

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

MATHEUS HERMANN DOS SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE VARIEDADES DE
TOMATEIRO VISANDO O SISTEMA ORGÂNICO A CAMPO E EM
AMBIENTE PROTEGIDO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2021

MATHEUS HERMANN DOS SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE VARIEDADES DE
TOMATEIRO VISANDO O SISTEMA ORGÂNICO A CAMPO E EM
AMBIENTE PROTEGIDO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2021

MATHEUS HERMANN DOS SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE VARIEDADES DE
TOMATEIRO VISANDO O SISTEMA ORGÂNICO A CAMPO E EM
AMBIENTE PROTEGIDO**

**Characterization and selection of tomato varieties aiming at the
organic system in the field and in a protected environment**

Dissertação apresentada como requisito
para obtenção do título de Mestre em
Agronomia – Área de Concentração:
Produção Vegetal da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Thiago de Oliveira Vargas
Coorientador: Taciane Finatto

PATO BRANCO

2021



Esta licença permite o download e o compartilhamento da obra desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-la ou utilizá-la para fins comerciais.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco



MATHEUS HERMANN DOS SANTOS

CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE VARIEDADES DE TOMATEIRO VISANDO O SISTEMA ORGÂNICO A CAMPO E EM AMBIENTE PROTEGIDO

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Área de concentração: Produção Vegetal.

Data de aprovação: 26 de Março de 2021

Prof Thiago De Oliveira Vargas, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Antonio Carlos De Souza Abboud, Doutorado - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Ufrrj)

Prof Giovani Olegario Da Silva, Doutorado - Embrapa

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 20/05/2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar e proporcionar que esse momento se tornasse possível, me abençoando em todo o meu trajeto profissional.

Agradeço aos meus pais, Odair Marcelo dos Santos e Debora C. Hermann por nunca medirem esforços para me apoiar, me incentivar e me fornecer todo o suporte educacional para a realização dos meus sonhos e vontades, bem como de toda a minha personalidade e caráter como ser humano. Agradeço também a toda a minha família que sempre me apoiou e me fez seguir, independente do que fosse. Em especial ao meu tio Mario Rodrigo dos Santos, que com muitos conselhos e oportunidades fez com que eu evoluísse profissionalmente, com caráter e ética.

Sou grato aos meus amigos nessa jornada, em especial ao Fernando, Marco, Leticia e Wesllen que estiveram partilhando diversos momentos comigo, sempre com palavras de incentivo, conselhos, e muita parceria. Também agradeço ao Vitor, Fernanda e Ana, que desde que retornei a Pato Branco me acompanharam e me incentivaram em momentos profissionais e pessoais.

Agradeço também aos amigos e parcerias que fiz durante a pós-graduação, que desde que cheguei me receberam e me ensinaram muito daquilo que aprendi nesses dois anos. Em especial a Larisse Gonçalves, Pedro Monteiro, Luana Santos, Gilberto Cesar Carmona (em memória), Grasielle Lorencetti, Silmara Pietrobelli e Luciano P. de Almeida, mas principalmente à Jessica Cardoso, minha colega de pesquisa com tomateiro, que foi minha mentora, incentivadora e parceira de diversos momentos durante a condução dessa pesquisa. Agradeço também a Jaqueline Hagn e Caroline Menegazzi pela amizade e todo o auxílio durante a condução experimental e avaliações, sem vocês nada do que fiz seria possível.

Sou grato aos meus eternos mestres, que tanto me ensinaram sobre condução, fisiologia e melhoramento de hortaliças, especialmente ao prof. Juliano T. V. de Resende, André Zeist, Diego Munhoz Dias, André Gabriel e Rafael de Matos, meu muito obrigado! Agradeço também todos os demais

professores e mentores, que contribuíram para a minha formação profissional em todas as esferas de ensino.

Agradeço o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Agradeço a UTFPR e o PPGAG pela oportunidade de realização dessa pesquisa e todo o suporte para que essa se tornasse possível. Agradeço aos funcionários e colaboradores da UTFPR pelo auxílio durante a condução experimental e análises realizadas, em especial a Sílvia Scariotto e ao funcionário Sr. Vilson Belusso, meu muito obrigado!

Agradeço ao professor Thiago de Oliveira Vargas e a professora Taciane Finatto pela confiança em mim depositada e por todos os ensinamentos e instruções passadas durante a pós-graduação e na elaboração dessa pesquisa, meu muito obrigado!

RESUMO

SANTOS, Matheus Hermann dos. Caracterização e seleção de variedades de tomateiro visando o sistema orgânico a campo e em ambiente protegido. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2020.

A tomaticultura orgânica mostra-se em expansão atualmente, movida pela preocupação e busca dos consumidores por produtos mais saudáveis, de qualidade e com baixo risco à saúde. Entretanto, a produção de tomate sob esses princípios constitui grande desafio aos agricultores, visto à alta quantidade de pragas e doenças incidentes e a carência de genótipos disponíveis com elevados potenciais produtivos e qualidade dos frutos superiores, que sejam adaptados aos princípios agroecológicos, as condições edafoclimáticas do sudoeste do Paraná e as diferentes condições de cultivo. Uma possível fonte de variabilidade genética para suprir essas demandas pode ser encontrada nas variedades tradicionais não híbridas. Com isso, o objetivo do trabalho foi caracterizar a diversidade morfoagronômica de variedades crioulas e antigas de tomateiro em estufa e campo aberto por meio de descritores padronizados, caracteres agronômicos e de qualidade de fruto. O trabalho foi conduzido nas instalações do campus (estufa) e na área experimental da UTFPR Pato Branco (campo aberto) em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e oito plantas por parcela. Foram avaliadas nove variedades de tomate de mesa dos grupos Santa Cruz, salada e saladinha, por meio de 39 descritores qualitativos e quantitativos de fruto, de planta e agronômicos através de mensurações, escalas de notas e análises físico-químicas. Os dados agronômicos e de qualidade de frutos foram submetidos à análise de variância conjunta de experimentos e teste de agrupamento de médias de Scott-Knott ($p < 0.05$) e os dados gerais a análises multivariadas de componentes principais. A análise de variância conjunta mostrou diferenças significativas para o efeito de genótipo, ambiente e interação para os caracteres agronômicos, e para os caracteres de qualidade de fruto não houve significância para o efeito de ambiente de cultivo, salvo exceções. As variedades cultivadas em estufa apresentaram em geral valores superiores para a maioria dos caracteres agronômicos e de qualidade de fruto, salvo exceções. Os reduzidos valores dos caracteres agronômicos em campo aberto foram ocasionados por perdas decorrentes de problemas fisiológicos e fitossanitários que foram agravados pelo desequilíbrio ecológico visualizado nesse ambiente. As variedades Jumbo, Kada Gigante e Santa Clara apresentaram características morfoagronômicas e de qualidade de fruto que as elencam para serem cultivadas em ambos os ambientes ou apenas em campo aberto. A variedade Gaúcho Marmande é indicada especialmente para o cultivo em campo aberto, principalmente pelas suas características vegetativas, desde que seja implantada em ambientes com certo equilíbrio ecológico. As demais variedades são recomendadas para serem cultivadas em estufa.

Palavras-chave: Tomate - Melhoramento genético. Descritores morfológicos. Produção agroecológica. Variabilidade genética.

ABSTRACT

SANTOS, Matheus Hermann dos. Characterization and selection of tomato varieties aiming at the organic system in the field and in a protected environment. 107 f. Dissertation (Master in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Plant Production), Federal Technological University of Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2020.

Organic tomato production is currently expanding, driven by consumer's concern and search for healthier, quality products with a low health risk. However, tomato production under these principles constitutes a major challenge for farmers, given the high amount of pests and diseases and the lack of available genotypes with high production potentials and superior fruit quality, which are adapted to agroecological principles, such as edaphoclimatic conditions in southwestern Paraná and as different cultivation conditions. A possible genetic variability source to meet these demands can be found in the traditional non-hybrid varieties. With that, the work's objective was to characterize the morpho-agronomic diversity of creole and ancient varieties of tomatoes in the greenhouse and open field utilizing standardized descriptors, agronomic, and fruit quality characters. The work was carried out in the campus facilities (greenhouse) and at UTFPR Pato Branco experimental area (open field) in a randomized block design with four replications and eight plants per plot. Nine varieties of tomato from the Santa Cruz, salad, and salad groups were evaluated using 39 qualitative and quantitative fruit, plant, and agronomic descriptors through measurements, rating scales, and physico-chemical analysis. Agronomic and fruit quality data were subjected to joint variance analysis of experiments and Scott-Knott mean cluster test ($p < 0.05$) and general data to multivariate analysis of principal components. The joint variance analysis showed significant differences for the effect of genotype, environment and interaction for agronomic characters, and for the fruit quality characters there was no significance for the effect of cultivation environment, except for exceptions. Varieties grown in greenhouses showed generally higher values for most agronomic and fruit quality traits, with some exceptions. The reduced values of agronomic characters in the open field were caused by losses due to physiological and phytosanitary problems aggravated by the ecological imbalance seen in this environment. The Jumbo, Kada Gigante, and Santa Clara varieties presented morpho-agronomic and fruit quality characteristics that list them to be cultivated in both environments or just in the open field. The Gaucho Marmande variety is especially indicated for cultivation in the open field, mainly for its vegetative characteristics, as long as it is implanted in environments with a certain ecological balance. The other varieties are recommended to be grown in a greenhouse.

Keywords: Tomato - Genetic improvement. Morphological descriptors. Agroecological production. Genetic variability.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Dados meteorológicos de temperatura média (T. med), temperatura máxima (T. max), temperatura mínima (T. min) e precipitação pluviométrica (mm) durante a condução dos experimentos. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020..... 31
- Figura 2** – Frutos das variedades avaliadas no trabalho. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020. ... 44
- Figura 3** – Sintomas de infecção viral por tospovírus (vira-cabeça) na variedade Jumbo de tomateiro em estufa (A) Bronzeamento e arroxamento do limbo foliar; (B) Manchas necróticas no cálice floral e lesões cloróticas nos frutos. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020..... 49
- Figura 4** – Doenças visualizadas em estufa. (A) Manchas pulverulentas causadas por oídio em folhas da variedade Yoshimatsu; (B) e (C) Sintomas de cancro bacteriano e lesões típicas de pinta preta em frutos da variedade Roqueso. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020. 50
- Figura 5** – Podridão estilar (A) e lóculo aberto (B) em frutos da variedade Saco-de-Bode cultivado em estufa. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020. 54
- Figura 6** – Rachadura concêntrica (A) em tomate variedade Yoshimatsu e podridão estilar (B) em tomate variedade Coração-de-Boi. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020. 56
- Figura 7** – Biplot de associação de variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA) com base em características quantitativas e qualitativas de planta. UTFPR, Pato Branco, 2020. 75
- Figura 8** – Biplot de associação de variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA) com base em características quantitativas e qualitativas de fruto. UTFPR, Pato Branco, 2020. 80
- Figura 9** – Biplot de associação de variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA) com base em características quantitativas agrônômicas. UTFPR, Pato Branco, 2020..... 85

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Caracterização morfológica de variedades de tomateiro baseada em alguns caracteres de planta e de fruto avaliados em dois ambientes de cultivo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020..... 42
- Tabela 2** – Análise de variância conjunta de experimentos para dois ambientes (estufa e campo aberto) em delineamento de blocos ao acaso para seis variáveis agronômicas de tomateiro. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020. 51
- Tabela 3** – Médias de produção comercial (PFC), produção não comercial (PFNC) e produção total (PFT) de frutos em g planta⁻¹ de nove variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020..... 52
- Tabela 4** – Médias de número de frutos comerciais (NFC), totais (NFT) e massa média de frutos comerciais (MMFC) em g fruto⁻¹ de nove variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020..... 53
- Tabela 5** – Análise de variância conjunta de experimentos para dois ambientes (estufa e campo aberto) em delineamento de blocos ao acaso para cinco variáveis de qualidade anatômica de fruto em tomateiro. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020. 61
- Tabela 6** – Análise de variância conjunta de experimentos para dois ambientes (estufa e campo aberto) em delineamento de blocos ao acaso para cinco variáveis de qualidade físico-química de fruto em tomateiro. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020. 61
- Tabela 7** – Médias de comprimento longitudinal (CLF), diâmetro equatorial (DEF) e diâmetro da cicatriz do pedicelo (DCP) do fruto em mm de nove variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020..... 62
- Tabela 8** – Médias de massa de fruto (MF) em gramas, firmeza de fruto (FM) em newton e número de lóculos do pericarpo (NL) para nove variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020..... 65
- Tabela 9** – Médias de potencial hidrogeneiônico (PH), sólidos solúveis (SS) em °Brix, acidez titulável (AT) em % de ácido cítrico e ratio (RT) para nove variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020..... 67
- Tabela 10** – Porcentagem de explicação dos 5 primeiros CPs e contribuição relativa de variáveis qualitativas e quantitativas de planta para divergência de 9 variedades de tomateiro cultivadas em dois ambientes para os 2 primeiros CPs. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020. 73
- Tabela 11** – Porcentagem de explicação dos 5 primeiros CPs e contribuição relativa de variáveis qualitativas e quantitativas de fruto para divergência de 9 variedades de tomateiro cultivadas em dois ambientes para os 2 primeiros CPs. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020. 78
- Tabela 12** – Porcentagem de explicação dos 5 primeiros CPs e contribuição relativa de variáveis quantitativas agronômicas para divergência de 9 variedades de tomateiro cultivadas em dois ambientes para os 2 primeiros CPs. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020. 83

LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

°Brix – Graus Brix
% – Porcento
CA – Campo aberto
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo
cm – Centímetros
cmol_c – Centimol Carga
CNPH – Centro Nacional de Pesquisas de Hortaliças
CP – Componente Principal
Dr. – Doutor
Dra. – Doutora
ES – Estufa
FP – Fundo Preto
g – Grama
g fruto⁻¹ – Gramas por fruto
g planta⁻¹ – Gramas por planta
GxE – Genótipo x Ambiente
h. – Hora
IPGRI – *International Biodiversity Resource Institute*
IWWR – *Institute for Water and Wetland Research*
L – Litro
LA – Lóculo Aberto
Ltda. – Limitada
m – Metros
min. – Minutos
mL – Mililitro
mm – Milímetro
MS – Matéria Seca
pH – Potencial Hidrogeniônico
PPGAG – Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Prof. – Professor
Sr. – Senhor
t ha⁻¹ – Toneladas por hectare
TGRC – *Tomato genetic resource center*
UFV – Universidade Federal de Viçosa
UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
v/v – Volume/Volume
VPA – Variedade de Polinização Aberta

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Origem, domesticação e morfologia do tomateiro	14
2.2 A valorização de variedades tradicionais para sistemas orgânicos	16
2.3 Aspectos desejáveis em variedades de tomateiro para o cultivo sob manejo orgânico em ambientes contrastantes.....	20
2.4 Conservação, caracterização e melhoramento de recursos genéticos de tomateiro	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 Delineamento experimental e manejo cultural	30
3.2 Caracteres avaliados	35
3.2.1 Caracteres qualitativos e quantitativos de planta.....	36
3.2.2 Análises de caracteres de qualidade dos frutos	37
3.2.3 Caracteres qualitativos de fruto	38
3.2.4 Caracteres agronômicos.....	39
3.3 Análises estatísticas.....	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1 Análise dos caracteres agronômicos nos ambientes de cultivo	51
4.2 Análise dos caracteres de qualidade de fruto nos ambientes de cultivo .	60
4.3 Análises multivariadas por componentes principais.....	72
4.3.1 Caracteres gerais de planta.....	73
4.3.2 Caracteres gerais de fruto	78
4.3.3 Caracteres agronômicos.....	83
5. CONCLUSÃO	88
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
7. REFERÊNCIAS	91
APÊNDICES	101

1. INTRODUÇÃO

A produção de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) em cultivo orgânico constitui um grande desafio aos agricultores, visto a dificuldade em se produzir frutos com boa qualidade, produtividade e viabilidade econômica (ROSA et al., 2019). Essa problemática se justifica pela escassez de variedades disponíveis adaptadas às práticas fitossanitárias e nutricionais adotados nesses sistemas. Entretanto, o produto orgânico é um mercado em expansão dentro do setor olerícola. No que diz respeito à tomaticultura de mesa para consumo *in natura*, esse fato está alicerçado à crescente preocupação quanto aos malefícios causados pelo consumo indireto de agrotóxicos, tanto devido a alimentos contaminados, bem como quanto ao uso indiscriminado de produtos fitossanitários da cultura (MELO et al., 2017).

Os olericultores orgânicos da região sudoeste do Paraná partilham grande interesse em cultivar tomates do tipo mesa, tanto em ambiente protegido como em campo aberto. Todavia, estes sofrem com as condições climáticas peculiares do cultivo no verão, principalmente no que diz respeito às elevadas precipitações pluviométricas e altas temperaturas (KUTZ, 2018). Portanto, estudos que determinem variedades de tomateiro de mesa adaptadas às condições climáticas e aos ambientes contrastantes de cultivo do tomateiro sob manejo orgânico para essa região, apresentam enorme importância no atendimento das demandas desses olericultores.

Nos cultivos orgânicos e de base familiar há a necessidade de desenvolver variedades que sejam passíveis de reprodução, visando dessa forma à desoneração dos custos produtivos. O uso de híbridos nesse contexto torna-se empecilho, pois, quando as suas sementes são guardadas de uma safra para outra a fim de serem aproveitadas pelos agricultores, podem sofrer segregação genética, perda de potencial produtivo e de adaptação climática ao local de cultivo (BOYHAN et al., 2014), especialmente quando utilizadas em sistemas baseados no uso de insumos de liberação lenta e/ou controlada, como os orgânicos. Essa perda de adaptação climática ao local acarreta em problemas de cunho agrônomico, como redução de frutificação, frutos com

maiores susceptibilidades a rachaduras e podridões apicais, além de plantas com maior incidência de doenças (CAMPANELLI et al., 2015).

Em suma, o trabalho de empresas sementeiras transnacionais, em sua maioria, visa apenas adaptar os híbridos oriundos de outros países às condições edafoclimáticas brasileiras. A mesma estratégia pode ser adotada para os cultivos orgânicos, ou seja, obter genótipos adaptados a essas condições, mas que sejam derivados de materiais nacionais (PEIXOTO et al., 2017), como por exemplo, através do resgate de variedades tradicionais não híbridas.

Programas de melhoramento que visem à obtenção de variedades adaptadas a esses sistemas, devem levar em consideração no processo de seleção dos genitores a adaptação às condições climáticas locais, desempenho agrônomo que seja competitivo nos moldes da produção orgânica, resistência a doenças, e características de qualidade e sabor dos frutos desejados pelos consumidores (HOAGLAND et al., 2015; HEALY et al., 2017).

Nesse contexto, implantar um programa de melhoramento que atenda as necessidades desses olericultores orgânicos de tomate, portanto, mostra-se de grande relevância. Contudo, para que se obtenha uma população segregante com alta variabilidade genética, o conhecimento da diversidade e a correta identificação por meio da caracterização se tornam imprescindíveis no momento da seleção dos parentais que irão compor o programa (LUZ et al., 2016; AL SHAYE et al., 2018; HUSSAIN et al., 2018). Ademais, o melhoramento genético participativo com o apoio dos agricultores no ambiente-alvo de cultivo é indispensável para produzir variedades adaptadas aos estresses ambientais locais e atender os interesses das comunidades agrícolas (LYON et al., 2019).

Em comparação as outras espécies do gênero *Solanum*, o tomateiro cultivado apresenta uma grande diversidade morfológica e uma baixa variabilidade genética (BAI; LINDHOUT, 2007). Essa diversidade morfológica pode ser caracterizada fenotipicamente por meio de descritores morfológicos e agrônômicos (HUSSAIN et al., 2018), que são baseados em características de fácil mensuração e visualização (PRECZENHAK, 2013). Nesse sentido, e com

auxílio de estatísticas multivariadas torna-se possível estabelecer relações genéticas entre o conjunto de características e os materiais vegetais avaliados (IQBAL et al., 2008), a fim de orientar melhoristas quanto à seleção preditiva de potenciais genitores para realização de cruzamentos em etapas iniciais de programas de melhoramento.

Com isso, essa pesquisa apresenta a seguinte hipótese: variedades tradicionais não híbridas do tipo mesa de tomateiro possuem características morfológicas que evidenciam uma melhor adaptação às condições edafoclimáticas do sudoeste paranaense e aos diferentes ambientes de cultivo, exibem qualidade visual e organoléptica superior dos frutos que atenda as expectativas do mercado de produtos orgânicos, bem como apresentam potenciais produtivos condizentes com as perspectivas da produção orgânica?

A partir das informações expostas, essa pesquisa teve por objetivo geral caracterizar a diversidade morfoagronômica de variedades crioulas e antigas de tomate de mesa não híbridas sob manejo orgânico nas condições climáticas do sudoeste paranaense em dois ambientes de cultivo (estufa e campo aberto) através do uso de descritores morfológicos qualitativos e quantitativos padronizados, caracteres agronômicos e de qualidade geral dos frutos. Nesses contextos experimentais, por meio desses caracteres objetivou-se ainda avaliar o comportamento fenotípico das variedades sob manejo orgânico nos dois ambientes de cultivo, investigar a interação entre genótipo e ambiente de cultivo e selecionar as variedades de tomateiro mais propensas a serem cultivadas em estufa, campo aberto ou ambos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem, domesticação e morfologia do tomateiro

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) espécie pertencente à família das solanáceas possui ciclo perene, mas que é frequentemente cultivada de forma anual. Tanto a planta cultivada como as espécies silvestres são diplóides ($2n=2x=24$) com número de cromossomos e estruturas cromossômicas semelhantes, facilitando a introgressão de genes relevantes no melhoramento do tomateiro cultivado (MELO, 2017).

A hipótese mais aceita indica a região andina da América do Sul como sendo o centro primário de origem da espécie, que atualmente inclui parte da Bolívia, Chile, Colômbia, Equador e Peru (PERALTA et al., 2008; BOTA et al., 2014). Diante disso, a domesticação ocorreu a partir de dois caminhos até a chegada à Europa no século XVI através de exploradores espanhóis: da espécie selvagem *Solanum pimpinellifolium* a *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* no Equador e norte do Peru, e posteriormente de *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* a *S. lycopersicum* var. *lycopersicum* na América Central (México), onde foi inicialmente domesticada (BAUCHET; CAUSSE, 2012; BLANCA et al., 2012).

No velho continente, a espécie foi considerada como uma curiosidade botânica e por isso primeiramente usada na ornamentação de jardins devido a sua forte relação com solanáceas tóxicas, como a beladona e a mandrágora (CORRADO et al., 2014). Entretanto, devido à Espanha e Itália apresentarem relações comerciais sólidas e condições agroclimáticas favoráveis, o cultivo de tomate intensificou-se, fato que favoreceu a seleção de uma ampla quantidade de variedades tradicionais pelos agricultores locais, que exibem enorme diversidade morfológica principalmente em seus frutos e que posteriormente foram introduzidas na culinária desses países com imediata aceitação de consumo (GARCÍA-MARTÍNEZ et al., 2013).

O tomateiro é uma solanácea de porte herbáceo com caule redondo, flexível e altamente piloso nas plantas jovens, que se torna fibroso na fase adulta (MELO, 2017). Suas folhas são pecioladas, alternas e compostas

por folíolos de formato oval a oblongo, que crescem em espiral ao longo do caule (YEBOAH, 2011).

O crescimento é do tipo simpodial e as diferenças no hábito de crescimento das variedades, ou seja, na arquitetura das plantas, determinam as modalidades de cultivo (LIBÂNIO, 2010; MELO, 2017). Nesse sentido, há variedades de crescimento indeterminado, semideterminado e determinado. O hábito de crescimento indeterminado geralmente é aquele das variedades destinadas para consumo *in natura*, que necessitam de podas laterais e de tutoramento, visto que o crescimento não termina após o florescimento, com o caule podendo atingir mais de 2,5 metros de altura (MELO, 2017). Já as plantas de crescimento determinado são indicadas para o processamento industrial dos frutos e o cultivo rasteiro, pois cessam seu crescimento quando diferenciam o meristema vegetativo apical em meristema floral, requerendo dessa forma menor mão-de-obra com tratos culturais, tornando-as assim mais atrativas para os cultivos em grandes escalas (FILGUEIRA, 2003; KINGSLEY, 2015).

As flores do tomateiro apresentam-se agrupadas em inflorescências que variam em número de 6 a 12 na forma de cimérias simples ou compostas, além de serem hermafroditas com pétalas geralmente amareladas fundidas na base e sépalas verdes (GAGLIANONE et al., 2015; KINGSLEY, 2015). Os estames são em número de cinco nas flores e dispõem-se livres, com as anteras fundidas formando um cone que circunda o estigma floral (MELO, 2017). Segundo Peixoto et al. (2017), os estiletos-estigmas foram reduzidos de tamanho através da seleção durante o processo de domesticação da espécie, tornando as plantas mais propensas à autogamia. Em contrapartida, as espécies silvestres do gênero *Solanum* apresentam estiletos mais longos, tornando-as mais dependentes de insetos para polinização (GIORDANO; RIBEIRO, 2000), fato esse que aumenta as taxas de reprodução cruzada. Isso também ocorre nas variedades de herança, tradicionais ou de polinização aberta, as quais são o objeto de estudo deste trabalho.

Os frutos são do tipo baga, carnosos e suculentos, com suas aparências e tamanhos variando de acordo com a variedade (MELO, 2017). O ovário é súpero, com número de lóculos variando de 2 a 10, caracterizando os

frutos como biloculares, triloculares ou pluriloculares (KINGSLEY, 2015; MELO, 2017). Atingem a maturação de 30 a 40 dias após a fecundação do óvulo, podem pesar de 20 a 400 gramas e apresentar cores amareladas, alaranjadas ou avermelhadas quando maduros (LIBÂNIO, 2010; KINGSLEY, 2015).

2.2 A valorização de variedades tradicionais para sistemas orgânicos

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) através da portaria nº 52 de 15 de março de 2021, referente ao “regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos sistemas orgânicos de produção”, as unidades de produção orgânica caracterizam-se como um organismo agrícola em que se maneja o sistema como um todo, que analisa e considera o inter-relacionamento entre as partes, cada qual com a sua função, importância e complementaridade para o funcionamento do todo, baseada no conhecimento do regulamento e domínio das práticas decorrentes da sua aplicação (BRASIL, 2021).

Nesse contexto, na mesma portaria federal, é explanado que os sistemas orgânicos de produção vegetal devem priorizar as seguintes premissas: utilizar materiais de propagação originários de espécies vegetais adaptadas às condições climáticas locais e que sejam tolerantes a pragas e doenças – sendo proibida a utilização de organismos geneticamente modificados e seus derivados –, e promover a manutenção e recuperação de variedades locais, tradicionais ou crioulas ameaçadas pela erosão genética, bem como de material genético adaptado às condições locais (BRASIL, 2021).

De fato, a agricultura orgânica pautada nos conceitos da agroecologia estabelece uma relação mais justa entre homem e natureza, sem deixar de lado o viés da subsistência e lucratividade dos agricultores (PEIGNÉ et al., 2016; SANTOS NETO et al., 2016). Algumas das práticas agroecológicas consolidadas como, por exemplo, o uso da coberturas permanentes e o revolvimento mínimo do solo, rotação de culturas, construção da matéria orgânica por meio uso dos fertilizantes orgânicos e a utilização de culturas de “serviço agroecológico” intensificam e conservam a biodiversidade, amparando

a adaptação do agroecossistema frente às intempéries climáticas e resultando na promoção de ações ecológicas importantes, tal como o manejo sustentável de problemas fitossanitários, a reciclagem de nutrientes e a intensificação dos processos hidrológicos (WEZEL et al., 2014; CANALI et al., 2015; PEIGNÉ et al., 2016; DIACONO et al., 2018).

O mercado dos alimentos orgânicos – dentre esses o do tomate orgânico – está em constante evolução no Brasil e no mundo atualmente (ROSA et al., 2019). Esse desenvolvimento vem alicerçado pela crescente preocupação dos consumidores por alimentos saudáveis e livres de contaminantes, bem como aos danos ambientais gerados pelo uso massivo de agroquímicos (MELO et al., 2009). Em acréscimo, os consumidores de produtos orgânicos comumente aceitam frutos fora do padrão imposto pelo mercado convencional, os quais expõem diferentes formatos e colorações, além de sabores, textura e aromas mais apurados, diferentemente daqueles provenientes de híbridos de alta produtividade e de “longa vida” atualmente cultivados (LUZ et al., 2007; SCHWARZ et al., 2013).

No âmbito dos agricultores, há outros interesses em pauta para a adoção ao sistema orgânico de produção. Para os agricultores, a pertinência para adoção está balizada na possibilidade de redução de custos produtivos através do uso de insumos próprios da propriedade familiar bem como de sua própria semente (DIAS, 2010), maior conscientização e preocupação quanto aos impactos ambientais, sociais e de saúde pública, e uma melhor gestão dos cultivos que garantam uma maior biodiversidade e resiliência dos agroecossistemas (ALTIERI et al., 2004; CHAU et al., 2015; MELO et al., 2017).

Ademais, graças ao entusiasmo dos consumidores de pagar mais por alimentos de qualidade, os produtores podem frequentemente cobrar um valor mais alto em vendas diretas (HEALY et al., 2017). Em vista disso, diversas propriedades convencionais no Brasil estão em processo de conversão ao sistema orgânico, da mesma forma que a comercialização está crescendo de 20 a 50% ao ano, apesar da produção orgânica de oleráceas representar apenas 4% de área total cultivada (PEDROSA et al., 2011; MELO et al., 2017).

