qualitativos consideram a exigência do mercado consumidor, como as características morfofisiológicas e qualidade físico-químicas dos frutos (CARDOSO *et al.*, 2006).

Normalmente a enxertia é utilizada para conferir resistência a doenças e tolerância a fatores abióticos, porém, pode melhorar a qualidade dos frutos, muitas vezes desconsiderado na produção de hortaliças. A qualidade dos frutos é definida como uma combinação de características visuais, como tamanho, forma e cor, e sensoriais, como docura, acidez e aroma (BAI; LINDHOUT, 2007). Nesse sentido, pesquisas revelam que a combinação porta-enxerto/enxerto pode alterar algumas características físico-químicas inerentes ao fruto, tais como: cor (MONCADA *et al.*, 2013; HUANG *et al.*, 2015), textura (SOTERIOU *et al.*, 2014), firmeza (SANTOS *et al.*, 2014; KYRIACOU *et al.*, 2016), tamanho (GISBERT *et al.*, 2011; TSABALLA *et al.*, 2013; HUANG *et al.*, 2015), teor de carotenoides como, licopeno e β-caroteno (DAVIS *et al.*, 2008; ZHOU *et al.*, 2014), sólidos solúveis (FLORES *et al.*, 2010; PETROPOULOS *et al.*, 2012; HUANG *et al.*, 2015), pH (SIRTOLI *et al.*, 2011), acidez titulável (SANTOS *et al.*, 2014; SOTERIOU *et al.*, 2014), conteúdo de vitamina C (CHÁVEZ-MENDOZA *et al.*, 2013; HUANG *et al.*, 2015), matéria seca, proteínas (SÁNCHEZ-TORRES *et al.*, 2016), e antioxidantes (SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ *et al.*, 2012).

3 HIPÓTESES

O emprego de genótipos de tomateiro com enxertia, em sistema de cultivo com baixo uso de insumos, utilizando aquaponia, pode contribuir para melhoria nas características morfofisiológicas das plantas, composição mineral e físico-químicas dos frutos, vislumbrando um produto final com melhor qualidade.

O sistema de cultivo de baixo custo com uso da aquaponia produz um incremento nas características morfofisiológicas das plantas, gerando frutos com características físico-químicas iguais e/ou melhores que o sistema de cultivo em vaso, com alto nível tecnológico.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito dos porta-enxertos e dois materiais vegetais ‘copa’ de tomateiro sobre as características morfofisiológicas das plantas, composição mineral e físico-químicas dos frutos, sob sistema de cultivos em vaso e aquapônico.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as características morfofisiológicas das plantas com e sem enxertia, nos sistemas de cultivo em vaso e aquapônico;
- Analisar a composição mineral das plantas com e sem enxertia, nos sistemas de cultivo em vaso e aquapônico;
- Avaliar as características físico-químicas dos frutos em plantas com e sem enxertia, nos sistemas de cultivo em vaso e aquapônico.

5 COMPATIBILIDADE DE ENXERTIA E TROCAS GASOSAS EM GENÓTIPOS DE TOMATEIRO COM E SEM ENXERTIA SOB SISTEMAS DE CULTIVO EM VASO E AQUAPÔNICO

5.1 INTRODUÇÃO

No período do cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), a produção de mudas é fundamental, assim, os produtores devem optar por estratégias que melhorem a qualidade das mudas, tornando-as sadias, mais produtivas e vigorosas obtendo assim melhores produtividades.

A técnica da enxertia em hortaliças e o uso de porta-enxertos adequados pode conferir resistência às mudas de plantas, possibilitando controlar problemas de ordem fitossanitária relacionados ao solo (GILARDI; GULLINO; GARIBALDI, 2013), conferir tolerância a salinidade (FLORES *et al.*, 2010), a altas e baixas temperaturas (MARTINEZ-RODRIGUES, 2008) e incrementar a produção (FLORES *et al.*, 2010).

A conexão vascular entre porta-enxerto e enxerto pode interferir em vários processos fisiológicos na planta (MARTÍNEZ-BALLESTA *et al.*, 2010), como absorção e translocação de nutrientes (SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ *et al.*, 2014) e água (LIU *et al.*, 2014), e promover o desempenho fisiológico e a fotossíntese (LI *et al.*, 2014).

Porta-enxertos que apresentem comunicação restrita no ponto de união com o enxerto devido à descontinuidade vascular, gera incompatibilidade de enxertia (MARTÍNEZ-BALLESTA *et al.*, 2010), que pode ser mensurada por meio de avaliações fisiológicas (RODRIGUES *et al.*, 2001), diâmetro do caule no ponto de conexão da enxertia e do rendimento produtivo (SIMÕES *et al.*, 2014). A incompatibilidade entre porta-enxerto e enxerto ocasiona prejuízos nos processos fisiológicos da planta, diminuindo o desenvolvimento vegetativo e produção de frutos.

O conhecimento das características fisiológicas da planta relacionadas com a produção tem implicações práticas na seleção e no melhoramento genético e no aprimoramento de práticas culturais, pois produções agrícolas são altamente variáveis, tendo seu rendimento restrito pelo meio ambiente (LOPES; LIMA, 2015).

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a emergência de plântulas, compatibilidade de enxertia e trocas gasosas em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, sob sistemas de cultivo em vaso e aquapônico.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Local de execução e material vegetal utilizado

Os experimentos foram conduzidos no período de março a outubro de 2019 e março a agosto de 2021, na região do Alto Vale do Itajaí, no Instituto Federal Catarinense, Campus Rio do Sul, Santa Catariana, Unidade Sede, localizada nas coordenadas 27°11'03" Sul e 49°39'38" Oeste, com altitude de 690 m. O material vegetal utilizado contempla os seguintes híbridos e cultivar de tomateiro: dois enxertos, 'Santa Clara I-5300' e 'Anjico' e dois porta-enxertos, 'Guardião' e 'Green Power' (Quadro 1).

Quadro 1 - Características dos híbridos e cultivar de tomateiro utilizados no experimento

Híbridos	Cultivar	Resistência/ Tolerância a patógenos	Característica ou observação
	Santa Clara I-5300	Va; Vd; Fol; (1 e 2) e Ss	Grupo Santa Cruz, ISLA, crescimento indeterminado e ciclo de 110 dias. Frutos com diâmetro transversal menor e peso médio do fruto de 180 g.
	Anjico	Vd; Fol (2); Mi; ToMV e TYLCV	Grupo Italiano, ISLA, crescimento indeterminado e ciclo de 120 dias. Frutos com diâmetro transversal de 3 a 5 cm, polpa espessa e firme. Peso médio do fruto de 100 a 150 g.
	Green Power	HR: Rs; Fol (1, 2 e 3); Vd; PI; ToMV (Tm-2a); Mi; Ma	Porta-enxerto de médio vigor, empresa Takii®.
	Guardião	HR: Rs; Vd; Fol (1, 2); For; ToMV (Tm-2a); Ma; Mj; Mi	Porta-enxerto de baixo/médio vigor, empresa, Takii®.

Va: *Verticillium albo-atrum*; Vd: *Verticillium dahliae*; Fol(1): *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (raça 1); Fol(2): *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (raça 2); Fol(3): *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (raça 3); Ss: *Stemphylium solani*; Mi: *Meloidogyne incognita*; ToMV: *Tomato mosaic virus*; ToMV: *Tomato mosaic virus* (raça Tm-2a); TYCV: *Geminiviridae*; Ty1, Ty2, *Begomovirus*; Rs: *Ralstonia solanacearum*; For: *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*; PI: *Pyrenophaeta lycopersici*; Mj: *Meloidogyne javanica*; Ma: *Meloidogyne arenaria* e HR: Alta resistência.

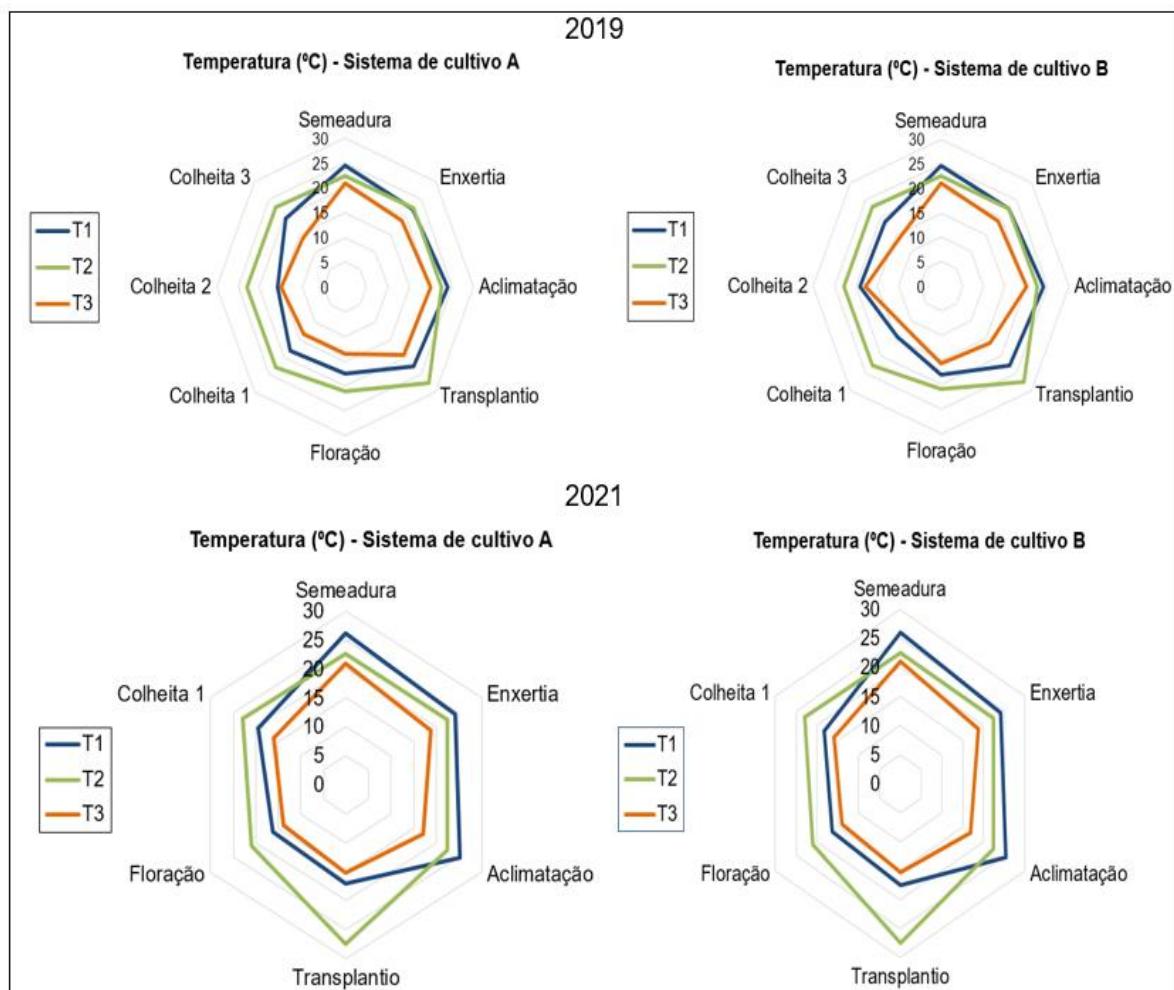
Fonte: Elaborado pelo autor (2022), adaptado de Nick, Silva e Borém (2018), Takii (2019) e Isla (2019).

5.2.2 Condições climáticas

As variáveis climáticas, nos sistemas de cultivo A e B, como temperatura média do ar (T °C) e umidade relativa do ar (UR %) foram registradas por meio de

“datalogger” (UNI-T UT330B) durante o ciclo de cultivo, com intervalos de 2h entre as leituras (Figura 2 e 3).

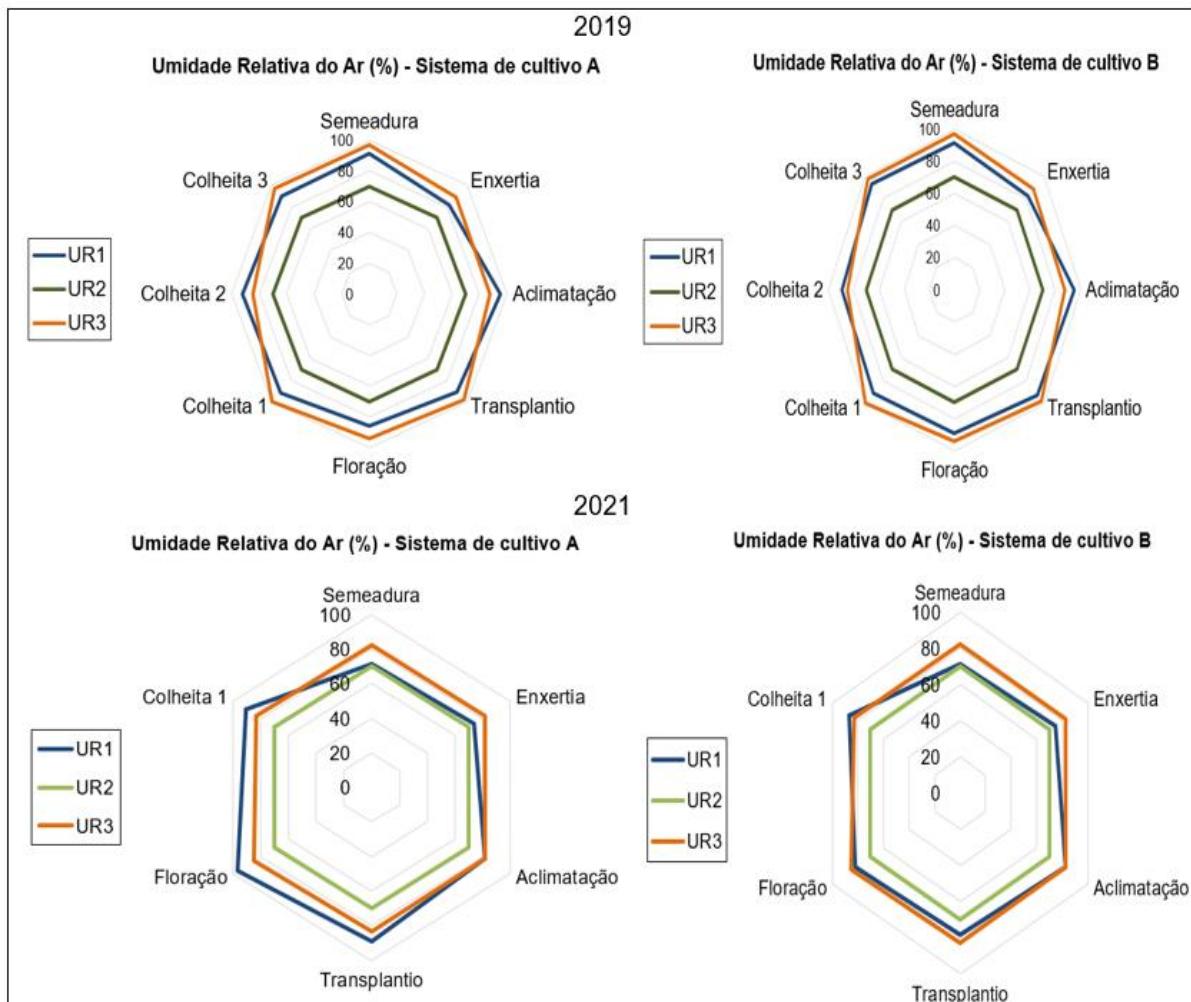
Figura 2 - Informações de temperatura média do ar (T °C) no ciclo de cultivo do tomateiro e região, nos sistemas de cultivo A e B, anos 2019 e 2021



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: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 3 - Informações de umidade relativa do ar (UR %) no ciclo de cultivo do tomateiro e região, nos sistemas de cultivo A e B, anos 2019 e 2021



UR1: umidade relativa média no cultivo protegido; UR2: umidade relativa média recomendada para cultivo de tomateiro durante as fases do ciclo e UR3: umidade relativa média da região (estação meteorológica, Davis Vantage Vue®).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O clima no Alto Vale do Itajaí é considerado quente e temperado, com pluviosidade significativa ao longo do ano. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger o clima é classificado como subtropical úmido (Cfa) e apresenta Tmed de 19,3 °C. O mês de junho é o mais frio com Tmed de 14,9 °C, e julho é considerado o mais seco com precipitação média de 87 mm. Os meses de abril a outubro apresentam valores médios para Tmin de 11,9 °C, Tmax de 21,9 °C e Tmed de 16,9 °C. Existe possibilidade de geadas no inverno, temperaturas negativas e raramente possibilidade de nevar (CLIMATE-DATA, 2022).

5.2.3 Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos

A densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) com valores entre 400 – 700 nm, em μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foi medida aos 115 dias após o transplantio (DAT), ao período do meio-dia (12 h) conforme Silva *et al.* (2013), nos sistemas de cultivo A e B, com sensor quântico LI-COR, modelo LI-1400 (Tabela 1).

Tabela 1 - Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA), aos 115 DAT nos sistemas de cultivo A e B, ano 2019 e 2021

Ano	DFFFA (μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			
	Sistema de cultivo A		Sistema de cultivo B	
	Ambiente externo ao cultivo	Ambiente de cultivo	Ambiente externo ao cultivo	Ambiente de cultivo
2019	1183,00	943,90	1017,00	1004,00
2021	1232,00	639,40	1355,00	913,40

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.2.4 Semeadura, germinação e enxertia

A semeadura dos materiais vegetais de tomateiro ocorreu no dia 18 de março de 2019 e 2021 (localização 27°11'20" Sul e 49°39'21" Oeste, com altitude de 662 m). A profundidade de semeadura foi de 1 cm. As bandejas foram acondicionadas em ambiente protegido, com UR de 50 a 80% (BECKER *et al.*, 2016; MELLO; TONHATI, 2022), temperatura de 16 a 29 °C (DUARTE *et al.*, 2011; MELLO; TONHATI, 2022), e a irrigação foi realizada por microaspersão nos horários de 7, 11 e 15 h, respectivamente.

Para a germinação das sementes dos materiais avaliados no estudo foi utilizado substrato (40% terra peneirada, 30% composto peneirado, 15% substrato comercial para produção de mudas e 15% cinza de casca de arroz) que foi submetido à análise das características físicas e químicas (Tabela 2) e posteriormente realizada a correção, conforme recomendações do CQFS-RS/SC (2016). O material foi adicionado nas bandejas de poliestireno expandido com 72 células (Figura 4) para fase de germinação, bem como nos vasos de 11 L no sistema de cultivo A para o desenvolvimento das plantas durante o ciclo de cultivo.

Para fins de análise do substrato (Tabela 2), no sistema de cultivo A os atributos mais considerados na interpretação da análise de solo foram pH, Ca e Mg trocáveis,

MO, CTC efetiva, teores de P e K, soma de base (SB) e as relações Ca/Mg, Mg/K e Ca/K (ALVARENGA; LOPES; GUILHERME, 2022).

Tabela 2 - Propriedades físicas e químicas do substrato, anos 2019 e 2021

Anos	pH (H ₂ O)	Índice SMP	SB (%)	Argila	MO	P mg dm ⁻³	K	CTC (pH 7,0)	Ca ²⁺ cmol _c dm ⁻³	Mg ²⁺	Al ³⁺
2019	5,6	6,0	76,60	23	5,1	66,9	200	18,80	11,06	2,83	0,00
2021	6,7	7,0	93,89	26	3,0	803,9	2,100	22,91	10,14	6,00	0,00

pH [(H₂O) 1:1]; SB: saturação de bases; MO: matéria orgânica; P: fósforo; K⁺: potássio; CTC (pH 7,0): capacidade de troca de cátions; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio e Al³⁺: alumínio.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022), conforme informações do LAS, no CAV/UDESC.

Figura 4 - Substrato utilizado para produção de mudas e no sistema de cultivo A



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os materiais vegetais de tomateiro foram avaliados para germinação e emergência de plântulas, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Porcentagem de germinação dos materiais vegetais

Ano	Germinação (%)			
	Green Power	Guardião	Anjico	Santa Clara
2019	98,08	98,83	95,57	78,17
2021	98,80	99,52	95,63	70,93

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A enxertia no ano 2019 ocorreu no dia 11 de abril, e 2021 no dia 15 de abril. O procedimento de enxertia foi realizado pelo método de estaca terminal (PEIL, 2003), ou seja, garfagem de topo à inglesa simples (SILVA, 2016; ARAÚJO, 2017; BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018), que consiste no corte diagonal, em bisel simples, no porta-enxerto, 1,5 cm acima das folhas cotiledonares, e o enxerto com 8 cm de altura do substrato, considerando a compatibilidade do diâmetro dos materiais. A fixação dos

genótipos de tomateiro, no momento da conexão porta-enxerto/enxerto foi realizada por *clip* específico para enxertia em hortaliças (Figura 5).

As plantas enxertadas foram acondicionadas em ambiente caracterizado como ‘câmara úmida’, para melhor aclimatação e recuperação da turgidez durante um período de 5 a 10 dias, sob tela de sombreamento de 50%, com UR mínima de 70% e Tmed entre 20 e 24 °C (DUARTE *et al.*, 2011; MENDONÇA; LOPES; LUDKE, 2018; NICK; SILVA; BORÉM, 2018).

Figura 5 - Técnica de enxertia em tomateiro



A: corte no material porta-enxerto; B: garfagem de topo à inglesa simples (porta-enxerto/enxerto), fixação por *clip*; C: altura (cm) do ponto de enxertia; D: conexão porta-enxerto/enxerto; E: formação do ‘calo de enxertia’ e F: eliminação do *clip* de enxertia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.2.5 Sistema de cultivo em vaso (Sistema de cultivo A)

O sistema de cultivo em vaso (Figura 6) foi implementado em ambiente protegido (localização 27°11'20" Sul e 49°39'20" Oeste, com altitude de 662 m), contendo 10 linhas com 30 m de comprimento com capacidade para 320 vasos

(volume de 11 L), preenchidos com substrato (40% terra peneirada, 30% composto peneirado, 15% substrato comercial para produção de mudas e 15% cinza de casca de arroz) sendo colocados no espaçamento de 1,0 x 0,50 m, totalizando 20 mil plantas ha⁻¹ (ALVARENGA, 2004; FILGUEIRA, 2008; TRANI *et al.*, 2015).

Figura 6 - Sistema de cultivo em vaso



A: linhas de cultivo e sistema de fertirrigação nos vasos; B: visão geral do sistema de cultivo; C: planta de tomateiro enxertada e D: produção de frutos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

As plantas cultivadas em vaso receberam solução nutritiva adaptada de Hochmuth (1995) e do Programa Nutricional para Tomate Fertilizado em Cultivo Protegido (YARA, 2019). A solução nutritiva no ciclo de cultivo considerou uma produção esperada de 100 t ha⁻¹, com uma extração de 220 kg de N, 40 kg de P, 350 kg de K, 100 kg de Ca e 20 kg de Mg por hectare (KEMIRA GROWHOW, 2004; TRANI *et al.*, 2015), na seguinte formulação:

a) do transplante até o florescimento: primeira semana 700 g de KRISTALON (13-40-13), em 1000 litros de água, com aporte nutricional de N, P₂O₅ e K₂O com valores 0,091; 0,280 e 0,091 g kg⁻¹, respectivamente; na sequência a solução nutritiva foi alterada para 550 g de CALCINIT + 600 g de KRISTALON (06-12-36) + 300 g de

KRISTA MAG + 30 g de REXOLIN BRA, em 1000 litros de água, com aporte nutricional de N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg e S com valores 0,154; 0,072; 0,219; 0,104; 0,038 e 0,048 g kg⁻¹, respectivamente; vazão nominal de 2 litros de água planta⁻¹ dia⁻¹ e condutividade elétrica (CE) = 1,7 mS cm⁻¹;

b) do florescimento até o início da colheita: 800 g de CALCINIT + 600 g de KRISTALON (06-12-36) + 200 g de KRISTA MAG + 30 g de REXOLIN BRA, em 1000 litros de água, com aporte nutricional de N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg e S com valores 0,182; 0,072; 0,219; 0,152; 0,029 e 0,048 g kg⁻¹, respectivamente; vazão nominal de 4 litros de água planta⁻¹ dia⁻¹ e CE = 2,2 mS cm⁻¹;

c) do início ao final da colheita: 500 g de CALCINIT + 1100 g de KRISTALON (06-12-36) + 300 g de KRISTA MAG + 30 g de REXOLIN BRA, em 1000 litros de água, com aporte nutricional de N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg e S com valores 0,176; 0,132; 0,399; 0,095; 0,047 e 0,088 g kg⁻¹, respectivamente; vazão nominal de 5 litros de água planta⁻¹ dia⁻¹ e CE = 2,58 mS cm⁻¹;

d) nas três fases do ciclo de cultivo foi adicionado 20 mL em 1000 litros de água do produto YaraVita® Bortrac™, contendo B 10,9 x 10⁴ mg kg⁻¹ e N 47 g kg⁻¹;

e) o manejo de fertirrigação seguiu o protocolo conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Manejo de fertirrigação nos anos 2019 e 2021

Período	Dias da semana						
	1	2	3	4	5	6	7
Manhã	Solução Nutritiva	Solução Nutritiva	Água	Solução Nutritiva	Solução Nutritiva	Água	Água
Tarde	Água	Água	Água	Água	Água	Água	Água

1: Segunda-feira; 2: Terça-feira; 3: Quarta-feira; 4: Quinta-feira; 5: Sexta-feira; 6: Sábado; 7: Domingo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022), adaptado de Trani; Tivelli; Carrijo (2011).

f) a análise da CE, na solução nutritiva e linhas de cultivo (material drenado do vaso, localizado no centro da linha de cultivo), foi realizada com equipamento AK59 (resolução 1 µS cm⁻¹). O valor para pH foi obtido com o mesmo equipamento devidamente calibrado em solução certificada AKSO em valores de pH 4, 7 e 10. A dinâmica de análise para CE e pH foi realizada no reservatório da solução nutritiva antes de disponibilizar para as linhas de cultivo, e no drenado, após 4 horas de fertirrigação.

Além da fertirrigação, as plantas receberam duas pulverizações foliares (40 e 70 DAT) com adubação foliar suplementar (ALVARENGA; LOPES; GUILHERME, 2022) do produto comercial Trafos Green Plus (Microquímica®, Tradecorp), e composição mineral solúvel em água: Ca 125 g kg^{-1} e B, Mn, Mo e Zn, com valores $2,6 \times 10^4$; $1,0 \times 10^4$; 4×10^2 e $8 \times 10^3 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente.

Foi adotado o método de irrigação localizada, utilizando-se o sistema por gotejamento com: duas caixas d'água de 1000 litros; um equipamento motobomba, modelo ASP98-Schneider, motor monofásico $\frac{1}{2}$ cv; fitas de gotejamento com espaçamento de 50 cm, vazão nominal $1,5 \text{ L h}^{-1}$ e pressão nominal 7 (m.c.a.). Após a instalação do sistema de irrigação realizou-se a avaliação da eficiência utilizando a equação 1:

$$\text{CUD} = \frac{q_{25} \%}{q_m} \quad 1$$

Onde:

CUD é o coeficiente de uniformidade de distribuição, %; q_{25} a média de 25% do total de gotejadores com menores vazões, L h^{-1} e q_m a média aritmética das vazões, L h^{-1} .

O sistema de irrigação foi avaliado nos anos 2019 e 2021 e apresentou valor para CUD entre 88 e 92%, de acordo com Mantovani (2001), que considera valores de CUD > 84% como excelentes.

5.2.6 Sistema de cultivo aquapônico (Sistema de cultivo B)

O sistema de cultivo aquapônico (Figura 7) foi implementado em ambiente protegido (localização $27^{\circ}10'57''$ Sul e $49^{\circ}39'49''$ Oeste, com altitude de 662 m), contendo 8 linhas com 30 m de comprimento, com capacidade para 320 vasos (volume de 11 L), com substrato de argila expandida (um agregado de argila em formato arredondado cerca de 2,5 mm de diâmetro que se destaca pela sua inércia química, resistência, durabilidade e leveza), no espaçamento de 1,0 x 0,50 m, totalizando 20 mil plantas ha^{-1} (ALVARENGA, 2004; FILGUEIRA, 2008; TRANI *et al.*, 2015).

O tanque de peixes com capacidade para 15 m³ de água foi povoado com 150 kg de peixe (CARNEIRO *et al.*, 2015), caracterizando um policultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), carpa comum (*Cyprinus carpio*) e carpa cabeça grande (*Hypophthalmichthys nobilis*), conforme Figura 7a.

Figura 7 - Sistema de cultivo aquapônico



A: tanque de peixes e linhas de cultivo; B: visão geral do sistema de cultivo; C: vasos com argila expandida recebendo água do tanque de peixes e D: produção de frutos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O manejo dos peixes e da água do tanque, até os vasos com substrato composto de argila expandida, foi administrado da seguinte maneira:

a) os peixes foram alimentados com ração comercial extrusada Supra Juvenil 2,5 mm, com níveis de garantia para Umidade, Proteína Bruta, Extrato Etéreo, Matéria Fibrosa, Matéria Mineral, Cálcio e Fósforo com valores de 120, 420, 80, 30, 140, 15 a 30 e 10 g kg⁻¹, respectivamente. Outros níveis de garantia encontram-se caracterizados para Vitamina K3, Vitamina B1, Vitamina B2, Vitamina B6, Ácido Fólico, Ácido Pantotênico, Biotina, Colina, Niacina, cobre, ferro, iodo, manganês, selênio, zinco, vitamina C e Inositol, com valores de 8, 16, 20, 13,5, 7, 80, 0,7, 1800, 130, 6, 100, 50, 1,3, 15, 0,3, 100, 500 e 225 mg kg⁻¹, respectivamente. Por fim, os

níveis de garantia para Energia Digestível 3600 kcal kg⁻¹, Vitamina A 16000 UI kg⁻¹, Vitamina D3 4000 UI kg⁻¹ e Vitamina E 128 UI kg⁻¹, conforme temperatura e taxa de 3% peso corporal (OSTRENSKY, 1998);

b) compressor eletromagnético (150 watts), providenciou ar comprimido a uma vazão de 32 L min⁻¹, garantindo a oxigenação mínima para a manutenção dos peixes e contribuindo com os processos bioquímicos;

c) a água do tanque de peixes caracterizou a solução nutritiva, para o manejo da fertirrigação durante o ciclo de cultivo: do transplante até o florescimento, do florescimento até o início da colheita e do início ao final da colheita;

d) sistema de fertirrigação foi caracterizado por um conjunto motobomba [2 motores (vazão individual de 24000 L h⁻¹)] acionado por temporizador, com intervalo de 4 h, por 20 min, para manter a fertirrigação nos vasos e o retorno da solução nutritiva ao tanque, caracterizando o sistema fechado.

Além da fertirrigação, as plantas receberam duas pulverizações foliares com adubação foliar suplementar (ALVARENGA; LOPES; GUILHERME, 2022), produto comercial Trafos Green Plus (Microquímica®, Tradecorp), e composição mineral solúvel em água: Ca 125 g kg⁻¹ e B, Mn, Mo e Zn, com valores $2,6 \times 10^4$; $1,0 \times 10^4$; 4×10^2 e 8×10^3 mg kg⁻¹, respectivamente.

As amostras referência de água do tanque de peixes, ano 2019 e 2021, foram analisadas pelo Laboratório Freitag, Timbó, Santa Catarina; e os valores do limite de quantificação (LDQ) determinados pelo cálculo sugerido no APHA (2017), Tabela 5.

Tabela 5 - Teor de nutrientes (mg L⁻¹) certificados nas amostras de água do tanque de peixes e limite de quantificação (LDQ), anos 2019 e 2021

Nutrientes	Água do tanque de peixes (mg L ⁻¹)		LDQ
	2019	2021	
N (I)	> 20	10,66	2,50
P (II)	3,66	6,21	0,013
K (III)	2,14	6,22	0,050
Ca (III)	14,55	9,73	0,059
Mg (III)	3,16	2,77	0,100
B (III)	< 0,057	< 0,057	0,057
Cu (III)	0,04	0,03	0,007
Fe (III)	0,09	0,10	0,014
Mn (III)	0,04	0,05	0,013
Zn (III)	< 0,066	< 0,066	0,066
Mo (III)	< 0,007	< 0,007	0,007

(I): Método PR-Tb-FQ 172; (II): SMWW, Método 3030 F/3120 B e (III): SMWW, Método 3030 K/3120 B.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022), conforme relatório de ensaio A_IN_72954.2021_AgB_1_1 e A_IN_72954.2021_AgB_2_1, realizado pelo Laboratório Freitag, Timbó, Santa Catarina.

