

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**JESSICA CARDOSO**

**OBTENÇÃO E SELEÇÃO DE LINHAGENS DE TOMATEIRO SOB SISTEMA  
ORGÂNICO DE PRODUÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2023**

**JESSICA CARDOSO**

**OBTENÇÃO E SELEÇÃO DE LINHAGENS DE TOMATEIRO SOB SISTEMA  
ORGÂNICO DE PRODUÇÃO**

**Obtainment and selection of tomato lineages under organic production system**

Trabalho de conclusão de curso de Tese apresentada como requisito para obtenção do título de Doutor em agronomia/Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Thiago de Oliveira Vargas.

Coorientador(a): Taciane Finatto.

**PATO BRANCO**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



JESSICA CARDOSO

**OBTENÇÃO E SELEÇÃO DE LINHAGENS DE TOMATEIRO SOB SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO**

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

Data de aprovação: 31 de Março de 2023

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

Dr. Antonio Carlos De Souza Abboud, Doutorado - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Ufrjr)

Dr. Giovani Olegario Da Silva, Doutorado - Embrapa

Dr. Joel Donazzolo, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Paulo Henrique De Oliveira, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 03/04/2023.

Dedico este trabalho à minha família.



## **AGRADECIMENTOS**

Meus sinceros agradecimentos ao meu marido Tiago Cavalcante Cardoso, minha irmã Heloísa Cardoso, meus pais Luiz Carlos Cardoso e Juciara Soletti Cardoso que me ajudaram no decorrer das atividades desenvolvidas no presente estudo, sem o apoio de vocês não seria possível concluir esse trabalho.

Agradeço ao meu orientador Prof. Thiago de Oliveira Vargas e a minha coorientadora Prof(a) Taciane Finatto por todo apoio e incentivo para realização da presente pesquisa.

Aos meus colegas e amigos, em especial Silmara Pietrobelli, Bruna Carlim da Gama, Victoria de Mattos e Matheus Hermann dos Santos pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

Ao LABSOLOS da UTFPR Campus-Pato Branco pelo auxílio na construção do conhecimento e nas análises efetuadas para esse trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos meus sinceros agradecimentos.

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos  
não é senão uma gota de água no mar. Mas o  
mar seria menor se lhe faltasse uma gota.  
(Madre Teresa de Calcutá)

## RESUMO

O uso de variedades não híbridas nos sistemas orgânicos de produção é uma alternativa promissora para reduzir custos para o produtor e permitir maior autonomia na produção de sementes, contribuindo para sustentabilidade social e econômica. Essas variedades, diferentemente do que ocorre com os híbridos, são passíveis de (re)produção on farm e não perdem o vigor com o passar dos ciclos produtivos, permitindo a manutenção das sementes sem a necessidade de compra a cada temporada. O objetivo do presente estudo foi obter e selecionar linhagens de tomateiro com potencial para originar variedades não híbridas aptas ao sistema de produção orgânica, estimar parâmetros genéticos e predizer o valor genético de linhagens e indivíduos oriundos de populações segregantes. Foram avaliadas características agromorfológicas, fisiológicas e de desempenho produtivo em gerações F3 e F6 de tomateiro obtidas através do método “descendência por semente única” para a seleção de linhagens mais promissoras. As gerações foram conduzidas a campo sob manejo orgânico de produção, sendo realizadas as análises das características e a seleção das linhagens através do uso da metodologia de modelos mistos REML/BLUP. Além disso, foi desenvolvida em F6 uma análise de correlação de Spearman para determinar a possibilidade de seleção indireta de características. As linhagens precoces avaliadas no presente estudo apresentaram baixa variância aditiva e alta influência ambiental para todas as características avaliadas o que inviabilizou a seleção para essas variáveis nas condições do presente estudo. As linhagens F6 estudadas apresentaram herdabilidades de parcelas individuais no sentido amplo intermediárias e as herdabilidades médias de genótipo altas para as características físico-químicas avaliadas. Já as características morfoagronômicas avaliadas apresentaram herdabilidades altas, enquanto as herdabilidades para as características de desempenho agrônomo foram baixas para a maioria das variáveis, com exceção do número de frutos comerciais e peso comercial. Para a geração F6, considerando as variáveis físico-químicas, as linhagens 2 e 3 seriam as mais aceitas comercialmente, com médias de 14,15 e 13,92 para a relação sólidos solúveis/acidez titulável e 4,49 e 3,93 °Brix para os sólidos solúveis. A produção por planta foi aceitável para todas as linhagens avaliadas, com médias acima de 2kg por planta. No entanto, as linhagens 9, 8, 3, 7 e 2 foram destaques, apresentando médias de produção comercial acima de 2,74 kg/planta e 14,7 frutos/planta. Foram encontradas correlações significativas entre variáveis com altas e baixas herdabilidades, o que possibilita selecionar características indiretamente, com destaque para o peso comercial, que apresentou correlação alta e positiva com número de frutos totais, peso total e número de frutos não comerciais e para o número de lóculos que apresentou correlação significativa com a acidez titulável. O presente estudo permitiu selecionar linhagens promissoras para o subsequente desenvolvimento de variedades adaptadas ao sistema orgânico de cultivo, com destaque para as linhagens 2 e 3 que apresentaram características físico-químicas superiores aliadas a uma boa capacidade produtiva.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; agricultura familiar; agroecologia; single seed descent; agricultura orgânica; melhoramento genético.