Entretanto, a produção de tomate em cultivo orgânico constitui um grande desafio aos agricultores nos dias atuais em razão da dificuldade de produzir frutos de alta qualidade, com boa produtividade e que sejam economicamente viáveis (ROSA et al., 2019). A oferta desse produto no mercado ainda é reduzida, devido ao grande número de pragas e doenças que atacam a cultura e a baixa eficiência das medidas de controle que são aceitas pela agricultura orgânica (CORRÊA et al., 2012; MACIEL; SILVA, 2014). Para assegurar o sucesso de cultivos orgânicos se fazem necessários esforços que garantam a disponibilidade de variedades adaptadas às condições regionais de cultivo e que atendam aos interesses de consumidores locais, diferentemente daquilo que é preconizado nos programas de melhoramento convencionais, os quais sempre buscam adaptação para vários ambientes a fim de atender mercados maiores de sementes (HOAGLAND et al., 2015; HEALY et al., 2017).

As variedades tradicionais, *heirloom* (termo da língua inglesa), Kyo-yasai (termo do japonês) ou crioulas (no Brasil) estão intimamente relacionadas às demandas impostas pela produção orgânica. Essas variedades são geralmente cultivadas em pequenas propriedades e apresentam-se adaptadas às condições climáticas, ao manejo local e usos tradicionais, além de frequentemente exibirem qualidades organolépticas superiores dos frutos em relação aos tomateiros convencionais (CASAÑAS et al., 2017; NAKAMURA et al., 2017; AL SHAYE et al., 2018). No Brasil esse recurso genético ainda é pouco conhecido e explorado, sendo comumente esquecido e marginalizado junto aos agricultores familiares, que os conservam de geração em geração principalmente na figura dos guardiões de sementes (VARGAS et al., 2015).

Os agricultores orgânicos na sua grande maioria se interessam em plantar variedades não híbridas pela possibilidade de armazenar as sementes de um ano para o outro, diferentemente dos híbridos desenvolvidos para o cultivo convencional, que sofrem segregação quando autofecundados, perdendo vigor produtivo e adaptação local, bem como o investimento do criador da semente (BOYHAN et al., 2014). Assim, essas variedades constituem uma fonte de diversidade genética para programas de melhoramento focados na produção orgânica, tornando-se imprescindível

realizar esforços para preservá-las seguramente em bancos de germoplasma, promovendo a manutenção de genes de interesse (GEPTS, 2006).

Um argumento contra a adoção da agricultura orgânica é de que o rendimento produtivo obtido pode ser menor que no cultivo convencional. Essa afirmação, entretanto, pode basear-se em algumas ações adotadas como: uso de variedades de tomateiro recomendados para cultivos convencionais em sistemas orgânicos e realização do avanço genético da variedade em uma região fora daquela na qual ela será cultivada com nutrientes prontamente disponíveis e sem competição com plantas espontâneas, fatos que podem resultar em adversidades de adaptação climática e em problemas de cunho agrônômico, como redução de frutificação das plantas, aumento na susceptibilidade a frutos rachados, com podridão apical e manchados por maturação desuniforme, além de plantas com maior predisposição para incidência de doenças (TORRICELLI et al., 2014; CAMPANELLI et al., 2015; KUTZ, 2018).

Nesse sentido, o melhoramento participativo de hortaliças visa auxiliar no desenvolvimento de cultivares adaptadas para sistemas orgânicos regionais com interação entre genótipo e ambiente. Esse sistema é baseado na seleção direta de plantas individuais cultivadas em sistemas orgânicos, em que melhoristas auxiliam na determinação de metas, prioridades, realização de cruzamentos e o exame do germoplasma nas próprias fazendas dos agricultores, que por sua vez contribuem com a sua experiência técnica e local, facilitando a seleção de caracteres mais valiosos para o seu sistema produtivo e alinhando suas prioridades de demanda durante o desenvolvimento das variedades orgânicas (HOAGLAND et al., 2015; LYON et al., 2015).

Como os ambientes orgânicos de avaliação são considerados heterogêneos nesse contexto, a seleção descentralizada com a participação dos agricultores melhora o custo-benefício do programa, pois a resposta à seleção será mais assertiva com o aumento da razão entre o número de variedades selecionadas e o número de cruzamentos feitos, acrescentando também maior agrobiodiversidade na propriedade com a seleção de diferentes variedades nos ambientes-alvo de avaliação (CECCARELLI, 2015). Tanto no início do processo de melhoramento ou após o desenvolvimento das

variedades, é imprescindível a testagem destas dentro das fazendas orgânicas, para determinar as melhores para regiões específicas de cultivo ou segmentos de mercado diferenciados (LYON et al., 2019).

2.3 Aspectos desejáveis em variedades de tomateiro para o cultivo sob manejo orgânico em ambientes contrastantes

As forças produtivas exigem cada vez mais que os agricultores orgânicos estabeleçam suas próprias identidades de mercado, através do fornecimento de produtos exclusivos e de alta qualidade. Para eles, as mudanças nas preferências do consumidor podem significar uma ênfase maior na seleção de variedades específicas para se diferenciar no mercado (MCAVOY; OZORES–HAMPTON, 2017).

Nesse contexto, as variedades tradicionais vêm ganhando destaque para famílias agricultoras e mercados locais, pois frequentemente exibem sabores superiores, além de formatos e cores exclusivas (THAXTON; HOCHMUTH, 2018), e apesar de apresentarem rendimentos produtivos inferiores aos híbridos, são vendidas por preços maiores nesses mercados (HOCHMUTH, 2018). Entretanto, produzir frutos de variedades tradicionais é uma missão desafiadora, especialmente em condições de alta temperatura e precipitação pluviométrica, pois essas tendem a apresentar crescimento inconsistente, baixa resistência a doenças comuns da cultura e reduzida frutificação, além de serem altamente propensas ao amassamento e rachaduras de frutos (ROGERS; WSZELAKI, 2012; THAXTON; HOCHMUTH, 2018).

Com isso, os agricultores devem analisar diversos fatores antes de tomar a decisão de qual variedade de tomateiro cultivar sob princípios de base ecológica, dentre eles: adaptação em relação às condições climáticas de acordo com a época do ano; condições de cultivo e o sistema de condução das plantas a serem adotados; preferências e aceitabilidade do mercado consumidor local; resistência a doenças, infecções virais e distúrbios fisiológicos; nível de rendimento comercializável (MCAVOY; OZORES–HAMPTON, 2017; THAXTON; HOCHMUTH, 2018).

A condição de cultivo é o fator chave que se relaciona com os demais pontos supracitados para a seleção das variedades de tomateiro de polinização aberta que serão cultivadas sob sistema orgânico. Alguns aspectos vegetativos, de ciclo fenológico, do arranjo espacial das plantas e da qualidade dos frutos presentes nas variedades precisam estar intimamente relacionados com a condição de cultivo que será adotada, para conseqüentemente determinar a viabilidade e o desfecho positivo do cultivo, bem como a rentabilidade dos agricultores.

Os agricultores orgânicos de tomate dispõem de menos alternativas para realizar o manejo de pragas e doenças em relação aos produtores convencionais (ROGERS; WSZELAKI, 2012). Nesse contexto, investir em arranjos de plantas mais espaçados ou realizar o cultivo sob ambiente protegido ajudam no controle preventivo contra essas adversidades. Espaçamentos maiores em condições climáticas desfavoráveis auxiliam na ventilação do dossel das plantas e reduzem o acúmulo de umidade relativa do ambiente, mitigando dessa forma a formação de um microclima favorável aos patógenos (MORALES et al., 2019).

O ambiente protegido por sua vez, abriga as plantas da chuva e dos respingos do solo, mantendo assim a folhagem limpa e seca e reduzindo a ação de patógenos foliares (ROGERS; WSZELAKI, 2012). Além disso, a possibilidade de enrolamento do plástico das laterais do ambiente protegido proporciona maior ventilação entre as plantas e o controle de doenças (THAXTON; HOCHMUTH, 2018). Com isso, em ambiente protegido, investir em variedades que possuem menor densidade de folhagem facilita a circulação de ar no ambiente e ajuda a mitigar a formação do microclima favorável a ação dos patógenos. Já em campo aberto, além de escolher utilizar maiores espaçamentos de cultivo, é de fundamental importância cultivar variedades que apresentam tolerância genética às doenças.

As variedades tradicionais geralmente apresentam crescimento indeterminado e vegetação menos densa que propiciam a maior incidência de luz solar nos frutos, provocando escaldaduras e outros distúrbios fisiológicos (THAXTON; HOCHMUTH, 2018). Em cultivo protegido, graças à redução da incidência direta da radiação solar no dossel vegetal e nos frutos por meio do

uso de filmes plásticos, e o controle mais eficiente do fornecimento de água para as plantas, torna-se possível reduzir a incidência de distúrbios fisiológicos em tomateiros tradicionais e dessa forma aumentar a qualidade e o rendimento consistente e comercializável dos frutos (O'CONNELL et al., 2012; ROGERS; WSZELAKI, 2012). Com isso, realizar a busca por variedades que apresentem folhagens de maior densidade para o cultivo em campo aberto auxilia na redução de frutos com escaldaduras.

O fornecimento de água para as plantas em ambiente protegido é realizado geralmente por sistemas de irrigação por gotejamento programado. Esse sistema limita as oscilações de umidade do solo e conseqüentemente a pressão de turgor no interior do fruto (DORAIS et al., 2004), reduzindo assim a predisposição às rachaduras, principalmente em variedades antigas de tomate. Todavia, para o cultivo em campo aberto, realizar a prospecção de variedades de tomate de polinização aberta tradicionais que sejam mais tolerantes as oscilações de umidade, ampara o controle de rachaduras dos frutos e aumenta o rendimento comercializável nesse ambiente.

No cultivo de base ecológica familiar, a prática de consorciar plantas é bastante comum e busca simular a diversidade biológica encontrada nos ecossistemas naturais, trazendo para o agricultor vantagens, dentre elas, a diversificação produtiva e a garantia de ofertas e rendas constantes (MELO, 2017; MORALES et al., 2019). Entretanto, para se estabelecer cultivos consorciados se faz necessário conhecer aspectos relacionados ao porte e hábito de crescimento das espécies e variedades a serem implantadas.

Os tomateiros consorciados são cultivados comumente em ambientes ao ar livre, e geralmente apresentam hábito de crescimento determinado ou semideterminado, que requerem menos luminosidade e umidade em relação aos cultivos em ambiente protegido (PEET; WELLES, 2005), além de propiciarem um melhor balanço da relação fonte-dreno e uma menor competição por luz fotossinteticamente ativa com a planta consorciada, fato que tende a auxiliar no potencial produtivo das variedades. Ademais, a diversificação vegetal por meio da consorciação de espécies vegetais, busca manter a estabilidade ecológica do sistema produtivo através da multiplicação

de organismos benéficos e consequente redução da proliferação de doenças e insetos praga (SOUZA, 2010).

O tomate é uma cultura considerada bem adaptada às condições em cultivo protegido, fato que o torna importante alternativa para agricultores regionais orgânicos, pois permite que esses possam explorar variedades antigas de alto valor, que estão em crescente demanda em mercados consumidores locais (RHO et al., 2020). O ambiente protegido proporciona uma colheita estendida e precoce das variedades tradicionais em relação ao cultivo em campo aberto, pois devido ao controle do molhamento foliar e a incidência de doenças, o aumento da temperatura do solo e por consequência do ar graças às reduzidas oscilações entre as temperaturas diurnas e noturnas e melhoria da capacidade de penetração da luz solar no terço inferior do dossel, permitem acelerar o crescimento e maturação das plantas, devido ao maior acúmulo de biomassa e uma maior taxa de fotossintética geral (BAILLE et al., 2006; O'CONNELL et al., 2012; ROGERS; WSZELAKI, 2012; RHO et al., 2020).

Apesar disso, é imprescindível atentar-se a data de plantio e o ciclo das variedades para garantir que não ocorram perdas por temperaturas extremas que influenciam na viabilidade do grão de pólen durante o período de florescimento, bem como por pressões elevadas de doenças que coincidam com o período produtivo (ROGERS; WSZELAKI, 2012; THAXTON; HOCHMUTH, 2018). Nesse sentido, cultivar variedades de tomate que tenham ciclos curtos, intermediários e longos quanto à maturidade dos frutos, auxiliam no combate a essas problemáticas tanto em ambiente protegido como em campo aberto, podendo assim otimizar a produção e o fornecimento de frutos no início da safra para garantir melhores rentabilidades, ou dispor de oferta de frutos para o mercado consumidor até o final da safra e garantir constância de rentabilidade (O'CONNELL et al., 2012).

As variedades tradicionais são conhecidas pelas suas cores, formas e sabores exclusivos (THAXTON; HOCHMUTH, 2018). Entretanto, frequentemente exibem cascas mais finas e polpas menos firmes em relação aos demais tomateiros modernos, o que os torna difíceis de manusear e transportar a longas distâncias devido à alta possibilidade de amassamento

dos frutos (O'CONNELL et al., 2012). Entretanto isso não constitui um problema nos cultivos de base ecológica, visto que essas são destinadas aos mercados locais de produtos frescos.

O sabor e a qualidade dos frutos são fatores modificados por componentes como os açúcares e os ácidos orgânicos e estão relacionados à aceitabilidade do mercado consumidor. Esses componentes são diretamente afetados pelas condições de cultivo, sendo que as alterações na intensidade da luz, temperatura e umidade relativa que ocorrem em ambientes protegidos podem alterar a partição de fotoassimilados nas plantas, e conseqüentemente, a composição dos frutos produzidos (BAKKER, 1995). Assim, a menor intensidade da luz, decorrente da cobertura plástica em ambiente protegido, pode provocar o menor acúmulo de carboidratos, e dessa forma menor produção de ácidos orgânicos responsáveis pela acidez dos frutos nos cultivos de verão (RANA et al., 2014).

Além disso, segundo trabalho desenvolvido por Yeshiwas e Tolessa (2018), frutos produzidos em ambiente protegido tendem a apresentar sabor superior em relação àqueles cultivados em campo aberto, pois exibem maiores proporções entre sólidos solúveis / ácidos tituláveis (*ratio*) ou valores mais equilibrados entre esses componentes. Em regiões que apresentam precipitações pluviométricas constantes em cultivos de verão, esse fato é explicado pelo efeito de “diluição” de açúcares que ocorre na produção de tomate de mesa em campo aberto, pois devido às colheitas tardias dos frutos em estágio de maturação fisiológica, há a redução da concentração de sólidos solúveis e por conseqüência redução do *ratio*, evidenciando dessa forma sabores menos apurados dos frutos nesse ambiente.

2.4 Conservação, caracterização e melhoramento de recursos genéticos de tomateiro

A variabilidade genética de uma população é determinada pela quantidade de alelos responsáveis pelo controle da expressão de um determinado caráter fenotípico, sendo passível de ser modificada a partir de

rearranjos de alelos durante cruzamentos ou mutações genéticas que gerarão diferenças entre indivíduos descendentes (SOUSA, 2001).

O tomateiro cultivado passou por mudanças significativas a partir da seleção de um limitado conjunto de características de interesse agrônomo que culminaram em uma redução acentuada da sua diversidade genética em comparação aos seus aparentados selvagens (TANKSLEY; MCCOUCH, 1997; RODRIGUEZ et al., 2011). A partir disso, a fixação de alelos específicos nas populações reprodutoras acarretaram redução da variabilidade genética dos parentais utilizados, restringindo dessa forma a herdabilidade dos descendentes e o progresso do programa de melhoramento (SIM et al., 2011).

Os recursos genéticos vegetais representam a variabilidade genética das espécies e constituem um patrimônio conservado de grande importância para a segurança alimentar da população e para a energia global (NASS et al., 2012). Esses recursos são comumente preservados em bancos de germoplasma e representam o material base para o melhoramento genético visando o atendimento das necessidades atuais e futuras (KAUSHAL et al., 2017), como, por exemplo, as mudanças climáticas, o aumento populacional e as necessidades do mercado consumidor (THE 100 TOMATO GENOME SEQUENCING CONSORTIUM et al., 2014). Além disso, o conhecimento da diversidade, a correta identificação e a compreensão do histórico genético desses recursos garantem o sucesso de sua preservação e exploração (AL SHAYE et al., 2018), amparando a mitigação de erosões genéticas.

Pressupõe-se que há cerca de 83.000 acessos de tomate cultivados e selvagens conservados em bancos de germoplasma *ex situ* espalhados em todo o mundo (BAUCHET; CAUSSE, 2012). Os principais bancos de conservação estão localizados nos Estados Unidos, graças à iniciativa do Dr. Charlie Rick nas expedições aos Andes para prospecção de espécies silvestres do gênero *Solanum*, que a partir dos anos 1950 foram conservadas no *Tomato Genetics Resource Center* (TGRC) em Davis, Califórnia (BAI; LINDHOUT, 2007). Além disso, na Holanda, o jardim botânico e experimental do *Institute for Water and Wetland Research* (IWWR) mantém as mais extensas coleções *ex situ* de espécies de solanáceas não tuberosas do mundo (BAI; LINDHOUT, 2007). Já no Brasil, os bancos de germoplasma de

tomate de maior destaque são os bancos da Embrapa Hortaliças (CNPH) com 1600 acessos conservados e o banco de germoplasma de hortaliças da UFV com cerca de 900 acessos (KUTZ, 2018).

Ademais, graças à presença de alelos benéficos não encontrados nas coleções de cultivares modernas, os melhoristas têm constantemente recorrido aos germoplasmas de parentes selvagens e variedades tradicionais, buscando introgridir esses alelos em novas cultivares (SARDARO et al., 2013). A introgressão em alguns casos é facilitada, pois o tomateiro cultivado e as variedades tradicionais são considerados intracruzáveis e compatíveis, porém em muitas espécies selvagens os cruzamentos podem resultar em incompatibilidade (SPOONER et al., 2005).

A planta do tomateiro é considerada referência nos estudos prévios de divergência genética dentro da família das solanáceas. O crescente avanço das pesquisas utilizando a espécie sucedeu-se, sobretudo após o sequenciamento completo do genoma de uma variedade de tomateiro concluído no ano de 2012, por meio do esforço de anos de trabalho de uma equipe de pesquisadores de 14 países (THE TOMATO GENOME CONSORTIUM et al., 2012).

Na avaliação dos bancos de germoplasma, a possibilidade de identificação de acessos registrados em duplicata é de extrema relevância na oneração de custos com recursos humanos, físicos e financeiros, no processo de manutenção dos bancos (MARIM et al., 2009). Além disso, a alta incidência de interação genótipo x ambiente durante a avaliação de materiais genéticos em diferentes ambientes com base em dados de caracteres quantitativos poligênicos, pode ser útil na detecção de genótipos duplicados que estão conservados nessas coleções (DIEDERICHSEN, 2009).

Dentre as etapas primordiais no planejamento de um programa de melhoramento de plantas, a identificação de genótipos superiores e divergentes é uma das mais importantes, visto a necessidade de obtenção de populações segregantes com alta variabilidade genética (LUZ et al., 2016). Entretanto, a baixa disponibilidade de informações acerca da diversidade genética e adaptabilidade dos genitores desorienta a escolha correta dos parentais que irão compor os cruzamentos (HUSSAIN et al., 2018). Portanto,

para que a seleção seja assertiva, as informações sobre as características dos acessos por meio da caracterização destes devem estar disponíveis aos pesquisadores.

No processo histórico de seleção de variedades de tomate de mesa para sistemas orgânicos, características como produtividade, resistência a pragas e doenças e adaptações às condições de cultivo definiram por muito tempo a viabilidade da escolha destas para o cultivo em escala comercial (MELO, 2017). Todavia, a adoção de características de qualidade sensorial dos frutos também é imprescindível no momento de seleção de variedades para o cultivo orgânico, visto a demanda imposta pelos consumidores desses produtos (PEIXOTO et al., 2017). Somado a isso, esses parâmetros devem estar incluídos nos estudos de dissimilaridade genética dos acessos visando à busca de melhorias durante o programa de melhoramento, bem como suas possíveis modificações quando expostos a diferentes condições de crescimento e de ambiente de cultivo (CAUSSE et al., 2003).

Os recursos genéticos de tomate disponíveis podem ser caracterizados fenotipicamente por meio de descritores morfológicos e agrônômicos (HUSSAIN et al., 2018). Esses descritores são baseados em características fenotípicas da espécie e ainda constituem a fonte mais utilizada na descrição de acessos, pois se apresentam de fácil mensuração e visualização, possibilitando assim a redução de custos, principalmente por não exigirem análises laboratoriais (PRECZENHAK, 2013). Algumas características morfológicas como o número de flores por cacho, dias para o amadurecimento do primeiro fruto, peso, comprimento e largura do fruto são essenciais em programas de desenvolvimento de variedades de tomate de alto rendimento (HUSSAIN et al., 2018). Além disso, descritores de planta, como densidade de folhagem e hábito de crescimento são de grande relevância na prospecção de genótipos de tomateiro com maiores tolerâncias a doenças e problemas fisiológicos, principalmente em cultivos orgânicos (CORRÊA et al., 2012).

Para cada espécie vegetal há descritores específicos padronizados e regulamentados pela *Bioversity International* (antigo IPGRI), que se mostram de grande importância para melhoristas em estudos de caracterização de germoplasma, pois esses usufruem de um modelo ajustado

internacionalmente, facilitando a comparação entre diferentes conjuntos de dados e ensaios (GOTOR et al., 2008). Para o tomateiro existem 203 descritores de caracterização (IPGRI, 1996) e a utilização destes se faz necessária quando pretende-se realizar o registro das variedades e a concessão dos direitos do melhorista com base em critérios de distinção, uniformidade e estabilidade (KAUSHAL et al., 2017).

Nos últimos anos, diversos trabalhos de caracterização baseados nos descritores padronizados pela *Bioversity International* vêm sendo realizados. Figàs et al. (2018) ao avaliar a diversidade de acessos de tomate tradicionais valencianos, Espanha, em três ambientes de cultivo (dentre eles cultivo orgânico em campo aberto) com base em caracteres morfológicos, agronômicos e de qualidade de fruto, obtiveram ampla variação de respostas da estabilidade dos descritores nos ambientes. Eles observaram que as plantas cultivadas no ambiente orgânico obtiveram menor porte, folhas eretas, menor número de flores por inflorescência, maior intensidade de ombro verde, menor homogeneidade de tamanho e espessura do pericarpo, além de frutos com terminação floral pontiaguda. Algumas dessas características citadas apresentam relevância para consumidores e agricultores de produtos orgânicos, e estudos de diversidade genética com base em caracteres morfológicos possibilitam identificar genótipos que atendam essas demandas.

Em trabalho desenvolvido por Hussain et al. (2018) no Paquistão, que objetivou avaliar a variabilidade genética de 40 genótipos de tomateiro entre cultivares e híbridos de diferentes partes do mundo com base em caracteres morfoagronômicos – alguns descritos pelo IPGRI – constatou-se quatro grupos hierárquicos distintos. Os autores concluíram que os agrupamentos dos genótipos foram formados a partir dos descritores morfoagronômicos mensurados e não com base em suas respectivas distribuições geográficas. Além disso, os acessos de dois grupos tiveram destaque para produtividade e componentes de rendimento, sendo passíveis de seleção para programas de melhoramento que priorizem esses caracteres de importância econômica.

Já no Vietnã, realizou-se um estudo de diversidade genética que englobou 24 genótipos de tomateiro por Long et al. (2020), visando à seleção

para programas de melhoramento com fins na ornamentação de jardins, algo que ainda apresenta relevância em muitos países europeus. Esse estudo destacou principalmente características qualitativas e quantitativas relacionadas aos frutos para explicar a diversidade morfológica dos genótipos avaliados. Dentre essas, algumas apresentam importância também para o mercado da tomaticultura orgânica, como tamanho, formato (correlacionados com forma do corte transversal, número de lóculos e forma do ombro do fruto) e coloração.

A caracterização baseada em descritores morfoagronômicos e apresenta relação intrínseca com a seleção preditiva de potenciais genitores para realização de cruzamentos. Essa seleção torna-se possível graças a uso de técnicas multivariadas que determinam as relações genéticas entre um conjunto de características e os materiais vegetais melhorados (IQBAL et al., 2008).

Essas análises são alicerçadas em técnicas de dispersão gráfica de indivíduos, a partir de um conjunto de dados originais inicialmente correlacionados entre si, que são transformados posteriormente em um número menor de variáveis não correlacionadas, que contém a maior parte da informação do conjunto original e são chamados de componentes principais (CP) (HONGYU et al., 2016). Com isso, uma das aplicabilidades da análise de CP se constitui na investigação do parentesco e dissimilaridade genética entre indivíduos, visando formar agrupamentos com base em características que se assemelham e identificam cada grupo de indivíduos formados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Delineamento experimental e manejo cultural

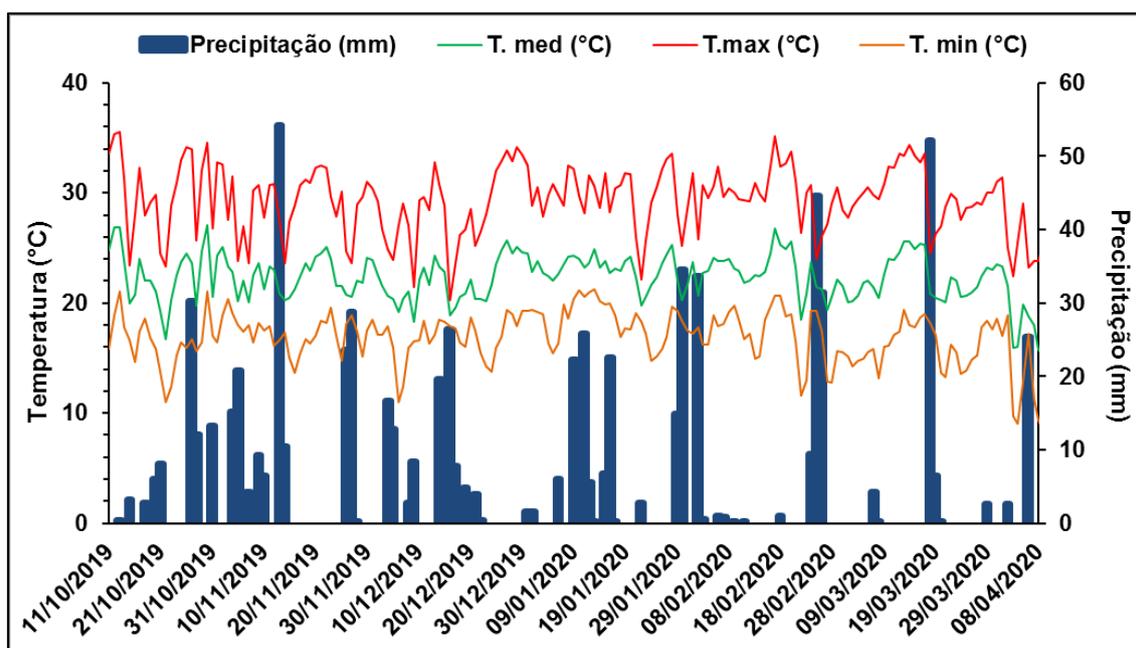
As avaliações foram realizadas em nove variedades de tomateiro de mesa de três grupos varietais distintos, sendo eles: um do tipo salada (Gaúcho Marmande), dois do tipo saladinha (Bocaina e Yoshimatsu) e seis do tipo santa cruz (Coração de Boi, Jumbo, Kada Gigante, Roqueso, Saco-de-Bode e Santa Clara). As sementes dessas variedades foram obtidas com o apoio de empresas sementeiras multinacionais (Horticeres Sementes e Sakata Seed Sudamérica Ltda.) e instituições públicas de pesquisa, como o instituto capixaba de pesquisa (INCAPER).

Os genótipos Gaúcho Marmande e Santa Clara foram escolhidos para compor o trabalho devido às suas amplas utilizações por parte dos agricultores orgânicos de tomate da região sudoeste do Paraná. Já as demais variedades foram selecionadas, pois em conjunto exibem uma ampla variação morfológica principalmente quanto às características de seus frutos e já vinham sendo cultivadas sob manejo orgânico em regiões produtivas brasileiras de importância para o tomate de mesa.

Para a execução das avaliações morfoagronômicas foram conduzidos durante um ciclo de cultivo de tomateiro sob manejo orgânico dois experimentos simultâneos, visando compor diferenças contrastantes de condições ambientais para observação do comportamento das características avaliadas nos genótipos. As localidades foram: estufa do câmpus, localizada a 26° 19' 84" S e 52° 69' 06" W e campo aberto da área experimental localizada a 26° 17' 65" S e 52° 69' 03" W da UTFPR, câmpus Pato Branco. Os dois locais apresentam altitude em torno de 757 metros com clima temperado úmido com verões moderadamente quentes e sem estação seca definida, que define a categoria Cfb segundo a classificação climática de Koppen–Geiger (APARECIDO et al., 2016). Nesse sentido, os dados meteorológicos desde a data de transplântio até o final da colheita nos ambientes experimentais são apresentados na figura 1. Pela proximidade geográfica, os mesmos dados foram considerados para os dois experimentos, e obtidos por meio da estação

meteorológica do IAPAR de Pato Branco. Ademais, os ambientes experimentais apresentam solo do tipo Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2006).

Figura 1 – Dados meteorológicos de temperatura média (T. med), temperatura máxima (T. max), temperatura mínima (T. min) e precipitação pluviométrica (mm) durante a condução dos experimentos. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.



Fonte: IAPAR Clima (2020).

A produção das mudas foi realizada a partir da semeadura em bandejas de isopor de 72 células no dia 10 de setembro de 2019. As bandejas foram preenchidas com uma mistura na proporção 2:1:1 (v/v) de substrato comercial, vermiculita expandida, e cama de aviário peletizada marca Nitrosolo® (1,78% de N, 1,34% P₂O₅ e 4,53% K₂O, 80% de MS e 20% de umidade), adicionados a mistura 70 g de Yoorin® Master (termofosfato magnésiano). As bandejas foram mantidas no escuro por três dias para acelerar a germinação das sementes. Após a emissão do hipocótilo, as bandejas foram colocadas sobre bancadas em ambiente protegido com sombrite preto e irrigadas diariamente de acordo com as condições ambientais. Duas semanas após a data de semeadura foi efetuada a retirada do sombrite e o repique das mudas, deixando apenas uma muda por célula até essa

apresentar três a quatro folhas verdadeiras para que fosse realizado o transplântio.