No ciclo de cultivo foram coletadas amostras de água, adotando a localização por pontos cardeais [norte (N), sul (S), leste (L) e oeste (O)] como metodologia de referência na superfície do tanque de peixes. A coleta ocorreu na profundidade de 0,50 m, superfície e no centro da linha de produção. Após a coleta das amostras procedeu-se a identificação, leitura de CE, pH, aplicada a técnica de filtração lenta, utilizando papel de filtro com retenção nominal 2 micra e acidificação com ácido nítrico a 65% por 24 h (APHA, 2005). A análise do teor de nutrientes para P, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo ocorreu no laboratório de instrumentos do CAV/UDESC, e a quantificação foi realizada por espectrômetro de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado, ICP-OES (Optima® 8300, Perkin Elmer, Norwalk, EUA) e os resultados apresentados conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Teor de nutrientes (mg L^{-1}) na água do tanque de peixes, anos 2019 e 2021

Ciclo de Cultivo	Análise	2019					Micronutrientes (mg L^{-1})				
		Macronutrientes (mg L^{-1})					B ^(III)	Cu ^(III)	Fe ^(III)	Mn ^(III)	Zn ^(III)
		N ^(I)	P ^(III)	K ^(II)	Ca ^(III)	Mg ^(III)					Mo ^(III)
Transplantio até o Florescimento	Tanque Profundidade	12,00	2,17	2,80	14,35	3,64	< 0,057	< 0,007	0,08	< 0,013	< 0,066
	Tanque Superfície	11,00	2,42	2,50	15,22	3,89	< 0,057	< 0,007	0,11	< 0,013	< 0,066
	Linha de Produção	11,00	1,94	2,00	14,23	3,50	< 0,057	< 0,007	0,13	< 0,013	< 0,066
Florescimento até o início da colheita	Tanque Profundidade	10,00	1,85	3,10	20,53	2,79	< 0,057	< 0,007	0,25	< 0,013	0,07
	Tanque Superfície	10,00	1,85	2,50	11,99	2,81	< 0,057	< 0,007	0,13	< 0,013	< 0,066
	Linha de Produção	09,00	1,64	2,00	13,90	2,53	< 0,057	< 0,007	0,20	< 0,013	< 0,066
Início ao final da colheita	Tanque Profundidade	11,00	1,40	3,20	10,15	2,11	< 0,057	< 0,007	0,13	< 0,013	< 0,066
	Tanque Superfície	10,00	1,23	3,00	11,29	2,30	< 0,057	< 0,007	0,19	< 0,013	0,08
	Linha de Produção	10,00	1,39	2,00	10,12	2,13	< 0,057	< 0,007	0,20	< 0,013	< 0,066
2021											
Transplantio até o Florescimento	Tanque Profundidade	13,00	8,85	5,00	17,43	5,04	< 0,057	< 0,007	0,04	< 0,013	< 0,066
	Tanque Superfície	12,00	5,70	5,50	8,54	2,65	< 0,057	< 0,007	0,64	< 0,013	< 0,066
	Linha de Produção	08,00	4,30	5,40	6,87	2,00	< 0,057	< 0,007	0,03	< 0,013	< 0,066
Florescimento até o início da colheita	Tanque Profundidade	10,00	3,69	4,00	6,92	1,87	< 0,057	< 0,007	< 0,014	< 0,013	< 0,066
	Tanque Superfície	11,00	6,25	4,00	11,51	3,49	< 0,057	< 0,007	0,02	< 0,013	< 0,066
	Linha de Produção	11,00	6,17	4,00	11,23	3,24	< 0,057	< 0,007	0,16	< 0,013	< 0,066
Início ao final da colheita	Tanque Profundidade	10,00	6,23	3,50	11,02	3,03	< 0,057	< 0,007	< 0,014	< 0,013	< 0,066
	Tanque Superfície	10,00	4,60	4,40	7,52	2,08	< 0,057	< 0,007	0,04	< 0,013	< 0,066
	Linha de Produção	09,00	5,10	2,50	8,41	2,37	< 0,057	< 0,007	< 0,014	< 0,013	< 0,066

Os teores de B, Cu, Mn, Zn, Mo e três análises para Fe estão caracterizados com valor correspondente a LDQ, conforme Tabela 5.

^(I): Método Kjeldahl descrito por Bremner (1965); ^(II): Método fotometria de chamas descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997); ^(III): Protocolo APHA (2005) e análise por espectrometria de emissão ótica com plasma acoplado indutivamente, ICP-OES.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.2.7 Ciclo de cultivo

O ciclo do tomateiro pode ser dividido em quatro fases: (1) da semeadura ao transplante, (2) do transplante das mudas até o início do florescimento, (3) do florescimento ao início da colheita e (4) do início ao final da colheita. Dessa forma, a duração do ciclo, desde a semeadura até o final da colheita pode ser de 125 a 150 dias (MARQUELLI *et al.*, 2012; ALVARENGA, 2022).

Nos sistemas de cultivo A e B, o ciclo da cultura do tomateiro no ano 2019 foi de 221 dias, já em 2021 foi de 163 dias, realizado no período de entressafra, e sendo caracterizado em fases do ciclo, estação do ano, fases nos cultivos, datas de execução ou período e número de dias/ciclo (Quadro 2).

As plantas foram conduzidas mantendo-se uma haste principal e tutoradas por meio de estaquia vertical. Os tratos culturais como desbrota, amarro, capina e controle fitossanitário foram realizadas conforme recomendações para a cultura do tomateiro (BECKER *et al.*, 2016; BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018; NICK; SILVA; BORÉM, 2018; ALVARENGA, 2022), sendo realizadas pulverizações preventivas com fungicidas e inseticidas. Foi realizada a retirada de folhas (desfolha) até 40 cm de altura na planta nos dois sistemas de cultivo.

A poda apical ou capação, prática comum na produção de tomate com crescimento indeterminado, foi realizada nos sistemas de cultivo quando as plantas atingiram 2,30 m de altura (ALVARENGA, 2004; DELAZARI; FONTES; SILVA, 2021). Este procedimento consiste em retirada do meristema apical da haste principal, com o objetivo de limitar o crescimento e o número de cachos por planta, vislumbrando maior produção de frutos grandes (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018; NICK; SILVA; BORÉM, 2018; ALVARENGA, 2022).

Quadro 2 - Fases do ciclo de cultivo do tomateiro, estação do ano, fases nos cultivos, datas de execução ou período (data), número de dias (ciclo), nos sistemas de cultivo A e B, anos 2019 e 2021

2019							
Fases do ciclo	Estação do ano	Fases nos cultivos	Sistemas de cultivo				
			A		B		
			Data	Ciclo	Data	Ciclo	
1	Verão	Semeadura (germinação)	18/março	46	18/março	52	
		Enxertia	11/abril		11/abril		
		Aclimatação	11 a 21/abril		11 a 21/abril		
2	Outono e Inverno	Transplantio	2/maio	25	8/maio	34	
3		Florescimento - Frutificação	26/maio	99	10/junho	74	
4		Maturação e Colheita nº 1	1/setembro	51	22/agosto	61	
		Maturação e Colheita nº 2	22/setembro		15/setembro		
Primavera	Maturação e Colheita nº 3	21/outubro	21/outubro				
2021							
1	Verão	Semeadura (germinação)	18/março	51	18/março	51	
		Enxertia	15/abril		15/abril		
		Aclimatação	15 a 25/abril		15 a 25/abril		
2	Outono e Inverno	Transplantio	7/maio	18	7/maio	18	
3		Florescimento - Frutificação	25/maio	93	25/maio	93	
4		Maturação e Colheita nº 1	26/agosto	01	26/agosto	01	
		Maturação e Colheita nº 2	-		-		
Primavera	Maturação e Colheita nº 3	-	-				

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.2.8 Avaliações

Para obtenção da porcentagem de emergência (%), foram utilizadas 100 sementes de tomate, semeadas a 1 cm de profundidade em linhas dentro das bandejas (Figura 8a). A contagem das plântulas normais emergidas foi efetuada ao nono dia após a data da semeadura (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A avaliação correspondente a perda de plantas e índice de pegamento de plantas enxertadas foi realizada no período de enxertia, aos 40 DAT (transplantio até o florescimento) e 70 DAT (florescimento ao início da colheita), caracterizando três

estádios de desenvolvimento das plantas. A análise ocorreu por meio da contagem do número de plantas com pegamento de enxertia em relação ao número total de plantas.

Foi realizada a avaliação de incompatibilidade de enxertia (IE, em mm) por meio da medição do diâmetro da haste do porta-enxerto (DPE; 2,0 cm abaixo do ponto de enxertia, em mm), do ponto de enxertia (DPOE, em mm) e do enxerto (DE; 2,0 cm acima do ponto de enxertia, em mm), no sentido longitudinal à linha de cultivo, com paquímetro digital IP54 150 mm/6", exatidão $\pm 0,02$ mm (ZAAS® Precision) (Figura 8c). As informações relacionadas a IE foram coletadas aos 40 e 70 DAT e estimada segundo Zeist (2015), pela fórmula (2):

$$IE = \frac{(DPE - DE) + \frac{(DPOE - DE) + (DPOE - DPE)}{2}}{2} \quad 2$$

A análise do índice SPAD nos genótipos de tomateiros foi realizada com o medidor portátil de clorofila SPAD (*Soil-Plant Analysis Development*), aos 40 e 70 DAT. O equipamento mede a transmissão de luz vermelha a 650 nm, quando ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila, e de luz infravermelha, a 940 nm sem absorção. Com base nesses valores, o instrumento calcula o valor ou índice SPAD, o qual é altamente correlacionado com o teor de clorofila (SILVEIRA; BRAZ; DIDONET, 2003). Para a determinação do índice SPAD foram realizadas leituras nos folíolos (Figura 8b), da segunda [SPAD(2F)], quarta [SPAD(4F)], sexta [SPAD(6F)] e oitava [SPAD(8F)] folha a partir do ápice, em todas as plantas, e de posse destas informações foi caracterizado o índice SPAD por planta (LICHTENTHALER, 1987; CHAPMAN; BARRETO, 1997; SCHUELTER *et al.*, 2003). As amostragens foram realizadas preferencialmente no período da manhã, entre 8 e 10 h (COLTMAN, 1987).

As trocas gasosas foram determinadas com equipamento portátil de medidas de fotossíntese (IRGA, “Infrared Gas Analyzer”, modelo LI6400XT, LI-COR Biosciences Inc., Lincon, Nebraska, USA), avaliando-se a taxa de assimilação líquida de CO₂ [A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)], condutância estomática [g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)], taxa de transpiração [E ($\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)], relação entre concentração intercelular e concentração atmosférica de CO₂ [$C_i C_a^{-1}$ ($\mu\text{mol } \mu\text{mol}^{-1} \text{ de CO}_2$)], rendimento quântico efetivo do fotossistema II (*PS II*) e taxa aparente de transporte de elétrons [ETR ($\mu\text{mol eletrons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)]. As avaliações, no ano 2019 foram realizadas em folhas

completamente expandidas, localizadas no terço médio, obtendo-se as medidas próximo ao meio-dia (11 horas), realizando-se três avaliações ao longo do ciclo, quinzenalmente, após o início da floração (Figura 8d).

Figura 8 - Avaliação da emergência de plântulas e características morfofisiológicas

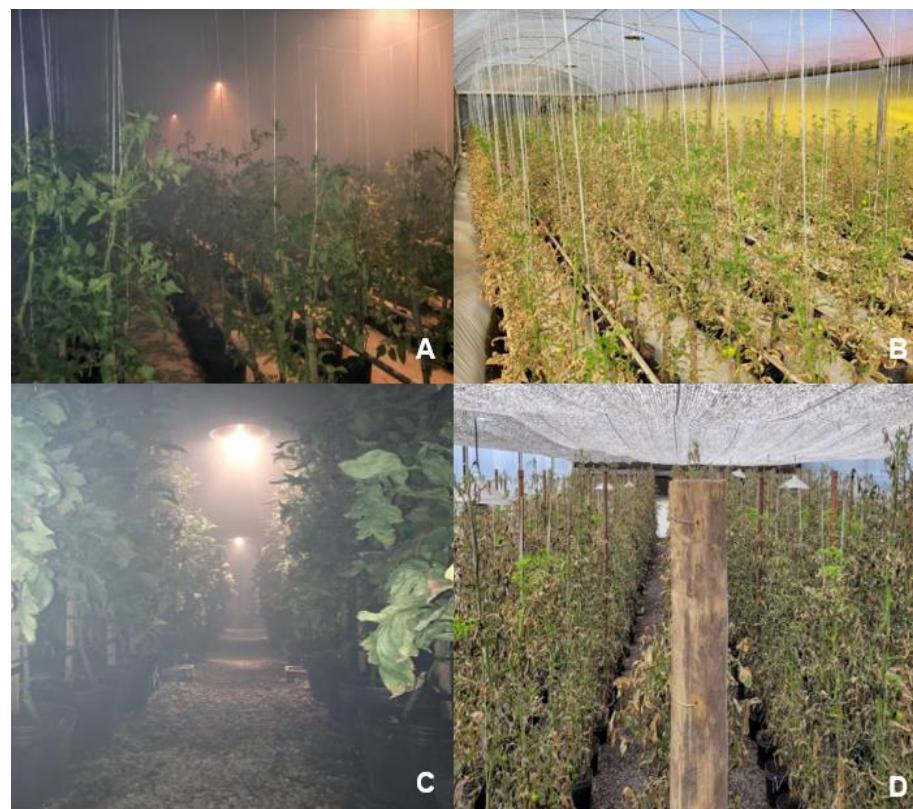


A: emergência de plântulas; B: avaliação do índice SPAD; C: medição do diâmetro do ponto de enxertia para cálculo da incompatibilidade de enxertia [IE (mm)] e D: análise de trocas gasosas (IRGA).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A avaliação de trocas gasosas no ano 2021 foi comprometida em função do inverno rigoroso (Figura 2 e 3). Técnicas como aquecimento artificial com o uso de fogo e fumaça (CAMARGO, 1963), nos sistemas de cultivo A e B, vislumbrando equilibrar a temperatura entre 5 e 10 °C, foram utilizadas, mas não foram suficientes para mitigar os danos causados pelo frio resultando em perda significativa de área foliar (Figura 9).

Figura 9 - Uso do fogo e fumaça para mitigar os danos causados pelo frio intenso



A: uso do fogo e fumaça no sistema de cultivo B; B: perda de área foliar nas plantas do sistema de cultivo B; C: uso do fogo e fumaça no sistema de cultivo A e D: perda de área foliar nas plantas do sistema de cultivo A.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

5.2.9 Delineamento experimental e análise estatística dos dados

Em ambos os experimentos foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2×3 [2 enxertos – ‘Anjico’ e ‘Santa Clara’ – e 2 porta-enxertos, ‘Guardião’ e ‘Green Power’, além de pé franco], sendo 5 blocos e 8 plantas por bloco.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e a análise de contrastes lineares ($p<0,05$) com o software *Statistical Analysis System* (SAS, 2009), para: a) ‘enxertia’ x ‘pé franco’; b) ‘Guardião’ x ‘Green Power’; e c) ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Temperatura do ar e umidade relativa do ar nos sistemas de cultivo A e B

No período de 18 de março a 21 de outubro de 2019 e 18 de março a 26 de agosto de 2021, avaliou-se a temperatura e UR, e a descrição das informações segue conforme as fases do ciclo de cultivo.

Com relação às fases de semeadura, enxertia e aclimatação, a T1 foi 24,4 °C, corroborando com a T2 (Figura 2) alternando entre 16 e 29 °C (DUARTE *et al.*, 2011; BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018; NICK; SILVA; BORÉM, 2018, MELLO; TONHATI, 2022).

Nas fases de transplantio, floração e colheitas, não foi possível controlar a T1 conforme recomendação de T2, principalmente no ano de 2021, onde o período de inverno foi muito rigoroso com temperaturas abaixo de 0 °C por alguns dias, mesmo assim a Tmed observada foi 18 °C, corroborando com Puiatti e Finger (2021), que afirmam a temperatura entre 18 e 30 °C como ideal para o cultivo do tomateiro. No entanto, por se tratar de um trabalho em época de entressafra (outono - primavera), os sistemas de cultivo A e B, registraram Tmed abaixo de 15 °C em algumas semanas.

As oscilações da temperatura e UR foram determinantes para o aparecimento de doenças em plantas com e sem enxertia, demonstrando distúrbios fisiológicos, como a abscisão de flores e o enrolamento de folíolos (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018; DELAZARI; FONTES; SILVA, 2021). Diante deste contexto, o manejo fitossanitário, irrigação, ventilação e circulação de pessoas foi revisado com intuito de manter o ambiente de cultivo em melhores condições de temperatura e UR, e assim, não comprometer a produtividade dos cultivos.

Segundo Brandão Filho *et al.* (2018) e Alvarenga (2022), baixas temperaturas podem exercer efeitos negativos no desenvolvimento das plantas como: menor crescimento, encurtamento dos entrenós, redução na quantidade de flores e frutos, bem como polinização deficiente. A melhor faixa de temperatura para fixação de frutos de tomate está entre 13 e 18 °C, noturna, e de 19 a 25 °C, diurna (DUARTE *et al.*, 2011). No entanto, Becker *et al.* (2016) e Mello e Tonhati (2022) reconhecem que a faixa ótima de temperatura para maximizar a frutificação efetiva, é de 14 a 17 °C,

noturna, e de 19 a 24 °C, diurna. Logo, temperaturas noturnas abaixo de 10 °C e superiores a 20 °C prejudicam a frutificação da cultura.

Em análise da T1 nos sistemas de cultivo A e B em relação a T3, após a fase de aclimatação até o final do ciclo de cultivo, observou-se a elevação da temperatura em $\pm 2,6$ °C (Figura 2). O modelo de estufa com teto em arco, janela evaporadora e sistema de exaustão, adotado para os trabalhos de pesquisa com tomateiro em altitude de 662 m, foi fundamental para manter o microclima favorável ao cultivo na entressafra, pois segundo Delazari, Fontes e Silva (2021), a temperatura também decresce com o aumento da altitude, normalmente em cerca de 6 a 10 °C a cada 1000 metros de elevação em relação ao nível do mar.

As informações de temperatura (Figura 2) relacionadas aos cultivos em ambiente protegido são relevantes, para as plantas com e sem enxertia, pois diante de condições climáticas adversas, contribuiu para o atendimento das necessidades térmicas da cultura do tomateiro (DUARTE *et al.*, 2011; BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018; NICK; SILVA; BORÉM, 2018), bem como na manutenção da temperatura do substrato (sistema de cultivo A) e na água (sistema de cultivo B).

A temperatura do substrato no sistema de cultivo A é muito importante para o crescimento das raízes, pois quando inferior a 11 °C retardam o desenvolvimento do sistema radicular, podendo ocasionar a morte das plantas, principalmente por afetar diretamente a absorção de água, nutrientes e a síntese de reguladores de crescimento (NICK; SILVA; BORÉM, 2018; MELLO; TONHATI, 2022).

Enquanto no sistema de cultivo B, a temperatura é um parâmetro significativo, não só para o crescimento das bactérias nitrificantes, mas para a aquaponia em geral, apresentando melhor resposta na faixa de temperatura entre 18 e 30 °C (SOMERVILLE *et al.*, 2014; REYES-FLORES *et al.*, 2016). Em 2021, especificamente nas fases de transplantio, floração e colheita, a Tmed durante alguns dias apresentou valores abaixo de 0 °C, o que refletiu em perda de ± 50 kg de peixes no tanque. Mesmo diante desta adversidade climática a Tmed foi 18 °C, atendendo as recomendações para o cultivo (DUARTE *et al.*, 2011; BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018; NICK; SILVA; BORÉM, 2018), e contribuindo também para adaptação das espécies de peixes, cujo intervalo de temperatura para a sobrevivência é de 4 até 34 °C (SOMERVILLE *et al.*, 2014).

Os níveis adequados de UR para o cultivo do tomateiro oscilam entre 50 e 80% (BECKER *et al.*, 2016; BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018; MELLO; TONHATI, 2022). No entanto, para as fases de enxertia e aclimatação (sistemas de cultivo A e B), o valor médio da UR1 foi 83,3%, enquanto a UR2 foi caracterizada com valor médio de 70% (Figura 3) no ciclo de cultivo. No período foi necessário manter o manejo no cultivo com UR1 alta, para que o procedimento de enxertia e pegamento de plantas não fosse prejudicado com a perda de turgidez (PEIL, 2003; NICK; SILVA; BORÉM, 2018). Martins *et al.* (1999) afirmam que valores de UR entre 70 e 80%, favorecem a translocação dos produtos assimilados.

Nas fases de transplantio, floração e colheitas, a UR apresentou valor médio para o sistema de cultivo A, com UR1 de 90,9%; e para o sistema de cultivo B, a UR1 foi de 86,6%, corroborando com Reyes-Flores *et al.* (2016). Os registros da UR1 (sistemas de cultivo A e B) em altitude de 662 m foram maiores que as UR2. Silva *et al.* (2007) demonstraram que o tomateiro pode ser cultivado o ano todo em altitude entre 500 e 900 m. Os valores de UR1 foram superiores a 80% (Figura 2), nesse sentido, a literatura recomenda atenção no manejo fitossanitário, pois oscilações frequentes e/ou valores de UR elevados por longo período podem contribuir para problemas fitossanitários, perda da qualidade dos frutos, e uma maior produção de frutos com coloração irregular e rachados (BECKER *et al.*, 2016; MELLO; TONHATI, 2022).

Os sistemas de cultivo A e B apresentaram melhor resposta na fase 1 do ciclo de cultivo, como, por exemplo, no controle da temperatura. Nas fases 2 e 3, o cultivo em ambiente protegido e o uso da técnica de enxertia em hortaliças com material vegetal resistente, promoveram respostas satisfatórias para manter a UR1 abaixo da UR3 (PURQUERIO; TIVELLI, 2006) e auxiliar no controle fitossanitário (LOOS; CALIMAN; SILVA, 2009).

De acordo com os resultados, não foram identificadas perdas de plantas em função da temperatura e UR no ambiente de cultivo. A temperatura entre 16 e 29 °C (DUARTE *et al.*, 2011) e UR entre 50 e 80% são consideradas adequadas para o cultivo do tomateiro (BECKER *et al.*, 2016; BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018; MELLO; TONHATI, 2022).

5.3.2 Compatibilidade de enxertia em plantas de tomateiro nos sistemas de cultivo A e B

O índice de pegamento de plantas enxertadas foi considerado relevante para todos os tratamentos, conferindo um aproveitamento de 100%. O resultado indica que os genótipos e as condições em que a enxertia foi realizada favoreceram a sequência de eventos morfogênicos, resultando no pegamento do enxerto, corroborando com outros trabalhos realizados (CARDOSO *et al.*, 2006; SIMÕES *et al.*, 2014; ZEIST, 2015; ARAÚJO, 2017). Igualmente, o índice de pegamento de 100% entre os tratamentos pode ser atribuído à habilidade do profissional que realizou a enxertia, uma vez que todas as mudas foram produzidas sob as mesmas condições ambientais e pela mesma modalidade e tipo de enxertia (SIRTOLI, 2010; GALVÃO, 2011).

O procedimento de enxertia na modalidade garfagem de topo à inglesa simples (SILVA, 2016; ARAÚJO, 2017) apresentou boa conexão entre porta-enxerto/enxerto, tornando-o mais adequado para solanáceas (PEIL, 2003; FARIAZ *et al.*, 2013). Lee *et al.* (2010) corroboraram que o método de enxertia por encostia é considerado adequado, em situações em que as plantas enxertadas são submetidas a condições adversas de temperatura, o que foi demonstrado durante o ciclo de cultivo (Figura 2).

A produção de tomateiro em ambiente protegido com plantas enxertadas não se configura como prática consolidada na região, porém em constante evolução e conforme dados da pesquisa, pode-se afirmar que os resultados foram satisfatórios. Segundo Eloi, Duarte e Soares (2007) a tomaticultura sob ambiente protegido é uma atividade promissora, sobretudo nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, nas quais o cultivo se dá mediante o uso frequente da fertirrigação.

Costa (2012) afirma que a característica IE é determinada pela relação entre os diâmetros do enxerto e do porta-enxerto, onde os valores próximos de 1 (um) caracterizam melhor compatibilidade, traduzida em uma melhor conexão do sistema vascular. Peil (2003) e Farias *et al.* (2013) afirmam que quanto maior a afinidade botânica e o grau de parentesco entre enxerto e porta-enxerto, maior a probabilidade de êxito no procedimento de enxertia. No entanto, os conceitos correspondentes a compatibilidade e incompatibilidade ainda não estão bem definidos, sendo assim, podendo caracterizar compatibilidade, como a capacidade de uma planta enxertada conseguir com êxito, uma união e desenvolvimento como uma única planta; e a

incompatibilidade, como a falta total ou parcial de sobrevivência de mudas enxertadas (MIGUEL, 1997; GOTO; SANTOS; CAÑIZARES, 2003; SIMÕES *et al.*, 2014).

Para a característica IE no sistema de cultivo A, apenas houve diferença para os porta-enxertos ‘Green Power x Guardião na cultivar Santa Clara’, ano 2019, quantificada aos 40 DAT (Tabela 7). O tratamento ‘Green Power/Santa Clara’ aos 40 DAT registrou valor de IE de 1,37 mm, e diferente de Zeist (2015) que obteve valor de IE > 2,03 mm, conferindo melhor cicatrização no ponto de enxertia. Já no ano de 2021 o valor de IE foi 1,53 mm, porém não apresentando diferença. O resultado pode estar relacionado ao diâmetro (mm) adequado nas hastes dos genótipos, no ponto de conexão da enxertia, bem como a melhor conexão vascular entre o híbrido ‘Green Power’ e o cv. Santa Clara. Rodrigues *et al.* (2001) e Martínez-Ballesta *et al.* (2010) afirmam que a conexão vascular entre porta-enxerto/enxerto pode interferir em vários processos fisiológicos na planta. Diante do exposto, o porta-enxerto sinaliza melhor desenvolvimento das plantas sensíveis à baixa temperatura no período de entressafra. Segundo Li *et al.* (2014), o resultado pode estar relacionado ao aumento na concentração de enzimas antioxidantes e de estresse da planta.

O tratamento ‘Guardião/Santa Clara’ apresentou valor de IE 1,74 mm considerado alto em relação aos demais tratamentos avaliados em 40 DAT (Tabela 7). A combinação porta-enxerto/enxerto pode ter apresentado problemas de cicatrização no ponto de enxertia em consequência da diferença do diâmetro (mm) nas hastes do porta-enxerto/enxerto, bem como a característica de baixo/médio vigor que o híbrido Guardião apresenta. Conforme Torii *et al.* (1992) a cicatrização e o desenvolvimento inicial das plantas pode ser afetado quando ocorre conexão insuficiente dos feixes vasculares entre porta-enxerto/enxerto, prejudicando a absorção e fluxo de água, nutrientes e demais compostos (Tabela 7).

A IE no sistema de cultivo B, ano de 2019, quantificada aos 40 e 70 DAT, não apresentou diferenças entre os contrastes ‘Green Power’ x ‘Guardião’, ‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Anjico’ e ‘Green Power’ x ‘Guardião’ em ‘Santa Clara’ (Tabela 8). No entanto, o resultado mostra boa compatibilidade entre porta-enxerto/enxerto, corroborando com valores de IE 0,98 mm da literatura (SIMÕES *et al.*, 2014).

Na pesquisa foram utilizados porta-enxertos pertencentes a mesma espécie da variedade enxertada *Solanum lycopersicum* (Tabela 7 e 8).

Tabela 7 - Incompatibilidade de enxertia (IE) dos materiais vegetais enxertados, aos 40 e 70 DAT, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019	
		40 DAT	IE (mm) 70 DAT
Green Power	Anjico	1,63	1,62
Green Power	Santa Clara	1,37	1,95
Guardião	Anjico	1,31	1,32
Guardião	Santa Clara	1,74	1,92
Média		1,51	1,70
CV (%)		16,95	20,60
Green Power x Guardião		ns	ns
Green Power x Guardião em Anjico		ns	ns
Green Power x Guardião em Santa Clara		*	ns
2021			
Green Power	Anjico	2,05	2,36
Green Power	Santa Clara	1,53	1,90
Guardião	Anjico	1,74	2,50
Guardião	Santa Clara	1,76	2,17
Média		1,77	2,23
CV (%)		20,85	15,56
Green Power x Guardião		ns	ns
Green Power x Guardião em Anjico		ns	ns
Green Power x Guardião em Santa Clara		ns	ns

*: significância estatística a 5% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 8 - Incompatibilidade de enxertia (IE) dos materiais vegetais enxertados, aos 40 e 70 DAT, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019	
		40 DAT	IE (mm) 70 DAT
Green Power	Anjico	0,91	0,88
Green Power	Santa Clara	0,89	0,97
Guardião	Anjico	0,81	0,85
Guardião	Santa Clara	0,94	1,27
Média		0,89	0,99
CV (%)		32,66	26,42
Green Power x Guardião		ns	ns
Green Power x Guardião em Anjico		ns	ns
Green Power x Guardião em Santa Clara		ns	ns
2021			
Green Power	Anjico	1,39	1,94
Green Power	Santa Clara	1,32	1,80
Guardião	Anjico	1,71	2,40
Guardião	Santa Clara	1,68	2,14
Média		1,52	2,07
CV (%)		22,38	21,25
Green Power x Guardião		*	ns
Green Power x Guardião em Anjico		ns	ns
Green Power x Guardião em Santa Clara		ns	ns

*: significância estatística a 5% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

No ano de 2021, aos 40 DAT, o contraste ‘Green Power’ x ‘Guardião’ apresentou diferença com melhor resultado para o porta-enxerto ‘Green Power’, registrando para os tratamentos ‘Green Power/Anjico’ e ‘Green Power/Santa Clara’ valores de IE 1,39 e 1,32 mm, respectivamente (Tabela 8). O material vegetal de médio vigor se adaptou as condições edafoclimáticas, conferindo porcentagem de germinação acima de 98% (Tabela 3) e bom desenvolvimento de sistema radicular (Figura 4). Igualmente, a boa combinação entre porta-enxerto/enxerto pode motivar melhor absorção, translocação de nutrientes e água (SIRTOLI *et al.*, 2008; LIU *et al.*, 2014; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ *et al.*, 2014).

5.3.3 Índice SPAD em plantas de tomateiro nos sistemas de cultivo A e B

Para o índice SPAD quantificado aos 40 DAT, no sistema de cultivo A, em ambos os anos, o contraste ‘Angico’ x ‘Santa Clara’ apresentou diferença (Tabela 9). O enxerto ‘Anjico’ apresentou índice SPAD de 15,3% em 2019 e 20,5% em 2021, maior em relação ao cv. Santa Clara. Os tratamentos ‘Guardião/Anjico’ e ‘Green Power/Anjico’ apresentaram índice SPAD (18,5%), maior em relação aos demais tratamentos enxertados.

Para o índice SPAD quantificado aos 70 DAT, em 2019, o contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’, e 2019 e 2021 o contraste ‘Angico’ x ‘Santa Clara’ apresentaram diferença (Tabela 9). Em 2019 as plantas enxertadas mostraram índice SPAD (10,6%), maior em relação às plantas de pé franco. Diante do exposto, os tratamentos ‘Guardião/Anjico’ e ‘Green Power/Anjico’ mostraram índice SPAD (17,4%), maior em relação aos demais tratamentos enxertados. Em 2019 e 2021 o enxerto ‘Anjico’ registrou valor médio no índice SPAD (13,8%) maior em relação ao enxerto cv. Santa Clara. Pressupõe-se que, para o índice SPAD, os porta-enxertos ‘Green Power’ e ‘Guardião’ unidos ao enxerto ‘Anjico’ demonstraram melhor adaptação as condições edafoclimáticas (Figura 2 e 3), desenvolvimento de sistema radicular (Figura 4), e de crescimento de plantas em função da combinação entre porta-enxerto/enxerto.

Os resultados podem estar relacionados a maior absorção de N, satisfatória regeneração dos tecidos, proliferando tecido vascular novo a partir do xilema e floema secundário, favorecendo o desenvolvimento vegetativo e rendimento fotossintético da planta enxertada (MARTÍNEZ-BALLESTA *et al.*, 2010; SIRTOLI *et al.*, 2011).

Tabela 9 - Índice SPAD em folhas dos materiais vegetais, com e sem enxertia, aos 40 e 70 DAT do sistema de cultivo A, anos 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019	
		SPAD 40 DAT	SPAD 70 DAT
Green Power	Anjico	37,9	44,1
Green Power	Santa Clara	30,4	36,3
Guardião	Anjico	37,5	44,5
Guardião	Santa Clara	30,5	36,9
Pé franco	Anjico	34,2	37,4
Pé franco	Santa Clara	32,1	34,9
Média		33,7	39,0
CV (%)		3,5	4,4
Enxertia x Pé franco		ns	***
Green Power X Guardião		ns	ns
Anjico x Santa Clara		***	***
2021			
Green Power	Anjico	40,7	39,7
Green Power	Santa Clara	32,9	32,6
Guardião	Anjico	40,3	37,4
Guardião	Santa Clara	33,9	32,7
Pé franco	Anjico	41,3	39,2
Pé franco	Santa Clara	30,5	32,3
Média		36,6	35,7
CV (%)		7,2	5,8
Enxertia x Pé franco		ns	ns
Green Power X Guardião		ns	ns
Anjico x Santa Clara		***	***

***: significância estatística a <1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O uso de porta-enxertos adequados pode conferir tolerância a altas e baixas temperaturas (MARTINEZ-RODRIGUEZ *et al.*, 2008), resistência às mudas de plantas (GILARDI; GULLINO; GARIBALDI, 2013) e aumento de vigor da planta (VILELA, 2016).