## ABSTRACT

Using non-hybrid varieties in organic production systems is a promising alternative to reduce costs for the producer and allow greater autonomy in seed production, contributing to social and economic sustainability. Unlike hybrids, these varieties are reproducible and do not lose vigor over the course of production cycles, allowing the maintenance of seeds without the need to buy each season. The objective of the present study was to obtain and select tomato lines with the potential to originate non-hybrid varieties suitable for the organic production system, estimate genetic parameters and predict the genetic value of lines and individuals from segregating populations. Agromorphological, physiological, and productive performance characteristics were evaluated in F3 and F6 tomato generations obtained through the "single seed descent" method to select the most promising lines. The generations were carried out in the field under organic production management, with analyzes of the characteristics and selection of the lines using the methodology of mixed models ("restricted maximum likelihood"/"best linear unbiased prediction", REML/BLUP). Furthermore, a Spearman correlation analysis was developed in F6 to determine the possibility of indirect feature selection. The early strains evaluated in the present study showed low additive variance and strong environmental influence for all evaluated characteristics, which made the selection for these variables unfeasible under the conditions of the present study. The F6 lines studied showed intermediate individual plot heritabilities in the broad sense and high average genotype heritabilities for the physicochemical traits evaluated. The morpho-agronomic traits evaluated showed high heritabilities, while the heritabilities for the agronomic performance traits were low for most variables, except the number of marketable fruits and marketable weight. For the F6 generation, considering the physicochemical variable, strains 2 and 3 would be the most commercially accepted, with averages of 14.15 and 13.92 for the soluble solids/titrable acidity ratio and 4.49 and 3.93 °Brix for soluble solids. Production per plant was acceptable for all evaluated strains, with averages above 2 kg per plant. However, lines 9, 8, 3, 7 and 2 were the highlights, with commercial production averages above 2.74 kg/plant and 14.7 fruits/plant. Significant correlations were found between variables with high and low heritabilities, which makes it possible to select characteristics indirectly, with emphasis on commercial weight, which showed a high and positive correlation with the number of total fruits, total weight, and the number of non-commercial fruits and for the number of locules that presented significant correlation with the titratable acidity. The present study made it possible to select promising lines for the subsequent development of varieties adapted to the organic cultivation system, emphasizing lines 2 and 3, which presented superior physical-chemical characteristics combined with good production capacity.