A correção do solo pré-transplântio e as adubações de base e de cobertura foram efetuadas através da realização de análise química prévia de solo, levando em consideração também as necessidades nutricionais do tomateiro em suas diferentes fases. As análises de solo foram realizadas durante o primeiro semestre de 2019 nos dois locais desejados para a implantação das variedades. Constataram-se os seguintes resultados na camada 0–20 cm para o solo em estufa e campo aberto, respectivamente: a) Matéria Orgânica (MO): 32,17 e 42,89 g dm⁻³; b) Fósforo (P): 24,11 e 11,39 mg dm⁻³; c) Potássio (K): 0,44 e 0,47 cmol_c dm⁻³; d) Cálcio (Ca): 5,90 e 6,40 cmol_c dm⁻³; e) Magnésio (Mg): 3,70 e 2,80 cmol_c dm⁻³; f) Acidez potencial (H+Al): 4,28 e 4,28 cmol_c dm⁻³; g) Alumínio (Al): 0,0 e 0,0 cmol_c dm⁻³; h) Soma de Bases (SB): 10,04 e 9,67 cmol_c dm⁻³; i) Saturação por Bases (V%): 70,11 e 69,32%; j) pH (CaCl₂): 5,60 e 5,60.

A partir dos resultados da análise, os locais de implantação foram previamente corrigidos por meio de calagem manual 30 dias antes do transplântio, sendo utilizados 1,47 t ha⁻¹ de Fort Cálcio® em estufa e 1,86 t ha⁻¹ de calcário dolomítico convencional em campo aberto (SBCS–NEPAR, 2017), e incorporação através de um motocultivador. Para a cobertura de solo utilizou-se aveia preta (*Avena sativa*) previamente manejada no experimento em campo (área total) e resíduos vegetais provenientes de podas de árvores e grama do câmpus da UTFPR nas linhas de transplântio em estufa. Uma barreira vegetal foi gerada por meio da semeadura de capim sudão (*Sorghum sudanense*) no entorno do experimento de campo.

Por meio da determinação das quantidades necessárias de N, P₂O₅ e K₂O para cada ambiente e de acordo com um rendimento esperado de 100 t ha⁻¹ de frutos, chegou-se a necessidade de aplicação de 22,50 e 21,06 t ha⁻¹ de adubo orgânico (cama de aviário) na estufa e no campo aberto, respectivamente, durante todo o ciclo de cultivo (CQFS – RS/SC, 2016). Essas quantidades foram parceladas em quatro vezes, sendo ¼ aplicado antes da implantação e o restante em intervalos de 25 dias após o transplântio das mudas, perfazendo um total de três aplicações em cobertura.

Para marcação das linhas de plantio e incorporação da adubação de pré-implantação utilizou-se um motocultivador, sendo previamente aplicados 10 dias antes da data de transplante 843 e 632 g metro⁻¹ linear de cama de aviário Nitrosolo® na estufa e campo aberto, respectivamente.

Posteriormente à adubação, procedeu-se à instalação das estruturas de tutoramento vertical das plantas com fitilhos plásticos em duas hastes por planta com mourões de madeira e arame superior e inferior na altura de 2,0 e 0,2 metros, respectivamente. Nesse sistema de condução, são realizadas desbrotas semanais em toda a planta, exceto o broto lateral logo abaixo do primeiro cacho floral, que determina o crescimento da segunda haste de cada planta. A capação foi realizada quando as plantas atingiram a altura do arame superior (2,0 m). Os procedimentos de desbrota e capação das plantas eram executados usando tesouras de poda periodicamente desinfetadas com solução de hipoclorito de sódio a 2% como forma de controle fitossanitário preventivo.

No dia do transplante, efetuado nos dias 11 e 19 de outubro de 2019 na estufa e campo aberto, respectivamente, incorporou-se ao solo 30 g de Yoorin® Master por planta, como forma de suplementação complementar de fósforo. As adubações de cobertura por sua vez foram realizadas de acordo com as datas de parcelamento decorrentes após o dia do transplante em cada ambiente. Foram efetuadas as aplicações de cama de aviário coroando o colo das plantas, sendo 337 g planta⁻¹ na estufa e 379 g planta⁻¹ em campo aberto. Além disso, em conjunto com essas adubações de cobertura, foram aplicados 120 g planta⁻¹ de cinza vegetal de madeira que apresenta em média: (26,4% de Ca, 4,85% de K, 3,36% de P, 2,7% de Mg e 0,51% de N) (BRANDÃO et al., 2007), para suprir as necessidades do tomateiro de cálcio e potássio nas adubações realizadas durante as fases de pré e pós-florescimento.

As plantas foram conduzidas no espaçamento de 1,2 m entre linhas e 0,6 m entre plantas no experimento conduzido em campo aberto e 1,5 m entre linha e 0,4 m entre plantas no experimento em estufa. Utilizou-se delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições e oito plantas por parcela nos dois ambientes experimentais. Os experimentos foram compostos por quatro linhas com 72 plantas e 9 parcelas experimentais por

linha em estufa e seis linhas com 48 plantas e 6 parcelas experimentais por linha em campo aberto, sem deixar espaços entre o início e o final de cada parcela. Dessa forma totalizaram-se 288 plantas para cada ambiente de avaliação, em áreas de 7 m de largura x 30 m de comprimento sob estufa e 14 m de largura x 31 m de comprimento em campo aberto, com os devidos espaços deixados para o trânsito de pessoas, utensílios e equipamentos.

O sistema de irrigação utilizado foi o do tipo localizado, por meio de fita gotejadora com emissores espaçados de 10 em 10 cm (estufa) e de 20 em 20 cm (campo aberto). O volume de irrigação aplicado esteve alicerçado nas condições ambientais de cultivo e na fase do ciclo do tomateiro. Entretanto, de modo geral, o sistema era ligado de 40 min. (fase inicial) à 1h e 20 min. (fase de maior demanda) por dia.

Para a realização do manejo de plantas espontâneas nos experimentos foi executada capinas manuais, principalmente na fase inicial de estabelecimento das mudas. Ademais, o *mulching* vegetal formado a partir da cobertura de solo com palhada de aveia preta e com os resíduos vegetais provenientes de poda atuou na manutenção da umidade do solo e controle do estabelecimento das daninhas.

Por meio de um calendário de aplicações foi efetuado o manejo fitossanitário da cultura com produtos liberados para o cultivo orgânico. As aplicações eram realizadas com bombas costais em intervalos de 2 a 3 dias, dependendo das condições ambientais e a incidência de pragas e doenças. Foram empregados produtos de origem química, biológica e vegetal. Como agente inseticida de amplo espectro foi utilizado óleo vegetal de neem (*Azadiracta indica* A. Juss). Para controle de lagartas broqueadoras e traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) foi aplicado o produto biológico Dipel® a base de *Bacillus thuringiensis*, e para demais os insetos-praga *Beauveria bassiana* (Ballvéria®), entre eles a vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e a mosca branca (*Bemisia tabaci*). O fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* foi aplicado como alternativa a Ballvéria® pelo fato da vaquinha apresentar alta incidência principalmente em campo aberto, devido à proximidade do experimento com plantas de feijão, cultura onde esse inseto-praga apresenta grande preferência.

No controle de doenças foliares foram empregados os produtos Supera® (hidróxido de cobre), Recop® (oxicloreto de cobre), Bordasul® (calda bordalesa) e Viçosa HF® (calda viçosa). Esses produtos além de agirem na supressão de doenças, possuem efeito nutricional, principalmente no que diz respeito aos micronutrientes. Na tentativa de exercer competição com fungos patogênicos de solo causadores de doenças no tomateiro, foi aplicado *Trichoderma harzianum* (Trichodermil®).

Por fim, visando a atenuar complicações relacionadas a distúrbios fisiológicos da cultura e deficiências nutricionais pontuais de macro e micronutrientes, foram aplicados fertilizantes via foliar. Dentre esses fertilizantes usou-se o supermagro (biofertilizante composto por macro e micronutrientes) na concentração de 3% do volume de calda e o ácido bórico dissolvido em água na concentração de 1 g L⁻¹. Esse último, por exemplo, é indicado para a mitigação de lóculo aberto, sintoma correspondente à deficiência de boro nos frutos.

Além disso, com o propósito de realizar o monitoramento da incidência de pragas foram implantadas iscas luminosas e atrativas nos experimentos. As iscas luminosas continham solução de água e detergente e foram implantadas no experimento em campo aberto para o monitoramento de lepidópteros, insetos adultos cujas fases juvenis causam danos econômicos no tomateiro, dentre eles, a traça-do-tomateiro. As iscas atrativas foram realizadas com pratos de plástico e papel cartão nas cores azul royal e amarelo ouro. Nessas iscas coloridas foram aplicadas substâncias colantes, como o breu de colônia (resina de pinheiro) nas iscas amarelas e pasta entomológica nas iscas azuis para a captura dos insetos. De forma geral, a isca amarelo ouro apresenta grande atratividade para a vaquinha e a isca azul royal para o tripes (*Frankliniella schultzei*).

3.2 Caracteres avaliados

A investigação da variabilidade morfoagronômica foi realizada por meio de descritores morfológicos qualitativos e quantitativos padronizados internacionalmente pelo *International Biodiversity Resource Institute* (IPGRI,

1996), somado a caracteres descritos no comunicado técnico de caracterização e conservação de germoplasma de tomate da Embrapa Hortaliças (PESSOA; CARVALHO, 1998), durante todos os estádios de desenvolvimento da cultura. Além disso, foi estimada a qualidade dos frutos por meio da avaliação de parâmetros físico-químicos, bem como o desempenho agrônômico das variedades nos ambientes de avaliação. Nesse caso, foram definidos caracteres já consolidados como sendo de importância para o melhoramento do tomateiro.

Para a mensuração das características quantitativas (exceto para características físico-químicas) foram utilizados paquímetro digital e balança digital semi-analítica e para as características qualitativas, escalas de notas sugeridas pelos manuais utilizados. Os resultados dessas caracterizações gerarão gráficos de componentes principais, que elucidarão a influência de cada variável estudada na dispersão, dissimilaridade e agrupamento dos genótipos.

3.2.1 Caracteres qualitativos e quantitativos de planta

Nove características qualitativas e quantitativas foram avaliadas segundo a recomendação de caracterização para o tomateiro descrito pelo manual do IPGRI (1996). A caracterização foi realizada com base em escalas de nota propostas pelo manual, bem como observações visuais para caracteres quantitativos.

Essas características foram avaliadas nas quatro plantas centrais de cada parcela nos dois ambientes, durante as diferentes fases de desenvolvimento da cultura. Os descritores de planta avaliados foram: a) Tipo de inflorescência (TI): Geralmente unípara, geralmente múltipara ou ambos (parcialmente unípara e parcialmente múltipara), avaliados na altura do terceiro cacho floral; b) Número de flores do terceiro cacho (NFTC): Contagem do número de flores por inflorescência do terceiro cacho; c) Coloração da corola (CC): Branco, Amarelo, Laranja e Outro; d) Hábito de crescimento (HC): anão, determinado, semi-determinado e indeterminado; e) Densidade de folhagem (DF): Escassa, intermediária ou densa, avaliada quando os frutos do terceiro cachos estão em maturação fisiológica; f) Número de dias para abertura da

primeira flor após a semeadura (NDAPFS) e após o transplante (NDAPFT): Contagem do número de dias decorrentes para abertura da primeira flor a partir da data de semeadura e transplante em 50% das plantas; g) Número de dias para a maturação do primeiro fruto após a semeadura (NDMPFS) e após o transplante (NDMPFT): Contagem do número de dias decorrentes para maturação do primeiro fruto a partir da data de semeadura e transplante em 50% das plantas.

3.2.2 Análises de caracteres de qualidade dos frutos

Foram determinados dez caracteres de qualidade de fruto, que incluíram características quantitativas propostas pelo IPGRI (1996) e variáveis físico-químicas dos frutos de importância para o melhoramento do tomateiro.

As avaliações foram realizadas no laboratório de horticultura da UTFPR – Câmpus Pato Branco, com os frutos colhidos maduros (estágio *breaker*), sendo um fruto por planta, coletadas de quatro plantas centrais das parcelas, avaliando quando possível o terceiro fruto do terceiro cacho floral, nos dois ambientes de avaliação. Ao total, procedeu-se à avaliação de 10 caracteres, sendo: a) Comprimento longitudinal do fruto (CLF) (mm): mensuração com auxílio de um paquímetro digital na posição do fruto que resulte na maior medida; b) Diâmetro equatorial do fruto (DEF) (mm): mensuração com auxílio de um paquímetro digital na posição do fruto que resulte na maior medida; c) Diâmetro da cicatriz do pedicelo do fruto (DCP) (mm): medido com auxílio de um paquímetro digital, de uma borda a outra da cicatriz; d) Massa do fruto (MF) (gramas): peso individual do fruto determinado em balança digital; e) Firmeza (FM) (Newton – N): Realizado com auxílio de texturômetro eletrônico (modelo TAXT – Express®), ajustado com ponteira de 2 mm de diâmetro, introduzido 10 mm de profundidade em lados opostos do diâmetro equatorial do fruto com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 10, 5 e 10 mm s⁻¹, respectivamente; g) Número de lóculos do pericarpo (NL): com um canivete foi cortado o fruto ao meio em sentido transversal e contado o número de lóculos.

Os frutos abertos para contagem do número de lóculos foram armazenados e congelados em freezer (- 20° C). Foram analisados um total de

cinco frutos com coloração vermelho-intensa coletados do terceiro cacho floral por parcela experimental para a análise dos parâmetros físico-químicos. Antes de proceder com as análises, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente e trituradas em um mixer convencional para obtenção de uma polpa homogênea. Nessa etapa avaliaram-se 4 parâmetros físico-químicos, sendo: h) pH: com auxílio de um potenciômetro modelo MA522®, com resultado expresso em unidade de pH, medido diretamente sob a polpa concentrada triturada; i) Sólidos Solúveis (SS): medido através de um refratômetro digital portátil (modelo PALM-1 Pocket®), a partir da sobreposição 0,5 mL da polpa triturada concentrada sobre o leitor para obtenção dos valores diretamente em °Brix com correção de acordo com a temperatura ambiente, medidos em triplicata; j) Acidez Titulável (AT): medida pelo método de volumetria com indicador (fenolftaleína), com a polpa diluída em água destilada (10 mL de polpa e 90 mL de água destilada) com posterior titulação sob solução de NaOH em concentração de 0,1 mol L⁻¹ até o ponto de viragem, ou seja, até que a solução apresente cor rósea permanente por 30 segundos, indicando o intervalo de valores de pH 8,2 a 8,4 presentes na solução, com os resultados convertidos e expressos em % de ácido cítrico, segundo a metodologia descrita por IAL (2008), medidos em triplicata; k) Ratio (RT) (Relação SS/AT): obtido pela razão dos valores de sólidos solúveis e acidez total titulável (°Brix/%Ác.cítrico), segundo a metodologia descrita por IAL (2008).

3.2.3 Caracteres qualitativos de fruto

Para compor a caracterização e a investigação da variabilidade genética dos genótipos, foram também analisados caracteres qualitativos descritos como componentes principais dos frutos pelo manual do IPGRI (1996), além de um caráter do comunicado técnico da Embrapa Hortaliças (PESSOA; CARVALHO, 1998). Foram mensurados 14 caracteres qualitativos nos dois ambientes experimentais, através da coleta de um fruto em plena maturação do terceiro cacho de cada planta, nas quatro plantas centrais das parcelas. Avaliaram-se as seguintes características: a) Homogeneidade de tamanho do fruto (HTF): pouco, mediamente ou muito variável; b) Ombro verde

(OV): ausente ou presente; c) Forma predominante do fruto (FPF): achatado; levemente achatado; redondo; redondo alongado; cordiforme; cilíndrico; periforme; elipsóide ou outro; d) Tamanho do fruto (PTF): muito pequeno (<3 cm), pequeno (3 a 5 cm), intermediário (5,1 a 8 cm), grande (8,1 a 10 cm) e muito grande (>10 cm); e) Cor externa do fruto maduro (CFM): verde, amarelo, laranja, rosado, vermelho, outro ou mesclado; f) Coloração interna do pericarpo (CIP): verde, amarelo, laranja, rosa, vermelho, outro ou mesclado; g) Forma do corte transversal (FCT): redonda, angular ou irregular; h) Forma da cicatriz do pistilo (FCP): pontuda, estrelada, linear ou irregular; i) Forma terminal da floração (FTF): recuada, plana ou pontiaguda; j) Rachadura radial do fruto (RR): linhas sem depressão, ligeiro, intermediário ou grave; k) Rachadura concêntrica do fruto (RC): linhas sem depressão, ligeiro, intermediário ou grave; l) Tamanho da cicatriz do pistilo (TCP): pequena, média ou grande; m) Intensidade de podridão estilar (IPE): pouca, moderada ou muita; n) Condição da cicatriz do pistilo (CCP): aberta, fechada ou ambas.

3.2.4 Caracteres agronômicos

Para determinar os componentes de rendimento das variedades nos dois ambientes, foram mensurados 6 caracteres agronômicos, avaliados a partir da colheita integral dos frutos das plantas úteis da parcela (em estágio *breaker*), sendo eles: a) Produtividade total de frutos (PTF): massa total dos frutos da parcela útil, convertidos em gramas planta⁻¹; b) Produtividade de frutos comerciais (PFC): massa total dos frutos sem defeitos da parcela útil, ou seja, excluindo aqueles com defeitos ocasionados por pragas, doenças, danos físicos e fisiológicos (PBMH, 2003), convertidos em gramas planta⁻¹; c) Produtividade de frutos não comerciais (PFNC): massa total de frutos com defeitos e classificados abaixo da classe “pequeno” para frutos do tipo oblongo (diâmetro transversal menor que 40 mm) e redondo (diâmetro transversal menor que 50 mm) (BALBINO et al., 2010)), convertidos em gramas planta⁻¹; d) Número de frutos totais (NFT): Somatória de todos os frutos colhidos das plantas úteis da parcela; e) Número de frutos comerciais (NFC): Somatória dos frutos comerciais colhidos das plantas úteis da parcela; f) Massa média de

frutos comerciais (MMFC): razão entre PFC e NFC, convertidos em gramas fruto⁻¹.

3.3 Análises estatísticas

As análises dos dados obtidos foram separadas em duas etapas distintas. Na primeira etapa, foram analisados os dados quantitativos agronômicos e de qualidade dos frutos. Para esses caracteres foram efetuadas análises descritivas (análise de variância e teste de agrupamento de médias) em esquema de análise conjunta de experimentos, contemplando dados de nove variedades de tomate de mesa e dois ambientes de cultivo (estufa e campo aberto). Durante a análise dos caracteres agronômicos foram considerados os resultados das colheitas até o 9º cacho floral na estufa e apenas até o 5º cacho floral em campo aberto, visto que a alta incidência de pragas e doenças nesse ambiente inviabilizou a sequência das avaliações. Utilizou-se o teste de agrupamento das médias de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

Na segunda etapa, foram realizadas análises multivariadas de componentes principais com os dados de todos os caracteres mensurados dos dois ambientes experimentais. Para a obtenção dos dados dos caracteres qualitativos foi efetuada uma distribuição de frequência das notas atribuídas para cada genótipo e ambiente experimental, a fim de escolher a nota de maior frequência. Já para os caracteres quantitativos foi realizada a média aritmética das mensurações efetuadas. Procedeu-se inicialmente a confecção de um gráfico biplot de componentes principais com todos os dados obtidos nos dois ambientes experimentais. Após isso, os dados conjuntos foram particionados em categorias, sendo: 1 – Caracteres de planta; 2 – Caracteres de fruto; 3 – Caracteres agronômicos.

Ademais, por meio dos resultados obtidos com a análise de componentes principais determinou-se a contribuição relativa de cada variável para a variância dos dados e dispersão (dissimilaridade) dos genótipos no biplot, apenas para os componentes principais com maior porcentagem de explicação. Os softwares GENES (CRUZ, 2013) e R (R DEVELOPMENT

CORE TEAM, 2020) foram utilizados para a realização de todas as análises estatísticas. No GENES procedeu-se a análise de variância conjunta e os testes de comparação múltipla de médias dos caracteres quantitativos. No programa R foram executadas as análises multivariadas por componentes principais e a determinação da contribuição relativa de cada variável. O pacote “FactoMineR” foi utilizado para gerar os resultados dos componentes principais e da contribuição relativa das variáveis e o pacote “ggplot2” foi utilizado para a elaboração dos gráficos biplot.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos descritores morfológicos avaliados foi feito um resumo descritivo baseado em caracteres de planta e de fruto nos dois ambientes (Tabela 1). A principal diferença constatada entre os ambientes foi a precocidade quanto ao ciclo de maturação das plantas em estufa. Ademais, os padrões de tamanho e formato dos frutos de cada variedade são apresentados na figura 2.

Tabela 1 – Caracterização morfológica de variedades de tomateiro baseada em alguns caracteres de planta e de fruto avaliados em dois ambientes de cultivo. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

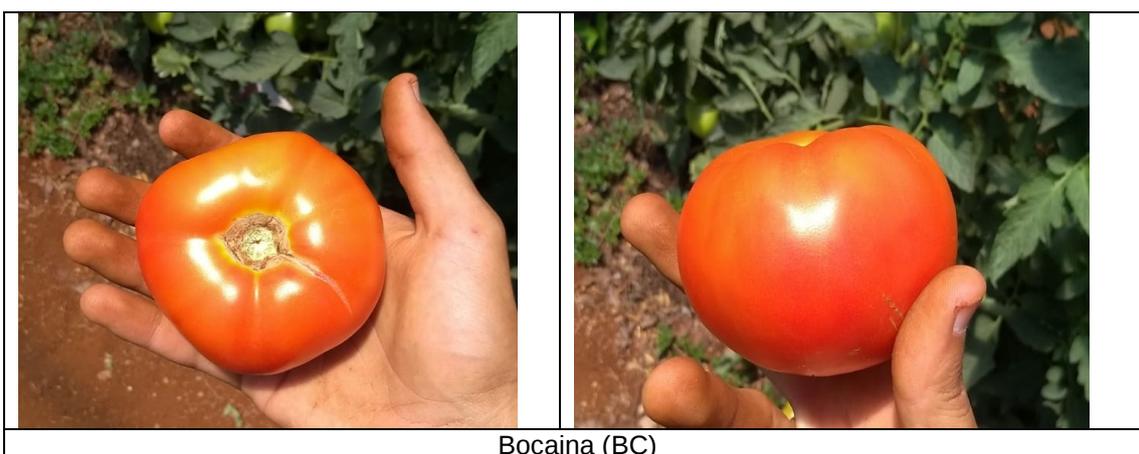
Variedade	Características Gerais de Planta	Características Gerais de Fruto
Bocaina_ES ¹	Hábito de crescimento predominantemente indeterminado, média de 5 flores no 3º cacho, ciclo médio de 103 DASMF e densidade de folhagem intermediária.	Fruto plurilocular vermelho, tamanho intermediário, de formato redondo, com ombro verde presente e com susceptibilidade a rachaduras radiais leves.
Bocaina_CA ¹	Hábito de crescimento predominantemente indeterminado, média de 6 flores no 3º cacho, inflorescência mesclada, ciclo tardio com média de 141 DASMF e densidade de folhagem intermediária.	Fruto plurilocular vermelho, tamanho intermediário, de formato ligeiramente achatado a redondo, com ombro verde presente e com susceptibilidade a rachaduras radiais e concêntricas leves a intermediárias.
Coração-de-Boi_ES	Hábito de crescimento indeterminado, média de 7 flores no 3º cacho, apresenta inflorescência mesclada, ciclo médio de 101 DASMF e densidade de folhagem intermediária.	Fruto plurilocular vermelho, tamanho intermediário a grande, de formato cordiforme com ombro verde presente e susceptível a rachaduras leves a intermediárias.
Coração-de-Boi_CA	Hábito de crescimento indeterminado, média de 7 flores no 3º cacho, apresenta inflorescência mesclada, ciclo médio de 135 DASMF e densidade de folhagem intermediária.	Fruto plurilocular vermelho, tamanho intermediário a grande, de formato cordiforme com ombro verde presente e susceptível a rachaduras intermediárias a graves.
Gaúcho Marmande_ES	Hábito de crescimento predominante semideterminado, média de 5 flores no 3º cacho, inflorescência unípara, ciclo médio de 106 DASMF e alta densidade de folhagem.	Fruto plurilocular vermelho, tamanho intermediário a grande, de formato levemente achatado a redondo com ombro verde presente e tolerante a rachaduras.

Gaúcho Marmande_CA	Hábito de crescimento predominante semideterminado, média de 6 flores no 3º cacho, ciclo tardio com média de 136 DASMF e alta densidade de folhagem.	Fruto plurilocular vermelho, tamanho intermediário, de formato levemente achatado com ombro verde presente e susceptível a rachaduras concêntricas leves a intermediárias.
Jumbo_ES	Hábito de crescimento indeterminado, média de 6 flores no 3º cacho, ciclo médio de 101 DASMF e densidade de folhagem intermediária a alta.	Fruto trilocular vermelho, tamanho intermediário, de formato redondo a redondo alongado e tolerante a rachaduras.
Jumbo_CA	Hábito de crescimento indeterminado, média de 7 flores no 3º cacho, ciclo precoce com média de 122 DASMF e densidade de folhagem intermediária a alta.	Fruto trilocular vermelho, tamanho intermediário, de formato levemente achatado a redondo e tolerante a rachaduras.
Kada Gigante_ES	Hábito de crescimento indeterminado, média de 7 flores no 3º cacho, com inflorescência predominante unípara, ciclo médio de 106 DASMF e densidade de folhagem intermediária a alta.	Fruto bilocular vermelho, tamanho pequeno a intermediário, de formato indefinido com ombro verde presente e tolerante a rachaduras.
Kada Gigante_CA	Hábito de crescimento indeterminado, média de 7 flores no 3º cacho, com inflorescência predominante unípara, ciclo tardio com média de 136 DASMF e densidade de folhagem intermediária a alta.	Fruto bilocular vermelho, tamanho intermediário, de formato levemente achatado a redondo com ombro verde presente e susceptível a rachaduras concêntricas leves.
Roqueso_ES	Hábito de crescimento indeterminado, média de 7 flores no 3º cacho, ciclo tardio com média de 111 DASMF e densidade de folhagem intermediária.	Fruto bi ou trilocular vermelho, tamanho intermediário, de formato predominante indefinido, com ombro verde presente e tolerante a rachaduras.
Roqueso_CA	Hábito de crescimento indeterminado, média de 5 flores no 3º cacho, ciclo tardio com média de 136 DASMF e densidade de folhagem intermediária.	Fruto trilocular vermelho, tamanho intermediário, de formato predominante redondo, com ombro verde presente e susceptível a rachaduras radiais graves.
Saco-de-Bode_ES	Hábito de crescimento predominante determinado, média de 6 a 7 flores no 3º cacho, inflorescência predominante tipo mesclada, ciclo precoce com média de 96 DASMF e baixa densidade de folhagem.	Fruto plurilocular vermelho, tamanho intermediário, de formato redondo alongado a cordiforme com terminação pontuda e ombro verde presente, e susceptível a rachaduras leves.
Saco-de-Bode_CA	Hábito de crescimento predominante determinado, média de 6 flores no 3º	Fruto plurilocular vermelho, tamanho pequeno, de formato

	cacho, inflorescência unípara, ciclo precoce com média de 116 DASMF e baixa densidade de folhagem.	redondo alongado com terminação pontuda e ombro verde presente, e susceptível a rachaduras concêntricas leves.
Santa Clara_ES	Hábito de crescimento indeterminado, média de 7 flores no 3º cacho, inflorescência unípara a mesclada, ciclo tardio com média de 108 DASMF e densidade de folhagem intermediária a alta.	Fruto trilocular vermelho, tamanho intermediário, de formato redondo e tolerante a rachaduras.
Santa Clara_CA	Hábito de crescimento indeterminado, média de 7 flores no 3º cacho, ciclo médio de 135 DASMF e densidade de folhagem intermediária a alta.	Fruto trilocular vermelho, tamanho intermediário, de formato predominante redondo alongado a redondo e susceptível a rachaduras leves.
Yoshimatsu_ES	Hábito de crescimento indeterminado, média de 10 flores no 3º cacho, apresenta inflorescência mesclada, ciclo precoce com média de 96 DASMF e baixa densidade de folhagem.	Fruto plurilocular vermelho, tamanho intermediário, de formato levemente achatado e susceptível a rachaduras concêntricas leves a graves.
Yoshimatsu_CA	Hábito de crescimento indeterminado, média de 7 flores no 3º cacho, apresenta inflorescência unípara à mesclada, ciclo precoce com média de 126 DASMF e baixa densidade de folhagem.	Fruto plurilocular vermelho, tamanho pequeno a intermediário, de formato redondo a levemente achatado e susceptível a rachaduras concêntricas ligeiras a intermediárias.

¹ES: estufa; CA: campo aberto; ²DASMF: número de dias para a maturação do primeiro fruto em 50% das plantas após a sementeira;

Figura 2 – Frutos das variedades avaliadas no trabalho. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.





Coração-de-Boi (CB)



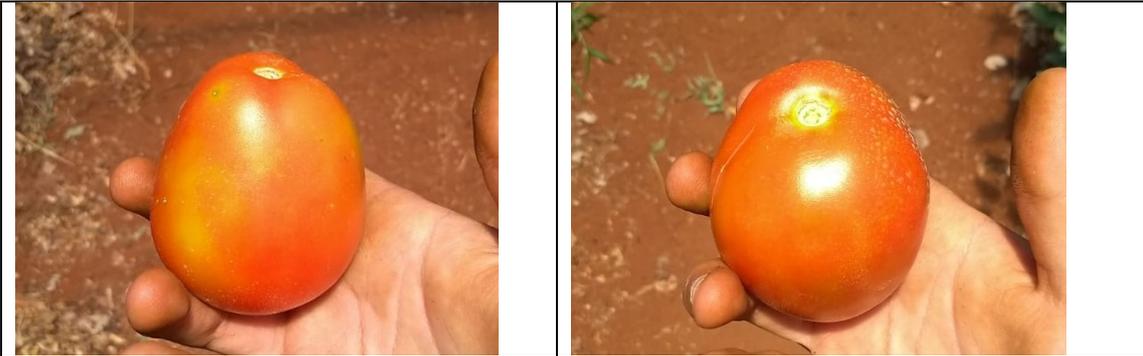
Gaúcho Marmande (GM)



Jumbo (JB)



Kada Gigante (KG)



Roqueso (RQ)



Saco-de-Bode (SB)



Santa Clara (SC)



Yoshimatsu (YM)

Além de descrever morfológica e agronomicamente as variedades de tomateiro, o trabalho tinha previsto realizar avaliações de severidade de doenças e ataque de insetos-praga por meio de escalas diagramáticas e de notas. Entretanto, não foi possível quantificar esses resultados devido à alta complexidade de incidência de doenças e pragas, principalmente no experimento realizado em campo aberto.