Os tratamentos ‘Guardião/Anjico’ e ‘Green Power/Anjico’ registraram maior valor com relação ao índice SPAD em 2019 e 2021 (Tabela 9). Os resultados também podem estar relacionados a adaptação dos tratamentos ao manejo da fertirrigação durante o ciclo de cultivo, onde as soluções nutritivas apresentaram doses de N diferentes conforme o manejo nutricional e consequentemente o valor do índice SPAD mais alto. Ferreira *et al.* (2006), em análise do índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de N e da adubação orgânica (outono - primavera), observaram que os valores obtidos com o medidor SPAD e os teores de clorofila aumentaram em função das doses de N.

Para o índice SPAD no sistema de cultivo B, quantificado aos 40 e 70 DAT, os contrastes ‘enxertia’ x ‘pé franco’ e ‘Angico’ x ‘Santa Clara’, em 2019 e 2021,

apresentaram diferenças (Tabela 10). Em 2019 e 2021, o índice SPAD quantificado aos 70 DAT, apresentou redução no valor da média em alguns tratamentos quando comparado com a avaliação aos 40 DAT (Tabela 10).

Tabela 10 - Índice SPAD em folhas dos materiais vegetais, com e sem enxertia, aos 40 e 70 DAT no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019	
		40 DAT	SPAD 70 DAT
Green Power	Anjico	48,1	44,2
Green Power	Santa Clara	36,3	34,8
Guardião	Anjico	46,6	44,4
Guardião	Santa Clara	37,0	35,4
Pé franco	Anjico	43,2	41,8
Pé franco	Santa Clara	36,1	34,2
Média		41,2	39,2
CV (%)		5,6	5,2
Enxertia x Pé franco		*	*
Green Power x Guardião		ns	ns
Anjico x Santa Clara		***	***
2021			
Green Power	Anjico	42,1	42,3
Green Power	Santa Clara	34,8	32,9
Guardião	Anjico	44,1	44,1
Guardião	Santa Clara	34,4	33,1
Pé franco	Anjico	41,7	40,5
Pé franco	Santa Clara	29,9	29,7
Média		37,8	37,2
CV (%)		5,3	5,9
Enxertia x Pé franco		**	**
Green Power x Guardião		ns	ns
Anjico x Santa Clara		***	***

*: significância estatística a 5%; **: significância estatística a 1%; ***: significância estatística a < 1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A redução no índice SPAD pode estar relacionada com a perda de área foliar causada pela doença ‘requeima’ identificada nas plantas de tomateiro e estádio fenológico das plantas. A doença causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* afeta preferencialmente os tecidos mais jovens da planta, podendo se manifestar em folhas, hastes, inflorescências e frutos (COSTA; VENTURA, 2010; BECKER *et al.*, 2016). Os primeiros sintomas aparecem nas folhas, com manchas grandes de aparência úmida, favorecidos por condições de ambiente com Tmed acima de 25 °C e mínima abaixo de 7 °C, UR > 85% (Figura 2 e 3) e ocorrência de molhamento foliar (BECKER *et al.*, 2016). Devido à rápida evolução da doença, principalmente em condições favoráveis, o produtor não pode ser negligente na adoção de medidas de controle, sob pena de

perda total da produção, em questão de dias (ALVARENGA, 2013). No entanto, alguns trabalhos afirmam que o estádio anatômico e morfológico das folhas, o estádio fenológico das plantas, parâmetros de qualidade da água, espécies de peixes utilizadas no policultivo, condições climáticas e manejo do sistema, configuram outros importantes fatores que irão governar a relação entre os teores de nutrientes e clorofila (PALIWAL; KARUNAICHAMY, 1995; ROOSTA; HAMIDPOUR, 2011; CARNEIRO *et al.*, 2015; BITTSANSZKY *et al.*, 2016; PATTILLO *et al.*, 2020). Outrossim, em trabalho com tomateiro em cultivo protegido, foram observados resultados semelhantes ao sistema de cultivo B, onde o decréscimo no teor de clorofila ao longo do ciclo produtivo da cultura foi proporcional ao decréscimo da capacidade fotossintética das plantas, o que se deveu à diminuição no teor da ribulose bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), a proteína mais amplamente distribuída no reino vegetal nas folhas (XU *et al.*, 1997).

Os tratamentos com plantas enxertadas quantificados aos 40 e 70 DAT, em 2019, apresentaram índice SPAD de 5,5 e 4,2%, e em 2021, mostraram índice SPAD de 7,9 e 8,4%, respectivamente, sendo considerado maior em relação às plantas de pé franco. O enxerto ‘Anjico’, quantificado aos 40 e 70 DAT, apresentou valor médio para o índice SPAD (22,5%), maior em relação ao cv. Santa Clara.

Os resultados para SPAD no sistema de cultivo B (Tabela 10) apresentam divergência com relação aos resultados obtidos por Pattillo *et al.* (2020), que asseveram valor médio para SPAD de $54,5 \pm 0,9$, em ‘sistema de cultivo aquapônico com efluente de aquicultura’. No entanto, o enxerto ‘Anjico’, com e sem enxertia, apresentou valor de índice SPAD entre 40,5 e 48,1, corroborando com informações em literatura (FERREIRA *et al.*, 2006; PATTILLO *et al.*, 2020).

As informações do sistema de cultivo B corroboram com o sistema de cultivo A, onde plantas enxertadas e o material vegetal ‘Anjico’ demonstraram diferença para SPAD em relação às plantas de pé franco e o cv. ‘Santa Clara’. O uso de plantas enxertadas modifica vários processos fisiológicos na planta de tomateiro, como absorção e translocação de nutrientes (SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ *et al.*, 2014), e pode resultar em plantas mais vigorosas (COHEN *et al.*, 2012).

5.3.4 Trocas gasosas em plantas de tomateiro nos sistemas de cultivo A e B

No sistema de cultivo A, as variáveis de taxa de assimilação líquida de CO₂ (*A*), rendimento quântico efetivo do fotossistema II (*PS II*), taxa aparente de transporte de elétrons (*ETR*) e taxa de transpiração apresentaram diferença para o contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’ (Tabela 11). As plantas enxertadas mostraram maior valor para as seguintes variáveis: *A* 34,2%, *E* 18,1%, *PS II* 30,4%, *ETR* 26,1%, em relação às plantas de pé franco. No entanto, o tratamento com planta enxertada ‘Green Power/Santa Clara’ apresentou *A* de 7,72 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹, *E* de 3,05 µmol H₂O m⁻² s⁻¹, *PS II* de 0,21 e *ETR* de 86,92 µmol eletrons m⁻² s⁻¹, caracterizando os menores valores em relação a todos os tratamentos com enxertia (Tabela 11).

Tabela 11 - Taxa de assimilação líquida de CO₂ (*A*), condutância estomática (*g_s*), relação entre concentração intercelular e concentração atmosférica de CO₂ (*C_i C_a⁻¹*), taxa de transpiração (*E*), rendimento quântico efetivo do fotossistema II (*PS II*), taxa aparente de transporte de elétrons (*ETR*) dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo A, ano de 2019

Porta-enxerto	Enxerto	<i>A</i> (µmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	<i>g_s</i> (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	<i>C_i C_a⁻¹</i> (µmol µmol ⁻¹ de CO ₂)
Green Power	Anjico	9,66	0,28	0,84
Green Power	Santa Clara	7,72	0,29	0,85
Guardião	Anjico	8,88	0,29	0,86
Guardião	Santa Clara	8,55	0,33	0,85
Pé franco	Anjico	5,38	0,23	0,85
Pé franco	Santa Clara	6,06	0,25	0,86
Média		7,71	0,28	0,85
CV (%)		15,76	41,06	4,60
Enxertia x Pé franco		***	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	ns	ns
		<i>E</i> (µmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	<i>PS II</i>	<i>ETR</i> (µmol eletrons m ⁻² s ⁻¹)
Green Power	Anjico	3,30	0,25	106,91
Green Power	Santa Clara	3,05	0,21	86,92
Guardião	Anjico	3,53	0,23	96,38
Guardião	Santa Clara	3,39	0,23	95,34
Pé franco	Anjico	2,51	0,16	68,87
Pé franco	Santa Clara	2,92	0,17	73,57
Média		3,12	0,21	88,00
CV (%)		22,36	12,71	12,42
Enxertia x Pé franco		*	***	***
Green Power x Guardião		ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	ns	ns

*: significância estatística a 5%; **: significância estatística a < 1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Pressupõe-se que a combinação dos genótipos ‘Green Power/Santa Clara’ apresentou dificuldades na absorção e fluxo de água, nutrientes e adaptação das plantas após a fase de floração no cultivo de entressafra. Conforme Torii *et al.* (1992), a absorção e fluxo de água, nutrientes e demais compostos pode ser afetada após o processo de cicatrização no ponto de enxertia. Destaque para os fatores abióticos (temperatura e UR), cujas variáveis não foram atendidas conforme recomendação técnica para o cultivo durante o ciclo na entressafra, o que de certa forma pode ter influenciado os processos de fotossíntese e de respiração, a transpiração, as atividades enzimáticas, a permeabilidade das membranas celulares e a velocidade das reações químicas conforme registro em literatura (LUCCHESI, 1987; DENG *et al.*, 2017; DELAZARI; FONTES; SILVA, 2021).

A luz apresenta influência no desenvolvimento de plantas em sua fisiologia, desenvolvimento e diferenciação celular nos tecidos, por meio do processo fotossintético (DENG *et al.*, 2017). Para Pimentel *et al.* (2011) a taxa fotossintética depende da radiação solar, corroborando com Lopes e Lima (2015), quando afirmam que o efeito da diminuição da luz na taxa de crescimento da cultura do feijoeiro refletiu o decréscimo da A, que não é totalmente compensado pelo incremento na área foliar. Delazari, Fontes e Silva (2021) registram que, sob baixa intensidade luminosa, a fotossíntese pode ocorrer, todavia é negligenciável para plantas de sol.

O sistema de cultivo A registrou valor médio de DFFFA 791,65 µmol fôtons m⁻² s⁻¹ no ambiente interno e 1207,50 µmol fôtons m⁻² s⁻¹ no ambiente externo (Tabela 1). As informações coletadas não configuraram o valor de DFFFA ideal para o cultivo de tomateiro, já que a maioria das plantas é saturada com intensidade luminosa menor que 2000 µmol fôtons m⁻² s⁻¹ (NICK; SILVA; BORÉM, 2018). No entanto, em muitas plantas C₃, a saturação da fotossíntese é alcançada entre 1000 a 1500 µmol fôtons m⁻² s⁻¹ (PUIATTI; FINGER, 2021), enquanto Pimentel *et al.* (2011) asseveram ser entre 800 à 1000 µmol fôtons m⁻² s⁻¹. Em contrário aos registros na literatura, Rocha (2007), trabalhando com tomateiro, registrou fotossíntese mais eficiente entre 477 e 517 µmol fôtons m⁻² s⁻¹; mesmo assim, pressupõe-se que os valores de DFFFA (Tabela 1) podem ter influenciado nos tratamentos de pé franco e ‘Green Power/Santa Clara’, atribuindo valor menor para a variável A.

A temperatura é fator importante para fixação de CO₂ pelas plantas C₃, sendo adequada a 20 °C (LOPES; LIMA, 2015), e para plantas de tomateiro entre 25 e 30

°C (ALMEIDA, 2006). A temperatura afeta também outras reações na planta, envolvendo a absorção mineral e o transporte de assimilados, as quais ocorrem diuturnamente (ANDRIOLI, 2000; BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018; NICK; SILVA; BORÉM, 2018; MELLO; TONHATI, 2022). Quando a temperatura noturna cai para valores abaixo de 18 °C, a velocidade dessas reações diminui, reduzindo também o transporte de fotoassimilados sintetizados durante o dia, sendo retomado, somente, no dia seguinte quando a temperatura se eleva novamente, alterando a partição e fixação de matéria seca na planta (CALIMAN *et al.*, 2005).

O tratamento ‘Green Power/Anjico’ apresentou *A* de 9,66 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹, *E* de 3,30 µmol H₂O m⁻² s⁻¹, *PS II* de 0,25 e *ETR* de 106,91 µmol elétrons m⁻² s⁻¹ (Tabela 11). Os resultados para o índice SPAD (sistema de cultivo A aos 70 DAT, no ano 2019 e no sistema de cultivo B aos 40 e 70 DAT, em 2019 e 2021) e de trocas gasosas foram significativos em relação a todos os tratamentos enxertados. Cabe destacar as características de médio vigor e bom sistema radicular do híbrido ‘Green Power’, que combinado com o enxerto ‘Anjico’, pressupõe-se melhor adaptação edafoclimática. Outro ponto importante está relacionado à adaptação das plantas ao manejo da solução nutritiva na fertirrigação com a concentração iônica em equilíbrio (valor de média CE = 1,84 mS cm⁻¹ no ciclo de cultivo), corroborando com informações em literatura (HOCHMUTH, 1995; RAIJ *et al.*, 1996; TAVEIRA, 2000; KEMIRA GROWHOW, 2004; YARA, 2019).

A *E* é um importante componente do balanço de energia e de água em sistemas de cultivo, sendo essencial em ambiente protegido para o controle do microclima interno à instalação, bem como da fertirrigação (KATSOULAS; KITTAS; BAILLE, 2001; STEIDLE NETO; ZOLNIER; MARQUELLI, 2010).

O tratamento ‘Guardião/Anjico’ mostrou valores para *A* de 8,88 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹, *E* de 3,53 µmol H₂O m⁻² s⁻¹, *PS II* de 0,23 e *ETR* de 96,38 µmol eletrons m⁻² s⁻¹ (Tabela 10). A combinação do porta-enxerto ‘Guardião’ com o enxerto ‘Anjico’, apesar de não ter apresentado diferença para variável *E* entre os contrastes, registrou boa conexão no ponto de enxertia e compatibilidade. Igualmente, caracterizou plantas com boa adaptação edafoclimática e com respostas significativas nas variáveis de índice SPAD e trocas gasosas para o cultivo de tomateiro no período de entressafra.

Na análise de trocas gasosas, a *g_s* não apresentou diferença para os contrastes avaliados (Tabela 11), porém consiste em uma variável importante. Conforme Silveira

et al. (2016), a redução na g_s é uma das primeiras respostas com relação à salinidade, nesse contexto o efeito osmótico restringe absorção e transporte de água, resultando em fechamento estomático parcial e influenciando diretamente na A , como se observa nos resultados das plantas de pé franco (Tabela 11). O tratamento ‘Green Power/Santa Clara’ pode ter apresentado dificuldades de adaptação nas trocas de solução nutritiva no sistema de cultivo A. Bosco *et al.* (2009) asseveram o efeito do NaCl no crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela, onde a salinidade causou reduções nas A e E . Segundo Steidle Neto, Zolnier e Marouelli (2010) a variável E assume a função reguladora da relação entre o consumo de nutrientes e o de água pelas plantas, influenciando o volume e a concentração de fertilizantes nos efluentes do substrato de cultivo. Conforme Silva (2019), a E consiste em um processo ligado à produtividade, uma vez que estando as plantas em ótimas condições hídricas, suas taxas transpiratórias são altas, consequentemente a A também proporcionando a planta maior disponibilidade de substrato ao seu desenvolvimento.

Os tratamentos de pé franco ‘Anjico’, ‘Santa Clara’ e com enxertia ‘Green Power/Santa Clara’ apresentaram $ETR < 86,92 \mu\text{mol elétrons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Tabela 11), sugerindo acúmulo de energia no $PS II$, que tem dois mecanismos de dissipação de energia, por meio do aumento da fluorescência ou do aumento da irradiação de calor. Assim, quando esses dois mecanismos não são eficientes, há formação de espécies reativas de oxigênio (ERO’s) que promovem a degradação da clorofila e da parede celular (TAIZ *et al.*, 2017). O resultado maior para as variáveis A , $PS II$ e ETR nos tratamentos ‘Green Power/Anjico’ e ‘Guardião/Anjico’ pode estar relacionado ao mecanismo de tolerância da espécie para compensação energética, contribuindo para viabilizar a compartmentalização e exclusão de íons (SÁ *et al.*, 2015).

A máxima eficiência na qual a luz é absorvida pelo $PS II$ é um indicador sensível do desempenho fotossintético das plantas, com valores ótimos entre 0,75 e 0,85 para a maioria das espécies (BOLHAR-NORDENKAMPF *et al.*, 1989). No presente trabalho, somente o tratamento ‘Green Power/Anjico’ apresentou valor de $PS II$ 0,25, o que pressupõe melhor adaptação as condições edafoclimáticas, mesmo apresentando valor baixo em relação à recomendação na literatura. Kaouther *et al.* (2012) afirmam que valor inferior para $PS II$ 0,75 incorre a danos fotoinibitórios.

Os registros com plantas de tomateiro enxertadas têm demonstrado bons resultados no crescimento vegetativo e produção (ZEIST, 2015). Amaro (2011) ao estudar o curso diário das trocas gasosas em plantas de pepino japonês enxertadas e não enxertadas, concluiu que as plantas enxertadas apresentam maior assimilação de CO₂ quando comparadas às não enxertadas. Esta afirmação corrobora com o resultado do presente trabalho nos tratamentos ‘Green Power/Anjico’, ‘Guardião/Anjico’ e ‘Guardião/Santa Clara’ (Tabela 11).

No sistema de cultivo B, ano 2019, a variável A apresentou diferença para o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ (Tabela 12). O cv. Santa Clara apresentou valor superior em 7,2%, em relação ao híbrido ‘Anjico’.

O tratamento de pé franco ‘Anjico’ apresentou valores de A de 16,63 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹, E de 6,51 µmol H₂O m⁻² s⁻¹, PS II de 0,39 e ETR de 166,32 µmol eletrons m⁻² s⁻¹, caracterizando menor valor em relação ao tratamento de pé franco cv. Santa Clara, e o maior valor em relação aos tratamentos enxertados com o híbrido ‘Anjico’ nas variáveis A, PS II e ETR (Tabela 12). Ao realizar uma análise conjunta com outras variáveis, o tratamento registrou para o índice SPAD maior valor, ao passo que para as variáveis de trocas gasosas o resultado foi menor em relação ao cv. Santa Clara. Após a fase de floração, o híbrido ‘Anjico’ demonstrou dificuldades em adaptação as condições edafoclimáticas, mesmo sendo um material vegetal recomendado para o cultivo nos meses de agosto a janeiro (ISLA, 2019).

O sistema de cultivo B apresentou uma proposta de manejo para cultura do tomateiro com solução nutritiva proveniente do tanque de peixes, sem suplementação mineral, o que pode ter relação direta com melhor eficiência fotossintética em todos os tratamentos.

Com relação à radiação solar, o sistema de cultivo B, registrou valor médio de DFFFA 958,7 µmol de fótons m⁻² s⁻¹ (Tabela 1) e Tmed 18,9 °C (Figura 2), nesse sentido, pode-se inferir que o sistema de produção caracterizou melhores condições edafoclimáticas para o crescimento das plantas e manutenção de ciclos biológicos naturais, apresentando média de PS II de 0,39 (BOLHAR-NORDENKAMPF *et al.*, 1989), o que demonstra melhor eficiência em relação ao sistema de cultivo A. Diante do exposto, as plantas com e sem enxertia apresentaram bom crescimento e desenvolvimento durante o ciclo de cultivo do tomateiro no sistema de cultivo B, corroborando com informações em literatura (FERREIRA; BERNARDINO, 2017).

Tabela 12 - Taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (g_s), relação entre concentração intercelular e concentração atmosférica de CO₂ ($C_i C_a^{-1}$), taxa de transpiração (E), rendimento quântico efetivo do fotossistema II (PS II), taxa aparente de transporte de elétrons (ETR) dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo B, ano de 2019

Porta-enxerto	Enxerto	A (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	g_s (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	$C_i C_a^{-1}$ (μmol μmol ⁻¹ de CO ₂)
Green Power	Anjico	15,27	0,42	0,81
Green Power	Santa Clara	15,60	0,37	0,78
Guardião	Anjico	15,05	0,32	0,76
Guardião	Santa Clara	17,47	0,41	0,78
Pé franco	Anjico	16,63	0,36	0,78
Pé franco	Santa Clara	17,54	0,34	0,75
Média		16,26	0,37	0,78
CV (%)		9,66	20,72	4,81
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		*	ns	ns
		E (μmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	PS II	ETR (μmol eletrons m ⁻² s ⁻¹)
Green Power	Anjico	6,73	0,36	152,86
Green Power	Santa Clara	6,83	0,38	160,30
Guardião	Anjico	6,87	0,39	163,86
Guardião	Santa Clara	7,21	0,40	168,30
Pé franco	Anjico	6,51	0,39	166,32
Pé franco	Santa Clara	6,60	0,40	167,23
Média		6,79	0,39	163,15
CV (%)		19,25	10,84	10,35
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	ns	ns

*: significância estatística a 5% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Cabe ressaltar que, a adequação de procedimentos no manejo da cultura, como: adaptação do ambiente na fase de semeadura com ‘câmara úmida’, abertura e fechamento dos abrigos, acionamento de exaustores em horários específicos, controle do pH e CE, bem como controle de vazão da solução nutritiva nos sistemas de cultivo A e B contribuíram de forma satisfatória para o desenvolvimento do ciclo da cultura.

5.4 CONCLUSÃO

O porta-enxerto ‘Green Power’ apresentou alto percentual de germinação e diminuiu a incompatibilidade de enxertia, nos sistemas de cultivo em vaso e aquapônico, de forma pontual aos 40 DAT. No entanto, o porta-enxerto ‘Guardião’ quando avaliado nos anos de 2019 e 2021, apresenta comportamento similar aos resultados do híbrido ‘Green Power’, o que possibilita a recomendação dos dois porta-enxertos como alternativa para enxertia em tomateiro e cultivo na entressafra.

Plantas enxertadas não apresentaram maior índice SPAD, rendimento fotossintético, taxa de transpiração, rendimento quântico efetivo do fotossistema II e taxa aparente de transporte de elétrons que plantas não enxertadas.

O enxerto ‘Anjico’ apresentou maior índice SPAD, em ambos os anos do trabalho e sistemas de cultivo em vaso e aquapônico, configurando um material vegetal com relevância para época de entressafra.

6 CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E PRODUÇÃO EM GENÓTIPOS DE TOMATEIRO COM E SEM ENXERTIA SOB SISTEMAS DE CULTIVO EM VASO E AQUAPÔNICO

6.1 INTRODUÇÃO

Uma das características na cultura do tomateiro estakeado que mais se tem tentado controlar é o crescimento vegetativo, com o intuito de se obter plantas de menor altura e mais compactas, permitindo áreas mais adensadas. O cultivo em ambiente protegido busca melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas por oferecer regularidade na produção (CARVALHO; TESSARIOLI NETO, 2005).

Entre os fatores climáticos que contribui na produção do tomate é a temperatura, limitando o cultivo em estufa, sendo a máxima permitida 30 °C e a mínima, 12 °C. A planta exige, também, uma termoperiodicidade ao redor de 6 °C para que ocorra um crescimento vegetativo moderado e desejado (PEREIRA; MARCHI; SILVA, 2000). As condições edafoclimáticas influem forte e decididamente no crescimento e desenvolvimento dos vegetais (LOPES; LIMA, 2015).

O conhecimento das características fisiológicas e morfológicas (arranjo foliar e arquitetura) da planta relacionadas com a produção tem implicações práticas na seleção e no melhoramento genético e no aprimoramento de práticas culturais, pois produções agrícolas são altamente variáveis, tendo seu rendimento restrito pelo meio ambiente (LOPES; LIMA, 2015).

A análise da área foliar e, consequentemente, o índice de área foliar, são de suma importância para que se possa modelar o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, por conseguinte, a produtividade total da cultura. A área foliar de uma planta depende do número e do tamanho das folhas e do seu tempo de permanência na planta, isto é, pode variar ao longo do ciclo da cultura (MONTEIRO *et al.*, 2005).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características morfológicas e produção em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, sob sistemas de cultivo em vaso e aquapônico.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento experimental quanto ao local de execução e material vegetal utilizado; condições climáticas; densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos; semeadura, germinação e enxertia; sistema de cultivo em vaso (sistema de cultivo A); sistema de cultivo aquapônico (sistema de cultivo B); ciclo de cultivo; delineamento experimental e análise estatística foram realizados conforme descrito no Capítulo 5.

6.2.1 Avaliações

Na avaliação do crescimento de plantas foram analisadas as seguintes variáveis: altura de plantas [AP (m)], determinada a partir da medida da base do caule até o ápice, por meio de mira topográfica (5 m); número de folhas [NF(un)], determinado por meio da contagem do número de folhas verdadeiras e expandidas; altura da primeira inflorescência [API (m)], determinada a partir da medida da base do caule até a primeira inflorescência, por meio de mira topográfica, aos 25 dias após o transplantio (DAT). Com relação a temperatura foram realizadas leituras na terceira folha [T3f ($^{\circ}$ C)] e sexta folha [T6f ($^{\circ}$ C)], com o auxílio de um termômetro infravermelho com mira laser (AK30 new AKSO), no folíolo central da respectiva folha e de posse destas informações foi calculada a Tmed foliar (Tempf). As avaliações para essas variáveis ocorreram aos 40 e 70 DAT (Figura 10).

Com relação a área foliar (AF) foram analisadas as seguintes variáveis: área foliar média [AFM (m^2)]; área média da folha [AMF (cm^2)]; índice de área foliar [IAF ($m^2 \cdot m^{-2}$)]. As informações são provenientes de duas plantas por tratamento, devidamente identificadas como plantas 1 (P1) e 2 (P2), aleatórias e sem sobreposição. A coleta de dados ocorreu em folhas expandidas, com o auxílio de uma fita métrica, aos 40 e 70 DAT. O cálculo foi realizado pela equação de regressão (3) (BLANCO; FOLEGATTI, 2003):

$$AF = 0,708 \cdot W^2 - 10 \cdot 44 \cdot W + 83,4 \quad (R^2 = 0,98)$$

O índice de área foliar [IAF ($m^2 m^{-2}$)] foi obtido pelas informações: área total considerada utilizada [AT (m^2)]; número de plantas [NP(m^2)] e área foliar média de duas plantas [AFM (m^2)], conforme Figura 10. O cálculo foi realizado pela fórmula (4) (REIS *et al.*, 2013):

$$IAF = \frac{(AFM \times NP)}{AT} \quad 4$$

Para avaliação de produção, os frutos foram colhidos no ponto considerado ideal de maturação (frutos com a caracterização: pintado e vermelho/maduro), e pesados para a análise das variáveis: produtividade total [PT ($t ha^{-1}$)], produção média por planta [PMP ($kg planta^{-1}$)], peso total de frutos [PTF (kg)], peso de fruto comercial [PFC (kg)].

A determinação da produtividade foi realizada por meio da quantificação da média entre a massa dos frutos de oito plantas por tratamento. Posteriormente esse valor foi multiplicado por 20 mil ($plantas ha^{-1}$) e o resultado dividido por 1000, para que o valor da variável seja convertido de $kg ha^{-1}$ para $t ha^{-1}$ (FONTES *et al.*, 2006). Os frutos com doença e/ou injúria foram descartados das avaliações.

Figura 10 - Avaliação das características morfofisiológicas



A: altura de planta; B: análise de área média da folha e índice de área foliar; C: temperatura na folha; e D: análise de número de folhas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 Características morfofisiológicas das plantas de tomateiro nos sistemas de cultivo A e B

No sistema de cultivo A, ano de 2019, houve diferença no contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’ para API (25 DAT) e aos 40 DAT para AP, NF e a Tempf. O contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ apresentou diferença para as variáveis API, AP, NF e Tempf. Aos 70 DAT o contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’ apresentou diferença para NF, e no contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ para AP e NF. No ano 2021 aos 40 DAT, o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ apresentou diferença para API (25 DAT), AP e aos 70 DAT os contrastes ‘enxertia’ x ‘pé franco’ e ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ apresentaram diferença para AP, respectivamente (Tabela 13).

As plantas de pé franco em 2019 mostraram maior valor para as variáveis API 15,3%, AP 5,4%, NF 12,5%, Tempf 1,2%, com 40 DAT e NF 5,5% com 70 DAT. Em 2021, a variável AP apresentou maior valor 2,1% em relação as plantas enxertadas. O enxerto ‘Anjico’ em 2019, registrou maior valor nas variáveis API 21% (25 DAT), AP 14,2%, NF 6,7%, Tempf 1,3% aos 40 DAT e AP 9,9%, NF 5,5% aos 70 DAT. Em 2021, o enxerto ‘Anjico’ apresentou maior valor para as variáveis API 11% (25 DAT), AP 16% e 18,7% aos 40 e 70 DAT, respectivamente, em relação ao cv. Santa Clara (Tabela 13).

No sistema de cultivo B, ano de 2019, houve diferença no contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’ para as variáveis API, AP, NF aos 40 e 70 DAT. Já o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ apresentou diferença para as variáveis API, NF aos 40 DAT e AP, NF aos 70 DAT. No ano de 2021, os contrastes ‘enxertia’ x ‘pé franco’ e ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ apresentaram diferença para API e AP (Tabela 14).

As plantas de pé franco em 2019 mostraram maior valor para as variáveis API 12,3%, AP 7,2% (40 DAT) e 3,7% (70 DAT), NF 10% (40 DAT) e 7,5% (70 DAT). Em 2021, a variável API apresentou maior valor 15% (40DAT) e AP 3,8% (70 DAT). Diante do exposto, as plantas de pé franco mostraram maior valor em relação as plantas enxertadas em ambos os anos de realização do trabalho.

O enxerto ‘Anjico’ em 2019, apresentou maior valor para as variáveis API 5,5% aos 40 DAT e NF 4,5% aos 70 DAT em relação ao enxerto ‘Santa Clara’. No entanto,

no mesmo ano, o cv. Santa Clara apresentou maior valor para as variáveis NF 20% (40 DAT), AP 10% (70 DAT) em relação ao híbrido 'Anjico'. Em 2021, aos 40 e 70 DAT, o enxerto 'Anjico' apresentou maior valor para as variáveis API 12,5% e AP 15,3% em relação ao enxerto 'Santa Clara' (Tabela 14).

O material vegetal 'Anjico' caracteriza-se como um híbrido de médio vigor e melhor condição adaptativa às questões climáticas (ISLA, 2019), o que pode ter contribuído para melhor resultado entre os tratamentos, combinados com o porta-enxerto 'Green Power', cujo material vegetal também apresenta médio vigor (TAKII, 2019), bom desenvolvimento do sistema radicular (Figura 4) e adaptação edafoclimática (Figura 2 e 3). Conforme Aguiar (2014), a arquitetura da planta é definida como arranjo espacial de partes da planta, sendo particularidade do genótipo. Outrossim, plantas de tomateiro enxertadas apresentam melhor crescimento de plantas, vigor, sincronismo da enxertia e consequentemente melhor aproveitamento de água e nutrientes (RIZZO *et al.*, 2004), corroborando com a análise dos tratamentos enxertados com o genótipo 'Anjico'.

A variação do desenvolvimento vegetativo das mudas enxertadas pode estar relacionada às características intrínsecas de cada porta-enxerto (MARTINS *et al.*, 2000). Isto posto, Taiz *et al.* (2017) afirmam ser um comportamento comum, visto que a redução do potencial osmótico do substrato resulta no fechamento dos estômatos, se refletindo, consequentemente, na menor g_s , A e E.

Os resultados referentes as características morfofisiológicas revelam melhor resposta para as plantas de pé franco e o enxerto 'Anjico', particularmente nas variáveis API, AP, NF e Tempf aos 40 e 70 DAT, que pode estar relacionado as condições climáticas (Figura 2 e 2) e radiação solar no período de entressafra. No entanto, é importante destacar o crescimento das plantas enxertadas a partir de 70 DAT (floração e frutificação), quando os resultados não apresentaram diferença para as variáveis NF e Tempf em 2021, justificando melhor adaptação de plantas com enxertia em relação as plantas de pé franco. A técnica da enxertia em hortaliças e o uso de porta-enxertos adequados pode conferir tolerância a salinidade (FLORES *et al.*, 2010), a altas e baixas temperaturas (MARTINEZ-RODRIGUEZ, 2008) e incrementar a produção (FLORES *et al.*, 2010).