Keywords: *Solanum Lycopersicum*; family farming; agroecology; single seed descent; organic agriculture; genetic improvement.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1. Obtenção da geração F3 de plantas de tomate .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 2. Níveis de rachaduras radiais e concêntricas em frutos de tomate. Frutos a, b, c, d são referentes aos níveis de rachaduras radiais, com notas 1,3,5,7 respectivamente; Frutos e, f, g, h são referentes aos níveis de rachaduras concêntricas, com notas 1,3,5,7 respectivamente. ....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 3. Avanço de gerações de F4 até F6 pelo método SSD em plantas de tomate. ....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 4. Tomates com diferentes colorações. a) tomate de cor amarela (nota 2), b) tomate de cor alaranjada (nota 3), c) tomate de coloração vermelho (nota 5). ....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 5. Frutos de tomate de diferentes formatos. a) achatado (nota 1), b) ligeiramente achatado (nota 2), c) arredondado (nota 3), d) altamente arredondado (nota 4), e) formato de coração (nota 5), f) cilíndrico (nota 6) e g) piriforme (nota 7).....</b>	<b>53</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características dos parentais utilizados para originar as populações. Pato Branco, UTFPR, 2023. ....	37
Tabela 2. Estimativas das variâncias genotípica ( $V_g$ ), ambientais ( $V_e$ ), fenotípicas ( $V_f$ ), herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo ( $h^2_g$ ), herdabilidade da média de genótipo ( $h^2_{ml}$ ), acurácia da seleção de linhagens ( $A_{clinh}$ ), coeficiente de variação genotípica ( $CV_{gi}\%$ ), coeficiente de variação residual ( $CV_e\%$ ) para os caracteres físico-químicos em linhagens de tomate..	56
Tabela 3. Valores genotípicos e de ganho genético para a variável sólidos solúveis (SS).....	58
Tabela 4. Valores genotípicos e de ganho genético para a variável acidez titulável (AT).....	59
Tabela 5. Valores genotípicos e de ganho genético para a relação Sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT).....	60
Tabela 6. Valores genotípicos e de ganho genético para pH. ....	61
Tabela 7. Valores genotípicos e de ganho genético para cor ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) em frutos de tomate. ....	61
Tabela 8. Valores genotípicos e de ganho genético para a firmeza dos frutos (FM).....	63
Tabela 9. Estimativas das variâncias genotípica ( $V_g$ ), ambientais ( $V_e$ ), fenotípicas ( $V_f$ ), herdabilidade no sentido amplo ( $h^2_a$ ), herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo ( $h^2_g$ ), herdabilidade da média de linhagens ( $h^2_{ml}$ ), acurácia da seleção de linhagens ( $A_{clinh}$ ). ....	64
Tabela 10. Valores genotípicos e de ganho genético para o peso médio dos frutos (PM). ....	65
Tabela 11. Valores genotípicos e de ganho genético para o comprimento médio dos frutos (CM) e largura média dos frutos (LM). ....	66
Tabela 12. Valores genotípicos e de ganho genético para o número de lóculos em frutos de tomate (NL).....	67
Tabela 13. Valores genotípicos e de ganho genético para o ciclo até o amadurecimento dos frutos (DAA). ....	70