Esse fato torna-se um percalço no momento de seleção e utilização de variedades para sistemas orgânicos de produção de tomateiro, pois esses sistemas são altamente dependentes de variedades que apresentem resistências genéticas amplas para as principais pragas e doenças da cultura (SOUZA, 2010), devido às limitadas alternativas de manejo fitossanitárias permitidas pela legislação orgânica e a grande quantidade de pragas e doenças incidentes (CORRÊA et al., 2012; MACIEL; SILVA, 2014).

Como as variedades utilizadas nesse trabalho são antigas e que vêm sendo trabalhadas há muito anos por empresas de pesquisa e/ou já foram avaliadas em trabalhos anteriores, seus padrões de resistência/tolerância às doenças já foram visualizados e descritos anteriormente, fatos esses que auxiliam e dão base para entender os resultados encontrados sobre a incidência dessas intempéries bióticas no presente trabalho.

Nesse contexto, por exemplo, sabe-se que Yoshimatsu é uma variedade que apresenta resistência genética poligênica a murcha bacteriana (*H. solanacearum*) (NODA et al., 1986). Já as variedades Santa Clara e Gaúcho Marmande, por sua vez, apresentam resistências a fusariose tipo 1 (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*) e verticilose (*V. albo-atrum*; *V. dahliae*), com a primeira sendo resistente ainda a mancha-de-estenfílio (*Stemphylium solani* e *S. lycopersici*) (DUSI et al., 1993; CORRÊA et al., 2012).

Além de problemas bióticos, constatou-se ainda a ocorrência de distúrbios fisiológicos de importância para o tomateiro em algumas variedades específicas avaliadas durante a condução experimental, nos dois ambientes. Com isso, a implantação de ensaios que simulem condições reais de cultivo, torna-se de grande relevância quando se pretende desenvolver materiais que toleram essas intempéries de origem biótica e abiótica em cultivos orgânicos, como é o caso deste trabalho.

Em relação ao ataque de insetos-praga pode-se constatar a alta incidência de vaquinha (*Diabrotica speciosa*) no experimento em campo aberto, fato esse que inviabilizou a sequência das colheitas e avaliações de caracteres agronômicos após o 5º cacho floral, graças aos seus danos provocados principalmente nos frutos. Esse fato é explicado pela proximidade do experimento com plantas de feijão, fabáceas as quais a vaquinha apresenta grande preferência de consumo (ÁVILA; PARRA, 2003). Além disso, nas proximidades do experimento havia outros experimentos que foram conduzidos sob manejo convencional, o que pode ter favorecido a migração desses insetos para o cultivo do tomateiro, além de ter induzido maior desequilíbrio ecológico devido à ampla utilização de agroquímicos para a realização do controle fitossanitário de pragas nos cultivos das redondezas do experimento.

Além disso, tanto em campo aberto como na estufa foi possível observar ainda a presença de tripses (*Thrips tabaci*; *Frankliniella schultzei*). O controle por meio de caldas, produtos biológicos e iscas atrativas não surtiram 100% de eficácia. *F. schultzei* é considerado o principal vetor de tospovirose (“vira-cabeça”) em tomateiro (PRATISSOLI; CARVALHO, 2015), virose que foi constatada especialmente no experimento em estufa e que resultou em eliminação de plantas do local experimental, principalmente das variedades Coração-de-Boi e Jumbo (Figura 3). Nesse ambiente de cultivo, a temperatura e a umidade relativa do ar geralmente são mais altas e mais baixas respectivamente em comparação ao campo aberto, e por isso pode ter favorecido uma maior proliferação dessa praga (PEREIRA et al., 2017) nesse ambiente, fato que é confirmado pelas elevadas temperaturas durante a condução experimental (Figura 1). Ademais, devido ao tamanho diminuto dessa praga que facilita a passagem sobre as malhas laterais em estufa, pode ter ocorrido maior incidência desta nesse ambiente.

Houve ainda a incidência de larvas broqueadoras dos frutos como a broca pequena do fruto (*Neoleucinodes elegantalis*), a broca grande do tomate (*Helicoverpa zea*; *Spodoptera sp.*) e a larva da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*), principalmente no experimento em campo aberto. Esses insetos provocam perfurações no pericarpo e se alimentam da polpa causando a depreciação do fruto comercial (MORALES et al., 2019). O comportamento

característico desses insetos, além da ação da fase adulta e larval da vaquinha (*D. speciosa*) após a ovoposição em órgãos reprodutivos pode atuar como porta de entrada para outros problemas fitossanitários, como as doenças foliares e as podridões de fruto.

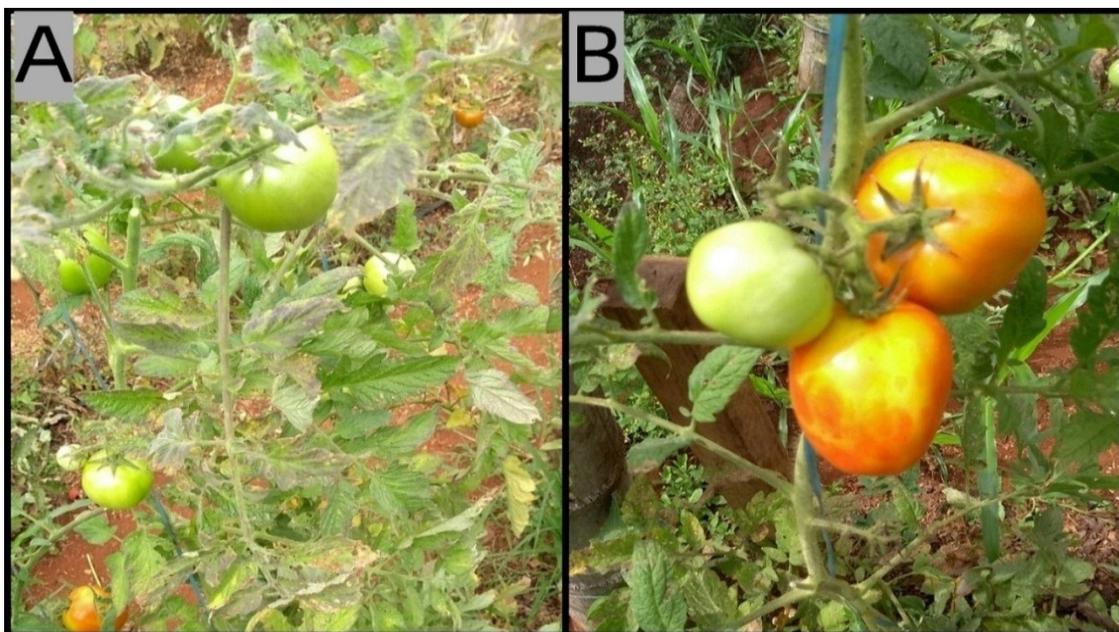


Figura 3 – Sintomas de infecção viral por tospovírus (vira-cabeça) na variedade Jumbo de tomateiro em estufa (A) Bronzeamento e arroxejamento do limbo foliar; (B) Manchas necróticas no cálice floral e lesões cloróticas nos frutos. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Quanto à incidência de doenças, houve contrastes característicos entre os dois ambientes experimentais. No ambiente de campo aberto foi possível identificar principalmente a ocorrência de doenças de origem bacteriana como a pinta bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) e a mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*), além de podridão mole dos frutos (*E. carotovora*; *Pseudomonas* spp.).

As maiores incidências de doenças bacterianas nos cultivos em campo aberto se justificam pela falta de proteção contra as precipitações pluviométricas (Figura 1), associadas ao manejo realizado nos cultivos de tomate de mesa, especialmente a desbrota dos ramos laterais e o amarrado das plantas para condução vertical, o uso de capinas que podem vir a causar ferimentos nas estruturas vegetativas e facilitar a infecção desses patógenos em condições de alta umidade (COSTA; VENTURA, 2010), bem como a baixa eficiência dos produtos fitossanitários utilizados associada à susceptibilidade

genética de cada variedade para cada agente patogênico. Além disso, as identificações de frutos broqueados pela ação de lepidópteros e coleópteros nesse ambiente tiveram relação direta na constatação de grande volume de frutos com podridão mole e inviáveis para o consumo e comercialização.

Já no experimento em estufa foi possível observar a incidência de doenças de forma eventual em plantas de variedades específicas. Nas plantas das variedades Coração-de-Boi, Santa Clara e Yoshimatsu houve incidência de oídio (*O. neolycopersici*; *O. haplophylli*), e na variedade Roqueso constatou-se sintomas de cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) e pinta preta (*Alternaria* sp.) em frutos (Figura 4). A ocorrência de oídio está diretamente relacionada ao cultivo em ambiente protegido, especialmente pelas reduzidas umidades relativas do ar e o uso de irrigação por gotejamento nesse ambiente, que reduz o molhamento da superfície foliar do tomateiro (MORALES et al., 2019). A susceptibilidade a pinta preta está associada à fase de frutificação da cultura, quando a demanda por fotoassimilados e nutrientes é maior para a formação dos frutos em comparação a da folhagem, fato que favorece a formação dos sintomas iniciais em folhas velhas e o processo infeccioso em órgãos exportadores (PEREIRA et al., 2013). Ademais, a susceptibilidade genética das variedades supracitadas pode ter favorecido o aparecimento dessas doenças em ambiente protegido.

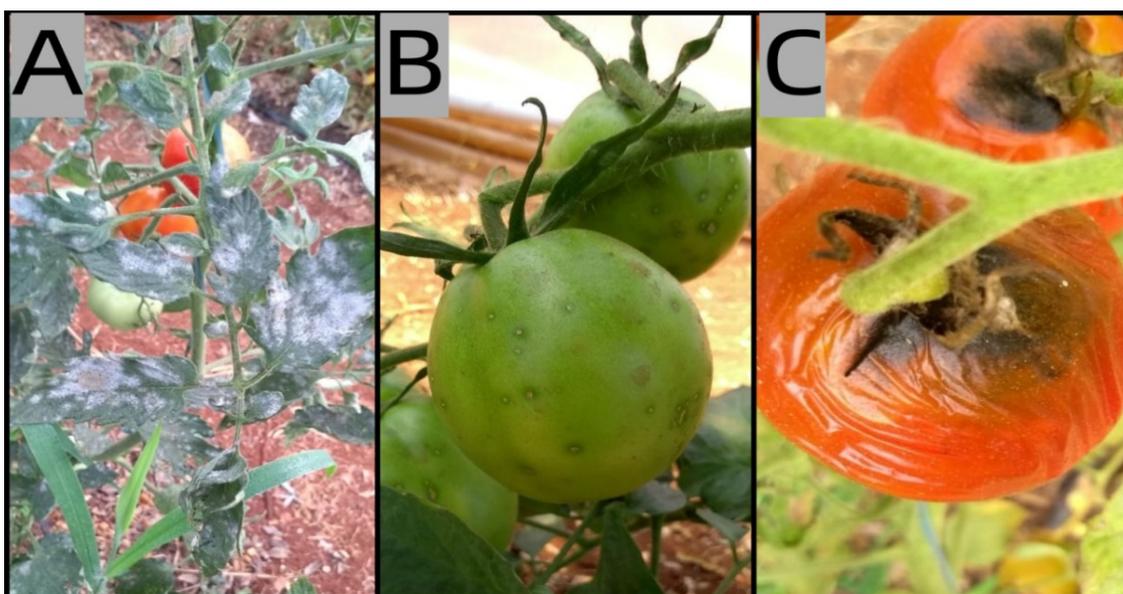


Figura 4 – Doenças visualizadas em estufa. (A) Manchas pulverulentas causadas por oídio em folhas da variedade Yoshimatsu; (B) e (C) Sintomas de cancro bacteriano e lesões típicas de pinta preta em frutos da variedade Roqueso. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

4.1 Análise dos caracteres agronômicos nos ambientes de cultivo

A análise de variância conjunta para os caracteres agronômicos indicou efeito significativo de genótipo, ambiente e de interação genótipo x ambiente para todas as variáveis, exceto para efeito de ambiente para MMFC (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise de variância conjunta de experimentos para dois ambientes (estufa e campo aberto) em delineamento de blocos ao acaso para seis variáveis agronômicas de tomateiro. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

FONTE DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		PFC	PFNC	PFT	NFC	NFT	MMFC
BLOCO/EXP	6	843178	630138	2391081	52,41	99,35	1432,34
GENÓTIPO	8	2994952**	4606206**	4906838**	266,19**	742**	8082**
AMBIENTE	1	67255217**	14273976**	158846508**	5067**	13917**	5073^{ns}
GEN. X AMBIENTE	8	558971**	3415806**	3879772**	123,58**	411,12**	16272**
RESÍDUO	48	64834,88	32430,78	99403,12	6,88	6,09	404,24
MÉDIA GERAL	–	1637,05	1316,48	3058,37	12,66	26,90	134,77
CV (%)	–	15,55	13,67	10,30	20,72	9,17	14,92

** Significativo em nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F; Produção comercial (PFC), produção não comercial (PFNC) e produção total de frutos (PFT) em g planta⁻¹, número de frutos comerciais (NFC) e totais (NFT) e massa média de frutos comerciais (MMFC) em g fruto⁻¹.

Houve superioridade dos parâmetros produtivos com diferentes magnitudes para as plantas cultivadas em estufa em relação às plantas cultivadas em campo aberto (Tabela 3). Osei et al. (2018) em seu trabalho, classifica tal resultado como interação GxE “não cruzada”, onde a magnitude das diferenças no desempenho dos genótipos não é semelhante entre os dois ambientes, ou seja, esses respondem de maneira desigual as diferentes condições ambientais, apesar de suas classificações estatísticas permanecerem inalteradas. Com isso, a resposta dos genótipos não apresenta aditividade e há aumento da magnitude da diferença intergenotípica.

Tabela 3 – Médias de produção comercial (PFC), produção não comercial (PFNC) e produção total (PFT) de frutos em g planta⁻¹ de nove variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

GENÓTIPO/ AMBIENTE	PFC		PFNC		PFT							
	ES	CA	ES	CA	ES	CA						
BC*	2417,8	Ac**	538,0	Bb	1094,9	Ad	843,7	Ab	3512,7	Ae	788,3	Bc
CB	2604,8	Ac	186,7	Bc	4344,9	Aa	874,2	Bb	6949,7	Aa	1415,8	Bb
GM	2549,5	Ac	782,1	Bb	1701,9	Ac	909,2	Bb	4251,4	Ad	1747,9	Bb
JB	4467,9	Aa	1471,7	Ba	1194,4	Ad	878,4	Bb	5662,3	Ab	2350,1	Ba
KG	2869,8	Ab	634,3	Bb	1053,3	Ad	616,4	Bb	4765,7	Ac	1144,5	Bc
RQ	1933,7	Ad	256,1	Bc	1099,2	Ad	1032,7	Aa	3402,2	Ae	1434,2	Bb
SB	1756,9	Ad	466,7	Bb	695,2	Ae	750,1	Ab	2772,6	Af	1423,3	Bb
SC	2934,7	Ab	1380,7	Ba	661,6	Ae	712,3	Ab	3596,2	Ae	2230,0	Ba
YM	1896,7	Ad	318,7	Bc	4010,2	Ab	1223,9	Ba	5980,3	Ab	1623,2	Bb

* Bocaina (BC), Coração-de-Boi (CB), Gaúcho Marmande (GM), Jumbo (JB), Kada Gigante (KG), Roqueso (RQ), Saco-de-bode (SB), Santa Clara (SC), Yoshimatsu (YM); **Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Os valores superiores de PFC para todas as variedades cultivadas em estufa evidencia que o uso de tecnologia de proteção no cultivo de hortaliças-fruto de base ecológica, como o tomate, torna-se um aliado na obtenção de produções comercializáveis que garantam a rentabilidade futura dos agricultores (O'CONNELL et al., 2012; ROGERS; WSZELAKI, 2012). Ademais, os distúrbios fisiológicos observados nas variedades em cada ambiente serão mencionados e discutidos levando em consideração os resultados de produção comercial (PFC) e não comercial (PFNC) de frutos.

Nos dois ambientes de cultivo, a variedade Jumbo (JB) apresentou os maiores valores para PFC. Estatisticamente essa variedade, obteve valores superiores em relação às outras variedades na estufa, e no campo aberto se igualou a produção comercial de Santa Clara (SC).

A alta produção comercial de Jumbo pode ser explicada pela maior quantidade de frutos de padrão comercial que ele obteve nos dois ambientes de cultivo (Tabela 4), não estando relacionada exclusivamente à massa comercial do fruto, pois é uma variedade classificada como sendo do grupo varietal Santa Cruz, que tem por característica apresentar pesos inferiores em comparação às variedades do tipo salada (CARMO; CALIMAN,

2010). Sendo assim, jumbo apresentou valores superiores para NFC, mas inferiores para MMFC.

Tabela 4 – Médias de número de frutos comerciais (NFC), totais (NFT) e massa média de frutos comerciais (MMFC) em g fruto⁻¹ de nove variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

GENÓTIPO/ AMBIENTE	NFC				NFT				MMFC			
	ES		CA		ES		CA		ES		CA	
BC*	20,00	Ad**	2,50	Bb	28,75	Ae	7,25	Bc	139,02	Bc	193,04	Aa
CB	9,00	Af	1,00	Bb	29,00	Ae	5,00	Bc	303,89	Aa	53,30	Bd
GM	12,25	Ae	4,75	Bb	28,00	Ae	11,25	Bb	183,44	Ab	170,79	Aa
JB	39,00	Aa	10,00	Ba	54,75	Ab	19,75	Ba	110,42	Ad	136,77	Ab
KG	30,25	Ab	2,25	Bb	57,00	Ab	12,75	Bb	95,82	Ad	102,18	Ac
RQ	18,00	Ad	3,25	Bb	40,75	Ac	14,00	Bb	119,92	Ac	110,77	Ac
SB	13,75	Ae	4,00	Bb	24,00	Af	13,25	Bb	128,88	Ac	125,64	Ac
SC	25,00	Ac	8,00	Ba	34,25	Ad	17,75	Ba	115,83	Bc	144,94	Ab
YM	22,25	Ad	3,00	Bb	70,75	Aa	16,00	Ba	91,26	Ad	99,94	Ac

*Bocaina (BC), Coração-de-Boi (CB), Gaúcho Marmande (GM), Jumbo (JB), Kada Gigante (KG), Roqueso (RQ), Saco-de-bode (SB), Santa Clara (SC), Yoshimatsu (YM); **Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott–Knott a 5% de probabilidade de erro.

Produções comerciais (PFC) inferiores nos dois ambientes foram observadas para as variedades Yoshimatsu (YM) e Roqueso (RQ) nos dois ambientes, além de Saco-de-Bode (SB) e Coração-de-Boi (CB) para a estufa e campo aberto, respectivamente.

Os valores inferiores de PFC para Coração-de-Boi em campo aberto foram decorrentes do também baixo NFC, que se apresentou o menor entre todas as variedades nesse ambiente. A causa principal desse fato remete-se a alta preferência de insetos broqueadores que causam a podridão mole por Coração-de-Boi, pois seus frutos são pluriloculares com maior diâmetro e massa unitária, tendo por isso epidermes mais finas e polpas menos firmes que facilitam a ação de rompimento pelos insetos, gerando por consequência redução de peso dos frutos devido ao extravasamento do conteúdo celular.

Em estufa, Coração-de-boi também apresentou o menor NFC, mas com maiores produções comerciais por apresentar maior calibre e peso de fruto nesse ambiente, além de menores perdas de frutos decorrentes da ação

de pragas. Esses resultados corroboram com os encontrados por Guimarães et al. (2015), em trabalho desenvolvido pela Incaper no Espírito Santo, onde Coração-de-Boi apresentou o menor número de frutos comerciais por hectare e porcentagens superiores de frutos podres sob cultivo orgânico, dentre todas as variedades avaliadas, na média de 4 anos de cultivo.

Os menores rendimentos comerciais de Saco-de-Bode nos dois ambientes – com destaque para a estufa – podem ser explicados pela grande incidência de distúrbios fisiológicos constatados para essa variedade, além de cargas reduzidas de frutos produzidos em estufa e menores calibres no ambiente de campo aberto. Essa variedade apresentou grande quantidade de frutos com podridão estilar e lóculo aberto em estufa (Figura 5), além de escaldaduras principalmente em campo aberto.

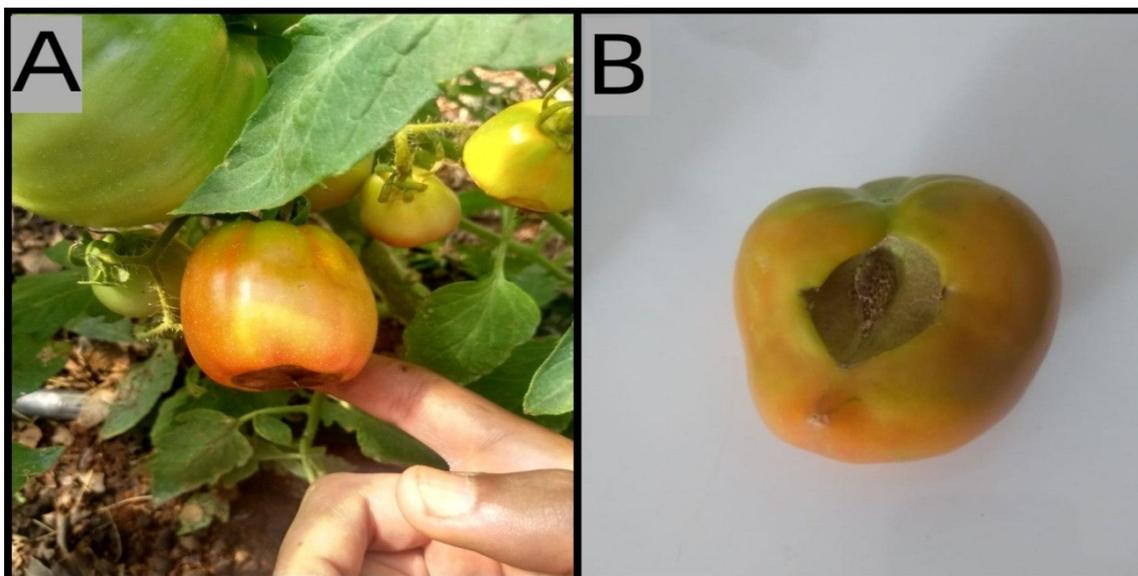


Figura 5 – Podridão estilar (A) e lóculo aberto (B) em frutos da variedade Saco-de-Bode cultivado em estufa. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

A podridão estilar ou fundo preto (FP) está relacionada à associação entre às elevadas correntes transpiratórias que ocorrem em ambientes protegidos com a dificuldade de absorção de cálcio (Ca^{2+}) de determinadas variedades em períodos de déficit hídrico do solo, pois exclusivamente na fase de frutificação nessas condições, ocorre uma competição entre as folhas e os frutos pelo Ca^{2+} absorvido, que é maior demandado e translocado para as folhas em detrimento do órgão reprodutivo, devido a essas apresentarem fluxo transpiratório maior, causando dessa forma

a deficiência de cálcio característica nos frutos (FAQUIN; ANDRADE, 2004). Ademais, Saco-de-Bode pode ser mais susceptível a esse distúrbio por apresentar maior dificuldade em absorver Ca^{2+} disponível no solo.

O lóculo aberto (LA) por sua vez tem por sintomas característicos a exposição das regiões internas do pericarpo do fruto, devido ao baixo teor no solo e/ou dificuldade de absorção de boro (B) pelas variedades. Esse micronutriente é altamente demandado para o crescimento e divisão celular, além da formação tubo polínico e germinação do grão de pólen, dessa forma evitando e garantindo o abortamento floral e o eficiente processo de polinização, fecundação floral e formação do fruto, respectivamente (FAQUIN; ANDRADE, 2004; BECKER et al., 2016).

Já as escaldaduras apresentadas por Saco-de-Bode em campo aberto podem estar relacionadas à falta de proteção contra os raios solares pela densidade de vegetação escassa dessa variedade (THAXTON; HOCHMUTH, 2018), bem como quanto ao hábito de crescimento determinado que predisponha o contato do fruto com o solo durante as horas mais quentes do dia, e também promove podridões decorrentes da ação de fungos saprófitos presentes no solo, dentre eles *Rhizoctonia solani*, causador de mela-de-rhizoctonia (LOPES; ÁVILA, 2005).

Ademais, a falta adaptativa dessa variedade para as condições ambientais do cultivo em estufa, como as altas temperaturas que causam o abortamento floral, pode ter sido o motivo de desempenhos inferiores do número de frutos comerciais e totais produzidos, que resultou também em PFNC inferiores. Em campo aberto, a alta incidência e severidade de doenças foliares pode ter causado perda de fotoassimilados e por consequência baixo enchimento e calibre de frutos para Saco-de-Bode, evidenciadas pelos resultados reduzidos para NFC.

As baixas produções comerciais de frutos e por consequência elevadas produções não comerciais para Yoshimatsu podem ser resultado da alta incidência de rachaduras acometidas nessa variedade, principalmente de rachadura concêntrica nos dois ambientes de cultivo (Figura 6a) e pela grande quantidade de frutos classificados abaixo do diâmetro transversal que define frutos comerciais segundo a padronização do CEAGESP (PBMH, 2003;

BALBINO et al., 2010) para frutos redondos. Essa variedade também apresentou alta incidência de frutos podres por ação de *E. carotovora*, em razão do hábito alimentar anterior de insetos broqueadores, sendo essa última causa de exclusividade do campo aberto.

Guimarães et al. (2015) relata que Yoshimatsu apresenta grande número de frutos com incidência de rachaduras concêntricas, bem como elevadas porcentagens de frutos broqueados por insetos, necessitando segundo ele, mais anos de seleção massal de plantas para reduzir essas problemáticas.

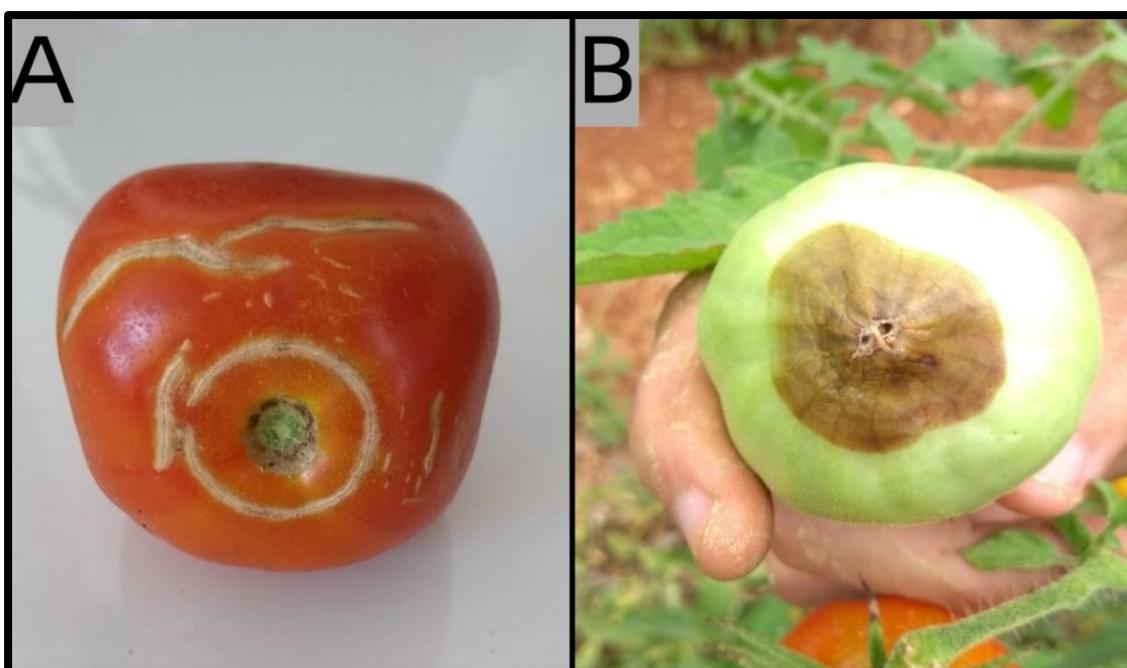


Figura 6 – Rachadura concêntrica (A) em tomate variedade Yoshimatsu e podridão estilar (B) em tomate variedade Coração-de-Boi. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Para Roqueso assim como para Yoshimatsu, as produções comerciais inferiores são justificadas pela incidência de rachaduras, com maiores proporções de rachaduras radiais para essa variedade, especialmente em campo aberto. Entretanto, ao comparar o número de frutos comerciais e totais produzidos, Roqueso apresentou valores inferiores a Yoshimatsu, mas com produções comerciais em estufa e não comerciais em campo aberto semelhantes, graças ao seu maior comprimento e peso de fruto em relação à Yoshimatsu que o enquadra no grupo santo cruz (GUIMARÃES et al., 2015). Ademais, as maiores incidências de rachaduras constatadas para essas

variedades podem ter relação com as suas reduzidas tolerâncias genéticas às oscilações hídricas drásticas observadas no cultivo em campo aberto.

Houve valores superiores para PFNC para as variedades cultivadas em estufa em relação ao campo aberto, exceto para Bocaina, Roquesso, Saco-de-Bode e Santa Clara que não apresentaram diferença estatística entre os dois ambientes. A PFNC superior nesse ambiente pode ser explicada pela superioridade estatística de NFT da estufa em relação ao campo aberto, porém com diferenças numericamente inferiores para as variedades supracitadas.