Tabela 13 - Altura da primeira inflorescência (API) aos 25 DAT, altura de planta (AP), número de folhas (NF), temperatura média foliar (Tempf), dos materiais vegetais com e sem enxertia, aos 40 e 70 DAT, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019						
		API (m)	AP	NF (un)	Tempf (°C)	AP (m)	NF (un)	
		25 DAT	40 DAT			70 DAT		
Green Power	Anjico	0,66	1,30	14,00	16,17	2,22	17,00	15,24
Green Power	Santa Clara	0,56	1,14	14,00	16,00	2,01	16,00	15,26
Guardião	Anjico	0,67	1,30	13,00	15,94	2,20	17,00	15,40
Guardião	Santa Clara	0,56	1,15	15,00	15,92	1,96	17,00	15,26
Pé franco	Anjico	0,84	1,43	17,00	16,44	2,22	19,00	15,32
Pé franco	Santa Clara	0,60	1,15	14,00	15,96	1,99	17,00	15,26
Média		0,65	1,25	15,00	16,07	2,10	17,00	15,29
CV (%)		4,66	3,13	3,23	1,16	2,53	5,59	1,51
Enxertia x Pé franco		***	***	***	*	ns	**	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		***	***	*	**	***	**	ns
2021								
Green Power	Anjico	0,64	1,12	13,00	13,66	1,59	18,00	17,65
Green Power	Santa Clara	0,58	0,96	14,00	13,68	1,29	18,00	17,55
Guardião	Anjico	0,63	1,11	13,00	13,42	1,58	18,00	17,59
Guardião	Santa Clara	0,55	0,95	14,00	13,59	1,29	18,00	17,73
Pé franco	Anjico	0,65	1,14	14,00	13,67	1,63	18,00	17,58
Pé franco	Santa Clara	0,57	0,95	14,00	13,64	1,32	18,00	17,51
Média		0,60	1,04	14,00	13,61	1,45	18,00	17,60
CV (%)		4,95	2,61	4,07	1,40	2,75	4,76	0,63
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		***	***	ns	ns	***	ns	ns

*: significância estatística a 5%; **: significância estatística a 1%; ***: significância estatística a < 1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 14 - Altura da primeira inflorescência (API), altura de planta (AP), número de folhas (NF), temperatura média foliar (Tempf), dos materiais vegetais com e sem enxertia, aos 40 e 70 DAT, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019						
		API	AP	NF	Tempf	AP	NF	
		(m)	(m)	(un)	(°C)	(m)	(un)	
40 DAT								
Green Power	Anjico	0,52	0,62	8,00	16,30	1,32	14,00	14,99
Green Power	Santa Clara	0,47	0,63	10,00	16,33	1,25	15,00	15,13
Guardião	Anjico	0,50	0,62	8,00	15,51	1,31	14,00	15,00
Guardião	Santa Clara	0,51	0,67	10,00	17,03	1,24	16,00	15,03
Pé franco	Anjico	0,60	0,68	9,00	16,68	1,36	15,00	14,99
Pé franco	Santa Clara	0,54	0,70	11,00	16,37	1,30	17,00	14,89
Média		0,52	0,65	9,00	16,37	1,30	15,00	15,01
CV (%)		6,56	4,92	6,62	11,21	2,61	6,69	2,13
Enxertia x Pé franco		***	***	*	ns	**	**	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		*	ns	***	ns	***	***	ns
2021								
Green Power	Anjico	0,60	0,72	10,00	15,52	1,34	14,00	14,30
Green Power	Santa Clara	0,55	0,74	10,00	15,30	1,18	15,00	14,83
Guardião	Anjico	0,60	0,73	10,00	15,36	1,33	15,00	14,07
Guardião	Santa Clara	0,52	0,72	10,00	16,64	1,15	16,00	14,15
Pé franco	Anjico	0,72	0,78	11,00	14,78	1,45	15,00	14,14
Pé franco	Santa Clara	0,61	0,77	10,00	14,90	1,15	15,00	13,61
Média		0,60	0,74	10,00	15,42	1,27	15,00	14,19
CV (%)		5,52	9,83	6,05	8,04	3,20	10,42	6,72
Enxertia x Pé franco		***	ns	ns	ns	**	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		***	ns	ns	ns	***	ns	ns

*: significância estatística a 5%; **: significância estatística a 1%; ***: significância estatística a < 1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A altura de inserção do primeiro cacho é muito variável e pode estar relacionada às diferenças de fertilidade do solo (HOCHMUTH, 1995; CARNEIRO *et al.*, 2015; YARA, 2019) e das condições climáticas (ALVARENGA, 2004; DUARTE *et al.*, 2011; NICK; SILVA; BORÉM, 2018) entre os experimentos, onde o mesmo material pode sofrer influência dessas variações. Isto posto, consiste em uma característica importante, pois se os valores forem baixos, os frutos poderão entrar em contato com o solo prejudicando sua qualidade. Por outro lado, a altura elevada de inserção do primeiro cacho pode reduzir o número de cachos colhidos por haste até o final da safra e, consequentemente, menor produtividade.

O cv. Santa Clara, com e sem enxertia, apresentou nos sistemas de cultivo A e B valores para AP < 2,01 m. O resultado pode caracterizar uma dificuldade na adaptação das plantas, com o aparecimento de anormalidades no ponto de união, alteração do hábito de crescimento e/ou da arquitetura da planta sinalizando níveis de incompatibilidade (GOTO; SANTOS; CAÑIZARES, 2003; MARTÍNEZ-BALLESTA *et al.*, 2010), estado nutricional (porta-enxerto/enxerto) e condições ambientais (SIRTOLI, 2010; GALVÃO, 2011). No entanto, o híbrido ‘Anjico’ enxertado nos porta-enxertos ‘Green Power’ e ‘Guardião’ apresentou a maior AP, caracterizando boa adaptação ao sistema de cultivo A e B conforme Tabela 13 e 14 (PEIL, 2003; RIZZO *et al.*, 2004; MARTINS, 2012; GAMA *et al.*, 2013; CARNEIRO *et al.*, 2015).

Nos sistemas de cultivo A e B o aspecto da nutrição de plantas é fundamental para melhor entendimento dos resultados apresentados pelas variáveis analisadas. No sistema de cultivo A as plantas receberam solução nutritiva diferentes durante o ciclo da cultura, adaptada de Hochmuth (1995) e Yara (2019) e no sistema de cultivo B as plantas receberam água do tanque de peixes, como solução nutritiva, durante o ciclo da cultura. Nesse sentido, a deficiência de algum nutriente pode causar problemas fisiológicos na planta. A deficiência de N pode levar as plantas a absorver menos água, reduzindo o desenvolvimento da parte aérea mais fortemente (ARAÚJO, 2017). Segundo Kamboj *et al.* (1999) a alteração no crescimento da parte aérea pode estar relacionada à auxina, sendo que o transporte entre enxerto e porta-enxerto pode ocorrer em taxas diferentes. Atkinson *et al.* (2003) e Basile, Marsal e Dejong (2003), relatam que a redução no transporte dos solutos, provocada pela união entre porta-enxerto/enxerto, poderia modificar o crescimento e desenvolvimento da parte aérea.

Isto posto, qualifica os porta-enxertos ‘Green Power’ e ‘Guardião’ como materiais vegetais em potencial para trabalhos com tomateiro.

As variáveis climáticas, conforme as exigências em temperatura e UR do cultivo, durante o período avaliado não foram atendidas (Figura 2 e 3). Os valores ótimos de temperatura para fixação de CO₂ pelas plantas C₃, em geral, é 20 °C (LOPES; LIMA, 2015), e para plantas de tomateiro entre 25 °C e 30 °C (ALMEIDA, 2006), assim, caracterizando a temperatura como uma variável climática crítica para os processos fisiológicos na planta. Nesse sentido, a temperatura é fator de grande influência no comportamento das plantas, pois as reações químicas, absorção mineral e o transporte de assimilados, ocorrem diuturnamente (ANDRIOLI, 2000) e dependem de faixas adequadas de temperatura, influenciando a velocidade e duração do crescimento das plantas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Quando a temperatura noturna cai para valores abaixo de 18 °C, a velocidade dessas reações diminui, reduzindo também o transporte de fotoassimilados sintetizados durante o dia (CALIMAN *et al.*, 2005). Outrossim, a taxa de absorção de íons minerais da solução do solo pelas raízes aumenta a partir de 0 °C até 40 °C, quando começam a decrescer, o que pode explicar o crescimento lento da maioria dos vegetais em solos frios durante invernos muito rigorosos e no início da primavera (MARENCO; LOPES, 2009). Esta afirmativa corrobora com o trabalho desenvolvido, pois em alguns períodos do ciclo de cultivo a Tmed diminuiu drasticamente (Figura 2) e com melhor adaptação para plantas sem enxertia.

As plantas sem enxertia do híbrido ‘Anjico’, apresentaram melhor adaptação aos sistemas de cultivo A e B, seguidas por plantas enxertadas. A justificativa para alternância em adaptação dos genótipos aos sistemas de cultivo pode estar relacionada ao vigor e demais características dos materiais vegetais (Quadro 1), como alto potencial de adaptação (SIRTOLI, 2010; GALVÃO, 2011).

No sistema de cultivo A, ano 2019, a variável AMF apresentou diferença para o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’, aos 40 DAT e o contraste ‘Guardião’ x ‘Green Power’, aos 70 DAT. O enxerto cv. Santa Clara apresentou maior valor 12,4% em relação ao enxerto ‘Anjico’ e o porta-enxerto ‘Guardião’ apresentou maior valor 13,9% em relação ao porta-enxerto ‘Green Power’. Em 2021, aos 40 DAT as variáveis AFM, AMF e IAF apresentaram diferença nos contrastes ‘enxertia’ x ‘pé franco’ e ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’. O cv. Santa Clara (com e sem enxertia) apresentou valores de AFM e

IAF superiores ao híbrido ‘Anjico’ (com e sem enxertia), sendo o destaque para o tratamento de pé franco ‘Santa Clara’ com IAF $1,52\text{ m}^2\text{ m}^{-2}$. O mesmo material vegetal apresentou em 2019, aos 70 DAT, valor de IAF $2,73\text{ m}^2\text{ m}^{-2}$, corroborando com Reis *et al.* (2013), que em trabalho com tomateiro aduz aos 70 DAT o IAF máximo $2,82\text{ m}^2\text{ m}^{-2}$. Não obstante, em relação aos tratamentos enxertados o ‘Guardião/Santa Clara’ registrou os melhores resultados de IAF nos anos de 2019 e 2021 (Tabela 15).

As variáveis AFM e IAF são de suma importância para que se possa modelar o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, por conseguinte, a produtividade total da cultura (REIS *et al.*, 2013). Diante do exposto, no sistema de cultivo A, observou-se que os tratamentos sem enxertia apresentaram resultados satisfatórios para o cultivo de tomateiro no período de entressafra.

No sistema de cultivo B, ano 2019, aos 40 DAT a variável AFM apresentou diferença para o contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’, caracterizando as plantas sem enxertia o aumento de 15,2% em relação às plantas enxertadas, sendo o tratamento destaque o cv. ‘Santa Clara’ com AFM $0,22\text{ m}^2$ (Tabela 16).

A variável IAF, aos 40 DAT, apresentou diferença para o contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’, caracterizando melhor resultado para plantas sem enxertia com aumento de 15,4% em relação às plantas enxertadas. O cv. Santa Clara assevera valor de IAF $0,45\text{ m}^2\text{ m}^{-2}$.

Em avaliação dos tratamentos com plantas enxertadas, pode-se afirmar que o tratamento ‘Green Power/Santa Clara’ apresentou o melhor resultado para IAF. Essa combinação porta-enxerto/enxerto apresentou melhor resposta no desenvolvimento das plantas, fato que pode estar relacionado com a melhor adaptação as condições ambientais, bem como da nutrição de plantas proveniente do tanque de peixes (Tabela 16). Segundo Carneiro *et al.* (2015) no sistema de cultivo B há um fluxo contínuo de nutrientes entre diferentes organismos vivos que estão relacionados por meio de ciclos biológicos naturais.

Tabela 15 - Área foliar média (AFM), área média da folha (AMF), índice de área foliar (IAF) dos materiais vegetais, com e sem enxertia, aos 40 e 70 DAT, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019					
		AFM (m ²)	AMF (cm ²)	IAF (m ² m ⁻²)	AFM (m ²)	AMF (cm ²)	IAF (m ² m ⁻²)
		40 DAT		70 DAT			
Green Power	Anjico	0,70	526,97	1,42	1,14	725,62	2,27
Green Power	Santa Clara	0,71	507,45	1,41	1,08	710,76	2,15
Guardião	Anjico	0,68	527,20	1,35	1,24	837,79	2,48
Guardião	Santa Clara	0,76	555,98	1,53	1,33	831,44	2,65
Pé franco	Anjico	0,65	388,98	1,31	1,26	698,56	2,53
Pé franco	Santa Clara	0,81	585,00	1,62	1,37	918,06	2,73
Média		0,72	515,26	1,44	1,23	787,04	2,47
CV (%)		16,87	15,84	16,87	16,35	13,53	16,34
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns	ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns	*	ns
Anjico x Santa Clara		ns	*	ns	ns	ns	ns
2021							
Green Power	Anjico	0,54	385,03	1,09	0,75	427,28	1,50
Green Power	Santa Clara	0,66	450,69	1,32	0,73	411,77	1,51
Guardião	Anjico	0,60	418,25	1,21	0,76	440,42	1,51
Guardião	Santa Clara	0,70	493,40	1,40	0,75	452,12	1,67
Pé franco	Anjico	0,70	472,54	1,41	0,83	476,56	1,66
Pé franco	Santa Clara	0,76	506,67	1,52	0,83	504,97	1,46
Média		0,66	454,43	1,33	0,78	452,19	1,55
CV (%)		10,35	9,26	10,24	14,30	15,58	14,28
Enxertia x Pé franco		**	**	**	ns	*	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		**	**	**	ns	ns	ns

*: significância estatística a 5%; **: significância estatística a 1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 16 - Área foliar média (AFM), área média da folha (AMF), índice de área foliar (IAF) dos materiais vegetais, com e sem enxertia, aos 40 e 70 DAT, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019			AFM (m ²)	AMF (cm ²)	IAF (m ² m ⁻²)	AFM (m ²)	AMF (cm ²)	IAF (m ² m ⁻²)						
		40 DAT														
Green Power	Anjico	0,16	194,44	0,32	0,14	145,26	0,27									
Green Power	Santa Clara	0,14	143,05	0,28	0,21	197,12	0,42									
Guardião	Anjico	0,17	192,77	0,34	0,17	157,32	0,34									
Guardião	Santa Clara	0,18	178,53	0,36	0,18	178,33	0,37									
Pé franco	Anjico	0,16	193,20	0,33	0,21	182,73	0,41									
Pé franco	Santa Clara	0,22	200,30	0,45	0,20	177,47	0,39									
Média		0,17	183,72	0,35	0,19	173,04	0,37									
CV (%)		20,31	14,87	19,37	21,86	17,88	20,98									
Enxertia x Pé franco		*	ns	*	ns	ns	ns									
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns	ns	ns									
Anjico x Santa Clara		ns	ns	ns	ns	ns	ns									
2021																
Green Power	Anjico	0,18	168,66	0,37	0,38	257,86	0,76									
Green Power	Santa Clara	0,20	158,26	0,40	0,42	265,50	0,85									
Guardião	Anjico	0,19	160,62	0,37	0,37	242,06	0,74									
Guardião	Santa Clara	0,19	159,05	0,39	0,41	258,81	0,82									
Pé franco	Anjico	0,21	171,16	0,41	0,41	245,84	0,81									
Pé franco	Santa Clara	0,18	156,01	0,36	0,35	229,33	0,72									
Média		0,19	162,29	0,38	0,39	249,90	0,78									
CV (%)		15,14	14,33	15,35	15,61	14,76	15,94									
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns	ns	ns	ns									
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns	ns	ns									
Anjico x Santa Clara		ns	ns	ns	ns	ns	ns									

*: significância estatística a 5% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Porém, os tratamentos 'Green Power/Anjico' e pé franco 'Santa Clara' em 2019 manifestaram dificuldades em manter o IAF crescente, pois o sistema de cultivo B apresentou problemas com relação à doença 'requeima' (*Phytophthora infestans*), em plantas de tomateiro causada por fungo e os respectivos tratamentos não responderam de forma satisfatória a perda de área foliar, por esse motivo verifica-se valores decrescentes de IAF aos 70 DAT. O IAF condiciona a interceptação da radiação solar cuja otimização é fundamental para maximizar a produção de cachos e de frutos (dreno), os quais determinam a produtividade da cultura do tomateiro.

6.3.2 Produtividade das plantas de tomateiro nos sistemas de cultivo A e B

As variáveis PT, PMP, PTF e PFC, no ano 2019, sistema de cultivo A, apresentaram diferença para os contrastes 'enxertia' x 'pé franco' e 'Anjico' x 'Santa Clara' (Tabela 17). As plantas com enxertia apresentaram os melhores resultados para as variáveis PT, PMP, PTF e PFC com valor médio de 34,4% em comparação as plantas de pé franco, bem como o enxerto 'Santa Clara' que apresentou valor médio de 19%, superior em relação ao enxerto 'Anjico'. Trabalho desenvolvido por Piróg (1986) ao enxertar tomate sobre o porta-enxerto KNVF, observou aumento de 30 a 50% na produção das plantas enxertadas em relação às plantas de pé franco.

Os porta-enxertos 'Green Power' e 'Guardião' combinados com o enxerto 'Santa Clara' apresentaram melhor resultado com valor médio de PT 25,25 t ha⁻¹ e PMP 1,26 kg planta⁻¹. Conforme Loos, Caliman e Silva (2009) em análise de produtividade com o cv. Santa Clara enxertada em material vegetal 'Anchor T', obtiveram valores de produtividade de 27,43 t ha⁻¹, corroborando com o resultado no sistema de cultivo A, onde plantas de tomateiro enxertadas apresentaram melhor aproveitamento de água, nutrientes e aumentaram o vigor da planta (RIZZO *et al.*, 2004; COHEN *et al.*, 2012; LIU *et al.*, 2014; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ *et al.*, 2014). Outrossim, o enxerto 'Anjico' combinado aos porta-enxertos 'Green Power' e 'Guardião' apresentou bom sincronismo da enxertia e registrou valor médio de PT 24,75 t ha⁻¹ e PMP 1,24 kg planta⁻¹ (Tabela 17).

A variável PFC apresentou diferença para os contrastes 'enxertia' x 'pé franco' e 'Anjico' x 'Santa Clara'. As plantas enxertadas apresentaram valor de 41,8%, superior em relação as plantas de pé franco, e o enxerto 'Santa Clara' apresentou

valor de 37,52%, superior em relação ao enxerto ‘Anjico’. O tratamento ‘Green Power/Santa Clara’ mostrou PFC 5,38 kg, seguido pelos demais tratamentos enxertados (Tabela 17).

O tratamento de pé franco ‘Anjico’, não apresentou resultados satisfatórios para PT, PMP, PTF e PFC, o que pode estar diretamente relacionado a adaptação do híbrido as condições edafoclimáticas no sistema de cultivo A. Os tratamentos ‘Green Power/Anjico’ e ‘Guardião/Anjico’ apesar de terem apresentado melhor resultado em algumas características morfofisiológicas (Tabela 15 e 16), demonstraram que o procedimento de enxertia contribuiu na apresentação de valores similares em plantas enxertadas para PT, PMP, PTF e PFC.

No ano 2021, as condições climáticas não foram favoráveis por alguns dias na época de entressafra, ocasionando perdas significativas nos sistemas de cultivo A e B (Figura 2, 3 e 9). Mesmo diante das adversidades climáticas é possível identificar na Tabela 16 o incremento de produtividade em tratamentos com plantas enxertadas, corroborando com os resultados obtidos em 2019.

As plantas enxertadas apresentaram incremento de 25,2% para PT, 23,3% PMP, 25,3% PTF, 33% PFC em relação às plantas sem enxertia. Já o enxerto ‘Anjico’ também apresentou incremento com valor médio de 52,1% para as variáveis PT, PMP, PTF, PFC em relação ao enxerto ‘Santa Clara’. Os porta enxertos ‘Green Power’ e ‘Guardião’ combinados com o enxerto ‘Anjico’ representaram o maior resultado com 8,45 e 8,69 toneladas ha⁻¹, respectivamente.

Diversos trabalhos relacionados à influência da enxertia na produção de frutos já foram realizados para a cultura do tomateiro. Os resultados variam de acordo com a combinação porta-enxerto/enxerto e com a condição em que as plantas foram cultivadas. Sob condições de estresse biótico ou abiótico, a enxertia pode resultar em plantas mais vigorosas, quando comparadas às não enxertadas, em função da resistência ou tolerância conferida pelo porta-enxerto (ARAÚJO, 2017). No entanto, pesquisas relatam que a enxertia pode aumentar a produção de frutos, devido ao uso de porta-enxertos com sistema radicular mais vigorosos, que otimizam a absorção de água e nutrientes (SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2014), corroborando com o registro no tratamento ‘Green Power/Santa Clara’, com PT 25,26 t ha⁻¹, no presente trabalho em 2019.

Tabela 17 - Produtividade total (PT), produção média por planta (PMP), peso total de frutos por planta (PTF), peso de fruto comercial por planta (PFC), dos materiais vegetais com e sem enxertia, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019			
		PT (tonelada ha ⁻¹)	PMP (kg planta ⁻¹)	PTF (kg planta ⁻¹)	PFC (kg planta ⁻¹)
Green Power	Anjico	24,59	1,23	9,83	4,09
Green Power	Santa Clara	25,26	1,26	10,10	5,38
Guardião	Anjico	24,92	1,25	9,97	4,51
Guardião	Santa Clara	25,24	1,26	10,10	4,95
Pé franco	Anjico	9,88	0,49	3,95	0,78
Pé franco	Santa Clara	22,90	1,14	9,16	4,71
Média		22,13	1,11	8,85	4,07
CV (%)		18,66	18,63	18,66	21,83
Enxertia x Pé franco		***	***	***	***
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		**	**	**	***
2021					
Green Power	Anjico	8,45	0,42	3,38	2,50
Green Power	Santa Clara	3,29	0,16	1,31	1,04
Guardião	Anjico	8,69	0,43	3,47	2,62
Guardião	Santa Clara	3,69	0,18	1,48	1,09
Pé franco	Anjico	6,83	0,34	2,73	1,75
Pé franco	Santa Clara	2,18	0,11	0,87	0,69
Média		5,52	0,28	2,21	1,62
CV (%)		25,87	25,87	25,87	31,14
Enxertia x Pé franco		*	*	*	**
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		***	***	***	***

*: significância estatística a 5%; **: significância estatística a 1%; ***: significância estatística a < 1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

No sistema de cultivo B, ano 2019, as variáveis PT, PMP, PTF e PFC apresentaram diferença para o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ (Tabela 18). O híbrido ‘Anjico’ apresentou incremento de 37,8% para as variáveis PT, PMP, PTF e 42,2% para PFC em relação ao cv. ‘Santa Clara’. Os tratamentos de pé franco ‘Anjico’, ‘Guardião/Anjico’ e ‘Green Power/Anjico’ apresentaram valores para a característica PT de 18,09, 18,01 e 17,96 t ha⁻¹, respectivamente (Tabela 18). Com relação à variável PMP, Morgan (1996) obteve de 400 a 500 g planta⁻¹ em ciclo de cultivo com 80 dias, no inverno, com média de três variedades de tomate. Já Fernandes, Martinez e Fontes (2002), em análise no cultivo do híbrido ‘Carmem’ de crescimento indeterminado observaram valor para PMP de 919,7 g planta⁻¹, corroborando com valores para PMP 1,11 e 0,73 kg planta⁻¹ obtidos em 2019 nos sistemas de cultivo A e B, respectivamente (Tabela 17 e 18).

Em 2021, as variáveis PT, PMP, PTF e PFC apresentaram diferença para o contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’ e ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’. As plantas enxertadas apresentaram incremento de 25,7% para PT, 25,4% PMP, 25,6% PTF, 26,1% PFC e com relação ao enxerto ‘Anjico’, também apresentou incremento com valor médio de 51,3% para as variáveis PT, PMP, PTF e PFC. Os porta enxertos ‘Green Power’ e ‘Guardião’ combinados com o enxerto ‘Anjico’ representam os maiores valores com 11,87 e 12,67 toneladas ha⁻¹, respectivamente.

O sistema de cultivo B, no ano 2021, registrou bom resultado para as variáveis analisadas na Tabela 19, e como exemplo de incremento na produtividade em período de entressafra, o tratamento ‘Green Power/Anjico’ produziu 66,1 % da PT do mesmo tratamento em relação ao ano de 2019.

O híbrido ‘Anjico’, com e sem enxertia, ano 2019, caracterizou valor médio para PMP 0,90 kg planta⁻¹ e 2021 o valor de 0,59 kg planta⁻¹, corroborando com Reyes-Flores *et al.* (2016) com os valores de 0,73 e 1,16 kg planta⁻¹, respectivamente. As plantas justificaram melhor adaptação ao sistema de cultivo B, mesmo com concentração de nutrientes (Tabela 5 e 6) inferior a necessidade das plantas de tomateiro. Nesse sentido, Bittsanszky *et al.* (2016) asseveraram que as plantas prosperam em soluções que tem níveis de nutrientes mais baixos, credenciando o sistema de cultivo aquapônico como alternativa para produção de tomateiro em época de entressafra.

Tabela 18 - Produtividade total (PT), produção média por planta (PMP), peso total de frutos por planta (PTF), peso de fruto comercial por planta (PFC), dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021

2019					
Porta-enxerto	Enxerto	PT (tonelada ha ⁻¹)	PMP (kg planta ⁻¹)	PTF (kg planta ⁻¹)	PFC (kg planta ⁻¹)
Green Power	Anjico	17,96	0,90	7,18	4,99
Green Power	Santa Clara	12,46	0,62	4,98	3,50
Guardião	Anjico	18,01	0,90	7,20	5,37
Guardião	Santa Clara	11,70	0,58	4,68	3,03
Pé franco	Anjico	18,09	0,91	7,24	5,07
Pé franco	Santa Clara	9,34	0,47	3,74	2,37
Média		14,59	0,73	5,84	4,05
CV (%)		16,90	16,81	16,90	19,05
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		***	***	***	***
2021					
Green Power	Anjico	11,87	0,59	4,75	3,14
Green Power	Santa Clara	7,69	0,39	3,07	2,20
Guardião	Anjico	12,67	0,63	5,07	3,45
Guardião	Santa Clara	8,82	0,44	3,53	2,50
Pé franco	Anjico	11,02	0,55	4,41	3,06
Pé franco	Santa Clara	4,22	0,21	1,69	1,11
Média		9,38	0,47	3,75	2,58
CV (%)		21,18	21,29	21,18	24,58
Enxertia x Pé franco		**	**	**	**
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		***	***	***	***

: significância estatística a 1%; *: significância estatística a < 1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

As características de PT e PMP para o sistema de cultivo B, com ciclo de cultivo no outono/inverno, são representativas para a cadeia produtiva, principalmente em função do manejo no cultivo e aspectos relacionados à comercialização.

O cv. Santa Clara com e sem enxertia apresentou resultados não satisfatórios para as variáveis PT, PMP, PTF e PFC (Tabela 19), fato que pode estar relacionado ao manejo de fertilidade no sistema de cultivo B, não atendendo as exigências nutricionais para o material vegetal.

O híbrido ‘Anjico’, com e sem enxertia, apresentou melhor condição adaptativa em relação ao cv. Santa Clara no sistema de cultivo B, o que caracteriza como material vegetal em potencial para aquaponia.

6.4 CONCLUSÃO

As plantas de pé franco apresentaram melhor resultado para as variáveis altura da primeira inflorescência, altura de planta, número de folhas nos sistemas de cultivo em vaso e aquapônico, principalmente para o índice de área foliar no sistema de cultivo aquapônico, com valor 15,4% superior em relação às plantas enxertadas, durante a fase de desenvolvimento vegetativo até o início da primeira colheita.

As plantas enxertadas apresentaram maior produtividade total, produção média por planta, peso total de frutos e peso de fruto comercial nos sistemas de cultivo em vaso e aquapônico, desta forma, caracterizando os porta-enxertos ‘Green Power’ e ‘Guardião’ como alternativas para produção de tomateiro na entressafra.

O híbrido ‘Anjico’ apresentou melhor resultado em relação ao cv. ‘Santa Clara’ para as variáveis altura da primeira inflorescência, altura de planta, número de folhas, temperatura média foliar, produtividade total, produção média por planta, peso total de frutos e peso de fruto comercial nos sistemas de cultivo em vaso e aquapônico.

7 COMPOSIÇÃO MINERAL NA FOLHA EM GENÓTIPOS DE TOMATEIRO COM E SEM ENXERTIA SOB SISTEMAS DE CULTIVO EM VASO E AQUAPÔNICO

7.1 INTRODUÇÃO

A nutrição adequada e equilibrada de plantas de tomateiro, tem papel fundamental na expressão genética do potencial produtivo de frutos em quantidade e qualidade (NICK; SILVA; BORÉM, 2018).

Os teores e acúmulos de nutrientes pela planta variam, principalmente pelo estádio de desenvolvimento da planta, sistema de cultivo, condições ambientais, manejo cultural, sistema de condução da cultura, tipo de poda, uso de plantas enxertadas, tipo de poda, época correta da realização da desbrota com a cultivar e a produção que se deseja obter, sendo dessa forma, importante o seu conhecimento para elaborar um adequado programa de adubação (ALVARENGA, 2022).

Marchas de absorção auxiliam grandemente nas recomendações de adubações, pois as aplicações de fertilizantes poderão ser realizadas no estádio fisiológico da planta de maior necessidade nutricional por dado nutriente evitando-se deficiências e o consumo de luxo (MINAMI; MELLO, 2017; NICK; SILVA; BORÉM, 2018).

Importante salientar que cada cultivar/híbrido apresenta uma curva de absorção, por esse motivo são fundamentais as pesquisas contínuas para análise das marchas de absorção de nutrientes com intuito de melhor atender as necessidades nutricionais das plantas em seus diversos sistemas de cultivo.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo analisar a composição mineral na folha em genótipos de tomateiro com e sem enxertia, sob sistemas de cultivo em vaso e aquapônico.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento experimental quanto a local de execução e material vegetal utilizado; condições climáticas; densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos; semeadura, germinação e enxertia; sistema de cultivo em vaso (sistema de cultivo A); sistema de cultivo aquapônico (sistema de cultivo B); ciclo de cultivo; delineamento experimental e análise estatística foram realizados conforme descrito no Capítulo 5.

7.2.1 Local de análise

As análises de composição mineral na folha foram realizadas em 2019 e 2021 no Laboratório de Levantamento e Análise Ambiental (LLAA) e Laboratório de Análise de Solo (LAS) no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), Campus Lages, localizado nas coordenadas 27°79'24" Sul e 50°30'37" Oeste, com altitude de 923 m.

7.2.2 Amostra de tecido vegetal

A amostra referência foi SRM 1573a (*tomatos leaves*), certificada pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST), conforme Tabela 19.

O LDI referente a análise de tecido vegetal por ICP-OES expressos na Tabela 19 foram determinados por meio do protocolo APHA (2005), conforme fórmula (5):

$$LDI = \text{Média PB} + (3,1 \times DP)$$

5

Onde:

PB é o valor da leitura do branco das análises; 3,1 equivale o valor encontrado no t de *Student* no grau de liberdade de 8 provas em branco a 99% de probabilidade e DP o desvio padrão da leitura das provas em branco.

Tabela 19 - Teor de nutrientes, valores médios certificados, encontrados na amostra referência NIST 1573a e limite de detecção instrumental (LDI)

Nutrientes	NIST SRM 1573a			LDI
		Certificado	Encontrado	
N (I)	30,20 ± 2,30	g kg ⁻¹	18,90	g kg ⁻¹
P (III)	2,16 ± 0,03	g kg ⁻¹	1,34	g kg ⁻¹
K (II)	26,76 ± 0,48	g kg ⁻¹	21,25	g kg ⁻¹
Ca (III)	50,45 ± 0,55	g kg ⁻¹	28,45	g kg ⁻¹
Mg (III)	12,00	g kg ⁻¹	6,27	g kg ⁻¹
B (III)	33,13 ± 0,42	mg kg ⁻¹	25,68	mg kg ⁻¹
Cu (III)	4,70 ± 0,14	mg kg ⁻¹	2,41	mg kg ⁻¹
Fe (III)	367,5 ± 43	mg kg ⁻¹	183,41	mg kg ⁻¹
Mn (III)	246,30 ± 7,1	mg kg ⁻¹	131,35	mg kg ⁻¹
Zn (III)	30,94 ± 0,55	mg kg ⁻¹	13,43	mg kg ⁻¹
Mo (III)	0,46	mg kg ⁻¹	< 0,02	0,02

(I): Método Kjeldahl descrito por Bremner (1965); (II): Método fotometria de chamas descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997); (III): Protocolo USEPA (2007) e análise por espectrometria de emissão ótica com plasma acoplado indutivamente, ICP-OES.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A amostragem de tecido vegetal nos sistemas de cultivo A e B, 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; HAHN; SUZUKI, 2016; FURLANI; BATAGLIA, 2018). As folhas não apresentavam sintomas de doença e distúrbios fisiológicos. O material foi limpo em água deionizada, seco em estufa com ar forçado, a 65 °C, processado em moinho (tipo Wiley® TE-650/1), identificado e lacrado em embalagem plástica.