<b>Tabela 14. Valores genotípicos e de ganho genético para o CE (comprimento do entrenó).....</b>	<b>71</b>
<b>Tabela 15. Estimativas das variâncias genotípica (<math>V_g</math>), ambientais (<math>V_e</math>), fenotípicas (<math>V_f</math>), herdabilidade no sentido amplo (<math>h^2_a</math>), herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo (<math>h^2_g</math>), herdabilidade da média de linhagens (<math>h^2_{ml}</math>), acurácia da seleção de linhagens (<math>A_{clinh}</math>), coeficiente de variação genotípica (<math>CV_{gi}\%</math>), coeficiente de variação residual (<math>CV_e\%</math>) para as características de desempenho agrônômico dos frutos em linhagens de tomate.....</b>	<b>72</b>
<b>Tabela 16. Valores genotípicos e de ganho genético para o número de frutos comerciais (NFC).....</b>	<b>73</b>
<b>Tabela 17. Valores genotípicos e de ganho genético para o peso comercial (PC). .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabela 18. Valores genotípicos e de ganho genético para o peso não comercial (PNC). .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabela 19. Valores genotípicos e de ganho genético para o número de frutos totais (NFT). .....</b>	<b>75</b>
<b>Tabela 20. Valores genotípicos e de ganho genético para a produção total (PT). .....</b>	<b>75</b>
<b>Tabela 21. Valores genotípicos e de ganho genético para a incidência de vírus vira cabeça em tomateiro (TSWV).....</b>	<b>77</b>
<b>Tabela 22. Correlação de Spearman para as variáveis estudadas em tomate... .....</b>	<b>79</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACOV	Área coberta pelo ombro verde
AP	Abscisão do pedúnculo
ATT	Acidez titulável
BF	Presença de bolhas nas folhas
CE	Comprimento do entrenó
Cfa	Clima subtropical
CFL	Coloração da flor
CZP	Costelamento na zona peduncular
D/C	Razão diâmetro/comprimento dos frutos
DF	Densidade da folhagem
DLF	Divisão do limbo da folha
Dr.	Doctor
Dra.	Doutora
DXP	Depressão na zona peduncular
EP	Espessura do pericarpo
Et al.	E colaboradores
FAO	Food and Agriculture Organization
FCTF	Forma do corte transversal do fruto
FEP	Forma da extremidade pistilar
FPF	Forma predominante do fruto
FPFI	Fasciação na primeira flor da inflorescência
HC	Hábito de crescimento
ICOV	Intensidade da coloração verde do ombro
IFOM	International Federation of Organic Agriculture Movements
IPGRI	International plant genetic resources institute
IVF	Intensidade do verde das folhas
LF	Largura da folha
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NDAM	Número de dias até a maturação
NFI	Número de flores por inflorescência
NL	Número de lóculos
NTF	Número total de frutos
OVAM	Ombro verde antes da maturação
PAHP	Pigmentação antociânica no hipocótilo de plântulas
PATH	Pigmentação antociânica no terço superior das hastes
pH	Potencial hidrogeniônico
PMF	Peso médio de frutos
Prof.	Professor
Profa.	Professora
PTF	Peso total de frutos
PTMP	Posição da folha no terço médio das plantas
S	Sul
SS	Sólidos solúveis
SSD	Single seed descent
TCP	Tamanho da cicatriz peduncular
TF	Tamanho do fruto
TF	Tipo da folha

TINF	Tipo de inflorescência
TMST	Tamanho do miolo em seção transversal
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
W	Oeste
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Coef.	Coeficiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Normas Brasileiras
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetros
m	Metros
N	Newton
kg	Quilogramas
mm	Milímetros
t	Tonelada
g	Gramas
ha	Hectare
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
T	Temperatura
V	Volume
P	Pressão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 Tomateiro</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2 Agricultura orgânica</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3 Melhoramento genético de tomateiro visando sistema orgânico de produção</b> .....	<b>20</b>
<b>2.4 Biologia reprodutiva do tomateiro</b> .....	<b>24</b>
<b>2.5 Tomate variedade</b> .....	<b>26</b>
<b>2.6 Parâmetros genéticos</b> .....	<b>28</b>
<b>2.7 Características físico-químicas do tomate</b> .....	<b>31</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>36</b>
<b>3.1 Análise de desempenho das gerações F3</b> .....	<b>36</b>
3.1.1 Local de execução .....	<b>36</b>
3.1.2 Descrição dos parentais e origem das F3 .....	<b>36</b>
3.1.3 Manejo e controle fitossanitário das gerações F3 .....	<b>38</b>
3.1.4 Avaliações físico-químicas .....	<b>40</b>
3.1.5 Avaliações de caracteres agromorfológicos .....	<b>41</b>
3.1.6 Avaliações de desempenho agrônômico.....	<b>42</b>
3.1.7 Avaliações de pragas e doenças.....	<b>43</b>
3.1.8 Análises estatísticas e parâmetros genéticos.....	<b>43</b>
<b>3.2 Avanço de gerações F3 até F6</b> .....	<b>44</b>
<b>3.3 Análise de desempenho das linhagens F6</b> .....	<b>45</b>
3.3.1 Manejo e controle fitossanitário das gerações F6 .....	<b>45</b>
3.3.2 Avaliações físico-químicas.....	<b>46</b>
3.3.3 Avaliações de caracteres agromorfológicos .....	<b>46</b>
3.3.4 Avaliações de desempenho agrônômico .....	<b>47</b>
3.3.5 Avaliações de fitossanidade .....	<b>47</b>
3.3.6 Análises estatísticas e parâmetros genéticos.....	<b>47</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>49</b>
<b>4.1 Gerações F3</b> .....	<b>49</b>
4.1.1 Avaliações de características físico-químicas .....	<b>49</b>
4.1.2 Avaliações de características agromorfológicas .....	<b>51</b>
4.1.3 Avaliações de desempenho agrônômico .....	<b>54</b>