No cultivo em estufa, a variedade Coração-de-Boi apresentou os maiores valores para PFNC. Os distúrbios fisiológicos de fundo preto e lóculo aberto foram a causa principal da classificação não comercial dos frutos dessa variedade (Figura 6b). Já em campo aberto, essa variedade apresentou valores inferiores em relação à estufa para PFNC devido a apresentar menores valores para NFT, que pode ser evidenciada pela falta de adaptação a esse ambiente de cultivo.

A variedade Santa Clara apresentou os menores valores para PFNC em estufa, graças aos valores superiores de PFC e de frutos comerciais. Essa variedade é compreendida por frutos com média de 150 a 180 gramas, apresentando ótima aceitação comercial entre os tomates tipo santa cruz (MELO, 2017), e nesse ambiente obteve incidência reduzida de distúrbios fisiológicos e de problemas fitossanitários.

Em campo aberto, a variedade Kada Gigante (KG) obteve os menores valores para PFNC, e não diferiu estatisticamente das demais variedades, exceto Roquesso e Yoshimatsu, já mencionadas. Santa clara foi estatisticamente similar à Kada Gigante, graças à sua produção comercial superior ($1380 \text{ g planta}^{-1}$) evidenciando que essa variedade apresentou uma melhor adaptação para o cultivo nesse ambiente, como anteriormente visualizado no estudo de Toledo et al. (2011), que constatou elevadas produções comerciais em relação à produção total de frutos ($14,09 \text{ t ha}^{-1}$ para um total de $16,60 \text{ t ha}^{-1}$) por essa variedade cultivada em campo aberto sob manejo orgânico durante o verão em Minas Gerais.

As causas das reduzidas PFNC para Kada Gigante e Santa Clara assim como para Jumbo em campo aberto, advêm das suas possíveis maiores resistências a podridões, rachaduras, e outros distúrbios fisiológicos. Além disso, devido às suas maiores densidades de folhagem e tolerância às doenças foliares, tornou-se possível obter maior número de frutos de classificação comercial. Entretanto, apesar de Kada Gigante apresentar baixo PFNC nesse ambiente e características vegetativas importantes, o mesmo não conseguiu transformar isso em produções e número de frutos comerciais satisfatórios.

Dentre todas as características agronômicas avaliadas, MMFC foi a que mais expôs os efeitos da interação entre as variedades e os ambientes de cultivo. Apesar disso, para as variedades Gaúcho Marmande, Jumbo, Kada Gigante, Roqueso, Saco-de-Bode e Yoshimatsu não houve diferenças estatísticas significativas quanto a MMFC entre os dois ambientes. Para Bocaina e Gaúcho Marmande houve valores superiores estatisticamente para essa característica nos frutos colhidos em campo aberto, enquanto que Coração-de-Boi obteve maior massa comercial no cultivo em estufa.

As razões da maior MMFC para Coração-de-Boi estão alicerçadas em suas características de fruto, que apresentam pesos mais elevados (em média 194 g) e altas seções transversais (média de 7,3 cm), exprimindo por isso geralmente classificação comercial segundo o CEAGESP (PBMH, 2003; BALBINO et al., 2010; SOUZA et al., 2015), salvo quando esse é acometido por intempéries fitossanitárias e fisiológicas. Em contrapartida sob campo aberto essa variedade obteve o menor MMFC dentre todas as variedades. Esses resultados também são baseados na ação de insetos broqueadores nessa variedade, decorrentes do desequilíbrio ecológico verificado nesse ambiente.

As variedades Kada Gigante e Yoshimatsu obtiveram MMFC inferiores as demais variedades em estufa e campo aberto (exceto Coração-de-Boi). Esses resultados evidenciam as características genéticas dessas duas variedades, que dispõem de frutos de menor tamanho e menor peso que as demais dos seus respectivos grupos varietais, muitas vezes sem padrão comercial, porém com superioridade de frutos produzidos.

Em relatórios de pesquisa da Incaper, Souza et al. (2015) destaca os menores pesos médios de fruto da variedade Yoshimatsu em comparação as demais variedades de tomate para mesa cultivadas em ambiente protegido sob sistema orgânico. Essa variedade obteve na média de 4 anos de cultivo, apenas 79 gramas por fruto, portanto, valores inferiores ao observado neste trabalho. Já Libânio (2010) avaliando genótipos do grupo Santa Cruz em sistema orgânico sob cultivo protegido, obteve MMFC de 105,35 g fruto⁻¹ para a variedade Kadá (VPA aparentada de Kada Gigante e de mesmo tamanho de fruto).

Bocaina e Gaúcho Marmande sob campo aberto obtiveram a maior MMFC e foram superiores estaticamente as demais variedades. Bocaina pode ter obtido maior MMFC em campo aberto em decorrência do baixo número de frutos comerciais nesse ambiente em relação à estufa. Isso decorreu do severo ataque de pragas broqueadoras dos frutos sofrido por essa variedade, obtendo também por isso reduzidas produções comerciais nesse ambiente.

Entretanto, em estudo de Guimarães et al. (2015), Bocaina também apresentou elevados pesos médios de fruto (133 gramas) durante 3 cultivos consecutivos de pesquisas da Incaper, tendo por isso segundo eles ótimos padrões comerciais de fruto e de certa forma boa adaptabilidade ao cultivo de base ecológica. Contudo nesse trabalho foi cultivado em um ambiente sob desequilíbrio ecológico (campo aberto) e em processo de transição agroecológica e por isso altamente susceptível a ação de agentes maléficos a produção.

Gaúcho Marmande assim como Bocaina apresentou grande quantidade de frutos broqueados e com podridão mole, além de escaldaduras e outras podridões devido graças à ampla severidade de doenças foliares bacterianas e o contato dos frutos no solo em decorrência de seu hábito de crescimento semideterminado, respectivamente e com isso resultados insatisfatórios dos parâmetros produtivos comerciais. Já em estufa, essa variedade apresentou valores elevados de MMFC e menores perdas decorrentes de problemas fitossanitários e fisiológicos. Ademais, essa

variedade assim como Coração-de-Boi tem por característica apresentar frutos graúdos, de alto peso unitário e grandes diâmetros transversais.

4.2 Análise dos caracteres de qualidade de fruto nos ambientes de cultivo

Os programas de melhoramento priorizam a seleção de variedades de tomate com base em sua produtividade, resistência às intempéries bióticas, aparência externa e longa vida de prateleira. Em suma, os consumidores de produtos orgânicos frequentemente reclamam da qualidade do tomate que estão consumindo, que tende a apresentar redução de sabor e qualidade geral quando colhidos ainda verdes para amadurecer fora da planta, – visando o transporte a longas distâncias – bem como quanto ao uso de variedades comerciais de alta produtividade pelos agricultores, visto que a alta quantidade de frutos produzidos por essas variedades pode promover a redução do sabor, devido à redução da concentração de açúcares e qualidade organoléptica (BERTIN et al., 2000; CEBOLLA-CORNEJO et al., 2011).

Assim como o rendimento, a qualidade organoléptica dos frutos de tomate frequentemente exhibe influências significativas causadas pela interação entre genótipo e ambiente. Essas interações dificultam a seleção e recomendação de genótipos superiores pelos melhoristas, que alteram seu desempenho relativo nos diferentes ambientes em avaliação, pois como esses geralmente são selecionados e melhorados apenas para uma condição específica de cultivo, não atingem o seu potencial genético completo quando são submetidos às outras condições ambientais (OSEI et al., 2018).

A análise de variância conjunta de experimentos para os caracteres de qualidade geral dos frutos de variedades de tomateiro mostrou significância apenas para as fontes de variação de genótipo e interação, exceto para a variável *ratio* (RT), que apresentou significância também para efeito de ambiente (Tabela 5 e 6).

Tabela 5 – Análise de variância conjunta de experimentos para dois ambientes (estufa e campo aberto) em delineamento de blocos ao acaso para cinco variáveis de qualidade anatômica de fruto em tomateiro. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		CLF*	DEF	DCP	MF	FM
BLOCO/EXP	6	92,02	143,77	16,07	1999,13	1,38
GENÓTIPO	8	401,45**	417,80**	96,41**	7200,40**	3,28**
AMBIENTE	1	112,07^{ns}	411,03^{ns}	1,99^{ns}	4203,83^{ns}	7,95^{ns}
GENÓTIPO X AMBIENTE	8	19,76**	49,54**	10,62**	2010,42**	0,59**
RESÍDUO	48	5,20	14,77	1,19	120,51	0,07
MÉDIA GERAL	–	60,13	62,62	12,90	143,03	4,75
CV (%)	–	3,79	6,14	8,45	7,67	5,62

*Comprimento Longitudinal do Fruto (CLF) em mm, Diâmetro Equatorial do Fruto (DEF) em mm, Massa do Fruto (MF) em gramas, Firmeza do Fruto (FM) em newton; **Significativo em nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Tabela 6 – Análise de variância conjunta de experimentos para dois ambientes (estufa e campo aberto) em delineamento de blocos ao acaso para cinco variáveis de qualidade físico-química de fruto em tomateiro. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS				
		N ^a	PH	SS	AT	RT
BLOCO/EXP	6	2,00	0,14	0,98	0,01	39,75
GENÓTIPO	8	44,04**	0,07**	1,17**	0,016**	48,14**
AMBIENTE	1	1,46^{ns}	0,69^{ns}	2,57^{ns}	0,05^{ns}	305,00*
GENÓTIPO X AMBIENTE	8	1,84**	0,06**	0,97**	0,005**	8,28**
RESÍDUO	48	0,42	0,02	0,06	0,00	2,39
MÉDIA GERAL	–	4,56	4,26	4,13	0,30	14,42
CV (%)	–	14,25	3,15	5,81	6,53	10,72

^aNúmero de Lóculos do Pericarpo (NL), Potencial Hidrogeniônico (PH), Sólidos Solúveis (SS) em °Brix, Acidez Titulável (AT) em % de ácido cítrico e Ratio (RT); **Significativo em nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F; *Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ^{ns} não significativo.

A expressão fenotípica de grande parte dos caracteres de qualidade de fruto apresenta alto grau de determinação genética, e por consequência alta herdabilidade e baixa influência ambiental. Essa afirmação mostra-se verdadeira, pois a maioria desses caracteres relacionam-se ao tamanho e ao formato do fruto, fatores esses que definem o grupo varietal característico a qual cada variedade pertence (RODRIGUEZ et al., 2011; FIGÀS et al., 2018). Entretanto, RT (relação SS/AT) pode ter apresentado

significância para efeito de ambiente, pois para todas as variedades avaliadas, houve superioridade desse parâmetro para estufa, mostrando que de forma geral, o sabor foi superior para os frutos cultivados nesse ambiente.

O comprimento longitudinal (CLF) e o diâmetro equatorial (DEF) médios dos frutos nos dois ambientes apresentaram em geral superioridade para o cultivo em estufa, e para algumas variedades não houve diferença significativa. Nesse sentido, Bocaina, Jumbo, Kada Gigante, Roqueso e Santa Clara não apresentaram em geral diferença significativa para CLF e DEF entre os dois ambientes (Tabela 7). Isso evidencia que mesmo com as adversidades contatadas em campo aberto, não foi possível visualizar grandes variações nos tamanhos normais e característicos dos frutos dessas variedades.

Tabela 7 – Médias de comprimento longitudinal (CLF), diâmetro equatorial (DEF) e diâmetro da cicatriz do pedicelo (DCP) do fruto em mm de nove variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

VARIEDADE/ AMBIENTE	CLF				DEF				DCP			
	ES		CA		ES		CA		ES		CA	
BC**	56,44	Ad*	53,42	Ac	63,63	Ab	60,83	Ab	13,88	Bc	17,14	Ab
CB	68,14	Ab	67,43	Aa	77,29	Aa	70,06	Ba	15,85	Ab	14,56	Ac
GM	58,47	Ad	54,89	Bc	78,85	Aa	70,33	Ba	19,15	Aa	20,36	Aa
JB	61,62	Ac	61,02	Ab	62,84	Ab	62,14	Ab	11,54	Bd	13,15	Ad
KG	54,39	Ae	55,54	Ac	53,23	Ac	55,37	Ac	11,65	Ad	10,92	Ae
RQ	63,40	Ac	61,44	Ab	60,53	Ab	58,33	Ac	10,58	Ae	10,24	Ae
SB	74,83	Aa	68,56	Ba	60,25	Ab	48,69	Bd	9,31	Ae	6,24	Bf
SC	62,34	Ac	63,07	Ab	62,78	Ab	61,90	Ab	11,94	Ad	12,42	Ad
YM	52,82	Ae	44,62	Bd	65,73	Ab	54,48	Bc	13,76	Ac	9,65	Be

**Bocaina (BC), Coração de Boi (CB), Gaúcho Marmande (GM), Jumbo (JB), Kada Gigante (KG), Roqueso (RQ), Saco-de-bode (SB), Santa Clara (SC), Yoshimatsu (YM); *Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

As variedades Gaúcho Marmande, Saco-de-Bode e Yoshimatsu apresentaram CLF superiores em estufa em relação a campo aberto. Para essas variedades em razão dos problemas fitossanitários relatados em campo aberto, houve menores comprimentos de frutos. Saco-de-Bode apresentou os maiores CLF nos dois ambientes, não diferindo estatisticamente apenas de Coração-de-Boi em campo aberto. Já, as variedades Kada Gigante e

Yoshimatsu em decorrência dos seus formatos de fruto obtiveram os menores CLF em estufa e Yoshimatsu e bocaina o menor CLF em campo aberto.

Os menores valores de Kada Gigante e Yoshimatsu para esses parâmetros estão relacionadas à suas características genéticas de produção de frutos diminutos, muitas vezes com diâmetros inferiores, menos compridos, e de formato arredondados/oblongos, mas com grande quantidade de frutos por planta, principalmente em estufa.

Em relação à DEF, Coração-de-Boi e Gaúcho Marmande tiveram valores superiores nos dois ambientes, mas não diferiram entre si. Isso evidencia a superioridade de tamanho de fruto dessas duas variedades em comparação as demais, fato que está muito relacionado às suas características genéticas, independentemente do ambiente de cultivo. Essas variedades se caracterizam por apresentar frutos grandes, pluriloculares, de alta massa unitária e do tipo caqui (relação CLF/DEF) abaixo de 0,9 (PBMH, 2003). Entretanto, seus formatos de frutos são diferentes, pois Coração-de-Boi é popularmente conhecido pelo seu fruto cordiforme, que expõe valores superiores para CLF. Resultados semelhantes ao desse trabalho foram obtidos por Guimarães et al. (2015) para a variedade Coração-de-Boi, com 6,9 e 7,1 cm de CLF e DEF respectivamente, conduzida em estufa sob manejo orgânico.

Em contrapartida, Kada Gigante obteve o menor DEF em estufa, e Saco-de-Bode o menor em campo aberto, diferindo estatisticamente das demais variedades. Libânio (2010), ao avaliar o diâmetro médio total de frutos da variedade Kadá cultivada em estufa sob manejo orgânico obteve valores superiores, mas semelhantes aos desse trabalho, com 55,52 mm.

Quanto a Saco-de-Bode, o menor DEF pode ser explicado pela grande perda de fotoassimilados causadas pela severidade de doenças foliares, que acabaram por reduzir calibre dos frutos dessa variedade em campo aberto. Souza et al. (2015) obteve 51,00 mm para Saco-de-Bode na média de 4 cultivos sob manejo orgânico, sendo portanto, superiores ao presente trabalho, pois foi realizado os ensaios em estufa, ambiente esse que proporciona melhor controle de doenças foliares e desenvolvimento dos frutos. Ademais, os resultados desses parâmetros para Saco-de-Bode remetem ao seu padrão de fruto característico, que geralmente é categorizado como tipo

italiano (formato oblongo alongado) por apresentar CLF/DEF superior a 1,15 (PBMH, 2003; BALBINO et al., 2010).

Para DCP, as respostas de interação foram variadas, não havendo superioridade de um ambiente sobre o outro, e para algumas variedades DCP mostrou-se similar estatisticamente entre os dois ambientes (Tabela 6). Nesse sentido, para as variedades Coração-de-Boi, Gaúcho Marmande, Kada Gigante, Roquesso e Santa Clara não houve diferenças estatísticas para DCP entre os ambientes. Para Saco-de-Bode e Yoshimatsu, a estufa proporcionou maiores DCP em relação ao campo aberto e para bocaina e jumbo, houve superioridade estatística das plantas cultivadas em campo aberto. Osei et al. (2018) classifica esse tipo de interação GxE como interação “cruzada”, mas nesse caso sem ampla variação intergenotípica evidente, pois DCP variou na mesma proporção entre os genótipos

Essa característica geralmente está relacionada ao tamanho do fruto e por consequência a massa do fruto e ao número de lóculos do pericarpo, e negativamente correlacionada à firmeza do fruto. A maior cicatriz peduncular relaciona-se ao menor tempo de pós-colheita dos tomates, visto que quanto maior for esse parâmetro, maior será a perda de água para a superfície e maior a redução da massa do fruto em decorrência de sua respiração através dessa região (SHIRAHIGE, 2009), contribuindo para redução da firmeza e menor consistência do fruto.

Os maiores DCP foram constatados para a variedade Gaúcho Marmande tanto em estufa quanto em campo aberto. Em consonância, essa variedade apresentou as maiores MF em campo aberto e esteve entre as maiores no cultivo em estufa (Tabela 8). De igual forma, a variedade coração-de-boi apresentou-se com elevados DCP e MF nos dois ambientes.

Coração-de-Boi, entretanto, apresentou maior número de lóculos em comparação a Gaúcho Marmande também mostrou-se superior as demais variedades nos dois ambientes para esse caráter. Corroborando com Shirahige (2009), Coração-de-Boi, apresentou também baixos valores para firmeza (FM), evidenciando, portanto que tomates grandes, pluriloculares, com grandes cicatrizes de pedicelo e de alto peso unitário apresentam em geral reduzidas firmezas de fruto e tempo de pós-colheita.

Tabela 8 – Médias de massa de fruto (MF) em gramas, firmeza de fruto (FM) em newton e número de lóculos do pericarpo (NL) para nove variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

VARIEDADE/ AMBIENTE	MF		FM		NL							
	ES	CA	ES	CA	ES	CA						
BC**	125,15	Bd*	158,26	Ac	4,24	Ab	4,40	Ac	4,75	Ab	4,25	Ac
CB	219,52	Aa	166,20	Bb	3,15	Bc	4,71	Ac	11,19	Aa	8,50	Ba
GM	183,93	Ab	186,36	Aa	4,50	Bb	5,22	Ab	4,81	Ab	5,37	Ab
JB	147,78	Ac	139,04	Ad	5,82	Aa	5,82	Aa	3,19	Ac	3,44	Ac
KG	109,46	Ad	108,87	Af	4,77	Bb	5,41	Ab	2,25	Ac	2,19	Ad
RQ	119,30	Ad	125,22	Ae	4,70	Bb	5,79	Aa	2,31	Ac	2,44	Ad
SB	146,26	Ac	85,18	Bg	4,56	Ab	4,49	Ac	5,25	Ab	4,81	Ab
SC	159,12	Ac	151,85	Ac	4,69	Bb	5,54	Ab	2,94	Ac	3,00	Ad
YM	145,51	Ac	97,51	Bg	3,39	Bc	4,41	Ac	5,62	Ab	5,75	Ab

**Bocaina (BC), Coração de Boi (CB), Gaúcho Marmande (GM), Jumbo (JB), Kada Gigante (KG), Roqueso (RQ), Saco-de-bode (SB), Santa Clara (SC), Yoshimatsu (YM); *Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

As variedades Saco-de-Bode e Roqueso em contrapartida apresentaram os menores DCP em estufa, e essas somadas a Yoshimatsu e Kada Gigante, apresentaram valores inferiores para esse parâmetro em campo aberto. Entretanto para essas variedades, as relações de DCP com MF, FM e NL supracitadas não foram completamente verdadeiras. Por exemplo, Yoshimatsu cultivado em campo aberto apresentou baixas DCP e MF, mas também reduzidas firmezas e elevados número de lóculos (frutos pluriloculares).

Segundo Marques (2018), Yoshimatsu comumente apresenta frutos pluriloculares com epicarpo sensível e de pequeno tamanho e massa. Saco-de-Bode por sua vez, apesar de apresentar frutos pluriloculares e relativamente grandes, graças a seu reduzido DCP e aparentemente espessuras maiores do mesocarpo (algo não quantificado nesse trabalho), apresenta maiores firmezas de fruto e consistência de polpa, em relação às outras variedades pluriloculares.

Exceto a variedade Jumbo, as demais variedades que não apresentaram diferença significativa entre os dois ambientes para DCP também não apresentaram para MF. Isso pressupõe que não houve grande perda de massa e redução da firmeza devido à respiração dos frutos após a colheita para elas, apesar de Roqueso, por exemplo, ser amplamente

acometido por rachaduras radiais em campo aberto, que podem favorecer a entrada de patógenos e pragas, e conseqüentemente perda de consistência da polpa pela ação desses organismos.

A firmeza de fruto (FM) se mostrou superior para as variedades cultivadas em campo aberto, em comparação ao cultivo em estufa, exceto para as variedades Bocaina, Jumbo e Saco-de-Bode. A FM é inversamente proporcional ao estágio de maturação do fruto, que é variável para cada variedade e influenciada por fatores ambientais, especialmente a temperatura.

Em ambiente protegido, devido ao aumento de temperatura do ar e do solo, através das reduzidas oscilações das temperaturas diurnas e noturnas, o processo de maturação das plantas e dos frutos torna-se acelerado (BAILLE et al., 2006; O'CONNELL et al., 2012; ROGERS; WSZELAKI, 2012), fazendo com que esses sofram as ações do etileno, tornando os frutos por consequência menos firmes em menor período de tempo.

As maiores FM foram constatadas para jumbo nos dois ambientes, mas similar estatisticamente a Roquesso em campo aberto. Já as menores firmezas foram visualizadas para Coração-de-Boi e Yoshimatsu em estufa, e Bocaina em campo aberto, que não diferiu estatisticamente de Yoshimatsu, Saco-de-Bode e Coração-de-Boi. As firmezas superiores constatadas para jumbo nos dois ambientes são reflexos das suas características genéticas de fruto. Nesse sentido, graças a jumbo apresentar frutos triloculares, DCP inferiores e formato de fruto oblongo e/ou oval, que possuem maior espessura do mesocarpo em relação aos outros formatos segundo Peixoto et al. (2017), tornou-se possível obter frutos mais firmes e com tempo de pós-colheita.

Entretanto, em relação às questões explanadas e sabendo que as variedades tradicionais de polinização aberta frequentemente exibem cascas mais finas e polpas menos firmes em relação aos demais tomateiros modernos, tornando-as difíceis de manusear e transportar a longas distâncias devido à alta possibilidade de amassamento e depreciação dos frutos que perdem seu valor comercial (O'CONNELL et al., 2012), parâmetros como a firmeza, e suas relações com a massa e o tamanho dos frutos são dispensáveis para os cultivos de base ecológica e o mercado de produtos orgânicos, visto que os

frutos dessas variedades geralmente são destinadas para mercados locais e de vendas diretas de produtos frescos.

O pH mostrou-se superior estatisticamente para as plantas cultivadas em estufa em relação ao campo aberto para a maioria das variedades, exceto para Coração-de-Boi e Kada Gigante que não apresentaram diferenças significativas entre os dois ambientes (Tabela 9).

Tabela 9 – Médias de potencial hidrogeneiônico (PH), sólidos solúveis (SS) em °Brix, acidez titulável (AT) em % de ácido cítrico e ratio (RT) para nove variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

VARIEDADE/ AMBIENTE	PH		SS		AT		RT*									
	ES	CA	ES	CA	ES	CA	ES	CA								
BC**	4,4	Aa	4,0	Bb	5,0	Aa	3,4	Bc	0,30	Ba	0,34	Ac	17,1	Ab	9,7	Bc
CB	4,3	Aa	4,4	Aa	3,6	Ac	3,9	Ab	0,24	Bb	0,34	Ac	15,2	Ac	12,8	Bb
GM	4,2	Aa	4,2	Ab	3,3	Bc	4,1	Aa	0,29	Ba	0,37	Ab	11,9	Ad	10,6	Ac
JB	4,3	Aa	4,1	Bb	4,2	Ab	3,3	Bc	0,26	Ab	0,26	Ae	16,0	Ac	12,7	Bb
KG	4,3	Aa	4,4	Aa	4,1	Ab	3,6	Bb	0,24	Ab	0,26	Ae	18,5	Ab	13,5	Bb
RQ	4,4	Aa	4,2	Bb	4,9	Aa	4,3	Ba	0,32	Aa	0,31	Ad	15,5	Ac	12,9	Bb
SB	4,5	Aa	4,1	Bb	4,6	Aa	4,5	Aa	0,30	Ba	0,38	Ab	15,4	Ac	12,3	Bb
SC	4,5	Aa	4,2	Bb	4,9	Aa	4,2	Ba	0,22	Ac	0,25	Ae	23,3	Aa	16,8	Ba
YM	4,3	Aa	3,9	Bb	4,3	Ab	4,2	Aa	0,30	Ba	0,44	Aa	15,5	Ac	10,1	Bc

* RT: relação SS/AT; **Bocaina (BC), Coração de Boi (CB), Gaúcho Marmande (GM), Jumbo (JB), Kada Gigante (KG), Roqueso (RQ), Saco-de-bode (SB), Santa Clara (SC), Yoshimatsu (YM); *Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Sabe-se que os valores reais de pH são dependentes da variedade e do estágio de maturidade do fruto, em que frutos em estádios avançados de maturação, apresentam pH mais elevados em decorrência da redução da concentração de ácidos (YESHIWAS; TOLESSA, 2018).

O pH obteve maior intervalo de variação no campo aberto em relação a estufa. Na estufa, as variedades Saco-de-Bode e Santa Clara apresentaram valores superiores e Gaúcho Marmande valores inferiores, apesar de não haver diferença estatística entre as variedades. Em campo aberto, Yoshimatsu apresentou os menores valores, mas não diferiu estatisticamente das demais e Coração-de-Boi e Kada Gigante apresentaram valores superiores para esse parâmetro.

Souza et al. (2015) avaliando a qualidade de variedades de tomateiro cultivado em estufa na Incaper, obteve valores médios de 4,2 para a variedade Saco-de-Bode, portanto inferior ao encontrado nesse trabalho, possivelmente em decorrência das diferenças climáticas das regiões de estudo. Segundo Melo (2017), tomates tipo salada possuem qualidade gustativa superior em relação ao tipo santa cruz, entretanto nesse trabalho, a variedade Gaúcho Marmande do tipo salada mostrou pH menor e portanto qualidade gustativa inferior em comparação às variedades tipo Santa Cruz em estufa.

Em referência ao fruto de tomate para consumo *in natura*, valores de pH abaixo de 4,0 podem tornar o sabor do produto final extremamente ácido e por consequência serem rejeitados pelo consumidor (SOARES; RANGEL, 2012). Diante disso, a variedade Yoshimatsu cultivada em campo aberto, não é recomendada para consumo *in natura*, visto que apresentou pH abaixo desse limiar nesse trabalho e portanto, pode ser rejeitada por determinados consumidores devido a sua reduzida qualidade organoléptica.

Com exceção de Gaúcho Marmande, as variedades cultivadas em estufa apresentaram frutos mais doces em relação às variedades cultivadas em campo aberto. Mas para Coração-de-Boi, Saco-de-Bode e Yoshimatsu não houve diferenças estatísticas significativas para os sólidos solúveis (SS).

Apesar da radiação solar fotossinteticamente ativa em índices altos provocar o aumento do teor de sólidos solúveis nos frutos, a eliminação ou perda de folhas durante o cultivo e/ou a colheita de frutos imaturos podem reduzir o teor de SS finais (PEIXOTO et al., 2017). Nesse sentido, nesse estudo o ambiente de campo aberto esteve submetido a maiores severidades de patógenos foliares, o que trouxe de forma geral a perda precoce das folhas das variedades, podendo, portanto, ser esse um dos motivos dos inferiores SS em comparação as variedades cultivadas em estufa. Além disso, as altas temperaturas em cultivo protegido tendem a acelerar o processo de maturação das plantas e dos frutos, e por consequência os teores de SS finais obtidos nesse ambiente (ROGERS; WSZELAKI, 2012).

A variedade Bocaina obteve os maiores valores de SS em estufa no presente estudo. Em relatório de pesquisa da Incaper sobre variedades de tomate adaptadas ao sistema orgânico, Souza et al. (2015), obteve valores

idênticos para essa variedade cultivada em estufa, mostrando que a mesma apresenta elevada qualidade organoléptica em cultivo protegido. Além disso, segundo Guimarães et al. (2015), Bocaina possui rapidez no amadurecimento e amolecimento dos frutos, fato esse que provoca o rápido aumento de SS no fruto e que torna a colheita necessária durante os estádios iniciais de amadurecimento, visando à redução de perdas.

Os menores valores de SS em estufa foram constatados para variedades Gaúcho Marmande e Coração-de-Boi. Esses resultados podem estar relacionados aos seus exacerbantes tamanhos de frutos (Tabela 5), que podem promover uma diluição interna dos sólidos solúveis acumulados. Em consonância a isso, Souza et al. (2015) obteve valores semelhantes para Coração-de-Boi cultivado em estufa, com 3,6 °Brix.

Em campo aberto, a variedade Saco-de-Bode obteve os maiores valores de SS, mas que não diferiu estatisticamente de Roquesso, Santa Clara, Yoshimatsu e Gaúcho Marmande. Entretanto, desempenhos inferiores para esse parâmetro foram verificados para Jumbo e Bocaina. Devido aos reduzido tamanho de fruto de Saco-de-Bode em campo aberto, o teor de SS pode ter sido elevado, visto que esse se concentra mais em frutos menores.

Ademais, esse parâmetro também é altamente influenciado por fatores genéticos de acordo com relatos de Schwarz et al. (2013), sendo que as diferenças para cada genótipo nos teores de SS referem-se à capacidade dos frutos de importarem os fotoassimilados sintetizados pelas plantas.