Foi realizada a digestão sulfúrica para a determinação de N pelo método Kjeldahl, descrito por Bremner (1965), bem como os teores de K por meio do método fotometria de chamas descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). A análise do teor de nutrientes para P, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo foi realizada 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).

7.2.3 Avaliação do diagnóstico nutricional

Foi analisado o teor de nutrientes na folha (Tabela 21 e 25) e realizado o cálculo das relações entre alguns elementos considerados de maior importância, como: N/Ca, K/Ca, K/Mg, K/Ca+Mg e Ca/Mg (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; ALVARENGA; LOPES; GUILHERME, 2022) conforme Tabelas 23 e 26, bem como

comparado o teor de nutrientes dos elementos com os teores registrados na amostra referência (Tabela 5 e 19), seguido de informações em literatura (Tabela 22 e 24).

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.3.1 Análise de condutividade elétrica e pH nos sistemas de cultivo A e B

No sistema de cultivo A, a CE apresentou valor médio: do transplante até o florescimento $CE = 1,80 \text{ mS cm}^{-1}$; do florescimento até o início da colheita $CE = 1,66 \text{ mS cm}^{-1}$; e do início ao final da colheita $CE = 2,08 \text{ mS cm}^{-1}$, caracterizando o manejo no cultivo conforme protocolo do Programa Nutricional para Tomate Fertilrigado em Cultivo Protegido (YARA, 2019), e corroborando com as informações em literatura (HOCHMUTH, 1995; RAIJ *et al.*, 1996; KEMIRA GROWHOW, 2004; YARA, 2019). Segundo Taveira (2000), valores de CE entre $0,76$ e $1,75 \text{ mS cm}^{-1}$ caracterizam uma interpretação adequada para plantas já estabelecidas ou adultas. A análise da CE é fundamental, pois o limite máximo da salinidade do solo para o tomateiro (após o transplantio), sem registrar perdas de produtividade, é de $2,5 \text{ mS cm}^{-1}$ por ser considerada uma cultura sensível (ALVARENGA, 2022).

As avaliações para pH realizadas durante o ciclo de cultivo apresentaram valores médios de pH 5,6 e 7,8. As propriedades químicas registradas no substrato (Tabela 2), solução nutritiva e vasos (drenado), corroboram com informações da literatura, onde Raij *et al.* (1996) e Kemira Growhow (2004) caracterizam como adequadas para o cultivo de tomate em ambiente de cultivo fertirrigado: pH (H_2O) 5,8 a 6,5; Ca trocável acima de $4,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$; Mg trocável acima de $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$; Al trocável $0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$; acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) $< 5,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$ e CTC a pH $7,0 > 10,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$. Outrossim, Cadahia Lopez (1998) registrou que as relações ótimas entre os cátions mais atuantes na CTC em análise do solo são: K/Mg com valores de 0,2 – 0,3 e Ca/Mg com valores de 3,0 – 5,0.

No sistema de cultivo B os resultados de CE e pH foram obtidos durante o ciclo de cultivo no tanque de peixes e linhas de produção. A CE apresentou valor médio no tanque de peixes $0,35 \text{ mS cm}^{-1}$, e nas linhas de produção (drenado) $0,29 \text{ mS cm}^{-1}$, corroborando com Roosta e Hamidpour (2011), onde os valores obtidos para CE foram $0,51 \pm 0,001 \text{ mS cm}^{-1}$. Silva (2019) obteve resultados para CE $4,54 \text{ mS cm}^{-1}$ no seu trabalho com tomateiro sob fertirrigação com efluente da piscicultura

caracterizado com água de poço aberto no calcário Jandaíra depositada em lagoa de estabilização e usada para criação de tilápias, sendo o efluente utilizado para o cultivo de tomateiro.

O resultado para pH durante o ciclo de cultivo apresentou valores entre 6,1 e 7,9 no tanque de peixes e 5,9 e 7,8 nas linhas de produção (drenado), corroborando com Roosta e Hamidpour (2011), Somerville *et al.* (2014) e Silva (2019), em valores de pH $7,68 \pm 0,18$; 6 e 8,5 e pH 7,4 respectivamente. Segundo Carneiro *et al.* (2015), o pH adequado para a água do tanque de peixes encontra-se entre 7 e 9, mas recomenda-se que esteja entre 6,5 e 7, vislumbrando atender com melhores condições os componentes biológicos presentes no ambiente. Neste sentido, pressupõe-se que os resultados obtidos durante o ciclo de cultivo no período de entressafra, inferiores a pH 6, estão relacionados a não realização de suplementação mineral via água do tanque de peixes, bem como o efeito da temperatura na água do tanque e o metabolismo das espécies de peixes relacionadas no policultivo. Outro ponto relevante com relação à diferença na CE e pH pode estar relacionado ao revestimento do tanque com Iona, desta forma não obtendo reações químicas com a base do tanque (solo).

7.3.2 Composição mineral na água do tanque de peixes (sistema de cultivo B)

A análise da água no tanque de peixes (Tabela 5 e 6), caracteriza uma solução nutritiva com concentração de nutrientes inferior à necessidade das plantas de tomateiro em época de entressafra, conforme manejo e metodologia adotada para realização do projeto. Apesar deste destaque, Bitsanszky *et al.* (2016) asseveraram que as concentrações de nutrientes fornecidas pelos peixes no sistema de cultivo aquapônico são significativamente menores para a maioria dos nutrientes, porém as plantas prosperam em soluções com níveis de nutrientes mais baixos do que as soluções hidropônicas. Outrossim, Carneiro *et al.* (2015) afirmam que espécies vegetais adaptadas à hidroponia são recomendadas à aquaponia pela tolerância ao manejo com água no sistema radicular e oscilações nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva, sem apresentar graves sintomas de deficiência nutricional.

A água do tanque de peixes registrou os teores dos nutrientes para B, Cu, Mn, Zn e Mo (Tabela 6) abaixo do LDQ (Tabela 5), porém, os teores de N, P, K, Ca e Mg atestaram valores fidedignos conforme a metodologia adotada para o presente trabalho, mas com limitações para o desenvolvimento do cultivo conforme registro em literatura (Tabela 20).

Tabela 20 - Teores de nutrientes na água do tanque de peixes

Autores	Macronutrientes (mg L ⁻¹)						Micronutrientes (mg L ⁻¹)					
	N (NO ₃)	N (Total)	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
Roosta e Hamidpour (2011)	34,9	-	-	7,50	25,9	34,2	-	-	0,04	0,02	-	0,36
BITTSANSZKY et al. (2016)	-	10,6	-	6,6	50,8	129,6	20,9	0,07	0,07	0,08	1,19	0,16
Pattillo et al. (2020)	-	-	99,4	11,7	134,6	113,2	26,4	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Roosta e Hamidpour (2011) em pesquisa com plantas de tomateiro em ‘sistema de cultivo aquaponico’, afirmam os teores de nutrientes na água corroborando com informações em igual SPD. No entanto, uma pesquisa desenvolvida em ‘sistema de cultivo aquapônico com suprimento de nutrientes para plantas’, registrou os teores de nutrientes na água diferentes dos resultados do presente trabalho (BITTSANSZKY et al., 2016). Ainda neste tema, Pattillo et al. (2020) justificaram os teores de nutrientes em ‘efluente da aquicultura’ no período de maio a junho (Tabela 20).

Diante do exposto, pode-se aduzir que os parâmetros de qualidade da água estão diretamente relacionados com as espécies de peixes utilizadas para o policultivo [tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), carpa comum (*Cyprinus carpio*) e carpa cabeça grande (*Hypophthalmichthys nobilis*)], infraestrutura do tanque (com ou sem revestimento), manejo do sistema (aberto ou fechado), condições climáticas (temperatura e UR) e suplementação (hidróxido de potássio, bicarbonato de potássio, hidróxido de cálcio e calcário dolomítico), conforme informações na literatura (ROOSTA; HAMIDPOUR, 2011; CARNEIRO et al., 2015; BITTSANSZKY et al., 2016; PATTILLO et al., 2020).

A metodologia desenvolvida no sistema de cultivo B apresenta uma proposta diferenciada, sem a utilização de filtros para resíduos, não contemplando

suplementação mineral, no entanto, apresentou resultados significativos para teor de nutrientes em K, P e Fe (Tabela 5), corroborando com Roosta e Hamidfpour (2011), cujo trabalho possui metodologia convergente.

Outro destaque está no teor de N que registra valores entre 8 e 13 mg L⁻¹ (Tabela 6), desta forma, qualificando o presente trabalho para o cultivo de tomateiro em época de entressafra, assim como superando as informações do trabalho realizado por Bittsanszky *et al.* (2016), que obteve valor para teor de N (Total) 10,6 ± 2,1 mg L⁻¹ em ‘sistema de cultivo aquapônico com suplementação mineral’.

7.3.3 Teor de nutrientes em tecido foliar de tomateiro no sistema de cultivo A

O teor de nutrientes em folha, em 2019, o contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’ apresentou diferença para Ca e Mg. Já o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ apresentou diferença para P, K, Ca, Mg e Mn. As plantas sem enxertia apresentaram maior teor de Ca (20,36%) e de Mg (19,88%), caracterizando o enxerto ‘Anjico’ com valor > 18,96%. O enxerto ‘Anjico’ mostrou maior teor de nutrientes em tecido foliar de tomateiro para P (16,29%), K (16,22%) e Mn (30,12%) em relação ao cv. Santa Clara (Tabela 21).

No ano de 2021, o contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’ apresentou diferença para P, B, Cu e Mo. Já o contraste ‘Green Power’ x ‘Guardião’ atestou diferença para K e Zn, e o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ para N e Mg. As plantas sem enxertia apresentaram maior teor de P (18,11%) e Mo (36,92%), com destaque para ‘Anjico’ em P e o cv. Santa Clara para Mo. As plantas com enxertia apresentaram maior valor no teor de Cu (26,00%) e B (12,07%), com o tratamento ‘Guardião/Santa Clara’ em destaque entre os demais tratamentos enxertados. O porta-enxerto ‘Guardião’ apresentou maior teor de K (8,87%) e Zn (19,47%), com destaque para o tratamento ‘Guardião/Anjico’. O híbrido ‘Anjico’ apresentou maior teor de N (8,45%) e Mg (9,83%) em relação ao cv. Santa Clara (Tabela 21).

Em 2019, o teor foliar de N, B, Cu, Fe, Zn, Mo, e em 2021 Ca, Fe e Mn, não foi influenciado pelos tratamentos de plantas com e sem enxertia. Os resultados, especificamente para N (Tabela 21), corroboram com o encontrado por Minami e Mello (2017), que asseveram valor para N entre 16,4 e 65,4 g kg⁻¹ na folha (Tabela 20). Com relação aos outros nutrientes, os valores corroboram com informações na literatura

(MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; RODRIGUES *et al.*, 2002; SBCS, 2004; ALVARENGA; LOPES; GUILHERME, 2022).

A análise do híbrido ‘Anjico’, com e sem enxertia, em 2019 e 2021, apresentaram melhor resultados para o teor de N, P, K, Ca, Mg, Mn e Mo, em relação ao cv. Santa Clara com e sem enxertia (Tabela 21), bem como maior teor de nutrientes para P, K, Mg, Mn e Mo em relação ao teor de nutrientes encontrados na amostra referência NIST SRM 1573a (Tabela 19). Isto posto, Minami e Mello (2017) e Filgueira (2008) afirmam que para o cultivo do tomateiro o K é o elemento mais exigido, em segundo o Ca, principalmente na folha, e em terceiro está o N, desta forma, corroborando com os resultados do enxerto ‘Anjico’. Com relação ao Ca, pressupõe-se melhor resposta a adubação foliar suplementar, fato que pode estar relacionado a superfície foliar, idade da folha, estado iônico interno e disponibilidade de água no solo, conferindo eficiência na absorção passiva. As plantas podem ter apresentado melhor adaptação no período de entressafra, com manejo fertirrigado, distribuição do sistema radicular e consequentemente melhor adaptação ao sistema de irrigação localizada, fato que pode ter contribuído para o fluxo de massa, auxiliando na absorção de Ca junto a superfície da raiz (FILGUEIRA, 2008; ALVARENGA; LOPES; GUILHERME, 2022). Outrossim, maior disponibilização de água no substrato facilita o transporte unidirecional de Ca pelo xilema, via corrente transpiratória, do sistema radicular para a parte aérea (FAQUIN, 2005).

Tabela 21 - Teor de nutrientes em tecido foliar de tomateiro (matéria seca) por ocasião do primeiro fruto maduro, dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019										
		Macronutrientes (g kg^{-1})					Micronutrientes (mg kg^{-1})					
		N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo ^(I)
Green Power	Anjico	18,12	4,95	42,79	14,70	3,04	68,36	3,99	221,91	195,24	247,48	< 1,0
Green Power	Santa Clara	17,02	3,70	39,11	11,51	2,41	64,03	3,53	203,65	171,10	266,08	< 1,0
Guardião	Anjico	16,72	5,04	42,57	15,37	3,02	61,00	2,39	157,45	238,30	284,35	< 1,0
Guardião	Santa Clara	14,48	3,82	35,20	12,38	2,46	63,26	3,80	224,21	146,61	245,12	< 1,0
Pé franco	Anjico	16,72	4,92	45,71	20,26	3,75	81,05	3,53	207,58	246,60	269,92	< 1,0
Pé franco	Santa Clara	17,27	4,95	35,48	13,63	3,09	61,35	4,96	176,93	157,54	250,67	< 1,0
Média		16,72	4,56	40,14	14,64	2,96	66,51	3,70	198,62	192,57	260,60	< 1,0
CV (%)		15,46	17,39	14,38	12,69	12,57	22,38	30,74	33,90	17,40	17,01	< 1,0
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	**	**	***	**	ns	ns	ns	***	ns	ns
2021												
Green Power	Anjico	32,68	6,29	36,80	22,96	7,54	74,67	119,06	85,50	272,09	68,85	2,71
Green Power	Santa Clara	29,85	6,42	38,45	21,04	6,34	72,70	104,16	96,01	285,83	66,33	3,67
Guardião	Anjico	33,14	6,06	42,08	22,54	6,25	64,03	112,15	93,82	276,21	75,12	3,35
Guardião	Santa Clara	30,28	6,20	40,48	22,04	6,46	76,85	133,10	95,74	312,46	92,75	3,88
Pé franco	Anjico	31,49	8,42	41,39	21,36	7,26	67,89	95,64	115,21	267,58	78,04	4,65
Pé franco	Santa Clara	28,97	6,82	37,79	21,30	6,20	59,49	77,71	106,83	254,89	63,01	6,14
Média		31,07	6,70	39,50	21,87	6,67	69,27	106,97	98,85	278,18	74,02	4,07
CV (%)		9,47	10,06	9,31	8,73	12,29	14,50	21,72	29,19	14,07	20,85	38,27
Enxertia x Pé franco		ns	***	ns	ns	ns	*	**	ns	ns	ns	**
Green Power x Guardião		ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Anjico x Santa Clara		*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*: significância estatística a 5%; **: significância estatística a 1%; ***: significância estatística a < 1%; ns: não significativo e ^(I): LDQ = LDI x Fd.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 22 - Teor de nutrientes no tecido foliar de tomateiro (matéria seca), em diferentes sistemas de produção (SPD)

Autores	SPD	Macronutrientes (g kg^{-1})							Micronutrientes (mg kg^{-1})				
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
Malavolta, Vitti e Oliveira (1997); Trani e Raij (1997); Hahn e Suzuki (2016) ⁵	40-60	4-8	30-50	14-40	4-8	3-10	30-100	5-15	100-300	50-250	30-100	-	-
Carvalho, Bastos e Alvarenga (2004) ¹	37	5	48	18	7	5	25	15	70	70	50	-	-
Toledo (2008) ²	A	40-60	4-8	30-50	14-40	4-8	3-10	-	5-15	100-300	50-250	30-100	-
Takahashi e Andrade (2010) ³	B	32	13	51	45	9	18	209	10	209	665	96	-
Marouelli <i>et al.</i> (2011) ⁴	40-60	2,5-7,5	30-50	10-30	4-6	4-12	25-100	5-20	40-200	40-250	20-50	0,3-0,5	-
Trani <i>et al.</i> (2015)	40-60	4-8	30-50	14-40	4-8	4-10	35-100	8-15	100-300	50-250	35-100	0,4-0,8	-
Reyes-Flores <i>et al.</i> (2016)	D	17,6	1,9	2,5	8,2	6,7	-	31,9	0,6	49,4	42,5	11,6	-
Minami e Mello (2017) ⁶		16,4	3,2	26	7,5	11,2	5,2	71	28 - 25	245	-	-	0,9
Minami e Mello (2017) ⁷	B	-	-	-	-	-	-	67,8	15,8	141	117	28,4	-
Minami e Mello (2017) ⁸	E	-	-	-	-	-	-	56,1	107,8	440,4	313,8	194,9	-
Minami e Mello (2017) ⁹		34,6	6,5	47,9	41,4	7,80	6,80	91	341	161	105	16	-
Minami e Mello (2017) ¹⁰		46,8	6,3	59,9	17,2	2,90	4,70	-	38,4	204,6	431,8	-	-
Minami e Mello (2017) ¹¹	C	65,4	10,1	38,0	24,5	4,60	6,70	-	18,5	128	201	-	-
Minami e Mello (2017) ¹²	A	41,9	5,2	48,3	49,9	12,9	19,6	-	18,9	106	143,5	53,1	7,7
Minami e Mello (2017) ¹³	B	40	37	27	70	55	60	52	52	58	63	63	-
Furlani e Bataglia (2018) ¹⁴	40-60	4-8	30-50	14-40	4-8	3-10	30-100	5-15	100-300	50-250	30-100	0,5-0,8	-
Pattillo <i>et al.</i> (2020)	D	41,0	3,5	37,5	42,3	6,7	-	36,33	12,67	161,50	40,33	19,50	-
Prieto Martinez (2021)	B	35,4	4	47	42	8	8	-	30	210	300	42	-
Alvarenga, Lopes e Guilherme (2022) ¹⁵		37	5	48	18	7	5	25	15	70	70	50	-
Alvarenga, Lopes e Guilherme (2022) ¹⁶	40-60	4-8	30-50	14-40	4-8	3-10	30-100	5-15	100-300	50-250	30-100	-	-

SPD: Sistemas de produção; A: Orgânico; B: Hidroponia; C: Solução Nutritiva; D: Aquaponia e E: Estufa, Fertirrigado.

¹Adaptado de Fontes e Silva (2002); ²Adaptado de Boaretto *et al.* (1999); ³Adaptado de Fernandes, Martinez e Fontes (2002); ⁴Adaptado de Fontes (2000) e Jones Junior (1998); ⁵Adaptado de SBCS (2004); ⁶Adaptado de Bains e Fireman (1964); ⁷Adaptado de Costa (1999); ⁸Adaptado de Rodrigues *et al.* (2002);

⁹Adaptado de Pereira *et al.* (2003); ¹⁰Adaptado de Morard *et al.* (2004); ¹¹Adaptado de Masson e Wilcox (1982); ¹²Adaptado de Demir *et al.* (2010); ¹³Adaptado de Prado *et al.* (2011); ¹⁴Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo e SBCS (2004); ¹⁵Adaptado de Fontes e Silva (2002) e

¹⁶Adaptado de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Segundo Pereira e Fontes (2021), os nutrientes desempenham funções bioquímicas e biofísicas específicas na célula (Quadro 3), e a ausência de um ou mais elementos, dificulta o metabolismo e impede o desenvolvimento da planta durante o ciclo de cultivo (Quadro 2). Outrossim, Santos (2018), Pereira e Fontes (2021) e Alvarenga, Lopes e Guilherme (2022) reforçam a importância dos nutrientes K, N, P, Ca, B, Mo, Mn, Cu, Fe, Zn e Mg. Segundo o autor, o K atua como ativador enzimático; N como constituinte de aminoácidos, proteínas, clorofila e melhora a eficiência da fotossíntese; P desempenha papel fundamental na fotossíntese e respiração; Ca como componente dos pectatos que são constituintes da parede celular; B na formação da parede celular, divisão e alongamento das células; Mo com importância associada ao metabolismo do N; Mn essencial para a síntese de clorofila; Cu participa de processos fisiológicos como fotossíntese, respiração e está envolvido no mecanismo de resistência às doenças fúngicas das plantas; Fe envolvido na biossíntese dos citocromos e da clorofila; Zn relacionado ao metabolismo de carboidratos e proteínas; Mg sendo fundamental na estrutura da clorofila, ativação de enzimas e fotossíntese.

Quadro 3 - Formas químicas absorvidas e transportadas no xilema, remobilização via floema e principais funções dos nutrientes

Nutriente	Forma absorvida	Forma transportada no xilema	Mobilidade no floema	Principais funções
N	NO_3^- ; NH_4^+	NO_3^- ; amidas	Alta	EST; OSM
P	H_2PO_4^-	H_2PO_4^-	Alta	EST; CFE
K	K^+	K^+	Alta	OSM; CFE
Ca	Ca^{++}	Ca^{++}	Baixa ^(II) Imóvel ^(III)	EST; CFE; BLC
Mg	Mg^{++}	Mg^{++}	Alta	EST; BLC; CFE
B	H_3BO_3	H_3BO_3	Baixa ^(II) Móvel ^(I) Imóvel ^(III)	EST
Cu	Cu^{++}	Cu^{++}	Baixa	CFE
Fe	Fe-Quelat. ou Fe^{++}	Fe-complexado	Intermediária	CFE
Mn	Mn^{++}	Mn^{++}	Baixa	CFE
Zn	Zn^{++}	Zn^{++} ou complexado	Intermediária	CFE
Mo	Mo_4^-	Mo_4^-	Alta	CFE

EST: estrutural; OSM: osmótico; CFE: cofator enzimático; BLC: Balanço de cargas e CMC: comunicação celular.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022), adaptado de Marschner (1995), ^(I)Davis *et al.* (2008), Minami e Mello (2017), ^(II)Pereira e Fontes (2021) e ^(III)Alvarenga, Lopes e Guilherme (2022).

O resultado para as plantas sem enxertia pressupõe melhor translocação de nutrientes como N, P, K, Mg e Mo, por serem elementos móveis no floema (Quadro 3), e podendo ser redistribuídos na planta. Tapia e Gutierrez (1997) asseveraram que a

distribuição de N nas folhas chega a 37% do N total, P a 43% e K a 42% nas folhas do primeiro cacho.

Os valores para Mo em 2019 ficaram próximos ao LDQ, mas, em 2021, os resultados das plantas sem enxertia caracterizaram o híbrido ‘Anjico’ como melhor material vegetal (Tabela 21) corroborando com os registros de Minami e Mello (2017).

As plantas enxertadas podem ter apresentado durante as fases do ciclo de cultivo, dificuldades de adaptação em função das condições climáticas (Figura 2 e 3), onde a temperatura do substrato e ambiente quando muito baixa, mesmo em períodos curtos, influencia negativamente na taxa de crescimento e paralisação da absorção de água e nutrientes como N, P, K e Mo considerados móveis (ALVARENGA, 2004; 2022; COSTA; VENTURA, 2010). Com relação à enxertia, Torii *et al.* (1992), asseveram que a cicatrização e o desenvolvimento inicial das plantas pode ser afetado quando ocorre conexão insuficiente dos feixes vasculares entre porta-enxerto/enxerto prejudicando a absorção e fluxo de água, nutrientes e demais compostos.

Os valores do teor de B no ano de 2019 e 2021 (Tabela 21) corroboram com as informações encontradas na literatura (Tabela 22), no entanto, em 2021 os tratamentos com plantas enxertadas evidenciaram uma melhor absorção e/ou translocação deste nutriente. Tal fato, pode estar relacionado a boa formação do calo de enxertia, no período, como regra para uma planta enxertada se desenvolver, manter boa absorção, fluxo de água e produzir (PEIL, 2003; RIZZO *et al.*, 2004; COHEN *et al.*, 2012; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ *et al.*, 2014; ALVARENGA; LOPES; GUILHERME, 2022). Para Alvarenga, Lopes e Guilherme (2022) o B é classificado como nutriente imóvel, no entanto, asseveram o B como nutriente móvel (Quadro 3), sugerindo que foi translocado no floema em plantas de tomateiro, conduzidas em cultivo hidropônico e a campo, das folhas para os frutos juntamente com o K. Sendo assim, Filgueira (2008) afirma que a análise para B é fundamental para o planejamento de cultivo, pois a falta de alguns gramas deste micronutriente pode resultar em perdas significativas na produção.

Os valores para o teor de Cu em 2021 (Tabela 21) estão acima da maioria dos dados referenciados na literatura (Tabela 22), bem como nos resultados da amostra referência NIST SRM 1573a (Tabela 19). No entanto, Fayad (1998) registra o valor para Cu 160 mg kg⁻¹ em sistema de produção de tomateiro tutorado, e Fontes *et al.* (2002) caracterizam valor para Cu 798 mg kg⁻¹ em sistema de produção em areia. Ainda neste

tema, os valores altos para teor de Cu, Zn e Mn podem estar relacionados ao uso de fungicidas contendo tais nutrientes nas suas respectivas formulações.

Com relação ao porta-enxerto ‘Guardião’, verificou-se um aporte nutricional para Zn e K, caracterizando o material vegetal como alternativa em cultivo de tomateiro (Tabela 21). As plantas utilizadas como porta-enxertos são selecionadas por apresentarem sistema radicular desenvolvido e vigoroso (Figura 4), resistente a patógenos (Quadro 1), tolerantes a condições ambientais adversas, consequentemente melhorando absorção de água e nutrientes minerais à parte aérea (LIU *et al.*, 2014; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ *et al.*, 2014), bem como permitindo maior crescimento e desenvolvimento em sistema de cultivo em substrato (PERIN, 2021).

7.3.3.1 Relações dos teores de nutrientes em tecido foliar de tomateiro

As relações dos teores de nutrientes no sistema de cultivo A, em 2019, configurou o contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’ com diferença para a relação K/Ca e K/Mg, e o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ apresentou diferença para a relação N/Ca e Ca/Mg. As plantas com enxertia apresentaram efeito do K sobre o Ca, com concentração foliar de K em relação ao Ca maior em 19,02%, bem como o efeito do K sobre o Mg, com concentração foliar de K em relação ao Mg maior em 19,5%, e caracterizando o tratamento ‘Green Power/Santa Clara’ como destaque em relação aos demais tratamentos enxertados. Com relação aos enxertos, o cv. Santa Clara apresentou efeito do N sobre o Ca, com concentração foliar de N em relação ao Ca maior em 22,05%, e o híbrido ‘Anjico’ apresentou concentração foliar de Ca em relação ao Mg maior em 7,23% (Tabela 23).

No ano de 2021, o contraste ‘Green Power’ x ‘Guardião’ mostrou diferença para a relação K/Mg. Já o contraste relacionado aos enxertos ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ apresentou diferença para relação K/Ca+Mg. O porta-enxerto ‘Green Power’ apresentou efeito do K sobre o Mg, com concentração foliar de K em relação ao Mg maior em 15,24%. Não obstante, o enxerto ‘Anjico’ apresentou efeito do K em relação ao Ca + Mg, com concentração foliar de K em relação à Ca + Mg maior em 7,70% da (Tabela 23).

Os resultados da relação N/Ca caracterizaram os tratamentos de pé franco ‘Santa Clara’ e ‘Guardião/Santa Clara’ com valor 1,30 e 1,20, respectivamente (Tabela 23), considerado baixo segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), Hahn e Suzuki (2016), no

entanto, aderente com Takahashi e Andrade (2010) e Prieto Martinez (2021), conforme Tabela 22. A relação N/Ca para o tratamento ‘Green Power/Santa Clara’ apresentou o valor 1,58 (Tabela 23), de forma significativa em detrimento dos outros tratamentos com e sem enxertia e corroborando com informações na literatura (Tabela 24). Neste sentido, pode-se aduzir que o cv. Santa Clara enxertado sob o porta-enxerto ‘Green Power’, considerado um material vegetal híbrido com médio vigor (Quadro 1) e bom desenvolvimento do sistema radicular (Figura 4), conseguiu estabelecer uma melhor conexão porta-enxerto/enxerto, melhor adaptação edafoclimática, consequentemente propiciando uma alta mobilidade do nutriente N em relação ao Ca até o tecido foliar.

O N é absorvido pelas raízes na forma NH_4^+ como o NO_3^- , sendo o nitrato uma das principais fontes de N das plantas superiores, incluindo o tomateiro (MINAMI; MELLO, 2017). O nitrato absorvido é reduzido a amônia pela ação da redutase de nitrato (MINAMI; MELLO, 2017), e a quantidade de redutase de nitrato é avaliada pelas mudanças na taxa de produção, respondendo a vários sinais ambientais, incluindo seca, frio, e concentração baixa de CO_2 (JONES JUNIOR, 1998) que podem afetar a atividade da redutase de nitrato.

O cv. Santa Clara, com e sem enxertia, configurou melhor resposta para relação N/Ca na entressafra e, consequentemente, reforçando a tese onde plantas enxertadas podem modificar vários processos fisiológicos na planta de tomateiro, como absorção e translocação de nutrientes (SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ *et al.*, 2014), de água (LIU *et al.*, 2014), e no controle de problemas de oscilações de temperatura (GAMA *et al.*, 2013), vislumbrando melhor produção, pois o teor de N pode afetar o crescimento, produção de frutos e a sua qualidade.

Os resultados para as relações K/Ca e K/Mg caracterizaram as plantas enxertadas e o porta-enxerto híbrido ‘Guardião’, com melhor resposta nos anos de 2019 e 2021, corroborando com informações na literatura (Tabela 22). A absorção de K não é afetada nem pelo Ca e nem pelo Mg, mesmo que as plantas estejam com esses elementos em concentrações altas, o tomateiro é uma planta que requer grande quantidade de K (MINAMI; MELLO, 2017). Os autores registraram problemas fisiológicos quando a relação permanece elevada ($\text{K}^+/\text{Ca}^{++} = 9,6$) por algumas semanas. Ainda sobre a relação K/Mg, os autores afirmam que folhas terminais em plantas de tomateiro, apresentam valor de 2,61.

Tabela 23 - Teor de nutrientes nas relações N/Ca, K/Ca, K/Mg, K/Ca+Mg e Ca/Mg em tecido foliar de tomateiro (matéria seca), no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019				
		N/Ca	K/Ca	K/Mg	K/Ca+Mg	Ca/Mg
Green Power	Anjico	1,25	2,99	14,17	6,04	4,82
Green Power	Santa Clara	1,58	3,56	17,07	5,97	4,79
Guardião	Anjico	1,09	2,78	14,22	5,80	5,12
Guardião	Santa Clara	1,20	2,85	14,21	5,32	5,02
Pé franco	Anjico	0,83	2,28	12,17	6,03	5,41
Pé franco	Santa Clara	1,30	2,65	11,84	5,74	4,45
Média		1,21	2,85	13,95	5,82	4,93
CV (%)		28,80	21,99	21,03	8,93	8,64
Enxertia x Pé franco		ns	*	*	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		*	ns	ns	ns	*
2021						
Green Power	Anjico	1,42	1,61	4,93	9,15	3,05
Green Power	Santa Clara	1,42	1,83	6,19	8,17	3,40
Guardião	Anjico	1,47	1,88	6,85	8,13	3,64
Guardião	Santa Clara	1,39	1,85	6,28	8,31	3,43
Pé franco	Anjico	1,48	1,95	5,74	9,21	2,97
Pé franco	Santa Clara	1,37	1,78	6,11	7,98	3,44
Média		1,42	1,82	6,02	8,49	3,32
CV (%)		8,61	11,10	13,07	9,77	11,27
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	**	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	ns	ns	*	ns

*: significância estatística a 5%; **: significância estatística a 1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 24 - Teor de nutrientes nas relações N/Ca, K/Ca, K/Mg, K/Ca+Mg e Ca/Mg em tecido foliar de tomateiro (matéria seca), em diferentes sistemas de produção (SPD)

Autores	SPD	Relação do teor de nutrientes				
		N/Ca	K/Ca	K/Mg	K/Ca+Mg	Ca/Mg
Malavolta, Vitti e Oliveira (1997); Trani e Raij (1997); Hahn e Suzuki (2016) ⁵		1,50 - 2,86	1,25 - 2,14	6,25 – 7,50	1,04 – 1,67	3,50 - 5,00
Carvalho, Bastos e Alvarenga (2004) ¹		2,06	2,67	6,86	1,92	2,57
Toledo (2008) ²	A	1,50 - 2,86	1,25 - 2,14	6,25 – 7,50	1,04 – 1,67	3,50 - 5,00
Takahashi e Andrade (2010) ³	B	0,71	1,13	5,67	0,94	5,00
Marouelli <i>et al.</i> (2011) ⁴		2,00 – 4,00	1,67- 3,00	7,50 – 8,33	1,39 – 2,14	2,50 – 5,00
Trani <i>et al.</i> (2015)		1,50 – 2,86	1,25 - 2,14	6,25 – 7,50	1,04 - 1,67	3,50 – 5,00
Reyes-Flores <i>et al.</i> (2016)	D	2,15	0,30	0,37	0,17	1,22
Minami e Mello (2017) ⁶		2,19	3,47	2,32	1,39	0,67
Minami e Mello (2017) ⁷		0,84	1,16	6,14	0,97	5,31
Minami e Mello (2017) ⁸		2,72	3,48	20,66	2,98	5,93
Minami e Mello (2017) ⁹	C	2,67	1,55	8,26	1,31	5,33
Minami e Mello (2017) ¹⁰	A	0,84	0,97	3,74	0,77	3,87
Minami e Mello (2017) ¹¹	B	0,57	0,39	0,49	0,22	1,27
Furlani e Bataglia (2018) ¹²		1,50 - 2,86	1,25 - 2,14	6,25 – 7,50	1,04 - 1,67	3,50 - 5,00
Pattillo <i>et al.</i> (2020)	D	0,97	0,89	5,60	1,31	6,31
Prieto Martinez (2021)	B	0,84	1,12	5,88	0,94	5,25
Alvarenga, Lopes e Guilherme (2022) ¹³		2,06	2,67	6,86	0,92	2,57
Alvarenga, Lopes e Guilherme (2022) ¹⁴		1,50 - 2,86	1,25 - 2,14	6,25 – 7,50	1,04 - 1,67	3,50 - 5,00

SPD: Sistemas de produção; A: Orgânico; B: Hidroponia; C: Solução Nutritiva e D: Aquaponia.

¹Adaptado de Fontes e Silva (2002); ²Adaptado de Boaretto *et al.* (1999); ³Adaptado de Fernandes, Martinez e Fontes (2002); ⁴Adaptado de Fontes (2000) e Jones Junior (1998); ⁵Adaptado de SBCS (2004); ⁶Adaptado de Bains e Fireman (1964); ⁷Adaptado de Pereira *et al.* (2003); ⁸Adaptado de Morard *et al.* (2004); ⁹Adaptado de Masson e Wilcox (1982); ¹⁰Adaptado de Demir *et al.* (2010); ¹¹Adaptado de Prado *et al.* (2011); ¹²Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo e SBCS (2004); ¹³Adaptado de Fontes e Silva (2002) e ¹⁴Adaptado de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Diante do exposto, os resultados no presente trabalho justificam as plantas enxertadas e o porta-enxerto ‘Guardião’ com valores similares para as relações K/Ca e K/Mg (Tabela 23), sem observação de transtornos fisiológicos, com boa adaptação ao manejo de fertirrigação, CE e pH, em período de entressafra na produção de tomateiro. Outrossim, Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) asseveraram que a relação K/Mg entre 7 e 10 é normal, porém quando este valor for elevado entre 15 e 20 pode aparecer alguns sintomas de deficiência, fato não evidenciado nas plantas enxertadas especificamente com o porta-enxerto ‘Guardião’.

A relação K/Ca+Mg, no ano de 2021 (Tabela 23), apresentou o enxerto ‘Anjico’ como destaque, porém os valores são divergentes das informações na literatura (Tabela 24). Conforme Minami e Mello (2017) graves problemas fisiológicos podem acontecer com plantas cultivadas em meio pobre de Ca [$K^+ / (Ca^{++} + Mg^{++}) = 5,8$]. Neste particular, o Mg não tem influência sobre o K, mesmo em concentrações elevadas, porém em tecido vegetal pode ser anulado pelo K ou Ca, dependendo da concentração de íons na solução nutritiva (MINAMI; MELLO, 2017). Na solução nutritiva, a concentração de Ca pode afetar a taxa de absorção de ânions e dos outros cátions da seguinte forma: se a concentração for alta pode reduzir a absorção dos cátions ou aumentar a de ânions (MINAMI; MELLO, 2017). Assim, pode-se justificar que o Ca dentro da planta está sujeito às condições ambientais, e as desordens morfofisiológicas relacionadas ao nível de Ca nos tecidos vegetais estão relacionadas a UR, temperatura, suprimento de Ca insuficiente no sistema radicular ou restrições na translocação (MINAMI; MELLO, 2017). Desta forma, a análise da relação entre dois ou mais nutrientes é fundamental para o planejamento de cultivo, e conforme os resultados apresentados, recomendam-se novos experimentos vislumbrando novas contribuições para área de nutrição em tomateiro, em época de entressafra.

A relação Ca/Mg apresentou melhor resultado para o enxerto híbrido ‘Anjico’, com e sem enxertia, e os valores estão de acordo com informações na literatura (Tabela 22). O Ca^{2+} é um nutriente altamente competitivo com o Mg^{2+} , bem como nos locais de ligação da membrana plasmática nas raízes, por terem mais afinidade por Mg hidratado do que por Ca (MARSCHNER, 1995). Assim, concentrações altas de Ca no substrato aumentam o teor de Ca foliar e consequentemente diminuem o Mg foliar (MINAMI; MELLO, 2017).

A análise dos teores de nutrientes em tecido vegetal de tomateiro na entressafra, revela a influência das condições climáticas na absorção e translocação na planta, bem como a eficiência das plantas enxertadas como alternativa para o cultivo.

7.3.4 Teor de nutrientes em tecido foliar de tomateiro no sistema de cultivo B

O teor de nutrientes em 2019, mostrou o contraste ‘Green Power’ x ‘Guardião’ e ‘enxertia’ x ‘pé franco’ com diferença para N e P, respectivamente. O porta-enxerto ‘Guardião’ mostrou maior teor de N (17,41%), e as plantas sem enxertia apresentaram maior teor de P (10,63%). Com relação aos porta-enxertos, os tratamentos ‘Guardião/Anjico’ e ‘Guardião/Santa Clara’ apresentaram destaque em relação aos demais tratamentos com plantas enxertadas. O enxerto ‘Anjico’ mostrou maior teor de Ca, Mg e Mn em 18,56; 25,33 e 21,85%, respectivamente, em relação ao cv. Santa Clara (Tabela 25).

No ano de 2021, o contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’ apresentou diferença para P, K e B. As plantas enxertadas foram destaque para o nutriente B, e as plantas de pé franco apresentaram melhor resposta para os nutrientes P e K. Já o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ mostrou diferença para P e K. O enxerto ‘Anjico’, com e sem enxertia, apresentou maior teor de P (12,5%) e K (7,43%), com destaque para o tratamento de pé franco ‘Anjico’, seguido do tratamento ‘Green Power/Anjico’ (Tabela 25).

No ano de 2019, o teor dos nutrientes K, B, Cu, Fe, Zn e Mo e, em 2021, os nutrientes N, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo não foram influenciados pelos tratamentos com e sem enxertia conforme análise estatística para contrastes (Tabela 25). No entanto, analisando o teor do N, em 2019, observou-se valores contrastantes com informações na literatura, mas aderente com Reyes-Flores *et al.* (2016) confirmando em igual SPD o teor de N 17,6 g kg⁻¹ (Tabela 22).

Pressupõe-se que, ao analisar o N como um nutriente altamente móvel (Quadro 3) e absorvido pelas raízes na forma NH₄⁺ como o NO₃⁻, conferiu ao porta-enxerto ‘Guardião’ melhor desenvolvimento do sistema radicular em substrato com argila expandida, adaptação à solução nutritiva do tanque de peixes, interação entre os

componentes biológicos no sistema de cultivo aquapônico e respondendo de forma positiva as características ambientais como frio, em período de entressafra.

Os teores de nutrientes são afetados pelas características do porta-enxerto e do enxerto, entretanto, dependendo do elemento químico e das condições ambientais, o efeito pode mudar (MARTÍNEZ-BALLESTA *et al.*, 2010; ARAÚJO, 2017). Outrossim, Vilela (2016) assevera que porta-enxerto originário de altas altitudes aumentou a tolerância a baixas temperaturas, bem como conferiu melhor desenvolvimento do sistema radicular, principalmente a 15 °C, com aumento de 237% da massa fresca radicular em relação à variedade comercial de tomate, corroborando com o período de entressafra para produção de tomateiro no Alto Vale do Itajaí a 620 m de altitude.

Os nutrientes P e K altamente móveis (Quadro 3), mostraram as plantas sem enxertia, especificamente o híbrido ‘Anjico’, com melhor adaptação ao sistema de cultivo B, pelo fato de não terem sido submetidas ao procedimento de enxertia e assim não apresentar complicações no que se refere a translocação destes nutrientes na planta.

O híbrido ‘Anjico’, com e sem enxertia, apresentou melhor resultado para Ca, Mg e Mn, fato que pode estar relacionado a adubação foliar suplementar, translocação destes nutrientes via xilema e floema, bem como a combinação porta-enxerto/enxerto, vislumbrando melhor resposta em termos produtivos para o sistema de cultivo B. Ainda com relação ao teor de Ca, pode-se justificar que o híbrido ‘Anjico’ obteve uma melhor adaptação a solução nutritiva do tanque de peixes, fato que pode ter contribuído para o fluxo de massa, caracterizando significativa absorção de Ca junto a superfície da raiz em substrato de argila expandida (FAQUIN, 2005; ALVARENGA; LOPES; GUILHERME, 2022).

As plantas enxertadas apresentaram maior teor de B (11,14%), revelando a melhor adaptação ao sistema de cultivo B e absorção e/ou translocação deste nutriente, como asseveram Alvarenga, Lopes e Guilherme (2022). O vigor do porta-enxerto, a resistência ou tolerância a fatores bióticos e abióticos, podem ser conferidos ao material vegetal enxertado, vislumbrando plantas com melhor performance agronômica (VILELA, 2016). Outrossim, Araújo (2017) afirma que a concentração de alguns nutrientes na parte aérea pode ter relação com a concentração desses nutrientes no porta-enxerto.

Tabela 25 - Teor de nutrientes em tecido foliar de tomateiro (matéria seca), por ocasião do primeiro fruto maduro dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019										
		Macronutrientes (g kg^{-1})					Micronutrientes (mg kg^{-1})					
		N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo ^(I)
Green Power	Anjico	16,78	3,18	11,39	10,73	2,40	21,13	6,29	81,13	28,23	52,25	< 1,0
Green Power	Santa Clara	19,59	3,06	12,98	7,33	1,63	17,85	5,01	57,35	21,92	51,93	< 1,0
Guardião	Anjico	24,71	3,00	13,09	8,78	2,08	19,21	5,53	59,92	25,06	43,91	< 1,0
Guardião	Santa Clara	20,77	3,22	13,15	7,54	1,60	17,42	5,41	55,03	20,40	51,87	< 1,0
Pé franco	Anjico	23,22	3,38	13,82	9,58	2,29	20,05	4,23	64,96	28,13	50,69	< 1,0
Pé franco	Santa Clara	20,10	3,58	12,71	8,82	1,82	17,98	6,18	56,67	21,31	49,94	< 1,0
Média		20,86	3,23	12,86	8,80	1,97	18,94	5,44	62,51	24,18	50,10	< 1,0
CV (%)		17,98	13,86	15,02	17,21	12,18	16,73	25,98	30,81	19,42	34,80	< 1,0
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
Anjico x Santa Clara		ns	ns	ns	**	***	ns	ns	ns	**	ns	ns
2021												
Green Power	Anjico	22,00	5,70	18,87	22,85	4,12	51,88	205,91	98,79	500,29	132,40	< 1,0
Green Power	Santa Clara	21,09	5,36	18,22	20,70	3,88	51,50	242,69	96,53	489,47	132,62	< 1,0
Guardião	Anjico	23,58	5,63	17,15	22,38	3,89	51,10	183,12	99,46	515,62	151,75	< 1,0
Guardião	Santa Clara	21,53	5,20	18,70	22,86	3,89	54,80	213,25	99,44	484,48	153,84	< 1,0
Pé franco	Anjico	21,28	7,15	22,96	20,96	3,97	48,17	216,35	86,83	463,87	150,97	< 1,0
Pé franco	Santa Clara	21,72	5,63	17,69	20,22	3,95	44,82	171,16	103,07	413,57	94,42	< 1,0
Média		22,03	5,78	18,93	21,66	3,95	50,38	205,41	97,35	477,88	136,00	< 1,0
CV (%)		10,45	15,79	10,15	17,25	11,79	14,45	28,74	21,90	22,69	23,89	< 1,0
Enxertia x Pé franco		ns	*	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*: significância estatística a 5%; **: significância estatística a 1%; ***: significância estatística a < 1%; ns: não significativo e ^(I): LDQ = LDI x Fd.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A análise de nutrientes no tecido vegetal de plantas de tomateiro no sistema de cultivo B, em 2019 e 2021 (Tabela 25), revelou que o teor de nutrientes para N, P, K, Ca, Cu, Fe e Zn, contribui para produção de tomate, porém, somente Mg, B e Mn apresentando valores divergentes em 2019 conforme informações em literatura (REYES-FLORES *et al.*, 2016). Assim, pode-se afirmar que, mesmo diante de condições climáticas desfavoráveis, como ocorreu em 2021, com perda de \pm 35% dos peixes da espécie tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), o sistema de cultivo B conseguiu manter um ambiente de cultivo equilibrado e com potencial produtivo.

7.3.4.1 Relações dos teores de nutrientes em tecido foliar de tomateiro

As relações dos teores de nutrientes em 2019, apresentou o contraste ‘Green Power’ x ‘Guardião’ com diferença para a relação N/Ca e o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ mostrou diferença para K/Ca e K/Mg. O porta-enxerto ‘Guardião’ apresentou efeito do N sobre o Ca, com concentração foliar de N em relação ao Ca maior em 24,56%; também mostrou o enxerto ‘Santa Clara’ com efeito do K sobre o Ca, com concentração foliar de K em relação ao Ca maior em 22,09% e efeito do K sobre o Mg, com concentração foliar de K em relação ao Mg maior em 25,61% (Tabela 26).

No ano de 2021, o contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’ apresentou diferença para a relação K/Ca e Ca/Mg. As plantas sem enxertia apresentaram efeito do K sobre o Ca, com concentração foliar de K em relação ao Ca maior em 18% e plantas enxertadas apresentaram efeito do Ca sobre o Mg, com concentração foliar de Ca em relação ao Mg maior em 9,88% (Tabela 26).

A relação N/Ca caracteriza valores de acordo com informações na literatura (Tabela 24 e 26) e mostra melhor desempenho para o porta-enxerto ‘Guardião’ em 2019, em função dos eventos climáticos não terem sido tão impactantes, especificamente a temperatura, assim contribuindo para melhor temperatura na água do tanque de peixes, processo de nitrificação desenvolvido por bactérias nitrificantes dos gêneros *Nitrosomas* sp. e *Nitrobacter* sp. (CARNEIRO *et al.*, 2015), e consequentemente melhor absorção e translocação do N para parte aérea.

Tabela 26 - Teor de nutrientes nas relações N/Ca, K/Ca, K/Mg, K/Ca+Mg e Ca/Mg em tecido foliar de tomateiro (matéria seca), no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019				
		N/Ca	K/Ca	K/Mg	K/Ca+Mg	Ca/Mg
Green Power	Anjico	1,57	1,08	4,84	3,48	4,48
Green Power	Santa Clara	2,73	1,84	8,00	3,47	4,51
Guardião	Anjico	2,88	1,50	6,35	3,57	4,23
Guardião	Santa Clara	2,82	1,84	8,22	3,44	4,71
Pé franco	Anjico	2,44	1,44	6,06	3,73	4,19
Pé franco	Santa Clara	2,36	1,47	6,99	3,29	4,81
Média		2,47	1,53	6,74	3,50	4,49
CV (%)		23,07	24,07	14,58	11,10	13,86
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns	ns	ns
Green Power x Guardião		*	ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	**	***	ns	ns
2021						
Green Power	Anjico	0,99	0,86	4,67	4,98	5,51
Green Power	Santa Clara	0,94	0,81	4,73	4,69	5,93
Guardião	Anjico	1,06	0,77	4,42	4,66	5,78
Guardião	Santa Clara	0,96	0,84	4,84	4,73	5,86
Pé franco	Anjico	1,08	1,11	5,85	5,09	5,27
Pé franco	Santa Clara	1,08	0,89	4,51	4,84	5,12
Média		1,02	0,88	4,84	4,83	5,58
CV (%)		15,95	19,17	14,16	8,56	11,04
Enxertia x Pé franco		ns	*	ns	ns	*
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	ns	ns	ns	ns

*: significância estatística a 5%; **: significância estatística a 1%; ***: significância estatística a < 1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A relação K/Ca e K/Mg apresenta valores que corroboram com informações na literatura (Tabela 24 e 26) e caracteriza o cv. Santa Clara, com e sem enxertia, como material vegetal destaque em relação ao híbrido ‘Anjico’. Neste particular, pressupõe-se que a característica genética do cv. Santa Clara, contribuiu para melhor adaptação as questões edafoclimáticas no sistema de cultivo B.

O K aparece sempre em maior proporção no caule, mas no final do ciclo concentra-se mais nos frutos, o Ca aumenta até a 14^a semana e o Mg até a 12^a semana (MINAMI; MELLO, 2017). Os tratamentos ‘Guardião/Santa Clara’, seguido por ‘Green Power/Santa Clara’, apresentaram melhor resultados em relação ao híbrido ‘Anjico’ com e sem enxertia. Diante desta análise, Minami e Mello (2017) asseveraram que o maior teor de K tende a aumentar a firmeza do fruto, concentração de AT, diminuir a relação de açúcares solúveis/AT e SS/AT, e também o suprimento moderado melhora o *flavor* do tomate.

A relação Ca/Mg caracterizou as plantas enxertadas com melhor resposta e os resultados de acordo com informações na literatura (Tabela 24 e 26). Sobre o Ca e Mg é importante destacar que entre 80 e 90 dias do ciclo, há grande decréscimo na absorção desses nutrientes, talvez em função de um fenômeno caracterizado como ‘lavagem de nutrientes’, com ocorrência em cultivos a campo, porém, pode não se repetir em cultivo protegido ou em hidroponia (MINAMI; MELLO, 2017), assim, corroborando com os resultados no sistema de cultivo aquapônico.

Os teores de nutrientes dissolvidos em água no sistema de cultivo B, variam de acordo com as práticas de produção da aquicultura, alimentação, insumos de suplemento, temperatura da cultura e espécies de vegetais a serem cultivados. As diferenças na análise foliar merecem novas pesquisas com objetivo de investigar os mecanismos de absorção e disponibilidade de nutrientes nos diferentes SPD utilizados para o cultivo de tomateiro (PATTILLO *et al.*, 2020).

7.4 CONCLUSÃO

As plantas sem enxertia apresentaram maior teor de nutrientes em tecido foliar de plantas de tomateiro cultivadas na entressafra, no sistema de cultivo em vaso e aquapônico, principalmente para N, P, K, Ca, Mg, B e Mo. Enquanto nos tratamentos

com plantas enxertadas o maior teor de nutrientes foi encontrado nas relações K/Ca, K/Mg e Ca/Mg.

Quanto aos porta-enxertos, o ‘Green Power’ apresentou maior valor na relação entre os teores de nutrientes K/Mg, de forma pontual no ano 2021, para o sistema de cultivo em vaso. O porta-enxerto ‘Guardião’, no ano de 2019, mostrou maior teor de nutrientes em tecido foliar de plantas de tomateiro para N, obteve melhor resposta na relação entre os teores de nutrientes N/Ca, caracterizando o material vegetal como uma alternativa para o uso em sistema de cultivo aquapônico.

O híbrido ‘Anjico’ apresentou maior teor de nutrientes em tecido foliar de plantas de tomateiro para P, K, Ca, Mg, Mn e na relação entre os teores de nutrientes Ca/Mg e K/Ca+Mg. Portanto, os resultados denotam o enxerto ‘Anjico’ como uma possibilidade de material produtivo, na entressafra, tanto para o sistema de cultivo em vaso quanto para o aquapônico.

8 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS EM GENÓTIPOS DE TOMATEIRO COM E SEM ENXERTIA SOB SISTEMAS DE CULTIVO EM VASO E AQUAPÔNICO

8.1 INTRODUÇÃO

O consumo do tomate (*Solanum lycopersicum*) faz parte dos hábitos alimentares da população e sua produção exige conhecimentos e tecnologias para que se caracterize como uma atividade sustentável. As alterações no tomate durante o processo da colheita até o consumidor são principalmente mecânicas, fisiológicas e patológicas (HARVEY, 1978).

Os atributos de qualidade como cor, firmeza, teor de sólidos solúveis, acidez total titulável, pH e o estádio de maturação são importantes quanto à comercialização e consumo do fruto. Estes atributos, juntamente com o tamanho, forma e aparência externa do fruto influenciam a escolha do consumidor (FERREIRA *et al.*, 2010).

Nesse contexto de manejo da cultura do tomateiro, pesquisas com o uso da técnica da enxertia registram a influência na qualidade de frutos (SIRTOLI *et al.*, 2011; SOTERIOU *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2014; HUANG *et al.*, 2015; ZEIST, 2015; ARAÚJO, 2017). Segundo Flores *et al.* (2010), dependendo da combinação porta-enxerto/enxerto, a característica físico-química se altera. Os resultados, muitas vezes contraditórios, ocorrem, principalmente, devido à complexidade dos processos bioquímicos que determinam a síntese de compostos relacionados as características de qualidade dos frutos (DJIDONOU *et al.*, 2016). Além disso, esses compostos podem ser afetados por diversos fatores, como: cultivar, sistema de cultivo, manejo da cultura, maturação dos frutos e condições ambientais (SIMONNE; NASCIMENTO; BRECHT, 2011).

O estudo de novas tecnologias para o cultivo de tomateiro é necessário para oferecer alternativas eficientes à cadeia produtiva. Além disso, a quantidade produzida deve atender as exigências do mercado consumidor com frutos de alta qualidade para o consumo in natura em escala competitiva.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas dos frutos em genótipos de tomateiro com e sem enxertia sob sistema de cultivo em vaso e aquapônico.

8.2 MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento experimental quanto ao local de execução e material vegetal utilizado; condições climáticas; densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos; semeadura, germinação e enxertia; sistema de cultivo em vaso (sistema de cultivo A); sistema de cultivo aquapônico (sistema de cultivo B); ciclo de cultivo; delineamento experimental e análise estatística foram realizados conforme descrito no Capítulo 5.

8.2.1 Local de análise

As análises foram realizadas no laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages (CAV-UDESC), localizado nas coordenadas 27°47'34.87" Sul e 50°18'12.72" Oeste, com altitude de 923 m.

8.2.2 Avaliações

Frutos produzidos nos sistemas de cultivo A e B foram colhidos e transportados ao laboratório para avaliações das características físico-químicas. Foram utilizados para estas avaliações apenas frutos com padrão comercial, sendo utilizado 1 fruto por planta, totalizando 10 frutos por unidade experimental (Figura 11).

Figura 11 - Amostra de frutos do tratamento ‘Green Power/Anjico’



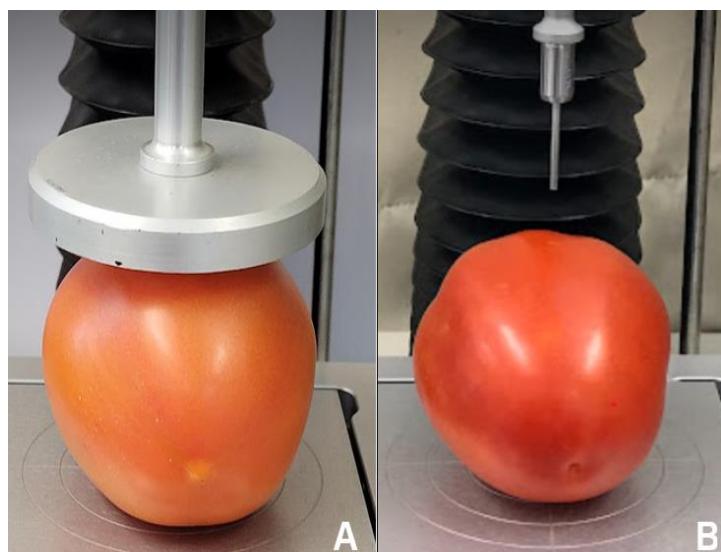
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O peso médio do fruto [PMF (g fruto^{-1})] foi identificado individualmente em balança eletrônica de precisão com resolução de 0,01 g (Bel® S2202H).

Os atributos de textura [força para compressão (N), força para ruptura da casca (N) e força para penetração da polpa (N)], foram analisados com um texturômetro eletrônico TAXT-Plus® (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, Reino Unido), conforme destaque na Figura 12.

A força para compressão foi determinada utilizando uma plataforma plana, modelo P/75, com 75 mm de diâmetro, que exerceu uma força de compressão até uma deformação de 8 mm na superfície do fruto, tempo de espera 0,05 segundos, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 1 e 30 mm s^{-1} . A quantificação das forças para ruptura da casca e para penetração na polpa, foi feita utilizando ponteira, modelo PS2, com 2 mm de diâmetro, sem remoção da casca, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 5 mm, tempo de espera 0,10 segundos, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 1 e 30 mm s^{-1} , respectivamente.

Figura 12 - Avaliação dos atributos de textura



A: resistência do fruto a força de compressão; B: resistência do fruto à força para ruptura da casca e força para penetração na polpa.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os valores de sólidos solúveis [SS (%)] e acidez titulável [AT (% de ácido cítrico)] foram determinados a partir de suco preparado com centrífuga (Britânia® Liq Fit Inox). O teor de SS foi medido usando-se refratômetro digital PR201α (Atago®, Tokyo, Japão). A AT foi determinada pela titulação de 10 mL de suco de tomate com 90 mL de NaOH (0,1 N) até pH 8,2, usando-se titulador automático Tritoline Easy®

(Schott Instruments, Mainz, Rheinland-Pfalz, Alemanha). Com resultados de SS e AT foi calculada a relação SS/AT (chamada de índice de maturação), para indicar o equilíbrio doce-ácido dos alimentos (em que a relação SS/AT entre 12 a 18 indica balanceamento organoléptico equilibrado).

A cor dos frutos foi avaliada realizando-se duas leituras por fruto, em dois pontos opostos, na região equatorial, com o colorímetro Minolta® CR-400 (Konica, Tokyo, Japão). O equipamento foi calibrado em uma placa branca padrão, de cerâmica. Foram quantificados os atributos de cor *L* (luminosidade/brilho), *C* (cromaticidade) e *h^o* (ângulo *hue*). Os valores de *L* variam de 0 a 100 (0 = totalmente preto e 100 = totalmente branco), o *C* indica a saturação ou pureza da cor, e o *h^o* define a tonalidade da cor (0° = vermelho; 90° = amarelo; 180° = verde, e 270° = azul).

8.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.3.1 Características físico-químicas de frutos de tomateiro no sistema de cultivo A e B

Em 2019, no sistema de cultivo A, a variável PMF apresentou diferença para os contrastes ‘enxertia’ x ‘pé franco’ e ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’. As plantas enxertadas apresentaram maior valor (27,6%) em relação às plantas de pé franco. O enxerto ‘Santa Clara’ mostrou maior valor (23,1%) em relação ao enxerto ‘Anjico’ (Tabela 27).

Os tratamentos ‘Guardião/Santa Clara’ e ‘Green Power/Santa Clara’ registraram PMF 70,25 e 70,84 g fruto⁻¹, respectivamente e caracterizando o porta-enxerto ‘Green Power’ como alternativa de porta-enxerto para o sistema de cultivo A (Tabela 27).

Com relação à força para compressão, os resultados foram significativos para o contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’. Com relação à força para ruptura da casca e força para penetração da polpa, visualizou-se diferença para os contrastes ‘enxertia’ x ‘pé franco’ e ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’ (Tabela 27). Diante do exposto, o destaque para os atributos de textura foi significativo para plantas com enxertia, considerando maior valor (28,5%) para força de compressão, 7,5% na força para ruptura da casca e 29,7% para força de penetração da polpa em relação às plantas sem enxertia. O enxerto

'Anjico' apresentou incremento de 11% na força para ruptura da casca e 11,8% na força de penetração da polpa em relação ao enxerto 'Santa Clara'.

Tabela 27 - Peso médio do fruto (PMF), atributos de textura [força para 'compressão' (N), força para ruptura da 'casca' (N) e força para penetração da 'polpa' (N)] dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	PMF (g fruto ⁻¹)	2019		
			Compressão	Casca	Polpa
Green Power	Anjico	64,95	33,18	5,09	2,18
Green Power	Santa Clara	70,84	24,94	4,00	1,47
Guardião	Anjico	68,27	33,81	4,82	2,06
Guardião	Santa Clara	70,25	28,69	4,65	1,69
Pé franco	Anjico	29,15	15,74	4,47	1,07
Pé franco	Santa Clara	70,18	27,36	4,12	1,52
Média		62,27	27,29	4,52	1,66
CV (%)		13,57	9,06	8,40	15,05
Enxertia x Pé franco		***	***	*	***
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		***	ns	***	*
2021					
Green Power	Anjico	71,31	69,42	6,18	1,37
Green Power	Santa Clara	73,20	36,64	4,19	0,92
Guardião	Anjico	67,93	67,10	5,87	1,16
Guardião	Santa Clara	73,80	40,14	4,44	0,91
Pé franco	Anjico	65,88	66,62	5,86	1,15
Pé franco	Santa Clara	71,32	36,74	3,73	1,01
Média		70,57	52,77	5,05	1,09
CV (%)		11,75	12,31	10,19	22,89
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	***	***	**

*: significância estatística a 5%; **: significância estatística a 1%; *** significância a <1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

No ano 2021, o híbrido 'Anjico' apresentou incremento na força para compressão de 44,1%, força para ruptura da casca de 31% e força para penetração da polpa de 22,8% em relação ao enxerto 'Santa Clara'.

As plantas enxertadas apresentaram melhor resultado no sistema de cultivo A, fato que pode estar relacionado ao vigor dos porta-enxertos, boa adaptação edafoclimática (Figura 2 e 3) e ao manejo na fertirrigação. Outrossim, as plantas enxertadas mostraram maior valor para as seguintes variáveis: A 34,2%, E 18,1%, PS II 30,4%, ETR 26,1% em relação a plantas de pé franco (Tabela 11), desta forma favorecendo o desenvolvimento vegetativo e rendimento fotossintético da planta (MARTÍNEZ-BALLESTA *et al.*, 2010; SIRTOLI *et al.*, 2011).

A técnica da enxertia em hortaliças e o uso de porta-enxertos adequados pode conferir tolerância a salinidade (FLORES *et al.*, 2010), bem como as altas e baixas temperaturas (MARTINEZ-RODRIGUEZ, 2008). A conexão vascular entre porta-enxerto/enxerto pode interferir em vários processos fisiológicos na planta (RODRIGUES *et al.*, 2001; MARTÍNEZ-BALLESTA *et al.*, 2010), como absorção e translocação de nutrientes (HE *et al.*, 2009; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ *et al.*, 2014), água (LIU *et al.*, 2014) e incrementar a produção (FLORES *et al.*, 2010). Isto posto, em análise aos atributos de textura, pode-se concluir que os porta-enxertos ‘Green Power’ e ‘Guardião’, combinados com o enxerto ‘Anjico’, caracterizam-se como genótipos em potencial no sistema de cultivo A, contribuindo para melhor firmeza em frutos (SANTOS *et al.*, 2014; KYRIACOU *et al.*, 2017). A firmeza em frutos pode variar quanto ao grau em maior parte dos frutos climatéricos, como o tomate, que apresenta alto grau de amaciamento quando passa do estádio verde para o maduro. Nesse caso, esse fator é decisivo para a susceptibilidade desses frutos à injúrias mecânicas e ao ataque por patógenos, e, portanto, causa de grandes perdas em pós-colheita (LAJOLO; MERCADANTE; SANT'ANA, 2018).

Os dados referentes ao tratamento de pé franco ‘Anjico’ sem enxertia pressupõem dificuldades em adaptação ao manejo na fertirrigação, onde o substrato pode ter sido exposto a salinidade. Segundo Heine *et al.* (2015), o aumento da salinidade do substrato reduz o potencial osmótico, limitando absorção de água pela planta, influenciando diretamente no enchimento dos frutos e reduzindo PMF.