A acidez titulável (AT) mensura a concentração de ácidos orgânicos presentes na polpa e indica o sabor adstringente dos frutos (GIORDANO; RIBEIRO, 2000). Esse parâmetro mostrou-se superior para as variedades cultivadas em campo aberto, e para Jumbo, Kada Gigante, Roquesso e Santa Clara não houve diferenças significativas entre os ambientes.

Entretanto, frutos com maturação avançada nos cultivos em campo aberto, podem apresentar aumento da acidez titulável e redução da qualidade e sabor geral. Esse fato pode estar associado ao efeito de diluição de açúcares provocada pela alta precipitação pluviométrica incidente nas plantas desse ambiente. Isso foi observado no trabalho de Schwarz et al.

(2013), que obteve reduzidos conteúdos de sólidos solúveis em genótipos de tomateiro submetidos a maiores volumes de chuva, fator climático esse que também mostra-se frequente na região de estudo durante os cultivos de verão.

Os valores de AT variaram em maior proporção no campo aberto em relação à estufa. As variedades Roquesso, Saco-de-Bode, Yoshimatsu, Bocaina e Gaúcho Marmande apresentaram os maiores valores e Santa Clara os menores valores de AT em estufa, respectivamente. Nesse ambiente, Santa Clara obteve os maiores valores de SS, mostrando que essa variedade apresenta sabor menos adstringente em relação às demais, e pode ser mais aceita para o mercado consumidor exigente em doçura.

Souza et al. (2015) avaliando a qualidade físico-química de variedades de tomate em estufa obteve valores superiores variando de 0,48 a 0,81% para AT, para as variedades Roquesso, Saco-de-Bode, Yoshimatsu e Bocaina. Nesse sentido, pode ser que as diferenças nas práticas agronômicas, nos fatores climáticos e no grau de maturação dos frutos preconizados durante a análise no trabalho desses autores, podem ter influenciado os teores de acidez dos frutos (FERREIRA et al., 2010).

Em campo aberto, Santa Clara também apresentou os menores valores de AT, mas não diferiu estatisticamente de Jumbo e Kada Gigante. A variedade Yoshimatsu por sua vez, obteve os maiores teores de AT nesse ambiente. Com isso, as diferenças na magnitude para AT entre os ambientes, mostram que a interação entre genótipo e ambiente esteve presente para esse parâmetro, e que as condições de crescimento a qual as plantas foram submetidas influenciaram no teor final de AT, que também é dependente da genética de cada variedade.

A relação SS/AT (RT) indica o grau de equilíbrio entre os teores de açúcares e ácidos orgânicos presentes no fruto (SANTOS NETO et al., 2016), estando por isso diretamente relacionado ao sabor característico do fruto e a escolha final do consumidor (PEIXOTO et al., 2017). Devido aos elevados teores de SS presentes nos frutos das variedades cultivadas em estufa, houve superioridade para os valores de RT da estufa em relação ao campo aberto, exceto para Gaúcho Marmande que não apresentou diferença estatística significativa. Esse resultado mostrou que as variedades cultivadas

em ES apresentaram maior equilíbrio de açúcar/ácido e sabor superior nos seus frutos em comparação aos frutos das variedades cultivadas em campo aberto.

Em trabalho de Yeshiwas e Tolessa (2018) que objetivou avaliar a qualidade pós-colheita de variedades de tomate e sua relação com os períodos de armazenamento em dois ambientes de cultivo na Etiópia, também foi possível observar valores superiores de SS/AT para as variedades cultivadas em estufa em comparação ao campo aberto, independente do tempo de armazenamento. Esse resultado pode ser evidenciado pelo efeito de diluição de açúcares em tomates cultivados em campo aberto.

A variedade Santa Clara apresentou as maiores relações SS/AT nos dois ambientes. Em estudo realizado por Ferreira et al. (2010), que visou comparar a qualidade nutricional e físico-química de amostras de tomates de mesa em sistema orgânico e convencional foram obtidas relações SS/AT similares e superiores ao desse trabalho para estufa e campo aberto, respectivamente para a variedade Santa Clara em sistema orgânico (média de 22,7).

A menor relação SS/AT em estufa foi constatada para a variedade Gaúcho Marmande, que diferiu das demais variedades. Melo (2017) ao avaliar coeficientes de correlação entre caracteres quantitativos de fruto em ensaios dialélicos com linhagens de tomateiro, obteve correlação negativa entre SS e NL. Nesse sentido, o melhorista deve selecionar frutos com menor NL para obter conseqüentemente frutos mais doces, com a variedade Gaúcho Marmande não se enquadrando nesse quesito, pois apresenta geralmente frutos grandes e pluriloculares e conseqüentemente menos doces, que por fim, gerarão menores relações SS/AT.

Já em campo aberto, Bocaina apresentou valores inferiores de SS/AT em comparação às demais variedades. A maior intensidade de rachaduras sofridas por Bocaina pode ter sido razão de essa ter apresentado reduzido RT, visto que as lesões físicas no fruto e o seu rápido amadurecimento e amolecimento podem predispor a injúrias por impacto e reduções mais acentuadas em componentes de qualidade e sabor dos frutos (MORETTI; SARGENT, 2000; GUIMARÃES et al., 2015). Portanto, essas duas

variedades apresentam sabores próximos ao ácido quando cultivadas em campo aberto, e seriam recomendadas para mercados que valorizam frutos com essa característica sensorial.

Com base nos parâmetros químicos de qualidade das variedades estudadas nesse trabalho, pode-se afirmar que para a maioria das variedades os frutos são de qualidade e indicados para o consumo *in natura*, mas com divergências e diferenças nesses parâmetros dependendo da variedade e ambiente de cultivo, visualizadas pela presença da interação GxE. Entretanto, visto que os consumidores de produtos orgânicos são exigentes em produtos diversificados, também quanto aos sabores dos tomates, essas divergências são consideradas positivas, pois conseguem atender as diferentes exigências e gostos do mercado consumidor desses produtos.

4.3 Análises multivariadas por componentes principais

Inicialmente, todos os dados qualitativos de planta e de fruto foram submetidos à análise de distribuição de frequência por meio da confecção de histogramas. Desta forma foi possível determinar as notas de maior frequência para cada característica avaliada em cada ambiente, a fim de usá-las na elaboração dos gráficos de componentes principais. As distribuições de frequência para cada variedade avaliada se encontram no Apêndice 1.

Para realização da análise de dispersão e agrupamento das variedades a partir do gráfico biplot de componentes principais, inicialmente foi realizada análise conjunta para todos os caracteres qualitativos e quantitativos de planta, fruto e agronômicos no mesmo biplot. Entretanto, analisando desta forma, foi observada separação completa dos genótipos quando avaliados na estufa, dos genótipos avaliados em campo aberto, em razão da imposição dos caracteres quantitativos sobre a variação total dos dados e agrupamento das variedades (Apêndice 2). Esse fato foi elucidado no tópico 5.1, que explanou principalmente a superioridade dos caracteres agronômicos mensurados no ambiente de estufa em comparação ao campo aberto.

De acordo com o exposto, foram analisados os caracteres de planta, de fruto e agronômicos de forma isolada. Além disso, no gráfico

conjunto verificou-se a presença de altas correlações entre algumas características quantitativas agronômicas e de planta (Apêndice 2), que foram retiradas das análises por serem complementares às correlacionadas. Foram também excluídos da análise os caracteres que apresentaram reduzidas ou nenhuma diferença durante as avaliações. Os caracteres excluídos foram: CC NDAPFT e NDMPFT (planta); CCP, CFM, HTF e IPE (fruto); PFT (agronômicos).

4.3.1 Caracteres gerais de planta

A análise de componentes principais para características gerais de planta nos dois ambientes explicou 40,27% da variação dos dados no 1º componente principal (CP), 25,82% no 2º CP e 17,88% no 3º CP. Juntos, os três componentes explanaram 83,97% da variação das características de planta. Nesse sentido, porcentagens de variância explicada igual ou acima de 80% na somatória dos primeiros componentes consideram a distorção das coordenadas dos indivíduos aceitáveis e os resultados satisfatórios nos estudos de dissimilaridade (REGAZZI; CRUZ, 2020). Além disso, foram obtidas as contribuições relativas de cada variável para a dispersão/dissimilaridade dos indivíduos (genótipos) dos dois componentes principais de maior porcentagem de explicação (1º CP e 2º CP) (Tabela 10).

Tabela 10 – Porcentagem de explicação dos 5 primeiros CPs e contribuição relativa de variáveis qualitativas e quantitativas de planta para divergência de 9 variedades de tomateiro cultivadas em dois ambientes para os 2 primeiros CPs. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Explicação dos componentes principais*		
CP 1		40,27
CP 2		25,82
CP 3		17,88
CP 4		8,82
CP 5		5,59
Contribuição relativa das variáveis*		
VARIÁVEL/CP	CP 1	CP 2
NDAPFS	27,07	14,16
NDMPFS	26,52	12,70
DF	22,29	7,27
NFTC	13,53	23,29
TI	8,53	22,54
HC	2,06	20,05

*Valores em porcentagem; NDAPFS: número de dias para a abertura da 1ª flor após a semeadura; NDMPFS: número de dias para a maturação do 1º fruto após a semeadura; DF: densidade de folhagem; NFTC: número de flores do 3º cacho; TI: Tipo de inflorescência; HC: hábito de crescimento.

Os caracteres de planta que tiveram as maiores contribuições relativas para diversidade dos genótipos de tomate no presente trabalho, contribuíram em conjunto com 75,88 e 66,18% da variabilidade para as características de planta, para o 1º e 2º CP, respectivamente. As variáveis NDAPFS, NDMPFS e DF obtiveram as maiores contribuições para o 1º CP. Já NFTC, TI e HC exprimiram as maiores contribuições para o 2º CP.

O número de dias para a abertura da primeira flor após a semeadura (NDAPFS) tem relação direta com o ciclo vegetativo da variedade, e o suprimento de fotoassimilados para o período reprodutivo. Hussain et al. (2018) avaliando a diversidade genética de 40 acessos de tomate com base em caracteres agromorfológicos, também obteve alta contribuição do NDAPFS e NDMPFS para a variação presente no 1º CP, apesar dos autores terem obtido menor porcentagem de explicação desse componente (37,12%) em comparação ao presente trabalho. Já o número de flores do terceiro cacho (NFTC) mostram o padrão quantitativo de floração de cada variedade, que têm relação com o número, tamanho e massa dos frutos, e por consequência seus respectivos desempenhos produtivos, que são dependentes ainda das influências ambientais dos locais de cultivo.

Em contrapartida, os caracteres HC e DF apresentaram as menores contribuições para a diversidade dos genótipos no 1º e 2º CP, respectivamente. O HC refere-se ao padrão de crescimento de cada variedade, e DF a proteção das folhas sobre a parte reprodutiva do tomateiro. Esses caracteres apresentam enorme importância e se relacionam com as diferentes condições de cultivo, visto que podem auxiliar no controle a intempéries fitossanitárias e fisiológicas das variedades e alterar a qualidade físico-química, produção comercial e a comercialização dos frutos.

No gráfico biplot é possível identificar a relação de cada genótipo em cada ambiente com as características avaliadas para o CP1 vs. CP2 (Figura 7). Analisando o 1º CP, as variedades Gaúcho Marmande_CA e Gaúcho Marmande_ES estiveram correlacionadas com DF, ou seja,

apresentaram DF do tipo densa. Já as variedades Kada Gigante_CA, Coração-de-Boi_CA, Roqueso_CA e Santa Clara_CA somadas a Gaúcho Marmande_CA, tiveram os maiores NDAPFS e NDMPFS, ou seja, apresentaram ciclo mais longo desde a semeadura em relação às demais variedades, com médias de 77 e 135 a 136 dias para Kada Gigante_CA e Coração-de-Boi_CA, e 68 e 135 a 136 dias para Roqueso_CA e Santa Clara_CA e Gaúcho Marmande_CA, respectivamente.

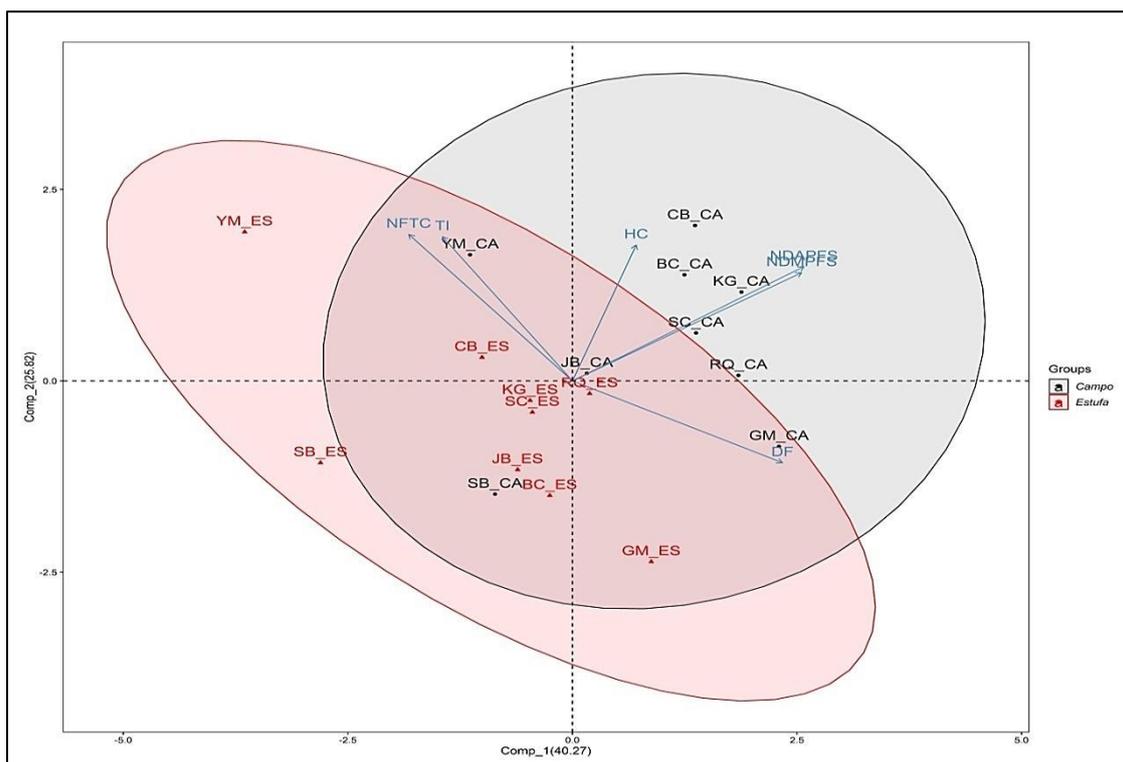


Figura 7 – Biplot de associação de variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA) com base em características quantitativas e qualitativas de planta. UTFPR, Pato Branco, 2020.

NFTC: número de flores do 3º cacho; HC: habito de crescimento; DF: densidade de folhagem; TI: tipo de inflorescência; NDAPFS: numero de dias para a abertura da 1ª flor após semeadura; NDMPFS: numero de dias para a maturação do 1º fruto após a semeadura.

BC_ES: bocaina estufa; BC_CA: bocaina campo; CB_ES: coração-de-boi estufa; CB_CA: coração-de-boi campo; GM_ES: gaúcho marmande estufa; GM_CA: gaúcho marmande campo; JB_ES: jumbo estufa; JB_CA: jumbo campo; KG_ES: kada gigante estufa; KG_CA: kada gigante campo; RQ_ES: roqueso estufa; RQ_CA: roqueso campo; SB_ES: saco-de-bode estufa; SB_CA: saco-de-bode campo; SC_ES: santa clara estufa; SC_CA: santa clara campo; YM_ES: yoshimatsu estufa; YM_CA: yoshimatsu campo.

As variedades Saco-de-Bode_ES, Saco-de-Bode_CA, Yoshimatsu_ES, Yoshimatsu_CA, Coração-de-Boi_ES, Jumbo_ES e Bocaina_ES apresentaram correlações negativas com NDAPFS e NDMPFS, já que possuem ciclos mais precoces para florescimento e maturação do 1º fruto

a partir da semeadura. Dentre essas variedades, exceto Coração-de-Boi_ES, Jumbo_ES e Bocaina_ES, houve menores DF, ou seja, folhagens escassas, por estarem em sentido oposto ao vetor no biplot.

Os estudos de correlação apresentam fundamental importância na expressão fenotípica e seleção dos genitores (KUTZ, 2018). Em estudos realizados por Kaur et al. (2017), foi possível observar que plantas com menor tempo para o início do período de florescimento, apresentam correlação positiva com MF, NL e PFC. No presente trabalho, Gaúcho Marmande_ES apresentou características que corroboram com as apresentadas por esse autor. Entretanto, essa mesma variedade cultivada em campo aberto apresentou ciclo mais longo até o florescimento, podendo esse fato ser em decorrência das condições climáticas visualizadas, que atrasam o ciclo de desenvolvimento das plantas, como explanado anteriormente por O'connell et al. (2012) e Rogers e Wszelaki (2012).

Henareh et al. (2015) em seu estudo com variedades tradicionais de tomate provenientes do Irã e da Turquia cultivadas no Azerbaijão sob campo aberto, obteve correlações positivas e significativas entre NDMPFS e conteúdo de sólidos solúveis totais (SS). Nesse estudo, os autores obtiveram valores de NDMPFS variando de 136 a 173 dias, e valores de SS entre 3,4 a 6,8 °Brix. Esses valores são superiores ao do presente estudo, evidenciando dessa forma que ciclos até a maturidade mais longos, melhoram a qualidade dos frutos. Esse fato foi visualizado para as variedades Roqueso_CA e Santa Clara_CA desse estudo, que obtiveram tanto valores superiores de NDMPFS quanto de SS (Tabela 8). Entretanto em discordância, as variedades Saco-de-Bode_CA e Bocaina_CA apresentaram correlações negativas entre essas duas variáveis, com valores altos e baixos para Saco-de-Bode_CA e baixos e altos para Bocaina_CA de SS e NDMPFS, respectivamente, provavelmente em razão da correlação de outras características sobre SS.

Ao analisar as características relacionadas ao 2º CP, Yoshimatsu cultivada em estufa e campo aberto, Coração-de-Boi_CA e Bocaina_CA apresentaram correlações positivas com NFTC e TI, com essas variedades apresentando médias elevadas do número de flores do 3º cacho (NFTC), e inflorescências do tipo mesclada. Em contrapartida, as variedades Gaúcho

Marmande_ES, Gaúcho Marmande_CA, Bocaina_ES e Saco-de-Bode_CA, apresentaram menos flores no 3º cacho e inflorescência do tipo unípara.

Quanto a HC, Kada Gigante_CA, Coração-de-Boi_CA, Coração-de-Boi_ES Santa Clara_CA, Bocaina_CA, Yoshimatsu_CA, Yoshimatsu_ES, apresentaram hábito de crescimento predominante indeterminado. Já Saco-de-Bode_CA, Saco-de-Bode_ES, Gaúcho Marmande_ES e Gaúcho Marmande_CA apresentaram hábitos de crescimento alternativos, com predominância do tipo determinado para Saco-de-Bode e semideterminado para Gaúcho Marmande. Nesse sentido, Bocaina_ES obteve a maioria das plantas com HC indeterminado, mas obteve algumas plantas de crescimento determinado.

Em trabalho de Figàs et al. (2018), avaliando descritores morfoagronômicos do IPGRI (1996) em diferentes condições de crescimento na Espanha, foi possível visualizar maior número de plantas com inflorescência mescladas, com menor número de flores por inflorescência e maiores proporções de plantas com hábito de crescimento alternativo ao crescimento indeterminado, quando cultivadas em campo aberto sob manejo orgânico. No presente trabalho, apenas Bocaina_CA obteve inflorescências mescladas e menor número de flores por inflorescência, porém HC indeterminado. As variedades que apresentaram inflorescências mescladas sempre obtiveram valores superiores para NFTC e HC indeterminado (exceto Saco-de-Bode_ES para HC), pois segundo os resultados desses autores as características HC e TI são altamente influenciadas pela constituição genética das variedades, e apresentam reduzida influência ambiental. NFTC por sua vez, apesar de ter grande parte da variação fenotípica determinada pela variação genotípica, pode ser influenciado pelas condições ambientais de cultivo, dentre elas a temperatura.

Bhattarai et al. (2018) obteve correlações médias e significativas entre HC e TI, afirmando que plantas de crescimento indeterminado ou semideterminado apresentam maiores propensões de apresentar a inflorescência ramificada. A correlação não é tão alta, pois segundo os autores, tomateiros de hábito determinado podem exibir inflorescências ramificadas, como ocorreu para Saco-de-Bode_ES no presente trabalho.

4.3.2 Caracteres gerais de fruto

A análise de componentes principais para os caracteres gerais de fruto explicou 25,28% da variação dos dados para o 1º CP, 19,46% no 2º CP e 13,99% no 3º CP. A variação acumulada dos três componentes explicou 58,73% do total de variação dos caracteres de fruto. Considerando que houve maior complexidade nos dados devido ao maior número de caracteres avaliados, pode ter ocorrido distorções nas coordenadas dos indivíduos e o fracionamento das explicações em maior número de componentes. Ademais, foram obtidas as contribuições relativas de cada variável para a dissimilaridade dos genótipos para os dois componentes principais de maior porcentagem de explicação (1º CP e 2º CP) (Tabela 11).

Tabela 11 – Porcentagem de explicação dos 5 primeiros CPs e contribuição relativa de variáveis qualitativas e quantitativas de fruto para divergência de 9 variedades de tomateiro cultivadas em dois ambientes para os 2 primeiros CPs. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Explicação dos componentes principais*					
CP 1	25,28				
CP 2	19,47				
CP 3	13,99				
CP 4	8,78				
CP 5	8,33				
Contribuição relativa das variáveis*					
VARIÁVEL/CP	CP 1	CP 2	VARIÁVEL/CP	CP 1	CP 2
FCP	17,13	0,03	PH	3,51	15,09
DCP	12,82	3,10	RC	2,59	12,80
DEF	10,19	9,98	PTF	2,31	4,82
MF	9,68	9,84	CLF	1,96	4,28
SS	8,36	0,28	FM	1,26	0,48
FPF	6,77	1,19	AT	0,83	15,31
NL	6,46	0,41	TCP	0,33	2,24
CIP	6,03	0,50	RR	0,25	3,78
RT	5,29	11,34	FCT	0,17	0,13
FTF	3,95	4,39	OV	0,11	0,01

*Valores em porcentagem; FCP: forma da cicatriz do pistilo; DCP: diâmetro da cicatriz do pedicelo; DEF: diâmetro equatorial do fruto; MF: massa do fruto; SS: sólidos solúveis; FPF: forma predominante do fruto; NL: número de lóculos; CIP: coloração interna do pericarpo; RT: relação SS/AT; FTF: forma da terminação de floração; PH: potencial hidrogeniônico; RC: rachadura concêntrica; PTF: padrão de tamanho de fruto; CLF: comprimento longitudinal do fruto; FM: firmeza do fruto; AT: acidez titulável; TCP: tamanho da cicatriz do pistilo; RR: rachadura radial; FCT: forma do corte transversal; OV: ombro verde.

Os caracteres de fruto que obtiveram mais contribuição relativa para a divergência entre os genótipos contribuíram em conjunto com 49,82% e 54,54% da variação observada, para o 1º e 2º CP, respectivamente. As variáveis FCP, DCP, DEF e MF apresentaram as maiores contribuições para o 1º CP. Já para o 2º CP as variáveis AT, PH, RC e RT exibiram as maiores contribuições relativas.

Chime et al. (2017) entretanto, ao avaliar cultivares de tomate na Nigéria, obteve reduzida contribuição de FCP para a variação das cultivares nos componentes principais, apesar de ter visualizado a presença das formas pontuda, estrelada e linear nos genótipos. Esse fato pode estar relacionado ao reduzido número de variedades avaliadas (4 variedades), que pode ter expressado porcentagem de variação reduzida para esse caráter, ou ainda pela presença de maior variação de outras características, principalmente as quantitativas.

Marim et al. (2009) avaliando a diversidade genética e o agrupamento de 70 acessos de tomateiro na universidade federal de viçosa – MG também obteve maiores contribuições relativas para DEF e caracteres relacionadas à MF. Entretanto, esse autor obteve valores abaixo de 4,6% de importância para parâmetros de qualidade dos frutos, como SS e RT, diferentemente dos resultados desse trabalho, onde SS apresentou valores superiores para o 1º CP e RT para o 2º CP. Pode ser que devido as diferentes condições ambientais de cultivo deste trabalho, as características de qualidade de frutos apresentaram maiores variações e por consequência contribuição para a diversidade dos genitores em relação ao trabalho desse autor, que avaliou os acessos apenas em campo aberto.

Os caracteres OV e FCT expressaram as menores contribuições para a variância dos resultados no 1º CP e 2º CP. Além disso, no 1º CP, os parâmetros de RR e TCP também apresentaram reduzidas contribuições para a diversidade dos genótipos. No 2º CP, FCP e SS também obtiveram as menores porcentagens de contribuição.

Em contrapartida, Long et al. (2020) avaliando a diversidade morfológica de genótipos de tomateiro no Vietnã para fins de ornamentação de jardins, obteve elevadas correlações e contribuição de FCT para a variação dos

dados no 1º CP, devido à presença de variedades com PTF maiores, que geram por consequência variações em FCT, pois essas características apresentam-se correlacionadas positivamente segundo esse autor. Nesse estudo a maioria dos frutos apresentou FCT redondo, mas houve porcentagens consideráveis de frutos com as formas angulares e irregulares. Já no presente trabalho esse caráter pouco variou, com superioridade de FCT redondo, exceto para a variedade Bocaina que apresentou predominância de frutos com FCT angular, principalmente em estufa (Apêndice 1).

Na figura 8 é possível visualizar as influências de cada variável de fruto sobre a dispersão dos genótipos no biplot para os cultivos em estufa e campo aberto, considerando o CP1 e o CP2.

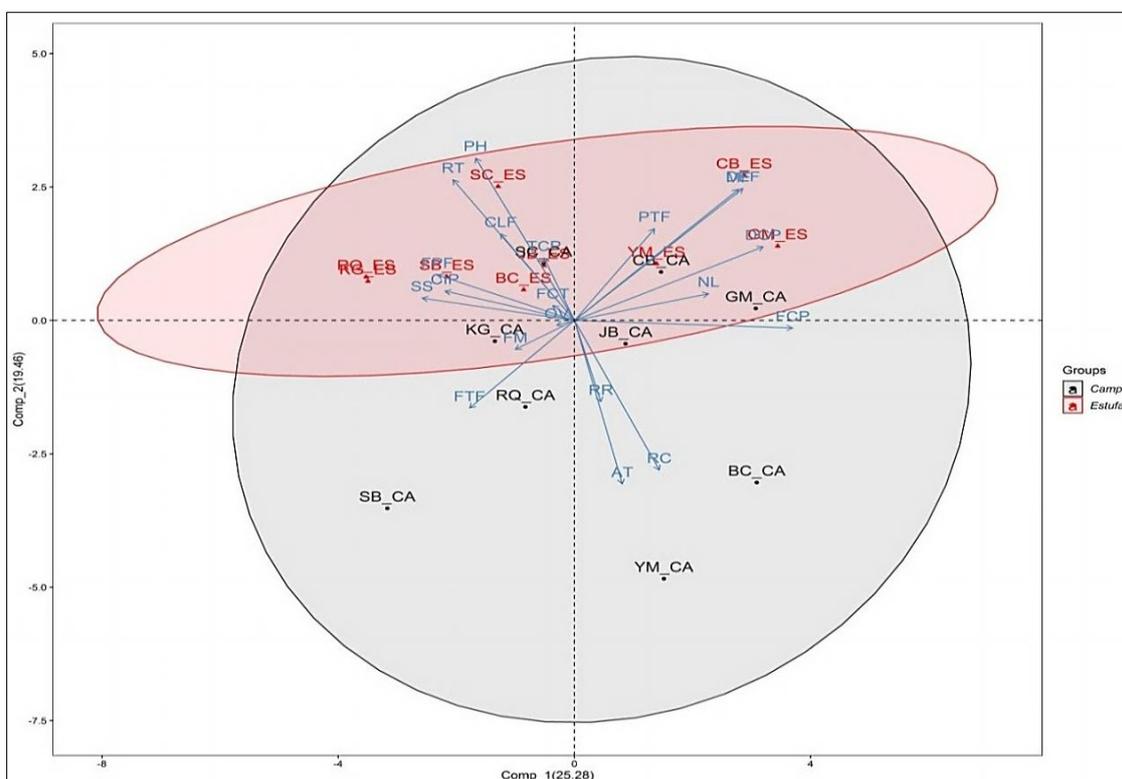


Figura 8 – Biplot de associação de variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA) com base em características quantitativas e qualitativas de fruto. UTFPR, Pato Branco, 2020.

OV: ombro verde; FPF: forma predominante do fruto; PTF: padrão de tamanho de fruto; CIP: coloração interna do pericarpo; FCT: forma do corte transversal; FCP: forma da cicatriz do pistilo; FTF: forma da terminação de floração; RR: rachadura radial; RC: rachadura concêntrica; TCP: tamanho da cicatriz do pistilo; CLF: comprimento longitudinal do fruto; DEF: diâmetro equatorial do fruto; DCP: diâmetro da cicatriz do pedicelo; MF: massa do fruto; FM: firmeza do fruto; NL: número de lóculos; PH: potencial hidrogeniônico; SS: sólidos solúveis; AT: acidez titulável; RT: relação SS/AT.

BC_ES: bocaina estufa; BC_CA: bocaina campo; CB_ES: coração-de-boi estufa; CB_CA: coração-de-boi campo; GM_ES: gaúcho marmande estufa; GM_CA: gaúcho marmande campo;

JB_ES: jumbo estufa; JB_CA: jumbo campo; KG_ES: kada gigante estufa; KG_CA: kada gigante campo; RQ_ES: roqueso estufa; RQ_CA: roqueso campo; SB_ES: saco-de-bode estufa; SB_CA: saco-de-bode campo; SC_ES: santa clara estufa; SC_CA: santa clara campo; YM_ES: yoshimatsu estufa; YM_CA: yoshimatsu campo.