A variável PMF, ano 2019, no sistema de cultivo B, apresentou diferença para o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’. O enxerto ‘Santa Clara’ apresentou valor maior 2,8% em relação ao enxerto ‘Anjico’. O tratamento de pé franco ‘Santa Clara’ mostrou PMF 58,45 g fruto⁻¹ e a combinação ‘Guardião/Santa Clara’ mostrou PMF 58,1 g fruto⁻¹, com melhores respostas em relação aos demais tratamentos (Tabela 28).

O enxerto ‘Anjico’ apresentou valores médios para PMF 52,81 g fruto⁻¹ e sem diferença entre os contrastes analisados, porém com valores similares na combinação com os porta-enxertos ‘Green Power’ e ‘Guardião’.

Os atributos de textura, força para compressão, força para ruptura da casca e força para penetração da polpa apresentaram diferença para o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’. Isto posto, o enxerto ‘Anjico’ apresentou maior valor na força para

compressão (27,7%); na força para ruptura da casca (29,3%) e na força para penetração da polpa (26,6%) em relação ao enxerto ‘Santa Clara’ (Tabela 28).

Tabela 28 - Peso médio do fruto (PMF), atributos de textura [força para ‘compressão’ (N), força para ruptura da ‘casca’ (N) e força para penetração da ‘polpa’ (N)] dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	PMF (g fruto ⁻¹)	2019		
			Compressão	Casca	Polpa
Green Power	Anjico	53,61	36,62	6,77	2,29
Green Power	Santa Clara	52,02	24,50	4,91	1,65
Guardião	Anjico	52,21	38,44	7,32	2,46
Guardião	Santa Clara	58,10	25,96	4,68	1,70
Pé franco	Anjico	52,60	34,13	7,14	2,29
Pé franco	Santa Clara	58,45	28,47	5,40	1,85
Média		54,50	31,35	6,04	2,04
CV (%)		7,31	9,77	11,91	14,22
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		*	***	***	***
2021					
Green Power	Anjico	58,07	71,61	6,85	2,07
Green Power	Santa Clara	58,49	66,57	6,56	2,03
Guardião	Anjico	63,50	70,45	6,53	1,71
Guardião	Santa Clara	61,49	58,70	5,03	1,55
Pé franco	Anjico	61,75	70,68	6,01	1,72
Pé franco	Santa Clara	61,43	71,98	6,63	2,04
Média		60,79	68,33	6,27	1,85
CV (%)		8,72	13,70	13,34	19,63
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	*	*
Anjico x Santa Clara		ns	ns	ns	ns

*: significância estatística a 5%; **: significância estatística a <1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Em 2021, as variáveis relacionadas aos atributos de textura, como força para ruptura da casca e força para penetração da polpa, apresentaram diferença para o contraste ‘Green Power’ x ‘Guardião’, caracterizando melhor resultado para o porta-enxerto ‘Green Power’ com incremento de 17,2% em relação ao porta-enxerto ‘Guardião’ (Tabela 28).

Com relação às variáveis climáticas (Figura 2 e 3) pode-se observar oscilações de médias entre as fases do ciclo da cultura, principalmente no período de colheita, onde os sistemas de cultivo A e B não conseguiram atender as demandas de temperatura e UR, recomendada para o cultivo do tomateiro. Neste sentido, o clima influiu no crescimento e desenvolvimento das plantas, tendo importância fisiológica, ecológica e agronômica (LOPES; LIMA, 2015; MELLO; TONHATI, 2022). A resposta

dos tratamentos com plantas enxertadas foi melhor, pois essas conseguem controlar oscilações de temperatura (GAMA *et al.*, 2013), melhoram o aproveitamento de água e nutrientes, aumentam o vigor da planta, prolongam o período de colheita (RIZZO *et al.*, 2004), melhoram a qualidade de frutos (FLORES *et al.*, 2010). Outrossim, plantas enxertadas resultam frequentemente em aumento significativo da massa do fruto, e, consequentemente, no diâmetro e no tamanho do fruto (PASSAM *et al.*, 2005; GISBERT *et al.*, 2011; TSABALLA *et al.*, 2013; MONCADA *et al.*, 2013; HUANG *et al.*, 2015; RIGA, 2015; ALBINO *et al.*, 2018; MAGGIO, 2018), bem como contribuem para melhorar a firmeza de frutos (SANTOS *et al.*, 2014; KYRIACOU *et al.*, 2017).

Conforme Cardoso *et al.* (2006) o peso médio de frutos de tomate oriundos de plantas enxertadas e de pé franco, para cv. Santa Clara foi de 101,27 e 87,8 g fruto⁻¹, respectivamente. Ferreira *et al.* (2010) obteve resposta no genótipo ‘Santa Clara’ para PMF 88,08 g fruto⁻¹, corroborando com os valores obtidos no presente trabalho para o enxerto ‘Santa Clara’ no sistema de cultivo A com PMF < 70,84 g fruto⁻¹.

Para os atributos de firmeza, o uso da técnica de enxertia em plantas olerícolas contribui para o aumento na firmeza de frutos (RIGA, 2015), corroborando com o presente trabalho, onde os tratamentos com plantas enxertadas nos diferentes SPD apresentaram melhores características físico-químicas.

Devido ao uso de porta-enxertos que apresentam sistema radicular vigoroso, é possível aumentar a absorção de água e de nutrientes, promovendo maior produção de frutos pelo enxerto (MARTÍNEZ-BALLESTA *et al.*, 2010). A absorção de macronutrientes, como P e N foi reforçada pelo enxerto (LEONARDI; GIUFFRIDA, 2006). Gomes *et al.* (2017) também visualizaram aumento para os teores de P, Mg e Ca em plantas enxertadas. Nesse sentido, muitas das desordens fisiológicas que afetam os frutos estão relacionadas, por exemplo, ao baixo teor de Ca em seus tecidos. Cerca de 60% do cálcio celular encontra-se localizado na parede celular (lamela média), onde exerce a função estabilizante, o que pode influir na textura, na firmeza e na maturação dos frutos (HANSON *et al.*, 1993). O cálcio age na célula atuando como constituinte da lamela média das paredes celulares (TAIZ; ZEIGER, 2004). Em frutos, o efeito do cálcio tem sido muito estudado, visto que as aplicações deste cátion promovem o retardamento da maturação e da senescência (KLAUS, 2007), mediante a diminuição da respiração e da produção de etileno no complexo

membrana-parede celular, assim como no controle de distúrbios fisiológicos e na manutenção da qualidade do produto final (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Diante do exposto, observou-se nos sistemas de cultivo A e B que os tratamentos ‘Green Power/Anjico’ e ‘Guardião/Anjico’ mostraram o melhor resultado para força para compressão, força para ruptura da casca e força para penetração da polpa, em relação aos demais tratamentos e contribuindo para frutos de melhor característica físico-química.

O enxerto ‘Santa Clara’ (com e sem enxertia) não apresentou resultados significativos, particularmente para os atributos de textura nos dois sistemas de cultivo, o que indica ser um material vegetal com limitações na absorção de nutrientes (GOMES *et al.*, 2017).

Tabela 29 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT, dos materiais vegetais com e sem enxertia, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019		
		SS (%)	AT (% de ácido cítrico)	SS/AT
Green Power	Anjico	3,79	0,38	10,30
Green Power	Santa Clara	4,18	0,36	12,29
Guardião	Anjico	3,99	0,40	10,36
Guardião	Santa Clara	4,26	0,33	13,73
Pé franco	Anjico	4,17	0,44	10,44
Pé franco	Santa Clara	4,35	0,36	12,48
Média		4,12	0,38	11,60
CV (%)		7,91	5,98	7,92
Enxertia x Pé franco		ns	***	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		*	***	***
2021				
Green Power	Anjico	3,70	0,36	10,30
Green Power	Santa Clara	3,68	0,35	10,64
Guardião	Anjico	3,78	0,38	9,91
Guardião	Santa Clara	3,58	0,36	10,21
Pé franco	Anjico	3,64	0,36	10,36
Pé franco	Santa Clara	3,72	0,39	9,65
Média		3,68	0,37	10,18
CV (%)		2,89	10,76	10,12
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	ns	ns

*: significância estatística a 5%; ***: significância estatística a <1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A variável SS no sistema de cultivo A apresentou diferença para o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’, caracterizando o enxerto ‘Santa Clara’ com incremento de 6,6% em relação ao enxerto ‘Anjico’. O tratamento de pé franco ‘Santa Clara’ registrou

maior valor para SS de 4,35%, seguido pelos tratamentos ‘Guardião/Santa Clara’ e ‘Green Power/Santa Clara’ com valores para SS de 4,26 e 4,18%, respectivamente, em relação aos demais tratamentos (Tabela 29).

A variável *AT* apresentou diferença para os contrastes ‘enxertia’ x ‘pé franco’ e ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’, onde plantas sem enxertia apresentaram incremento em *AT* de 7,5% em relação às plantas enxertadas. Nesse contexto, o enxerto ‘Anjico’ apresentou maior valor para *AT* de 14,6% em relação ao enxerto ‘Santa Clara’. Diante do exposto, o genótipo ‘Santa Clara’ com e sem enxertia apresentou valor médio de *AT* 0,35% de ácido cítrico. A combinação ‘Guardião/Santa Clara’ com *AT* 0,33% de ácido cítrico apresentou valor satisfatório, que corroboram com informações de pesquisa para cv. Santa Clara, com valor de *AT* 0,29 a 0,33% de ácido cítrico (SAMPAIO; FONTES, 1998), caracterizando frutos em plantas enxertadas com menor acidez (FLORES *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2014; SOTERIOU *et al.*, 2014), e, consequentemente, melhor aceitação pelo consumidor (Tabela 29).

Com relação a variável SS/*AT* (chamada de índice de maturação), para indicar o equilíbrio doce-ácido dos alimentos, verificou-se diferença para o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’. O enxerto ‘Santa Clara’ apresentou maior valor para SS/*AT* de 19,2% em relação ao enxerto ‘Anjico’. Isto posto, o tratamento ‘Guardião/Santa Clara’ mostrou SS/*AT* 13,73, o que configura o melhor resultado, onde a relação SS/*AT* entre 12 a 18 indica balanceamento organoléptico equilibrado (Tabela 29). Outrossim, valores médios superiores a 10 (KADER *et al.*, 1978), são considerados de boa qualidade e sabor agradável. Para Machado *et al.* (2005), o tomate deve apresentar valor para SS/*AT* superior a 13,5. Nos tratamentos sem enxertia ‘Anjico’, ‘Santa Clara’ e com enxertia ‘Guardião/Anjico’, ‘Green Power/Anjico’ e ‘Green Power/Santa Clara’ registrou-se valor inferior ao recomendado, consequentemente, apresentando características indesejáveis, como acidez excessivamente elevada e baixos teores de sólidos solúveis totais, causados pela sua maturação incompleta (MACHADO *et al.* 2005). Segundo Bohatch, Marchi e Casagrande *et al.* (2001), durante o processo de maturação do fruto, a acidez diminui e o teor de sólidos solúveis aumenta. Ferreira (2004) descreve que o alto valor da relação SS/*AT* determina sabor suave, devido à excelente combinação de açúcar e ácido, enquanto valores baixos se correlacionam com ácido e sabor desagradável ou adstringente.

A variável SS, no sistema de cultivo B apresentou diferença para contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’, caracterizando as plantas sem enxertia com maior valor (2,9%) em relação às plantas enxertadas (Tabela 30). O tratamento de pé franco ‘Santa Clara’ apresentou melhor resultado para SS de 4,11% em relação aos demais tratamentos, corroborando com informações em literatura para cv. Santa Clara com SS 4,84% (SAMPAIO; FONTES, 1998).

Tabela 30 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT, dos materiais vegetais com e sem enxertia, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021

Porta-enxerto	Enxerto	2019		
		SS (%)	AT (% de ácido cítrico)	SS/AT
Green Power	Anjico	3,94	0,16	26,19
Green Power	Santa Clara	3,85	0,17	23,51
Guardião	Anjico	3,91	0,16	26,18
Guardião	Santa Clara	4,05	0,18	23,32
Pé franco	Anjico	4,00	0,16	26,42
Pé franco	Santa Clara	4,11	0,18	23,43
Média		3,98	0,17	24,84
CV (%)		2,62	7,21	7,85
Enxertia x Pé franco		**	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	***	***
2021				
Green Power	Anjico	3,44	0,21	16,44
Green Power	Santa Clara	3,52	0,22	16,29
Guardião	Anjico	3,48	0,23	15,19
Guardião	Santa Clara	3,52	0,23	15,63
Pé franco	Anjico	3,34	0,26	13,66
Pé franco	Santa Clara	3,46	0,24	14,80
Média		3,46	0,23	15,34
CV (%)		4,45	16,90	15,17
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	ns	ns

: significância estatística a 1%; *: significância estatística a <1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

As variáveis AT e SS/AT apresentaram diferença para o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’, caracterizando o enxerto ‘Santa Clara’ com maior valor 11,1% em relação ao enxerto ‘Anjico’ para variável AT e o enxerto ‘Anjico’ apresentando incremento de 10,8% em relação ao enxerto ‘Santa Clara’ para variável SS/AT.

Com relação à variável SS/AT, os tratamentos com o híbrido ‘Anjico’ (com e sem enxertia) apresentaram valor > 26,18, ao passo que o cv. Santa Clara (com e sem enxertia) os resultados foram < 23,32. Os valores são considerados elevados quando comparados com informações na literatura, pois resultados que apresentam

oscilação entre 12,6 a 15,4 são considerados adequados (CARDOSO *et al.*, 2006) (Tabela 30). O índice de maturação (SS/AT) é uma característica importante na avaliação do sabor, sendo mais representativo do que a mensuração isolada de açúcares e acidez (PINTO *et al.*, 2003; PEDRO; FERREIRA, 2005), pois conforme Kyriacou *et al.* (2017) fatores como a quantidade de água e a maturidade do fruto na colheita podem alterar a concentração de açúcar e acidez.

Os materiais vegetais que apresentam relação SS/AT maior que 14,5 (GIL; CONESA; ARTES, 2002) se relacionam com sabor suave, com excelente combinação entre açúcar e ácido (MIGUEL *et al.*, 1997), sendo assim frutos com boa qualidade (GIL; CONESSA; ARTÉS, 2002), corroborando com os resultados do sistema de cultivo B.

A diferença da relação SS/AT nas amostras de tomate cultivado nos sistemas de cultivo A e B pode ter sido influenciada pelo material vegetativo (híbridos e cultivar), estádios de maturação dos frutos, práticas culturais (desfolha e desponte), manejo na fertirrigação e composição do substrato (FELTRIN *et al.*, 2002), e neste particular pela combinação enxerto e porta-enxerto (FLORES *et al.*, 2010; PETROPOULOS *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2014; SOTERIOU *et al.*, 2014; HUANG *et al.*, 2015).

8.3.2 Parâmetros de cor em frutos de tomateiro no sistema de cultivo A e B

No sistema de cultivo A, a variável L , referente ao parâmetro de cor em frutos de tomateiro no sistema de cultivo A apresentou diferença para o contraste ‘enxertia’ x ‘pé franco’, onde às plantas enxertadas apresentaram maior valor de 2,6% em relação às plantas sem enxertia. Os tratamentos ‘Green Power/Anjico’ e ‘Guardião/Anjico’ apresentaram melhor resultado de L 40,23 e 40,33, respectivamente, em relação aos demais tratamentos e corroborando com valores próximo ao resultado obtido por Dorneles *et al.* (2019), de L 44,79. Por outro lado, o tratamento de pé franco ‘Anjico’ registrou o menor valor para L 37,78, corroborando com os resultados do enxerto ‘Santa Clara’ (com e sem enxertia) em valores médios de L 39,63 (Tabela 31).

Com relação à análise de porta-enxerto, observou-se que não houve diferença nos contrastes analisados, no entanto, o porta-enxerto ‘Guardião’ registrou valor médio de L 40,00. Dito isto, plantas enxertadas podem influenciar no teor de licopeno

no fruto (DAVIS *et al.*, 2008; SOTERIOU *et al.*, 2014; ZHOU *et al.*, 2014; MISKOVIC *et al.*, 2016) e causar alteração na cor (MONCADA *et al.*, 2013; HUANG *et al.*, 2015).

A variável C apresentou diferença para os contrastes ‘enxertia’ x ‘pé franco’ e ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’. As plantas enxertadas apresentaram maior valor de 7,3% em relação às plantas sem enxertia. Já o enxerto ‘Santa Clara’ apresentou maior valor para C de 6,3% em relação ao enxerto ‘Anjico’. Os tratamentos ‘Green Power/Santa Clara’ e ‘Guardião/Santa Clara’ mostraram valor similar para C de 33,06 e 32,97, respectivamente (Tabela 31). No entanto, o tratamento de pé franco ‘Santa Clara’ registrou valor para C de 32,05 corroborando com informações na literatura (LORO *et al.*, 2018), onde o croma consiste no indicador positivo de cor e pode ser aumentado com a maturidade do tomate (DORNELES *et al.*, 2019).

Tabela 31 - Parâmetros de cor L (luminosidade/brilho), C (cromaticidade) e h^o (ângulo hue) dos materiais vegetais, com e sem enxertia, no sistema de cultivo A, ano 2019 e 2021

2019				
Porta-enxerto	Enxerto	L	C	h^o
Green Power	Anjico	40,23	31,94	47,73
Green Power	Santa Clara	39,34	33,06	44,06
Guardião	Anjico	40,33	31,82	48,78
Guardião	Santa Clara	39,68	32,97	44,87
Pé franco	Anjico	37,78	28,12	45,40
Pé franco	Santa Clara	39,88	32,05	46,96
Média		39,54	31,66	46,30
CV (%)		1,74	3,76	6,19
Enxertia x Pé franco		***	***	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	***	ns
2021				
Green Power	Anjico	37,19	32,43	47,11
Green Power	Santa Clara	35,66	32,00	45,40
Guardião	Anjico	37,80	32,94	46,89
Guardião	Santa Clara	36,02	31,87	44,24
Pé franco	Anjico	37,42	32,08	47,22
Pé franco	Santa Clara	37,60	31,96	47,12
Média		36,95	32,21	46,33
CV (%)		3,45	3,36	4,41
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		*	ns	ns

*: significância estatística a 5%; ***: significância estatística a <1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

No ano 2021, a variável *L* apresentou diferença para o contraste ‘Anjico’ x ‘Santa Clara’, e justificando aumento de 2,8% para o híbrido ‘Anjico’ em relação ao enxerto ‘Santa Clara’.

A cor do tomate é uma característica de qualidade extremamente importante, pois determina a maturidade e a vida pós-colheita, sendo o fator determinante em termos de aceitabilidade do consumidor. A importância do controle colorimétrico nos alimentos deve-se ao uso da cor como índice de valor econômico. Por exemplo, a maturidade ideal do tomate está associada ao desenvolvimento ideal de cores e sabores (ZAPATA *et al.*, 2007). Dito isso, os carotenoides formam um dos grupos de pigmentos mais difundidos na natureza, sendo responsáveis pela coloração amarela, laranja e vermelha de grande variedade de frutos. Em tomate, os carotenoides são sintetizados simultaneamente com a degradação da clorofila, sendo o licopeno o pigmento que predomina nos tomates, representando mais de 80% dos carotenoides do fruto. Com relação à síntese de licopeno, pode-se destacar que a temperatura afeta sua síntese: temperaturas baixas, durante a fase de maturação dos frutos favorecem a síntese de carotenoides e temperatura acima de 30 °C inibem a síntese, provavelmente pela inibição da ACC-oxidase (Ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) (KOBILITZ, 2017).

Neste sentido, é importante destacar que no ciclo de cultivo as variáveis climáticas não foram contempladas conforme a recomendação técnica, principalmente no que tange a temperatura, fato que pode ser relacionado aos resultados não representativos no tratamento de pé franco ‘Anjico’ com valores para *L* de 37,78, *C* de 28,12 e *hº* de 45,40. Para a plena manifestação dos carotenoides e degradação da clorofila, são ideais dias quentes seguidos por noites frias (KOBILITZ, 2017), o que não foi possível constatar no cultivo de tomateiro (sistemas de cultivo A e B) na entressafra, conforme Tabela 31.

No sistema de cultivo B, ano 2019, os parâmetros de cor não apresentaram diferença para os contrastes analisados (Tabela 32). Neste caso, pressupõe-se que os materiais vegetais ‘Anjico’ e ‘Santa Clara’, com e sem enxertia apresentaram boa adaptação as condições edafoclimáticas registrando valores de *L*, *C* e *hº* de acordo com informações em literatura (MARTÍNEZ-DAMIAN *et al.*, 2018; DORNELES *et al.*, 2019).

Contudo, no ano 2021, as variáveis apresentaram diferença para o contraste 'Anjico' x 'Santa Clara', para L , C e h^o . O cv. Santa Clara registrou maior valor de 7,6% para L , 16,4% para h^o em relação ao enxerto 'Anjico'. Não obstante, o enxerto 'Anjico' apresentou incremento de 11% para C em relação ao enxerto 'Santa Clara'.

O cv. Santa Clara, apesar de apresentar melhor resultado para as variáveis L e h^o , não tem boa produtividade (Tabela 17), sugerindo novas avaliações para a utilização em cultivos comerciais. Já o híbrido 'Anjico' tem melhor resultado para PT (Tabela 18), credenciando o genótipo com potencial produtivo e consumo *in natura*.

Tabela 32 - Parâmetros de cor L (luminosidade/brilho), C (cromaticidade) e h^o (ângulo hue) dos materiais vegetais com e sem enxertia, no sistema de cultivo B, ano 2019 e 2021

2019				
Porta-enxerto	Enxerto	L	C	h^o
Green Power	Anjico	46,09	35,56	56,40
Green Power	Santa Clara	46,08	35,13	55,95
Guardião	Anjico	46,79	34,91	58,61
Guardião	Santa Clara	45,42	34,43	56,32
Pé franco	Anjico	46,05	35,55	56,75
Pé franco	Santa Clara	46,96	35,22	58,16
Média		46,23	35,13	57,03
CV (%)		2,37	3,67	4,98
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		ns	ns	ns
2021				
Green Power	Anjico	42,83	31,30	65,32
Green Power	Santa Clara	45,14	28,05	76,07
Guardião	Anjico	41,43	32,38	62,59
Guardião	Santa Clara	44,82	28,94	73,34
Pé franco	Anjico	42,37	31,63	63,95
Pé franco	Santa Clara	47,04	27,84	80,19
Média		43,94	30,02	70,24
CV (%)		5,09	5,98	10,18
Enxertia x Pé franco		ns	ns	ns
Green Power x Guardião		ns	ns	ns
Anjico x Santa Clara		**	***	***

**: significância estatística a 1%; **: significância estatística a <1% e ns: não significativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

8.4 CONCLUSÃO

As plantas enxertadas apresentaram maior valor para as variáveis PMF, força para compressão, força para ruptura da casca, força para penetração da polpa, bem como para os parâmetros de cor L e C no sistema de cultivo em vaso. Já as plantas

combinadas ao porta-enxerto ‘Green Power’ apresentaram maior valor de força para ruptura da casca e força para penetração da polpa em frutos de tomateiro no sistema de cultivo aquapônico.

O híbrido ‘Anjico’ apresentou maior valor para força para compressão, força para ruptura da casca, força para penetração da polpa, AT, SS/AT e *L* nos dois sistemas de cultivo em vaso e aquapônico, configurando-se como uma alternativa para enxertia na produção de plantas de tomateiro na entressafra tendo em vista a qualidade do seu material vegetal.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, os resultados permitiram corroborar a técnica de enxertia em hortaliças pelo método de estaca terminal considerada eficiente para o cultivo de tomateiro em época de entressafra e ampliar a literatura existente ao testar a referida técnica em condições climáticas diferenciadas.

Quanto aos sistemas de cultivo, o aquapônico caracterizou-se como o melhor ambiente de produção para tomateiro com e sem enxertia no período de entressafra para a região do Alto Vale do Itajaí.

Os porta-enxertos ‘Green Power’ e ‘Guardião’ são híbridos com alto percentual de germinação ($> 98,08\%$), boas características morfológicas e adaptação ao contexto edafoclimático, apesar dos sistemas de cultivo em vaso e aquapônico não conseguiram atender as exigências de temperatura e UR na entressafra exigidas na cultura. Contudo, os resultados revelam que os porta-enxertos na entressafra constituem-se uma avaliação ímpar na obtenção de informações para melhoria dos processos produtivos na área de horticultura, principalmente após o período vegetativo para o período produtivo.

Os resultados obtidos nesta tese apresentam implicações práticas e teóricas. Quanto às contribuições práticas permite que outros pesquisadores, produtores e a comunidade acadêmica em geral possa se apropriar do tema e da técnica utilizada a fim de consolidar o manejo com plantas enxertadas em sistema de cultivo fertirrigado e aquapônico. Em relação às contribuições teóricas, expande a literatura que se mostrou bastante escassa no decorrer dessa pesquisa já que os procedimentos e métodos realizados são diferenciados dos anteriormente realizados principalmente ao trabalhar com sistemas de cultivo diferentes na entressafra, caracterizando esta tese como original ao evidenciar resultados inovadores.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. **Arquitetura de Plantas**. Bragança: Instituto Politécnico, Escola Superior Agrária, 2014.

ALBINO, V. S. et al. Rootstock performance for cherry tomato production under organic, greenhouse production system. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 130-135, jan./mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180122>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v36n1/1806-9991-hb-36-01-130.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

ALBUQUERQUE NETO, A. A. R.; PEIL, R. M. N. Produtividade biológica de genótipos de tomateiro em sistema hidropônico no outono/inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 613-619, out./dez. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000400009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v30n4/v30n4a09.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2019.

ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. Lisboa: Editorial Presença, 2006.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Viçosa: Ed. da UFV, 2004.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. Viçosa: Ed. da UFV, 2013.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 3 ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2022.

ALVARENGA, M. A. R.; BRAGA, R. Origem, botânica, descrição da planta e valor nutricional. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. 3 ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2022.

ALVARENGA, M. A. R.; LOPES, G.; GUILHERME; L. R. G. Nutrição mineral: diagnóstico do estado nutricional. In: ALVARENGA; M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. 3 ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2022. p. 111-181.

AMARO, A. C. E. **Efeitos fisiológicos de fungicidas no desenvolvimento de plantas de pepino japonês enxertadas e não enxertadas cultivadas em ambiente protegido**. 2011. 100 p. Dissertação (Mestrado em Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

ANDREUCCETTI, C. et al. Caracterização da comercialização de tomate de mesa na Ceagesp: perfil dos atacadistas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 324-328, abr./jun. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000200033>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v23n2/25078.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2019.

ANDRIOLI, J. L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 26-33, 2000.

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21st ed. Washington, D.C: American Water Works Association/Water Environment Federation, 2005.

APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23th ed. Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2017.

ARAÚJO, N. M. de. **Arquitetura, nutrição, características físico-químicas e produção de frutos de tomateiros enxertados**. 2017. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

ASSUNÇÃO, A. W. de A. **Tratamento de efluentes de piscicultura utilizando sistema tipo wetland povoad com espécies de macrófitas aquáticas de três tipos ecológicos diferentes**. 2011. 71 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, São Paulo, 2011.

ATKINSON, C. J. et al. Root and stem hydraulic conductivity as determinants of growth potential in grafted trees of apple (*Malus pumila* Mill.). **Journal of Experimental Botany**, Reino Unido, v. 54, n. 385, p. 1221-1229, abr. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erg132>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/54/385/1221/592774>. Acesso em: 18 mar. 2019.

BAI, Y.; LINDHOUT, P. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? **Annals of Botany**, Reino Unido, v. 100, n. 5, p. 1085-1094, ago. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcm150>. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/100/5/1085/136832>. Acesso em: 10 mar. 2019.

BAINS, S. S.; FIREMAN, M. Effect of exchangeable sodium percentagem on the growth and absorption of essential nutrients na sodium if fine plants. **Agronomy Journal**, USA, v. 56, p. 432-435, jul. 1964. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1964.00021962005600040018x>. Disponível em: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1964.00021962005600040018x>. Acesso em: 15 mar. 2019.

BASILE, B.; MARSAL, J.; DEJONG, T. M. Daily shoot extension growth of peach trees growing on rootstocks that reduce scion growth is related to daily dynamics of stem water potential. **Tree Physiology**, Reino Unido, v. 23, n. 10, p. 695-704, jul. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/23.10.695>. Disponível em: <https://academic.oup.com/treephys/article/23/10/695/1660376>. Acesso em: 19 mar. 2019.

BECKER, W. F. (Coord.) et al. **Sistema de produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2016.

BEZERRA NETO, E.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Estudo comparativo do crescimento de plantas de tomate e milho sob condições de salinidade. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 42, n. 4, p. 471-475, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-89131999000400013>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/babt/v42n4/13.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2019.

BITTSANSZKY, A. et al. Nutrient supply of plants in aquaponic systems. **Ecocycles**: Scientific journal of the European Ecocycles Society, Hungary, v. 2, n. 2, p. 17-20, set. 2016. DOI: <https://doi.org/10.19040/ecocycles.v2i2.57>. Disponível em: <https://www.ecocycles.net/ojs/index.php/ecocycles/article/view/57>. Acesso em: 20 fev. 2022.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 666-669, out./dez. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362003000400019>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v21n4/19435.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2019.

BOARETTO, A. E. et al. Amostragem, Acondicionamento e Preparação das Amostras de Plantas para Análise Química. In: **Manual de análises químicas do solo, plantas e fertilizantes**. Embrapa Meio Ambiente, 1999.

BOHATCH, A.; MARCHI, J. F.; CASAGRANDE, A. **Transformação artesanal de frutas**: sucos, néctares e polpas. EMATER-PR, Curitiba: Série Produtor, 2001.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R. et al. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. **Functional Ecology**, v. 3, p. 497-514, 1989. DOI: <https://doi.org/10.2307/2389624>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2389624?seq=1>. Acesso em: 20 oct. 2019.

BOSCO, M. R. O. et al. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 3, p. 296-302, maio/jun. 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226745007.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

BRANDÃO FILHO, J. U. T. et al. **Hortaliças-fruto**. Maringá: Eduem, 2018.

BREMNER, J. M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A. (Ed). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965.

CADAHIA LOPEZ, C. **Fertirrigacion**: cultivo de hortícolas y ornamentales. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1998.

CALIMAN, F. R. B. et al. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 255-259, jun. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000200018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v23n2/25063.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2019.

CAMARGO, A. P. **Instruções para combate a geadas em cafezais.** Campinas: IAC, 1963.

CARDOSO, S. C. *et al.* Viabilidade de uso do híbrido Hawaii 7996 como porta-enxerto de cultivares comerciais de tomate. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 89-96, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000100012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/brag/v65n1/29042.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2019.

CARNEIRO, P. C. F. *et al.* Produção sustentável de peixes e vegetais. Aracajú: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2015.

CARVALHO, J. G.; BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R. Nutrição mineral e adubação: diagnóstico do estado nutricional. In: ALVARENGA; M. A. R. **Tomate:** produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. 1 ed. Lavras: UFLA, 2004.

CARVALHO, L. A.; TESSARIOLI NETO, J. Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 23, n. 4, p. 986-989, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000400025>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/pfRmk9Y3zHL63JCSrvWYJBj/?lang=pt>. Acesso em: 10 dez. 2022.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes:** ciências, tecnologia e produção. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 2000.

CHAPMAN, S. C.; BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**. v. 89, p. 557–592, jul. 1997. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1997.00021962008900040004x>. Disponível em: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1997.00021962008900040004x>. Acesso em: 15 mar. 2019.

CHÁVEZ-MENDOZA, C. *et al.* Characterization of the nutraceutical quality and antioxidant activity in bell pepper in response to grafting. **Molecules**, Suiça, v. 18, n. 12, p. 15689-15703, dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules181215689>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6270167/pdf/molecules-18-15689.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2019.

CLIMATE-DATA. **Clima Rio do Sul.** Rio Grande do Sul, 2022. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/rio-do-sul-999174/>. Acesso em: 14 fev. 2022.

COHEN, R. *et al.* Management of *Macrophomina* wilt in melons using grafting or fungicide soil application: pathological, horticultural and economical aspects. **Crop Protection**, v. 35, p. 58-63, maio 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.12.015>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219411004066>. Acesso em: 2 mai. 2019.

COLTMAN, R. R. Yield and sap nitrate responses of fresh market field tomatoes to simulated fertigation with nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, Pensilvânia, v. 10, n. 9-16, p. 1699-1704, nov. 1987. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904168709363709>. Acesso em: 4 maio 2019.

COSTA, F. C. **Avaliação de diferentes porta-enxertos na cultura do pimentão em sistema orgânico**. 2012. 50 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2012.

COSTA, H.; VENTURA, J. A. Doenças do tomateiro no Estado do Espírito Santo: reconhecimento e manejo. In: Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Tomate**. Vitória, ES: Incaper, 2010.