Analisando o 1º CP, as variedades Gaúcho Marmande_CA, Gaúcho Marmande_ES, Bocaina_CA e Coração-de-Boi_ES, Coração-de-Boi_CA e Yoshimatsu_ES apresentaram-se correlacionadas positivamente e com valores superiores de DCP (GM_CA = 20,36 mm; GM_ES = 19,15 mm, BC_CA = 17,13 mm, CB_ES = 15,85 mm, CB_CA = 14,55 mm e YM_ES = 13,75 mm), DEF (GM_CA = 70,32 mm; GM_ES = 78,85 mm; BC_CA = 60,83 mm, CB_ES = 77,29 mm, CB_CA = 70,05 mm e YM_ES = 65,73 mm) e MF (GM_CA = 186,35 g; GM_ES = 183,93 g; BC_CA = 158,26 g, CB_ES = 219,51 g, CB_CA = 166,19 g e YM_ES = 145,50 g), além de maiores proporções de frutos com FCP do tipo irregular e maior número de lóculos. Esses resultados evidenciam que tomates grandes como dessas variedades, ou seja, com elevadas massas, elevados diâmetros equatoriais e de cicatrizes do pedicelo, podem não serem bem aceitos comercialmente por alguns consumidores, devido a maior susceptibilidade á cicatrizes e no caso de Bocaina_CA, Coração-de-Boi_ES, Coração-de-Boi_CA e Yoshimatsu_ES, reduzidas firmezas (KUTZ, 2018).

Long et al. (2020) pode também perceber a formação de um agrupamento de variedades, que apresentou FCP irregular, PTF médio a grande - devido aos seus grandes DEF - além de frutos pluriloculares, portanto, evidências morfológicas essas que corroboram com as características das variedades supracitadas.

As variedades Roqueso_ES, Kada Gigante_ES, Saco-de-Bode_ES e Saco-de-Bode_CA apresentaram correlações negativas com esses parâmetros, e por isso, reduzidas aferições desses caracteres quantitativos e FCP do tipo pontuda. Entretanto, eles estiveram próximos graficamente e correlacionados a FPF, CIP e SS, ou seja, apresentaram frutos mais doces (exceto Kada Gigante_ES), estiveram relacionados com a forma predominante do tipo indefinida e coloração interna do pericarpo mesclada (exceto Saco-de-Bode). Além disso, Saco-de-Bode_CA apresentou alta correlação com FTF, pois ele se categoriza por apresentar frutos com terminação de floração

pontuda além de apresentar o menor PTF, evidenciando o menor tamanho de fruto em consequência do baixo enchimento, como anteriormente explanado no tópico 5.1.

Dentre as variedades de tomateiro de mesa avaliadas por Souza et al. (2015) em ambiente protegido, Roqueso e Saco-de-Bode também apresentaram altas concentrações de sólidos solúveis, com médias de 6,0 e 5,4 °Brix, portanto superiores aos valores constatados nesse trabalho. Nesse sentido, sabendo que CIP e SS apresentaram correlações positivas entre si, devido ao reduzido ângulo entre os vetores dessas variáveis no biplot (LONG et al., 2020), pode ser que frutos com CIP mesclado, ou seja, com coloração de polpa mesclada com a cor vermelha, apresente maior doçura e qualidade organoléptica, como constatado para Roqueso_ES nesse trabalho.

Quanto ao 2º CP, a variedade Santa Clara_ES obteve correlações positivas com PH e RT, fato que evidencia o sabor de fruto mais equilibrado dessa variedade, devido as menores proporções de ácidos orgânicos na constituição da polpa. As variedades Saco-de-Bode_ES, Roqueso_ES, Bocaina_ES e Kada Gigante_ES também obtiveram valores superiores para PH e RT, e estiveram mais próximas positivamente dos obtidos por santa clara, mostrando que essas variedades nesse ambiente também apresentaram sabor e qualidade superior dos frutos.

Já as variedades Yoshimatsu_CA, Saco-de-Bode_CA e Bocaina_CA, por estarem em direção contrária no biplot, apresentaram correlações negativas e valores reduzidos desses parâmetros de qualidade, mas correlações positivas com AT. Sendo assim, essas variedades apresentaram as piores qualidades gustativas de fruto, fato que pode ser motivo de desaprovação desses frutos por determinados consumidores que são exigentes em doçura e sabores equilibrados. Ademais, Yoshimatsu_CA e Bocaina_CA exibiram também correlações positivas com RC, e por isso, mostram-se susceptíveis a maiores intensidades desse tipo de rachadura.

Esses resultados corroboram com as colocações realizadas por Guimarães et al. (2015), que cita a susceptibilidade genética de Yoshimatsu para RC e o rápido amolecimento e perda de FM por Bocaina, que aumentam

as probabilidades de aparição de rachaduras em fases avançadas de maturação dos frutos.

4.3.3 Caracteres agronômicos

Dentre as três categorias de variáveis analisadas, a categoria dos caracteres agronômicos foi a que apresentou maior porcentagem de explicação, com 85,72% da variação acumulada na soma das variações do 1º CP e 2º CP. As explicações desses caracteres estão, portanto de acordo com as afirmações de Regazzi e Cruz (2020) sobre as porcentagens mínimas necessárias de variação acumulada para um bom ajuste gráfico e para reduzidas distorções das coordenadas dos indivíduos. No mais, foram também obtidas as contribuições relativas dos caracteres agronômicos para a divergência e dispersão dos genótipos, para o 1º e o 2º CP de maior porcentagem de explicação (Tabela 12).

Tabela 12 – Porcentagem de explicação dos 5 primeiros CPs e contribuição relativa de variáveis quantitativas agronômicas para divergência de 9 variedades de tomateiro cultivadas em dois ambientes para os 2 primeiros CPs. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Explicação dos componentes principais*		
CP 1		56,62
CP 2		29,10
CP 3		12,74
CP 4		1,28
CP 5		0,25
Contribuição relativa das variáveis*		
VARIÁVEL/CP	CP 1	CP 2
NFT	31,19	0,75
NFC	30,90	6,57
PFC	30,02	0,00
PFNC	7,78	36,68
MMFC	0,11	56,00

*Valores em porcentagem; NFT: número de frutos totais; NFC: número de frutos comerciais; PFC: produção de frutos comerciais; PFNC: produção de frutos não comerciais; MMFC: massa média de frutos comerciais.

Os caracteres agronômicos que obtiveram maior contribuição relativa para a diversidade dos genótipos contribuíram com 92,11% e 92,68% da variação acumulada para o 1º e 2º CP, respectivamente. As características PFC, NFC e NFT obtiveram as maiores contribuições para a variação no 1º CP.

Já PFNC e MMFC obtiveram as maiores contribuições para a divergência dos genótipos no 2º CP.

Rocha et al. (2009) ao avaliar acessos, variedades e híbridos de diferentes grupos varietais de tomate no Rio de Janeiro, obteve as maiores contribuições relativas para a divergência genética dos acessos para PFNC com 22,7% com base em 3 variáveis canônicas que explicaram 78,60% da variação, portanto valor menor ao obtido nesse trabalho para o 2º CP. Para PFC, que obteve alta contribuição no 1º CP nesse trabalho, esse autor obteve apenas 4,3% de contribuição para a variação genética, mostrando que as variedades avaliadas não apresentaram grandes diferenças na produção comercial de frutos, talvez por serem apenas cultivadas sob campo aberto.

Ao avaliar características quantitativas em acessos de tomateiro sob campo aberto, Marim et al. (2009) obteve reduzidas a médias contribuições relativas para NFC e MMFC, com 2,28 e 11,82%, respectivamente. Esses resultados evidenciam que possivelmente outras características apresentaram maiores importâncias na divergência dos acessos avaliados por esse autor, apesar da ampla magnitude de variação observada nessas características, como por exemplo, para NFC, que variou de 7,9 a 54,3.

Ao analisar a figura 9, foi possível constatar a superioridade de todos os caracteres agrônômicos para as variedades cultivadas em estufa em relação às cultivadas em campo aberto, exceto para Saco-de-Bode_ES. A variedade Jumbo_ES obteve as maiores inferências para PFC, NFC e NFT, variáveis essas que estiveram relacionadas ao 1º CP. Além disso, as variedades Kada Gigante_ES, Santa Clara_ES, Bocaina_ES e Roqueso_ES também obtiveram valores superiores para esses parâmetros.

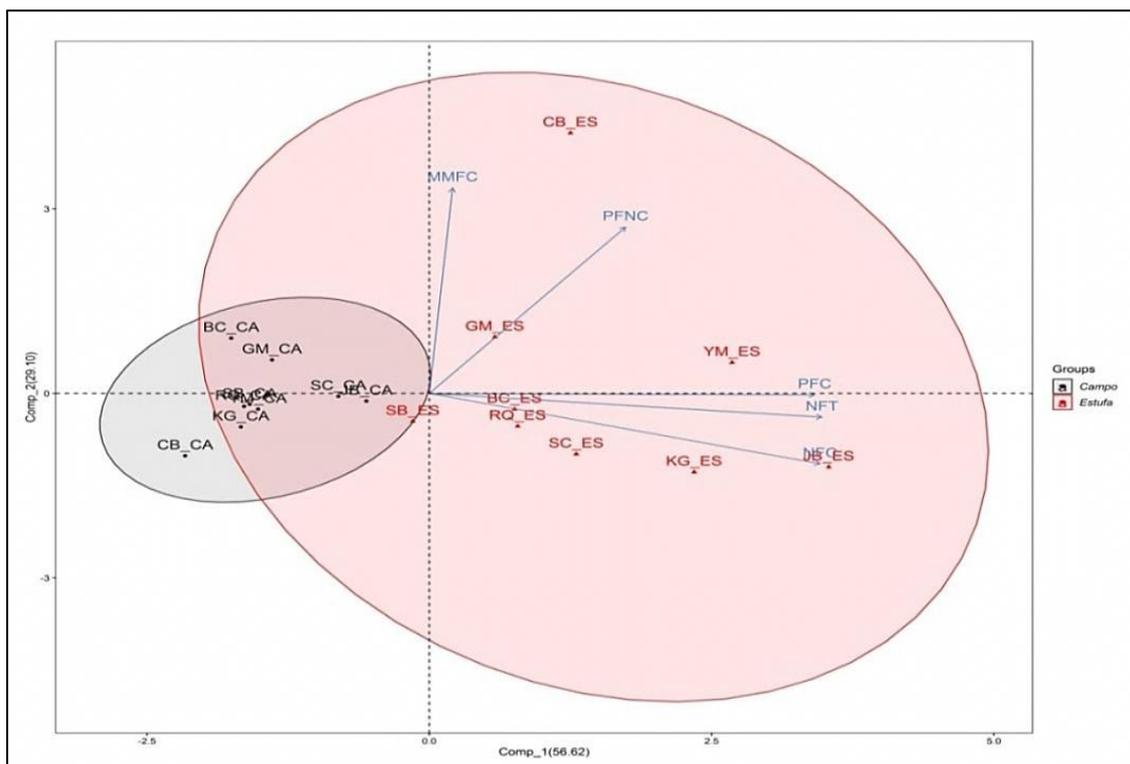


Figura 9 – Biplot de associação de variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA) com base em características quantitativas agrônômicas. UTFPR, Pato Branco, 2020.

PFC: produção de frutos comerciais; PFNC: produção de frutos não comerciais; NFC: número de frutos comerciais; NFT: número de frutos totais; MMFC: massa média de frutos comerciais.

BC_ES: bocaina estufa; BC_CA: bocaina campo; CB_ES: coração-de-boi estufa; CB_CA: coração-de-boi campo; GM_ES: gaúcho marmande estufa; GM_CA: gaúcho marmande campo; JB_ES: jumbo estufa; JB_CA: jumbo campo; KG_ES: kada gigante estufa; KG_CA: kada gigante campo; RQ_ES: roqueso estufa; RQ_CA: roqueso campo; SB_ES: saco-de-bode estufa; SB_CA: saco-de-bode campo; SC_ES: santa clara estufa; SC_CA: santa clara campo; YM_ES: yoshimatsu estufa; YM_CA: yoshimatsu campo.

Para a produção orgânica, o rendimento comercializável nem sempre é o caráter de maior importância para a seleção de potenciais genitores para dar início á programas de melhoramento. Outros pontos em conjunto também devem ser analisados, como as características morfológicas dessas variedades – que auxiliam na capacidade delas tolerarem intempéries de ordem fisiológica e fitossanitária nos diferentes ambientes de cultivo –, a qualidade organoléptica dos frutos e as preferências e aceitabilidade dos consumidores desses produtos (MCAVOY; OZORES–HAMPTON, 2017; THAXTON; HOCHMUTH, 2018).

Em contrapartida, a variedade Saco-de-Bode obteve resultados inferiores para essas variáveis em estufa. Coração-de-Boi_ES apresentou a menor média para NFC, mas obteve destaque para MMFC. Esses resultados

evidenciam as questões citadas anteriormente sobre a falta de adaptação de Saco-de-Bode para as condições climáticas de cultivo em estufa, que mostrou sofrer com distúrbios fisiológicos e com o abortamento floral.

Dentre as variedades cultivadas em campo aberto, Jumbo e Santa Clara, que apesar de terem enfrentado as adversidades desse ambiente, se mostraram superiores para PFC, NFC e NFT em relação às demais variedades avaliadas, e por isso os melhores resultados de capacidade produtiva. As variedades Roqueso_CA, Yoshimatsu_CA, Saco-de-Bode_CA e Bocaina_CA, somadas a Coração-de-Boi_CA entretanto apresentaram as mais reduzidas PFC nesse ambiente.

A variedade Yoshimatsu_ES, esteve entre os vetores das variáveis de maiores explicações para os dois componentes principais. Sua coordenada esteve próxima ao vetor de NFT devido a grande quantidade de frutos pequenos produzidos, mas sem classificação comercial, resultando em elevado PFNC e reduzido MMFC, que se encontrou mais distante no biplot. Kada Gigante_ES também apresentou reduzida MMFC e elevado NFT, mas obteve maior PFC e NFC que Yoshimatsu_ES, pois maiores proporções dos seus frutos foram tolerantes a distúrbios fisiológicos e apresentaram classificações comerciais em relação ao diâmetro equatorial (PBMH, 2003; BALBINO et al., 2010).

Ao analisar o 2º CP, a variedade Coração-de-Boi_ES apresentou resultados superiores para MMFC e PNFC, evidenciando que a maioria dos seus frutos sofreram distúrbios fisiológicos, mas aqueles que apresentaram classificação comercial mostraram massas altamente elevadas (média de 303,88 g fruto⁻¹) e por consequência satisfatória PFC. Em contrapartida essa variedade cultivada sob campo aberto, apresentou os piores resultados para PFC, NFC, NFT e MMFC, fato que evidencia a baixa adaptabilidade e resistência às condições climáticas da região de estudo e ao desequilíbrio ecológico constatado nesse ambiente.

As variedades Gaúcho Marmande_ES, Gaúcho Marmande_CA e Bocaina_CA também apresentaram elevadas MMFC, apesar do reduzido número de frutos comerciais. Bocaina mostrou-se melhor adaptada ao cultivo sob ambiente protegido para caracteres agrônômicos, pois não sofreu com

ações de insetos broqueadores e da larva alfinete (*D.speciosa*) que depreciaram os frutos das plantas cultivadas em campo aberto. Gaúcho Marmande além de sofrer com ação de pragas sobre os frutos apresentou escaldaduras devido à perda de folhas ocasionadas por altas severidades de doenças foliares, fatos que confirmam a baixa tolerância dessa variedade a fitopatógenos em ambientes desequilibrados ecologicamente.

5. CONCLUSÃO

A caracterização fenotípica morfoagronômica e de qualidade dos frutos permitiu estimar a diversidade existente entre as variedades de tomateiro cultivadas em ambientes contrastantes e sob manejo orgânico na região sudoeste do Paraná. Salvo exceções, as variedades cultivadas em estufa apresentaram ciclos mais precoces para o início da floração e maturação e maior tolerância a rachaduras. As demais características fenotípicas apresentaram alto grau de determinação genética e por isso pouco variaram entre as diferentes condições de cultivo, mesmo se tratando de variedades não híbridas.

As variedades sofreram menos com intempéries climáticas e danos de pragas e doenças quando cultivadas em estufa, pois não estiveram em desequilíbrio ecológico como no campo aberto. Nesse sentido, houve interação GxE significativa para as características agronômicas, mas do tipo “não cruzada”, com valores em geral superiores para as plantas da estufa, exceto as exceções explanadas.

Mesmo com a interação GxE significativa, as variedades mostraram superioridade nos valores de qualidade geral dos frutos quando cultivadas em estufa (exceto para firmeza e acidez titulável) ou não apresentaram diferença significativa entre os ambientes. Esses resultados, portanto mostraram como as condições dos cultivos somados as condições climáticas da região influenciaram em geral positivamente esses parâmetros para o cultivo em estufa.

Independente do exposto, conclusões podem ser obtidas quanto à seleção de genitores para programas de melhoramento em ambientes contrastantes sob manejo orgânico. As variedades Jumbo, Santa Clara e Kada Gigante exibiram características que as possibilitam serem cultivadas em ambos os ambientes, com destaque para o campo aberto. Exibem rendimentos comerciais consistentes e boa qualidade geral dos frutos nos dois ambientes, maiores tolerâncias a problemas fisiológicos e possivelmente a intempéries fitossanitárias, além de ciclos fenológicos diferentes que garantem escalonamento produtivo, porém para cultivos solteiros.

Gaúcho Marmande é preferencialmente indicado para cultivo em campo aberto, principalmente por apresentar alta densidade de folhagem e hábito de crescimento semideterminado, apresentando, portanto melhor adaptação ao cultivo consorciado, mas desde que implantado em áreas que já apresentem certo equilíbrio ecológico, fator esse que pode garantir melhores rendimentos comerciais para essa variedade.

Já as demais variedades avaliadas são preferencialmente indicadas para o cultivo sob ambiente protegido. Saco-de-bode e Yoshimatsu apresentam densidade de folhagem escassa, com Yoshimatsu indicado para cultivo solteiro e Saco-de-Bode para o cultivo consorciado. Essas variedades, além disso, exibem formatos e tamanhos diversificados dos frutos e no caso de Saco-de-bode maior doçura, apesar de seus rendimentos comerciais inferiores.

Coração-de-Boi, apesar de seus problemas fitossanitários e fisiológicos, apresenta formato de fruto atrativo do tipo cordiforme, sabores suaves e rendimento comercial superior em ambiente protegido. Já Bocaina e Roqueso, destacam-se pelo formato dos frutos diferenciados, como a forma do corte transversal angular e forma predominante do fruto variável, respectivamente. Além disso, exibem elevada doçura dos frutos sob ambiente protegido, mas são indicados para cultivo solteiro.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desse trabalho permitiram verificar a variabilidade fenotípica existente entre as variedades estudadas. Entretanto, para enriquecer esses resultados, seria de grande valia promover uma caracterização molecular (que exibe baixa influência ambiental), a fim de confirmar ou rejeitar o parentesco morfológico existente entre as variedades. Dessa forma é possível ser mais assertivo quanto a escolha dos genitores que iram compor os futuros cruzamentos para otimizar o ganho genético e a herdabilidade das características.

Em futuros trabalhos antes de iniciar o programa de melhoramento, também se faz necessário realizar um estudo da tolerância e severidade as principais doenças e viroses constatadas nessa pesquisa, principalmente para as variedades que serão implantadas sob campo aberto, a fim de confirmar ou rejeitar as constatações realizadas para as variedades indicadas a serem cultivadas nesse ambiente.

Quando objetiva-se avaliar genótipos de tomateiro visando o cultivo em sistema orgânico, a condução experimental deve ser realizada em ambientes que já apresentem certo equilíbrio ecológico, para que haja maximização do potencial genético das variedades. Portanto, propor a realização de avaliações e cruzamentos em fazendas de agricultores agroecológicos nos moldes do melhoramento participativo se torna fundamental para a obtenção de novas variedades adaptadas às condições climáticas locais, os diferentes ambientes de cultivo e as práticas do manejo orgânico.

Os resultados dessa pesquisa se mostram de grande valia para os produtores de tomate orgânico da região sudoeste do Paraná, pois possibilita inicialmente aumentar a diversidade de variedades que podem ser cultivadas sob os princípios de manejo orgânico em diferentes ambientes de cultivo, fato que em médio prazo pode auxiliar na redução de custos, complementar da rentabilidade econômica dos agricultores, e fortalecer o comércio e o consumo de produtos orgânicos nessa região.

7. REFERÊNCIAS

- AL SHAYE, N. et al. Genetic variation among Saudi tomato (*Solanum lycopersicum* L.) landraces studied using SDS–PAGE and SRAP markers. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 25, n. 6, p. 1007–1015, 2018.
- ALTIERI, M.A. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, p. 35–42, 2004.
- APARECIDO, L. E. DE O. et al. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 4, p. 405–417, 2016.
- ÁVILA, C. J.; PARRA, J. R. P. Leaf consumption by *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) adults on different host plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 189–792, 2003.
- BAI, Y.; LINDHOUT, P. Domestication and Breeding of Tomatoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future?. **Annals of Botany**, v. 100, n. 5, p. 1085–1094, 2007.
- BAILLE, A. et al. Night energy balance in a heated low–cost plastic greenhouse. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 137, p. 107–118, 2006.
- BAKKER, J.C. Greenhouse climate control: constraints and limitations. **Acta Horticulture**, v. 399, p. 25–35, 1995.
- BALBINO, J. M. S. et al. **Manejo na colheita e pós–colheita**. In: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Tomate. 1ª ed. Vitória: Incaper, 2010.
- BAUCHET G.; CAUSSE, M. **Genetic Diversity in Tomato (*Solanum lycopersicum*) and Its Wild Relatives**, Genetic Diversity in Plants, Prof. Mahmut Caliskan (Ed.), ISBN: 978–953–51–0185–7, 2012.
- BECKER, W.F. et al. **Sistema de produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Epagri, 2016. 149p.
- BERTIN, N. et al. Seasonal evolution of the quality of fresh glasshouse tomatoes under Mediterranean conditions, as affected by air vapour pressure deficit and plant fruit load. **Annals of Botany**, v. 85, p. 741–750, 2000.
- BHATTARAI, K. et al. Diversity among Modern Tomato Genotypes at Different Levels in Fresh-Market Breeding. **International Journal of Agronomy**, v. 2018, p. 1–15, 2018.
- BLANCA, J. et al. Variation revealed by SNP genotyping and morphology provides insight into the origin of the tomato. **PLoS One**, v. 7, n. 10, p.e48198, 2012.

- BOTA, J. et al. Characterization of a landrace collection for Tomàtiga de Ramellet (*Solanum lycopersicum* L.) from the Balearic Islands. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 61, n. 6, p. 1131–1146, 2014.
- BOYHAN, G. E. et al. Evaluation of Tomato Varieties under Organic Production Practices in Georgia. **HortTechnology**, v. 24, n. 2, p. 252–258, 2014.
- BRANDÃO, Z. N. et al. **Adubação potássica do algodão por meio de cinza de madeira**. In: Anais do VI Congresso Brasileiro do Algodão, Uberlândia–MG, p. 1–7, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Portaria nº 52 de 15 de março de 2021**. 55ª ed. Brasília: Diário Oficial da União, 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-52-de-15-de-marco-de-2021-310003720>>. Acesso em: 29 abr. 2021.
- CAMPANELLI, G. et al. Participatory tomato breeding for organic conditions in Italy. **Euphytica**, v. 204, n. 1, p. 179–197, 2015.
- CANALI, S. et al. Organic no–till with roller crimpers: Agro–ecosystem services and applications in organic Mediterranean vegetable productions. **Sustainable Agriculture Research**, v. 4, n. 3, p. 66–75, 2015.
- CARMO, C. A. S.; CALIMAN, L. F. **Clima, época de plantio e cultivar**. In: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Tomate. 1ª ed. Vitória: Incaper, 2010.
- CASAÑAS F. et al. Toward an evolved concept of landrace. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n.145, p. 1–7, 2017.
- CAUSSE, M. et al. Inheritance of nutritional and sensory quality traits in fresh market tomato and relation to consumer preferences. **Journal of food science**, v. 68, n.7, p. 2342–2350, 2003.
- CEBOLLA-CORNEJO, J. et al. Evaluation of Genotype and Environment Effects on Taste and Aroma Flavor Components of Spanish Fresh Tomato Varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 6, p. 2440–2450, 2011.
- CECCARELLI, S. Efficiency of plant breeding. **Crop Science**, v. 55, p. 87–97, 2015.
- CHAU, N.D.G. et al. Pesticide pollution of multiple drinking water sources in the Mekong Delta, Vietnam: evidence from two provinces. **Environmental Science Pollution Research**, v. 22, p. 9042–9058, 2015.
- CHIME, A. O. et al. Phenotypic characterization of tomato *Solanum lycopersicum* L. cultivars from Southern Nigeria using morphology. **Malaya Journal of Biosciences**, v. 4, n. 1, p. 30–38, 2017.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS – RS/SC.
Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11^a ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. 2016, 376 p.

CORRADO G. et al. Genetic diversity in Italian tomato landraces: Implications for the development of a core collection. **Scientia Horticulturae**, v. 168, p. 138–144, 2014.

CORRÊA, A. L. et al. **Produção de tomate sob manejo orgânico.** Niterói: Programa Rio Rural, Manual Técnico nº 36, 2012. 38 p.

COSTA, H; VENTURA, J. A. **Doenças do tomateiro no estado do espírito santo: reconhecimento e manejo.** In: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Tomate. 1^a ed. Vitória: Incaper, 2010.

CRUZ, C.D. GENES – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271–276, 2013.

DIACONO, M. et al. Agronomic performance and sustainability indicators in organic tomato combining different agro–ecological practices. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 112, n. 1, p. 101–117, 2018.

DIAS, J. C. Impact of improved vegetable cultivars in overcoming food insecurity. **Euphytica**, v. 176, n. 1, p. 125–136, 2010.

DIEDERICHSEN, A. Duplication assessments in Nordic Avena sativa accessions at the Canadian national genebank. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 56, 587–597, 2009.

DORAIS, M. D. A. et al. Greenhouse tomato fruit cuticle cracking. **Horticultural Reviews**, v. 30, p. 163–184, 2004.

DUSI, A. N. et al. **A cultura do tomateiro (para mesa).** Brasília: Embrapa Hortaliças, 1^a ed., 1993.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças. 2004. 88 f. **Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização a Distância: Produção de Hortaliças) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.**

FERREIRA, S. M. R. et al. Qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 224–230, 2010.

FIGÀS, M. R. et al. Variation of morphological descriptors for the evaluation of tomato germplasm and their stability across different growing conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 238, n.1, p. 107–115, 2018.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2ª ed. Viçosa: editora UFV, 2003. 412 p.

GAGLIANONE, M. C. et al. **Plano de manejo para os polinizadores do tomateiro**. Rio de Janeiro: FUNBIO, 2015. 48 p.

GARCÍA–MARTÍNEZ, S. et al. Diversity and structure of a sample of traditional Italian and Spanish tomato accessions. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 60, n. 2, p. 789–798, 2013.

GEPTS, P. Plant genetic resources conservation and utilization. **Crop Science**, v. 46, p. 2278–2292, 2006.

GIORDANO, L. B.; RIBEIRO, C. S. C. **Origem, Botânica e Composição Química do Fruto**. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. *Tomate para processamento industrial*. Brasília: Embrapa, 2000. 168 p.

GOTOR, E. et al. The scientific information activity of Biodiversity International: the descriptors lists. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 55, p. 757–772, 2008.

GUIMARÃES, G. A. M.; et al. **Espécies e variedades adaptadas ao cultivo orgânico**. In: Souza, J. L. *Agricultura orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis*. 3ª ed. Incaper: Vitória–ES, 2015. 371 p.

HEALY, G. K. et al. Tomato variety trials for productivity and quality in organic hoop house versus open field management. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 32, n. 6, p. 562–572, 2017.

HENAREH, M.; DURSUN, A.; MANDOULAKANI, B. A. Genetic diversity in tomato landraces collected from turkey and iran revealed by morphological characters. **Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus**, v. 14, n.2, p. 87–96, 2015.

HOAGLAND, L. et al. Key Traits and Promising Germplasm for an Organic Participatory Tomato Breeding Program in the U.S. Midwest. **HortScience**, v. 50, n. 9, p. 1301–1308, 2015.

HOCHMUTH, G. J. **Production of Greenhouse Tomatoes—Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook, Vol 3**. 2018. Disponível em: <<https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/CV/CV26600.pdf>>. Acesso em 16 dez. 2020.

HONGYU, K. et al. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S – Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83–90, 2016.

- HUSSAIN, I. et al. Genetic Diversity among Tomato Accessions based on Agro–Morphological Traits. **Sains Malaysiana**, v. 47, n. 11, p. 2637–2645, 2018.
- IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico–químicos para análise de alimentos**. 4ª Edição, 1ª Edição Digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 1020.
- IPGRI. **Descriptors for Tomato (Lycopersicon spp.)**. Rome: Italy. 1996. 44p.
- IQBAL, Z. et al. Evaluation of soybean [Glycine max (L.) Merrill] germplasm for some important morphological traits using multivariate analysis. **Pakistan Journal of Botany**, v.40, n.6, p.2323–2328, 2008.
- KAUR, S. et al. Genetic diversity analysis in elite lines of tomato (Solanum lycopersicum L.) for growth, yield and quality parameters. **Genetika**, v. 49, n. 1, p. 329–344, 2017.
- KAUSHAL, A. et al. Genetic diversity in tomato (Solanum lycopersicum L.) genotypes revealed by simple sequence repeats (SSR) markers. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 9, n. 2, p. 966–973, 2017.
- KINGSLEY, O. *Studies on genetic variability in agronomic and fruit quality traits among some tomato (solanum lycopersicum L.) genotypes*. Tese de Doutorado–University of Ghana: Ghana, 2015. 184 p.
- KUTZ, T. S. *Caracterização morfológica e molecular de genótipos de tomateiro do banco ativo de germoplasma da utfpr – pato branco*. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. 77 p.
- LIBÂNIO, R. A. *Cultivares e densidades de plantio em cultivo orgânico de tomate*. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia (Produção Vegetal)) – Universidade Federal de Lavras: Lavras–MG. 2010. 70 p.
- LONG, T. T. et al. The Comprehensive Analysis of Morphological Variation among 24 Tomato (Solanum Lycopersicum) Genotypes Oriented to Ornamental Breeding in Vietnam. **Vietnam Journal of Agricultural Sciences**, v. 3, n. 1, p. 555–569, 2020.
- LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. Doenças do tomateiro. **Embrapa Hortaliças–Livro técnico (INFOTECA–E)**, 2005.
- LUZ, J. M. et al. Desempenho e divergência genética de genótipos de tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 483–490, 2016.
- LUZ, J. M. Q. et al. Comparação dos sistemas de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 2, p. 7–15, 2007.