COSTA, P. C. **Relações N:K:Ca na qualidade de frutos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Híbrido Momotaro, cultivo hidropônico**. 1999. 73 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agronômicas, São Paulo, 1999.

DAVIS, A. R. et al. Cucurbit grafting. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Reino Unido, v. 27, n. 1, p. 50-74, maio 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352680802053940>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07352680802053940>. Acesso em: 19 abr. 2019.

DELAZARI, F. T.; FONTES. P. C. R.; SILVA, D. J. H. Cultura do tomate. In: FONTES, P. C. R.; NICK, C. **Olericultura: teoria e prática**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2021.

DEMIR, K. et al. Essential and no-essential element composition of tomato plants fertilized with poltry manure. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã; Nova York, v. 1, p. 16-22, 2010.

DENG, M. et al. Influence of pre-harvest red light irradiation on main phytochemicals and antioxidant activity of Chinese kale sprouts. **Food Chemistry**, v. 222, n. 1, p. 1-5, maio 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.157>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616320064>. Acesso em: 20 mar. 2020.

DJIDONOU, D. et al. Nutritional quality of field-grown tomato fruit as affected by grafting with interspecific hybrid rootstocks. **Hortscience**, v. 51, n. 12, p. 1618-1624, dez. 2016. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11275-16>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/51/12/article-p1618.xml>. Acesso em: 10 dez. 2022.

DORNELES, K. R. et al. Aspectos morfológicos e produção do tomateiro com incremento da concentração do CO₂ atmosférico. **Revista Brasileira de Ciências**

Agrárias, Recife, v. 14, n. 1, 1-6, 2019. DOI:
<https://doi.org/10.5039/agraria.v14i1a5605>. Disponível em:
<http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v14i1a5605/242>. Acesso em: 25 mar. 2020.

DUARTE, L. A. et al. Alterações na temperatura do ar mediante telas nas laterais de ambientes protegidos cultivados com tomateiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 148-153, fev. 2011. DOI:
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000200006>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n2/v15n02a06.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, p. 83-89, jan./mar. 2007. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v2i1a1809>. Disponível em:
<http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v2i1a1809>. Acesso em 26 mar. 2020.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.

FARIAS, E. A. P. et al. Organic production of tomatoes in the amazon region by plants grafted on wild Solanum rootstocks. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 323-329, jul./ago. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542013000400005>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/pdf/cagro/v37n4/v37n4a05.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2019.

FAYAD, J. A. **Absorção de nutrientes, crescimento e produção de tomateiro cultivado em condições de campo e de estufa**. 1998. 81 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

FELTRIN, D. M. et al. Efeitos de fontes de potássio na infestação de *Bemisia tabaci* biótipo B e nas características de frutos de tomateiro sob ambiente protegido. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 1, p. 49-57, abr. 2002. DOI:
<https://doi.org/10.1590/S0006-87052002000100008>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/pdf/brag/v61n1/a07v61n1.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

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, dez. 2002. DOI:
<https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000400011>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/pdf/hb/v20n4/14494.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2019.

FERREIRA, M. M. M. et al. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 305, p. 83-92, jan./fev. 2006. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3114/1007>. Acesso em: 20 mar. 2019.

FERREIRA, S. M. R. **Características de qualidade do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado nos sistemas convencional e orgânico comercializado na região metropolitana de Curitiba.** 2004. 249 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

FERREIRA, S. M. R. et al. Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 858-864, out./dez. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v30n4/v30n4a04.pdf>. Acesso em: 20 Mar. 2020.

FERREIRA, S.; BERNARDINO, R. Caraterização de sistema hidropônico de tomateiro - comparação com sistema de aquaponia. In: Simpósio em Produção e Transformação de Alimentos, 2017. **Anais** [...]. Peniche: ESTM, 2017. Disponível em: <https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/4446/1/106-Texto%20Artigo-528-1-10-20171220.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2020.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura:** agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV, 2008.

FLORES, F. B. et al. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. **Science Horticulture**, 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: 20 mar. 2020.

FONTES, P. C. R. et al. Produtividade do tomateiro em ambiente protegido no solo e em substrato. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 305, p. 99-106, jan./fev. 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226787014.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2019.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. D. **Produção de tomate de mesa.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2002.

FONTES, R. R. Solo e nutrição da planta. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Ed.). **Tomate para processamento industrial.** Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa Hortaliças, 2000.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Cultivo.** FAOSTAT, 2022. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 27 fev 2022.

FURLANI; P. R.; BATAGLIA; O. C. Correção do solo e adubação. In: NICK; C.; SILVA; D. J. H.; BORÉM; A. **Tomate:** do plantio à colheita. Viçosa: Ed. UFV, 2018.

GALVÃO, P. S. **Incompatibilidade de enxerto em Longana *Dimo carpus longan Lour.*** 2011. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e medicina veterinária da universidade de Brasília, Brasília, 2011.

GAMA, R. N. C. S. et al. Taxa de sobrevivência e desempenho agronômico de melancia sob enxertia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 128-132, mar. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000100020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v31n1/v31n1a20.pdf>. Acesso em: 15 maio 2019.

GIL, M. I.; CONESA, M. A.; ARTES, F. Quality changes in fresh cut tomato as affected by modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, n. 2, p. 199-207, jun. 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00166-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00166-1). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521401001661>. Acesso em 20 mar. 2020.

GILARDI, G.; GULLINO, M. L.; GARIBALDI, A. Critical aspects of grafting as a possible strategy to manage soil-borne pathogens. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã; Nova York, v. 149, p. 19-21, jan. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442381200341X>. Acesso em: 15 mar. 2019.

GISBERT, C. et al. Eggplant relatives as sources of variation for developing new rootstocks: effects of grafting on eggplant yield and fruit apparent quality and composition. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã; Nova York, v. 128, n. 1, p. 14-22, fev. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.12.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810005431>. Acesso em: 5 maio 2019.

GOMES, R. F. et al. Porta-enxertos para tomateiro conduzido com quatro hastes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 2, p. 186-191, mar./abr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764020011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rceres/v64n2/2177-3491-rceres-64-02-00183.pdf>. Acesso em: 20 maio. 2020.

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

GRABER, A.; JUNGE, R. Aquaponic systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination**, v. 246, n.1-3, p. 147-156, set. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.048>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916409004299>. Acesso em: 10 fev. 2019.

HAHN, L.; SUZUKI, A. Manejo de solo, adubação e nutrição de plantas. In: BECKER; W. F. et al. **Sistema de produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2016.

HANSON, E. J. et al. Applying calcium chloride postharvest to improve highbush blueberry firmness. **HortScience**, Alexandria, v. 28, n. 10, p. 1033-1034, out. 1993. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/28/10/article-p1033.xml>. Acesso em: 20 mar. 2020.

HARVEY, J. M. Reduction of losses in fresh market fruits and vegetables. **Annual Review of Phytopathology**, v. 16, p. 321-341, 1978. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.py.16.090178.001541>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.py.16.090178.001541>. Acesso em: 10 dez. 2022.

HE, Y. et al. Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 66, n. 2, p. 270-278, maio 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.02.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847209000343> Acesso em: 20 abr. 2019.

HEINE, A. J. M. et al. Produção do tomateiro híbrido Lumi submetido a diferentes adensamentos e condução de hastes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, 8382-8388, jul. 2012. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV_6/A5455_T8664_Comp.pdf. Acesso em: 25 mar. 2019.

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

HUANG, W. et al. Characterization of the growth and fruit quality of tomato grafted on a woody medicinal plant, *Lycium chinense*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã; Nova York, v. 197, p. 447-453, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442381530234X?via%3Dhub>. Acesso em: 4 maio 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. IBGE, 2022.

ISLA. **Isla Sementes**. Disponível em: www.isla.com.br. Acesso em: 15 mar. 2019.

JONES JUNIOR, J. B. **Plant nutrition**: manual. Boca Raton: CRC, 1998.

KADER, A. A. et al. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 113, n. 1, p. 742-745, jan. 1978. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.103.1.6>. Disponível em: <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-519.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2020.

KAMBOJ, J. S. et al. GC-MS-SIM analysis of abscisic acid and índole-3-acetic acid in shoot bark of apple rootstocks. **Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 1, p. 21-27, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1006299414481>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1006299414481#Abs1>. Acesso em: 20 mar. 2019.

KAOUTHER, Z. et al. Impact of salt stress (NaCl) on growth, chlorophyll content and fluorescence of Tunisian cultivars of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.). **Journal of**

Stress Physiology & Biochemistry, v. 8, n. 4, p. 236-252, set. 2012. Disponível em: <https://cyberleninka.ru/article/n/impact-of-salt-stress-nacl-on-growth-chlorophyll-content-and-fluorescence-of-tunisian-cultivars-of-chili-pepper-capsicum-frutescens-l/viewer>. Acesso em: 20 mar. 2020.

KATSOULAS, N.; KITTAS, C.; BAILLE, A. Estimating transpiration rate and canopy resistance of a rose crop in a fan-ventilated greenhouse. **Acta Horticulturae**, n. 548, p. 303-309, 2001. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.548.34>. Disponível em: https://www.actahort.org/books/548/548_34.htm. Acesso em: 18 mar. 2020

KEMIRA GROWHOW. **Curso de química do solo, nutrição de plantas e fertirrigação**. Campinas, 2004. (CD-ROM).

KLAUS, B. **Cálcio nos solos e nas plantas**. Research Centre Hanninghof, Yara International, Alemanha. Informações agronômicas, n. 117, 2007.

KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de alimentos**: teoria e aplicações práticas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

KYRIACOU, M. C. et al. Configuration of watermelon fruit quality in response to rootstock-mediated harvest maturity and postharvest storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 7, p. 2400-2409, maio 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7356>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jsfa.7356>. Acesso em: 15 maio 2019.

KYRIACOU, M. C. et al. Vegetable grafting: the implications of a growing agronomic imperative for vegetable fruit quality and nutritive value. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1-23, maio 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00741>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.00741/full>. Acesso em: 20 mar. 2020.

LAJOLLO, F. M.; MERCADANTE, A. Z.; SANT'ANA, A. S. **Química e bioquímica dos alimentos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Athenaeum, 2018.

LEE, J. et al. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã; Nova York, v. 127, n. 2, p. 93-105, dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810003699>. Acesso em: 22 mar. 2019.

LEONARDI, C.; GIUFFRIDA, F. Variation of plant growth and macronutrient uptake in grafted tomatoes and eggplants on three different rootstocks. **European Journal of Horticultural Science**, v. 71, n. 3, p. 97-101, 2006. Disponível em: https://www.pubhort.org/ejhs/2006/file_338668.pdf. Acesso em: 10 mar. 2020.

LI, H. et al. The sub/supra-optimal temperature-induced inhibition of photosynthesis and oxidative damage in cucumber leaves are alleviated by grafting onto figleaf gourd/luffa rootstocks. **Physiologia Plantarum**, v. 152, n. 3, p. 571-584, nov. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.12200>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ppl.12200>. Acesso em: 15 mar. 2019.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylis and carotenoids: pigment photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v. 148, p. 362-385, 1987. DOI: [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0076687987480361>. Acesso em: 12 mar. 2019.

LIU, J. et al. Grafting improves drought tolerance by regulating antioxidant enzyme activities and stress-responsive gene expression in tobacco. **Environmental and Experimental Botany**, v. 107, p. 173-179, nov. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.06.012>. Disponível em: <http://dx.doi.org/101016/j.envexpbot.2014.06.012>. Acesso em: 8 mar. 2019.

LOOS, R. A.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H. S. Enxertia, produção e qualidade de tomateiros cultivados em ambiente protegido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 232-235, fev. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000100037>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cr/v39n1/a37v39n1.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2019.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa: Ed. UFV, 2015.

LORO, A. C. et al. Quality parameters of tomatoes submitted to different doses of gamma radiation. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 1-12. p. 1-12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.16817>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/bjft/v21/1981-6723-bjft-21-e2017168.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2019.

LUCCHESI, A. A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P. R. C; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987.

MACHADO, S. S. et al. Características de sabor de diferentes cultivares de tomate. In: XIV Encontro Nacional de Analista de Alimentos. **Anais...** Goiânia-GO, 2005.

MAGGIO, M. A. **Qualidade de frutos e produtividade de tomateiro enxertado**. 2018. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2018.

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.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada. Viçosa: UFV, 2001.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009.

MARQUELLI, W. A. et al. Irrigação e fertirrigação na cultura do tomate: método de análise química foliar. In: SOUZA; V. F. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

MARQUELLI; W. A. et al. Avaliação de sistemas de irrigação e estratégias de manejo na produção orgânica de tomate de mesa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 5725-5732. 2012. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/938985/1/A5356T7495Comp.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

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

MARTÍNEZ-BALLESTA, M. et al. Physiological aspects of rootstock–scion interactions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã; Nova York, v. 127, n. 2, p. 112-118, dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.002>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423810003687?via%3Dhub>. Acesso em: 25 jun. 2019.

MARTÍNEZ-DAMIAN, M. T. et al. Rendimiento y calidad fisicoquímica em líneas experimentales de *Solanum lycopersicum var. cesariforme* cultivadas con diferentes niveles de conductividad eléctrica. **Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences**, Chile, v. 34, n. 2, p. 152-164, ago. 2018. DOI:
<http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902018005000404>. Disponível em:
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/chjaasc/v34n2/0719-3890-chjaasc-00404.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2020.

MARTINEZ-RODRIGUEZ, M. M. The effectiveness of grafting to improve salt tolerance in tomato when an ‘excluder’ genotype is used as scion. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, n. 1-3, p. 392-401, maio 2008. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.12.007>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847208000038>. Acesso em: 20 mar. 2019.

MARTINS, A. L. M. et al. Influência de porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, 427 p. 1743-1750, set. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000900006>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/pdf/pab/v35n9/v35n9a06.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

MARTINS, S. R. et al. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência Brasileira. **Informe Agropecuario**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 15-23, set./dez. 1999.

MARTINS, W. M. O. Avaliação do pegamento e crescimento de plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) enxertado sob cultivo orgânico. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 8, n. 14, p. 149-155, 2012. Disponível em:
<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/agrarias/avaliacao%20do%20pegamento.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2019.

- MASSON, S. C.; WILCOX, G. E. Nitrogen status evaluation of tomato plants. **American Society for Horticultural Science**, v. 107, p. 483-486, maio. 1982. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.107.3.483>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/jashs/view/journals/jashs/107/3/article-p483.xml>. Acesso em: 19 mar. 2019.
- MATSON, J. Fisgando peixes e plantas. **Scientific American Brasil**, [S.I.], n. 89, 2008.
- MELLO, S. C.; TONHATI, R. Clima e fisiologia. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 3 ed. Lavras: UFLA, 2022.
- MENDONÇA, J. L.; LOPES, C. A.; LUDKE, I. **Enxertia de tomateiro em baquicha (*Solanum stramonifolium* var inerme (Dunal) Whalen) para controle de doença de solo**. Brasília, DF: Embrapa Hortalícias, 2018.
- MIGUEL, A. G. **Injerto em hortalizas**. Valencia: Generalitat Valenciana, 1997. (Divulgación técnica, 40).
- MINAMI, K.; MELLO, S. C. **Fisiologia e nutrição do tomateiro**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2017.
- MISKOVIC, A. et al. Effect of eggplant rootstock on yield and quality parameters of grafted tomato. **Acta Scientiarum Polonorum - Hortorum Cultus**, v. 15, n. 6, p. 149-159, 2016.
- MONCADA, A. et al. Effect of grafting on yield and quality of eggplant (*Solanum melongena* L.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdã; Nova York, v. 149, p. 108-114, jan. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423812002762>. Acesso em: 22 mar. 2019.
- MONTEIRO, J. E. B. A. et al. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 15-24, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000100002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/yHm4KNnJcmFdwGh6MXFw44H/?lang=pt>. Acesso em: 05 dez. 2022.
- MORARD, P. et al. Influence of nutritive solution concentration on the growth and mineral nutrition of tomatoes. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 84, p. 299-304, 2004.
- MORGAN, L. Single truss tomato production in NFT systems. **Practical Hidroponics & Greenhouses**, n. 31, p. 42-47, 1996.
- MULDERIJ, R. **Overview global tomato market**. Freshplaza, 2018. Disponível em: <https://www.freshplaza.com/article>. Acesso em: 26 mar. 2019.
- NICK, C.; BORÉM, A. **Melhoramento de Hortalícias**. Viçosa: Ed. UFV, 2016.

NICK, C.; SILVA, D. J. H.; BORÉM, A. **Tomate**: do plantio à colheita. Viçosa: UFV, 2018.

ODA, M. Vegetable seedling grafting in Japan. **Acta Horticulturae**, n. 759, p. 175-180, 2007. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.759.13>. Disponível em: https://www.actahort.org/books/759/759_13.htm. Acesso em: 11 maio 2019.

OLIVEIRA, A. D. de. et al. **Mudanças climáticas e produção de hortaliças**: projeções, impactos, estratégias adaptativas e mitigadoras. Brasília: Embrapa, 2015.

OSTRENSKY, W. B. A. **Piscicultura**: fundamentos e técnicas de manejo. Guaíba: Agropecuária, 1998.

PALARETTI, L. F. et al. Soma térmica para o desenvolvimento dos estádios do tomateiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 6, n. 3, p. 240-246, 2012. DOI: <https://doi.org/10.7127/rbai.v6n300089>. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/133>. Acesso em: 12 maio 2019.

PALIWAL, K.; KARUNAICHAMY, K. S. T. K. *In-situ estimation of leaf chlorophyll by light transmittance in vegetable crops*. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 65, n. 5, p. 361-362, 1995.

PASSAM, H. C. et al. Performance of eggplant grafted on tomato and eggplant rootstocks. **European Journal of Horticultural Science**, v. 70, n. 3, p. 130-134, 2005. Disponível em: https://www.pubhort.org/ejhs/2005/file_22634.pdf. Acesso em: 16 mar. 2020.

PATTILLO, D. A. et al. Performance of aquaculture effluent for tomato production in outdoor raised beds. **HortTechnology**, v. 30, n. 5, p. 624-631, ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04655-20>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/30/5/article-p624.xml>. Acesso em 26 mar. 2022.

PEDRO, A. M. K.; FERREIRA, M. M. C. Nondestructive determination of solids and carotenoids in tomato products by near-infrared spectroscopy and multivariate calibration. **Analytical Chemistry**, v. 77, n. 8, p. 2505-2511, mar. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac048651r>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ac048651r>. Acesso em: 18 mar. 2020.

PEIL, R. M. A enxertia na produção de mudas de hortaliças. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1169-1177, dez. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000600028>. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/downloads/enxertiaHort.pdf>. Acesso em: 9 maio 2019.

PEREIRA, C. M. M. A. et al. Cadeia produtiva do tomate na região de Barbacena sob a ótica da economia dos custos de transação. **Informações Econômicas**, v. 37, n. 12, p. 36-49, dez. 2007. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/ie/2007/tec4-1207.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2019.

PEREIRA, C.; MARCHI, G.; SILVA, E. C. **Produção de tomate-caqui em estufa.** Série extensão. Lavras: UFLA, 2000.

PEREIRA, H. S.; VITTI, G. C. Efeito do uso de xisto em características químicas do solo e nutrição do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p.317-322, abr./jun. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/pGh6F3f5D8XKYfvBmNZSBJL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 fev. 2019.

PEREIRA, M. A. B. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de tomateiro em condições de temperatura elevada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 330-337, jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000200016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rca/v43n2/a16v43n2.pdf>. Acesso em: 4 fev. 2019.

PEREIRA, P. R. G.; FONTES, P. C. R. Nutrição Mineral. In: FONTES, P. C. R.; NICK, C. **Olericultura: teoria e prática.** 2 ed. Viçosa: UFV, 2021.

PERIN, L. **Fisiologia da produção de tomateiro enxertado em cultivo sem solo.** 2021. 124 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2021.

PETROPOULOS, S. A. *et al.* Evaluation of rootstocks for watermelon grafting with reference to plant development, yield and fruit quality. **International Journal of Plant Production**, v. 6, n. 4, p. 481-492, out. 2012. Disponível em: https://ijpp.gau.ac.ir/article_761_cc773e1c48ce3ea82d908050a2911519.pdf. Acesso em: 10 fev. 2019.

PIMENTEL, C. *et al.* Características fotossintéticas de *Phaseolus vulgaris* L. **Hoehnea**, v. 38, n. 2, p. 273-279, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2236-89062011000200007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hoehnea/v38n2/07.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.

PINTO, W. S. *et al.* Caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipos de cajazeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p.1059-1066, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000900006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/YXQgBfvcRyrxZgvPLYM7nTN/?lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2020.

PIRÓG, J. The influence of seedling grafting, date of planting and cultivar on tomato yield. **Roczniki Akademii Rolnicza Poznaniu**, v. 165, p. 91-106, 1986.

PRADO, R. M. *et al.* Crescimento e mancha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raisa cultivado em sistema hidropônico. **Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 19-30, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744100002.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.

PRIETO MARTINEZ, H. E. **Manual prático de hidroponia.** 4. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2021.

PUIATTI, M.; FINGER, F. L. Clima e as hortaliças. In: FONTES, P. C. R.; NICK, C. **Olericultura: teoria e prática.** 2 ed. Viçosa: UFV, 2021.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. **Manejo do ambiente protegido.** Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, p. 1-11, 2006. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/ 58.pdf. Acesso em: 10 out. 2019.

RAIJ, B. VAN. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agronômico, 1996.

RAKOCY, J. E., MASSER, M. P., LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. **Southern Regional Aquaculture Center**, v. 454, p. 1-16, 2006. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/0f1b/df61fcf934d3865e53ef2cb95994b49e3221.pdf>. Acesso em: 20 maio 2019.

REIS, L. S. et al. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n 14, p. 386-391, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/75010/2-s2.0-84876907715.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 mar. 2019.

REYES-FLORES, M. et al. Concentración de nutrientes em efluente acuapónico para produccón de *Solanum lycopersicum* L. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, v. 7, n. 17, p. 3529-3542, nov./dez. 2016. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173199259>. Acesso em: 20 mar. 2022.

RIGA, P. Effect of rootstock on growth, fruit production and quality of tomato plants grown under low temperature and light conditions. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 56, n. 5, p. 626-638, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13580-015-0042-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13580-015-0042-0>. Acesso em: 10 abr. 2020.

RIZZO, A. A. do N. et al. Avaliação de métodos de enxertia e porta-enxertos para melão rendilhado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 808-810, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000400030>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v22n4/23202.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2019.

ROCHA, R. C. **Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do tomateiro.** 2007. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2007.

RODRIGUES, A. C. et al. Avaliação da compatibilidade da enxertia em *Prunus* sp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jabotical, v. 23, n. 2, p. 359-364, ago. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000200032>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/wYDV6jCWxyNHvyx9LkCDprM/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 jul. 2020.

RODRIGUES, D. S. et al. Quantidade absorvida e concentrações de micronutrientes em tomateiro sob cultivo protegido. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 1, p. 137-144, jan./mar. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100020>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/sa/a/BmBDFfP3yJNHV4CW768smys/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 jul. 2020.

ROOSTA, H. R.; HAMIDPOUR, M. Effects of foliar application of some macro-and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã; Nova York, v. 129, n. 3, p. 396-402, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.006>. Disponível em:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423811001816?casa_token=tDB0gj3kvq8AAAAA:RCtWnWEcDyug_xb94ei75gK2UPc4FSuNL5wvoqmqTQ5cVheZYnZC92O3Cv0LkCGCmoPxG6kbM0. Acesso em: 5 fev. 2022.

SÁ, F. V. S. et al. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira “Sunki Comum” sob solução hidropônica salinizada. **Comunicata Scientiae**, Piauí, v. 6, n. 1, p. 463-470, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14295/CS.v6i4.1121> Disponível em:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6294726>. Acesso em: 16 mar. 2020.

SAMPAIO, R. A.; FONTES, P. C. R. Qualidade de frutos de tomateiro fertirrigado com potássio em solo coberto com polietileno preto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 136-139, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05361998160000200009>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/hb/a/zG6DNQD6wTzCGGN56H5p8xB/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 16 mar. 2020.

SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E. et al. Antioxidant response resides in the shoot in reciprocal grafts of drought-tolerant and drought-sensitive cultivars in tomato under water stress. **Plant Science**, v. 188-189, p. 89-96, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2011.12.019>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168945211003712>. Acesso em: 18 fev. 2019.

SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E. et al. How does grafting affect the ionome of cherry tomato plants under water stress. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 60, p. 145-155, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/00380768.2013.870873>. Disponível em:
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00380768.2013.870873>. Acesso em: 14 maio 2019.

SÁNCHEZ-TORRES, P. et al. Effects of grafting combinations on the nutritional composition of pepper fruit. **Fruits**, v. 71, n. 4, p. 249-256, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits/2016014>. Disponível em:
<https://fruits.edpsciences.org/articles/fruits/abs/2016/04/fruits160014/fruits160014.html>. Acesso em: 25 mar. 2019.

SANTIAGO, E. J. P. et al. Condições microclimáticas proporcionadas por tela de sombreamento no cultivo do tomate cereja. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, p. 153-161,

2017. Disponível em:
<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/agrometeoros/article/view/26275/14329>.
 Acesso em: 12 set. 2020.

SANTOS, L. L., SEABRA, S. J., NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Mato Grosso, v. 8, n. 1, p. 83-93, 2010. Disponível em:
http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol8/8_artigo_v8.pdf. Acesso em: 15 fev. 2019.

SANTOS, F. F. dos. **Acúmulo de nutrientes em tomateiro e adubação potássica na produtividade e qualidade de fruto**. 2018. 122 p. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas, 2018.

SANTOS, J. S. et al. Compatibilidade com porta-enxertos, rendimento e qualidade de frutos em cultivares de melancia triploide. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 141-147, abr./jun. 2014. Disponível em:
<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3275>. Acesso em: 8 mar. 2019.

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.

SCHUELTER, A. R. et al. Avaliação dos níveis de clorofila em folhas de tomateiro da cultivar Santa Clara, do mutante 'firme' e do híbrido F₁. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 183-187, abr. 2003. DOI:
<https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v25i1.2110>. Disponível em:
<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/2110>. Acesso em: 15 mar. 2019.

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, n. 3, p. 292-298, set. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v28n3/v28n3a09.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2019.

SILVA, A. **Enxertia** – manual técnico para amadores e profissionais. 2. ed. Porto: Publindústria, Edições Técnicas, 2016.

SILVA, A. A. da. **Ecofisiologia do tomateiro e qualidade pós-colheita do tomate cereja sob fertirrigação com efluente da piscicultura sob diferentes fases fenológicas**. 2019. 55 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.

SILVA, D. J. H. et al. Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. **101 Culturas: Manual de Tecnologias Agrícolas**. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), v. 1, p. 209-220, 2007.

SILVA, J. M. da. *et al.* Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 40-46, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000100006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n1/v17n01a06.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

SILVA, J. R.; MORENO, P. G. Cultivo em ambiente protegido como promotor de ganhos produtivos na cultura do pimentão. **Revista Perspectiva em Educação, Gestão & Tecnologia**, v. 5 n. 9, p. 1-7, 2016. Disponível em: https://fatecitapetininga.edu.br/perspectiva/pdf/09/artigo09_5.pdf. Acesso em: 2 mar. 2019. Acesso em: 10 mar. 2019.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000900009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v38n9/18286.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

SILVEIRA, J. A. G. *et al.* Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (Org.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2ed. Fortaleza: INCTsal, 2016. Disponível em: <https://ppgea.ufc.br/wp-content/uploads/2018/04/manejo-da-salinidade-na-agricultura.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

SIMÕES, A. C. *et al.* Compatibilidade de tomateiro sob diferentes porta-enxertos e métodos de enxertia em sistema orgânico. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v.10, n.18, p.961-972, 2014. Disponível em: <http://conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/compatibilidade.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2019.

SIMONNE, A. H.; NASCIMENTO, C. N. do.; BRECHT, J. K. Tomato and Other solanaceous fruits. In: TERRY, L. A. (Ed.). **Health promoting properties of fruit and vegetables**. Oxfordshire: CABI, 2011.

SIRTOLI, L. F. *et al.* Avaliação de diferentes porta-enxertos de tomateiro cultivados em ambiente protegido. **Biodiversidade**, v.7, n.1, p.24-28, abr. 2008. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/44>. Acesso em: 20. jul. 2020.

SIRTOLI, L. F. *et al.* Enxertia no desenvolvimento e qualidade de frutos de tomateiro sob diferentes porta-enxertos em cultivo protegido. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 10, n. 3, p. 15-22, set. 2011. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagrararia/article/view/4066>. Acesso em: 16 mar. 2019.

SIRTOLI, L. F. **Fisiologia do pepineiro japonês, com e sem enxertia, tratado com fungicida boscalida**. 2010. 104 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 2010.

SOMERVILLE, C. et al. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical**, v. 1, n. 589, p. 1-288, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4021e.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

SOTERIOU, G. A. et al. Evolution of watermelon fruit physicochemical and phytochemical composition during ripening as affected by grafting. **Food Chemistry**, v. 165, p. 282-289, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.120>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814614007481?via%3Dhub>. Acesso em: 15 maio 2019.

STEIDLE NETO, A. J.; ZOLNIER, S.; MAROUELLI, W. A. Transpiração do tomateiro cultivado em substrato e sua influência na fração lixiviada e na condutividade elétrica da solução nutritiva drenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 721-727, dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i4.3246>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/asagr/v32n4/a22v32n4.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**, 6. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

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

TAKAHASHI, H. W.; ANDRADE, B. L. G. Diagnose foliar na cultura do tomate: análise química. In: PRADO, R. de M. et al. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FAPESP/FUNDUNESP, 2010.

TAKII, B. **Porta-enxerto para tomate**. Takii, 2019. Disponível em: www.takii.com.br/categoria/porta-enxerto-para-tomate. Acesso em: 15 mar. 2019.

TAPIA, M. L.; GUTIERREZ, V. Distribution pattern of dry weight, nitrogen, phosphorus, and potassium through tomato ontogenesis. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, n. 6, p. 783-791, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904169709365294>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904169709365294>. Acesso em: 15 mar. 2019.

TAVEIRA, J. A. M. **O manejo de substratos na produção de hortaliças e flores**. In: Seminário Internacional de Cultivo Protegido em Hortaliças e Flores. Holambra (SP): Flortec Consultoria e Treinamento, 2000.

TOLEDO, D. S. **Produção, nutrição e fitossanidade de cultivares de tomateiro, sob manejo orgânico**. 2008. 77 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2008.

TORII, T. M. et al. Evaluation of graft-take using a thermal camera. **Acta Horticultae**, v. 319, p. 631-634, jul. 1992. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1992.319.101>. Disponível em: https://www.actahort.org/members/showpdf?booknr=319_101. Acesso em: 20 mar. 2019.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. VAN. Hortaliças. In: RAIJ, B. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 2 ed. Campinas: IAC, 1997.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças.** 2 ed. Revista Atual, Campinas: Instituto Agronômico, 2011.

TRANI, P. E. et al. **Calagem e adubação do tomate de mesa.** Campinas: Instituto Agronômico, 2015.

TSABALLA, A. et al. Molecular studies of inheritable grafting induced changes in pepper (*Capsicum annuum*) fruit shape. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã; Nova York, v. 149, p. 2-8, jan. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.018>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423812002798?casa_token=EL3kWOKtKR0AAAAAA:T4ewLR4Hpt3LrkKbwcjhRXeanAxcc6xV7yXCca0KBB2APCVgiEZEuKQP_PG3bhCBe1fT5sSFxYo. Acesso em: 10 fev. 2019.

TYSON, R. V., TREADWELL, D. D.; SIMONNE, E. H. Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. **HortTechnology**, v. 21, n. 1, p. 6-13, fev. 2011. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.21.1.6>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/21/1/article-p6.xml>. Acesso em: 20 maio 2019.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Microwave assisted Acid digestion of Sediments, Sludges, Soils and Oils, Method 3050, SW 846.** USEPA, 2007. Disponível em: <http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>. Acesso em 20 nov. 2021.

VILELA, A. C. **Enxertia em hortaliças.** 2016. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

XU, H. L. et al. Photosynthesis in leaves, fruits, stem and petioles of greenhouse-grown tomato plants. **Photosynthetica**, v. 33, n. 1, p. 113-123, maio 1997. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1022135507700>. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/A:1022135507700.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

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

ZAPATA, L. et al. Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. **Ciencia, Docencia y Tecnología**, v. 18, n. 34, p. 207-226, nov. 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/145/14503406.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

ZEIST, A. R. **Características agronômicas e fisiológicas de tomateiro em função de porta-enxertos e métodos de enxertia.** 2015. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2015.

ZHOU, X. *et al.* Using Cucurbita rootstocks to reduce fusarium wilt incidence and increase fruit yield and carotenoid content in oriental melons. **HortScience**, v. 49, n. 11, p. 1365-1369, 2014. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.11.1365>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/49/11/article-p1365.xml>. Acesso em: 10 jan. 2019.