LYON A, et al. Adaptability analysis in a participatory variety trial of organic vegetable crops. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 35, n. 3, p. 1–17, 2019.

LYON, A. H. et al. Seed and plant breeding for Wisconsin's organic vegetable sector: understanding farmers' needs. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 39, n. 6, p. 601–624, 2015.

MACIEL G.M.; SILVA E.C. Proposta metodológica para quantificação de açúcares em folíolos de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, 32:174–177, 2014.

MARIM, B. G. et al. Variabilidade genética e importância relativa de caracteres em acessos de germoplasma de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1283–1290, 2009.

MARQUES, M. J. *Obtenção de progênies endogâmicas de tomate com resistência a Ralstonia solanacearum*. Dissertação de Mestrado (Programa de pós-graduação em agricultura no trópico úmido). Instituto nacional de pesquisa da Amazonia, Manaus, 2018. 53 p.

MCAVOY, G.; OZORES–HAMPTON, M. **Cultivar Selection in Tomato and Pepper Production**. 2017. Disponível em: <<https://edis.ifas.ufl.edu/in755>>. Acesso em 16 dez. 2020.

MELO, A. P. C. et al. Solanáceas em sistema orgânico no Brasil: tomate, batata e physalis. **Scientia Agropecuaria**, v. 8, n. 3, p. 279–290, 2017.

MELO, P. C. T. *Desenvolvimento tecnológico para o cultivo de tomateiro de mesa em condições agroecológicas e subtropicais*. Tese de livre docência – Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Piracicaba, 2017. 193 p.

MELO, P. C. T. et al. Desempenho de cultivares de tomateiro em sistema orgânico sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 553–559, 2009.

MORALES, R. G. F. et al. **Tomatorg: Sistema Orgânico de Produção de Tomates em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2019. 176p. (Epagri: Sistemas de produção 53).

MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A. Alteração de sabor e aroma em tomates causada por impacto. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 385–388, 2000.

NAKAMURA, T. et al. Protection of Kyo–yasai (heirloom vegetables in Kyoto) from extinction: a case of Sabaka–daikon (Japan's heirloom white radish, *Raphanus sativus*) in Maizuru, Japan. **Journal of Ethnic Foods**, v. 4, n. 2, p. 103–109, 2017.

NASS, L. L. et al. Genetic resources: the basis for sustainable and competitive plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, p. 75–86, 2012.

NODA, H.; PAHLEN, A. V.; SILVA FILHO, D. F. Avaliação da resistência de progênies de tomate à murcha bacteriana em solo naturalmente infestado por *Pseudomonas solanacearum*. **Revista Brasileira de Genética**, v. 9, n. 1, p. 55–66, 1986.

NÚCLEO ESTADUAL PARANÁ DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – SBSCS–NEPAR. **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. 1ª ed. Curitiba: SBSCS/NEPAR, 2017. 482 p.

O'CONNELL, S. et al. High Tunnel and Field Production of Organic Heirloom Tomatoes: Yield, Fruit Quality, Disease, and Microclimate. **HortScience**, v. 47, n. 9, p. 1283–1290, 2012.

OSEI, M. K. et al. **Genotypex environment interaction: A prerequisite for tomato variety development**. In: Recent Advances in Tomato Breeding and Production. IntechOpen, 2018.

PEDROSA, M. W. et al. **Desempenho de cultivares de tomate em sistema orgânico de produção**. Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura, Viçosa–MG, p. 5, 2011.

PEET, M. M.; WELLES, G. **Greenhouse tomato production**. In: Heuvelink, E. (Ed). Tomatoes (p. 257–304). Cambridge: CABI Publishing, 2005.

PEIGNÉ, J. et al. How organic farmers practice conservation agriculture in Europe. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 31, n. 1, p.72–85, 2016.

PEIXOTO, J. V. M. et al. Tomaticultura: aspectos morfológicos e propriedades físico–químicas do fruto. **Revista Científica Rural**, v. 19, n. 1, p.108–131, 2017.

PERALTA, I. E. et al. Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; Solanaceae). **The American Society of Plant Taxonomists**, v. 84, p. 1–186, 2008.

PEREIRA, P. S. et al. Economic injury levels and sequential sampling plans for *Frankliniella schultzei* in watermelon crops. **Pest management science**, v. 73, n. 7, p. 1438–1445, 2017.

PEREIRA, R. B.; DE CARVALHO, A. D. F.; PINHEIRO, J. B. Manejo da pinta preta: uma ameaça às lavouras de tomateiro a céu aberto. **Embrapa Hortaliças–Comunicado Técnico (INFOTECA–E)**, 2013.

PESSOA, H. B. S. V.; CARVALHO, S. I. C. **Multiplicação, caracterização e conservação de germoplasma de tomate (*Lycopersicon* spp) na Embrapa**

Hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1998. 5p. (Comunicado Técnico da Embrapa Hortaliças, 6).

PRATISSOLI, D; CARVALHO, J. R. DE. **Guia de campo: pragas da cultura do tomateiro**. Alegre: NUDEMAFI–UFES, 2015. 35p. (Série Técnica nº 1)

PRECZENHAK, A. P. *Diversidade genética estimada por meio de marcadores moleculares e morfoagronômicos em acessos de mini-tomate*. Dissertação (mestrado em agronomia – produção vegetal) – Unicentro: Guarapuava–PR, 2013. 65 p.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA – PBMH. **Normas de classificação do tomate**. São Paulo: Centro de Qualidade em Horticultura – CQH/CEAGESP, 2003. (Documentos, 26).

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2020.

RANA, N. et al. Tomato Fruit Quality under Protected Environment and Open Field Conditions. **International Journal of Bio-resource and Stress Management**, v. 5, n. 3, p. 422, 2014.

REGAZZI, A. J.; CRUZ, C. D. **Análise multivariada aplicada – edição revista e ampliada**. Viçosa: Editora UFV, 2020. 401p.

RHO, H. et al. Yields, Fruit Quality, and Water Use in a Jalapeno Pepper and Tomatoes under Open Field and High–tunnel Production Systems in the Texas High Plains. **HortScience**, v. 55, n. 10, p. 1632–1641, 2020.

ROCHA, M. C. et al. Descritores quantitativos na determinação da divergência genética entre acessos de tomateiro do grupo cereja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 664–670, 2008.

RODRIGUEZ, G. R. et al. Distribution of SUN, OVATE, LC, and FAS in the tomato germplasm and the relationship to fruit shape diversity. **Plant Physiology**, v. 156, p. 275–285, 2011.

ROGERS, M. A.; WSZELAKI, A. L. Influence of High Tunnel Production and Planting Date on Yield, Growth, and Early Blight Development on Organically Grown Heirloom and Hybrid Tomato. **HortTechnology**, v. 22, n. 4, p. 452–462, 2012.

ROSA, A. J. S. et al. Performance and selection of tomato cultivars for organic cultivation in greenhouse. **Revista Ceres**, v. 66, n. 2, p. 94–101, 2019.

SANTOS NETO, J. et al. Quality of tomato fruit grown under organic production and treated with by–products of lemon–grass. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 633–642, 2016.

- SARDARO, M. L. S. et al. Genetic characterization of Italian tomato varieties and their traceability in tomato food products. **Food Science and Nutrition**, v. 1, n.1, p. 54–62, 2013.
- SCHWARZ, K. et al. Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 410–418, 2013.
- SHIRAHIGE, F. H. *Produtividade e qualidade de híbridos de tomate (Solanum lycopersicum L.) dos segmentos Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos, em ambiente protegido*. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.
- SIM, S. C. et al. Population structure and genetic differentiation associated with breeding history and selection in tomato (*Solanum lycopersicum L.*). **Heredity**, v. 106, n. 6, p. 927–935, 2011.
- SOARES, B. B.; RANGEL, R. Aspectos industriais da cultura. *In*: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. (Eds.) **Produção de tomate para processamento industrial**. 1. ed. Brasília: Embrapa, v. 1, n.15, p.331-344, 2012.
- SOUSA, N.R. **Processos genético-evolutivos e os recursos fitogenéticos**. *In*: Sousa, N.R.; Souza, A.G.C. (Eds.) Recursos fitogenéticos na Amazônia Ocidental: Conservação, pesquisa e utilização. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus. p. 19–26, 2001.
- SOUZA, J. L. et al. **Variedade de tomate para sistema orgânico**. Incaper: Vitória–ES, 2015.
- SOUZA, J. L. **Sistema orgânico de produção de tomate**. *In*: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Tomate. 1ª ed. Vitória: Incaper, 2010.
- SPOONER, D.M. et al. Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [*Solanum L.* section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.]. **Taxon**, v. 54, n. 1, p. 43–61, 2005.
- TANKSLEY S.D.; MCCOUCH S.R. Seed banks and molecular maps: Unlocking genetic potential from the wild. **Science**, v. 277, n. 5329, p. 1063–1066, 1997.
- THAXTON, B. R.; HOCHMUTH, R. C. **Tomato Cultivar Selection Considerations for Open-Field and Protected Culture in North Florida**. 2018. Disponível em: <<https://edis.ifas.ufl.edu/hs1273>>. Acesso em 15 dez. 2020.
- THE 100 TOMATO GENOME SEQUENCING CONSORTIUM et al. Exploring genetic variation in the tomato (*Solanum section Lycopersicon*) clade by whole-genome sequencing. **The Plant Journal**, v. 80, n. 1, p. 136–148, 2014.

THE TOMATO GENOME CONSORTIUM. The tomato genome sequence provides insights into fleshy fruit evolution. **Nature**, v. 485, n. 7400, p. 635–641, 2012.

TOLEDO, D. S. et al. Production and quality of tomato fruits under organic management. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 253–257, 2011.

TORRICELLI R. et al. Performance and stability of homogeneous and heterogeneous broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) varieties in organic and low-input conditions. **Euphytica**, v.199, p.385–395, 2014.

VARGAS, T. O. et al. Diversidade genética em acessos de tomateiro heirloom. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 7, 2015.

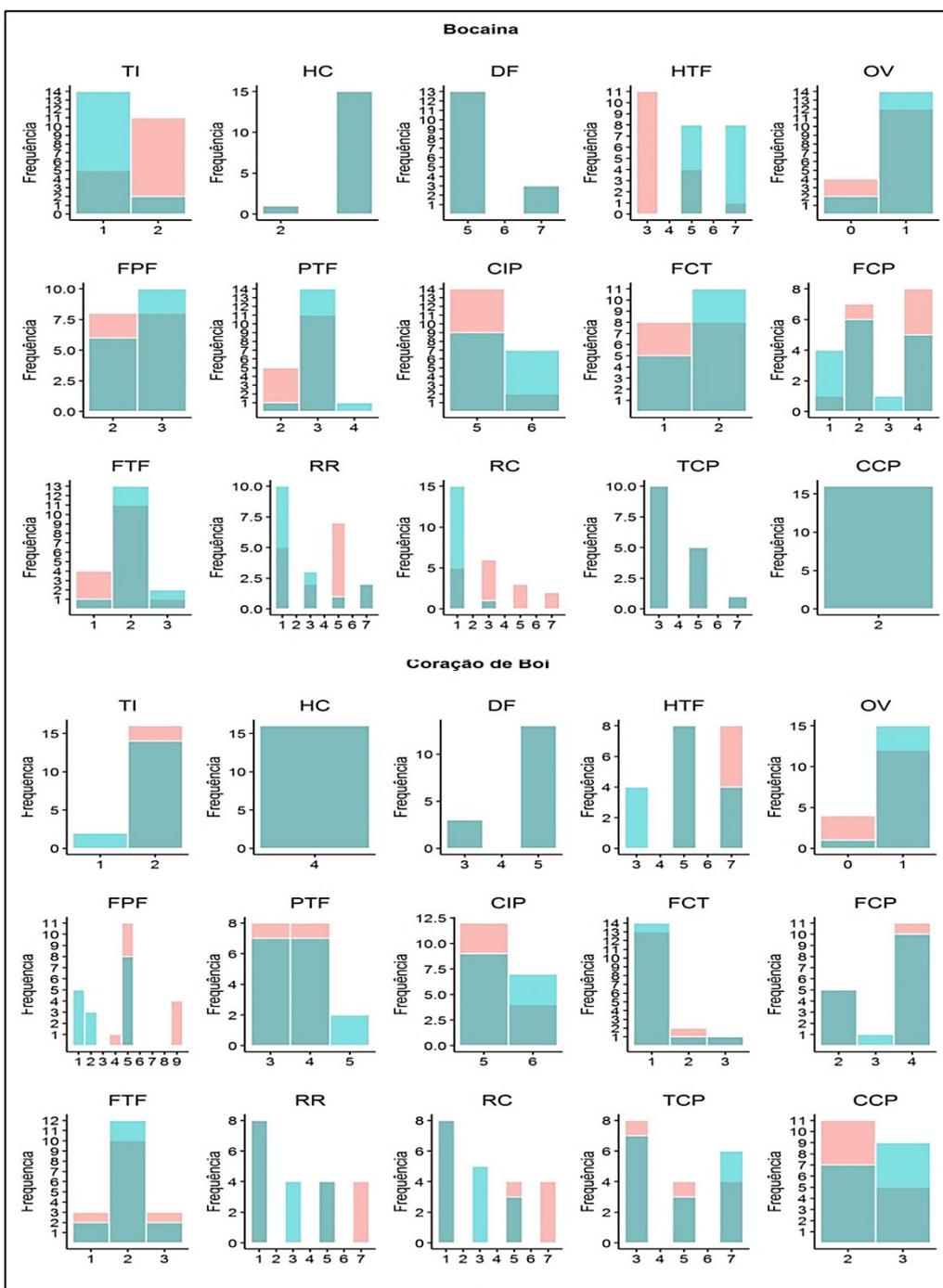
WEZEL A. et al. Agroecological practices for sustainable agriculture: A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p. 1–20, 2014.

YEBOAH, A. K. *A survey on post-harvest handling, preservation and processing methods of tomato (*Solanum lycopersicum*, L.) in the Dormaah and Tano South Districts of the Brong Ahafo Region of Ghana*. Tese de Doutorado (Escola de Pós-graduação Kwame Nkrumah) – Universidade de Ciência e Tecnologia Kumasi: Ghana, 2011. 108 p.

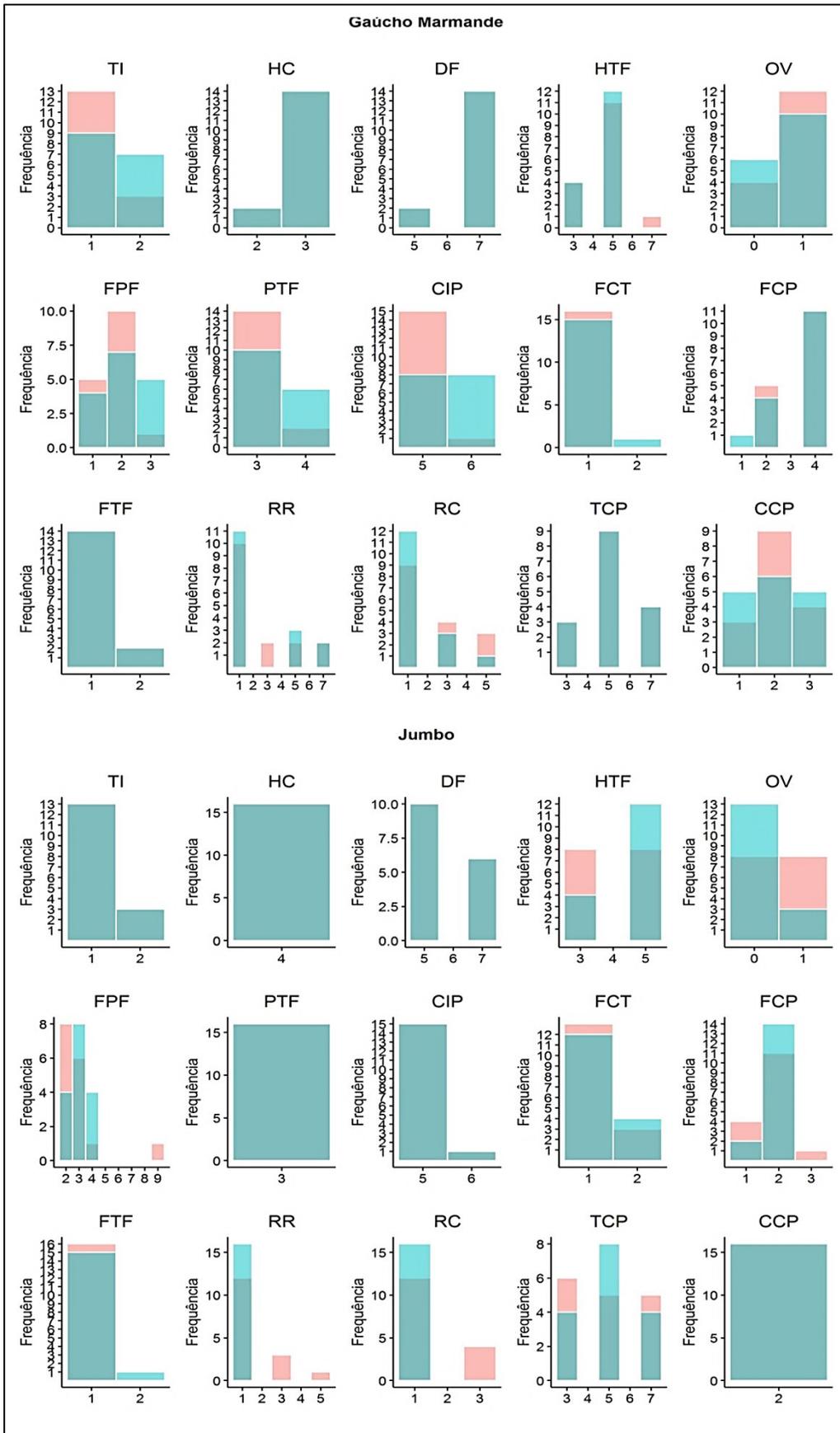
YESHIWAS, Y.; TOLESSA, K. Postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum*) varieties grown under greenhouse and open field conditions. **International Journal of Biotechnology and Molecular Biology Research**, v. 9, n. 1, p. 1–6, 2018.

APÊNDICES

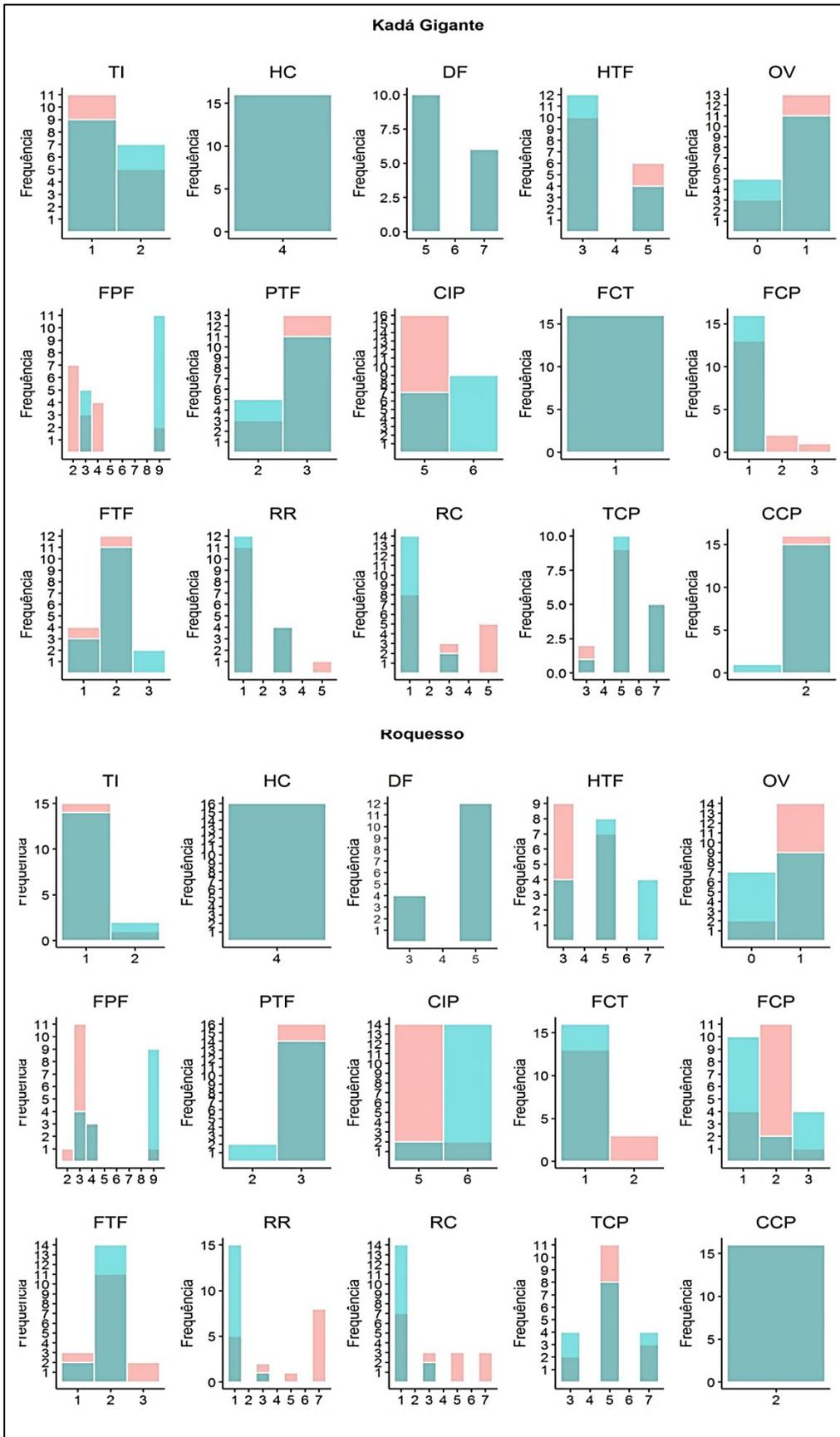
Apêndice 1 – Histogramas de distribuição de frequência de notas de 15 características qualitativas de planta e de fruto para nove variedades de tomateiro cultivadas estufa (ES) e campo aberto (CA). UTFPR, Pato Branco, 2020.



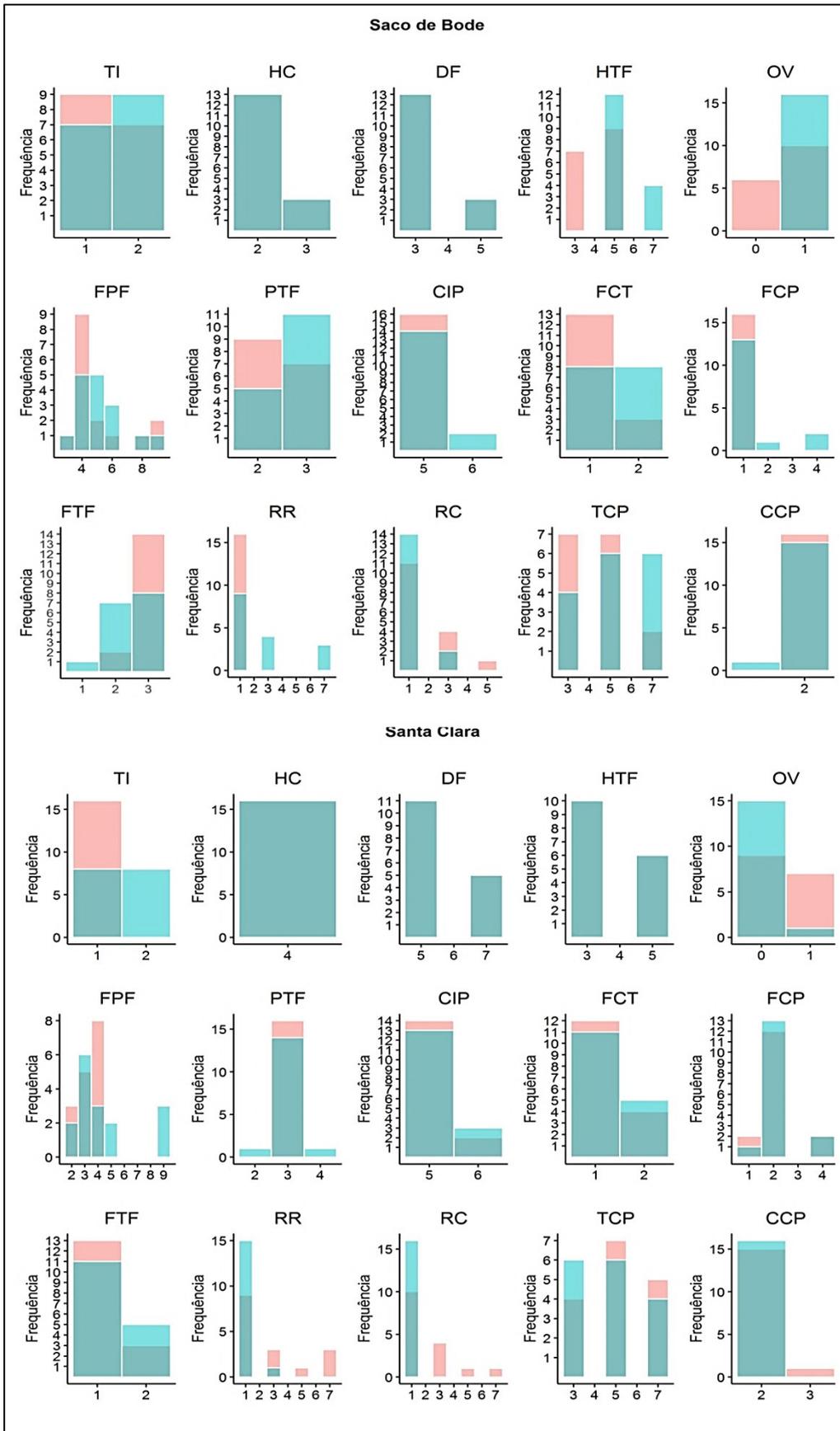
OBS: azul claro: estufa; rosa: campo aberto; azul marinho: sobreposição.



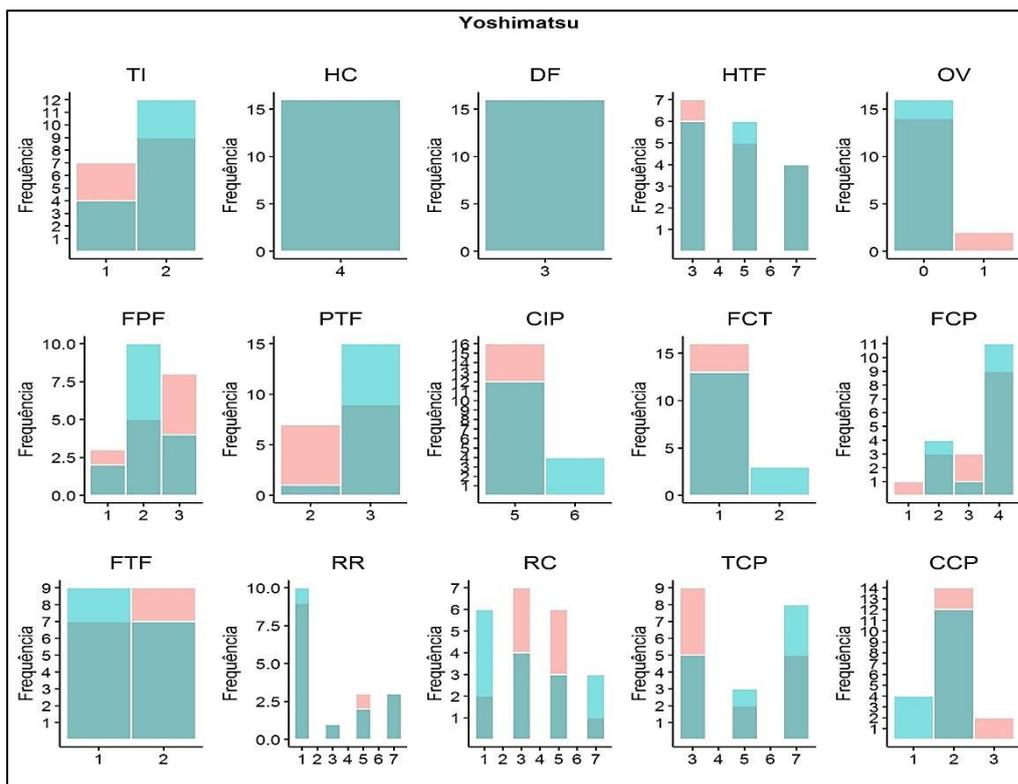
OBS: azul claro: estufa; rosa: campo aberto; azul marinho: sobreposição.



OBS: azul claro: estufa; rosa: campo aberto; azul marinho: sobreposição.



OBS: azul claro: estufa; rosa: campo aberto; azul marinho: sobreposição.



OBS: azul claro: estufa; rosa: campo aberto; azul marinho: sobreposição.

Apêndice 2 – Biplot de associação de variedades de tomateiro cultivadas em estufa (ES) e campo aberto (CA) com base em características quantitativas e qualitativas gerais. UTFPR, Pato Branco, 2020. ES: estufa; CA: campo aberto.