4.1.4 Avaliações de fitossanidade .....	55
<b>4.2 Gerações F6 .....</b>	<b>56</b>
4.2.1 Avaliações de características físico-químicas .....	56
4.2.2 Avaliações de caracteres agromorfológicos .....	64
4.2.3 Avaliações de desempenho agrônômico .....	72
4.2.4 Avaliações de fitossanidade .....	76
4.2.5 Correlação entre caracteres .....	77
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>81</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE A - Variação de formatos e cores de frutos de tomate na geração F3.....</b>	<b>93</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças comercialmente mais importantes do mundo (PADMANABHAN; CHEEMA; PALIYATH, 2016; SALIM et al., 2018; YAMAMOTO et al., 2018). No Brasil, a sua produção foi estimada em 3.679.160 toneladas no ano de 2021, sendo o rendimento por hectare de aproximadamente 70.879 kg e uma área de produção de 51.907 hectares (FAOSTAT, 2021).

Além da importância econômica, o tomate também contém compostos bioativos importantes para a saúde humana, a exemplo os carotenoides, que funcionam como antioxidantes contra o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, degeneração muscular, entre outras (FLORES et al., 2017). Os seus benefícios à saúde humana e sua crescente demanda nas últimas décadas evidenciam a importância da cultura (ADALID; ROSELLÓ; NUEZ, 2010; COLLINS et al., 2022).

As variedades híbridas dominam o mercado de semente de hortaliças devido a seu maior vigor, uniformidade em tamanho e formato de frutos, produtividade e tolerância a fatores bióticos e abióticos (COLOMBO; GALMARINI, 2017). No caso do tomateiro a maior parte das sementes disponíveis no mercado é constituída por híbridos F1, que protegem os investimentos das empresas e são desenvolvidas para sistemas de produção que demandam elevada quantidade de insumos externos, situação amplamente verificada nos sistemas de cultivo convencionais (BOYHAN et al., 2014; RONGA et al., 2015).

As variedades “heirlooms” ou aquelas consideradas não híbridas, por outro lado, são mais heterogêneas e geralmente são selecionadas visando estabilidade produtiva nos ambientes agrícolas, sendo essa característica importante considerando-se a flutuação ambiental, principalmente em produções orgânicas, onde é necessário variedades com estabilidade e adaptadas às condições da região (MCCOUCH, 2004; VAN BUEREN et al., 2018; EBER, 2020). Além disso, Embora os híbridos sejam geralmente mais resistentes a doenças, as variedades não híbridas tendem a exigir uma menor quantidade de fertilizantes e agroquímicos para alcançar um bom desenvolvimento e produção, a partir de menor demanda nutricional e melhor adaptação a diferentes condições climáticas, o que reduz os custos de produção,

possibilitando maiores oportunidades de investimento na propriedade (DIAS, 2010; WALTERS, 2016).

Embora as empresas desenvolvam híbridos para a exploração de heterose e a combinação de resistência a estresses bióticos e abióticos. Elas também apresentam interesse econômico, garantindo a compra de sementes pelos agricultores a cada ciclo, já que diferentemente das sementes de variedades não híbridas, essas perdem o vigor e uniformidade se obtidas e semeadas em plantios posteriores (DIAS, 2010; COLOMBO; GALMARINI, 2017).

As sementes desempenham um papel central nos sistemas produtivos, sociais e culturais das comunidades agrícolas, especialmente para os agricultores familiares. Além de serem a base dos sistemas produtivos, as sementes desempenham um papel fundamental na promoção da autonomia dessas comunidades e na resistência contra o controle imposto por grandes corporações no mercado agrícola (LA VIA CAMPESINA; GRAIN, 2015).

Socialmente, as sementes permitem que as populações rurais mantenham sua independência, preservem seus conhecimentos tradicionais e tenham o controle sobre suas próprias práticas agrícolas. Culturalmente, as sementes representam a diversidade e a identidade das comunidades, preservando a biodiversidade agrícola e as tradições agrícolas transmitidas ao longo das gerações. Ao valorizarem suas próprias sementes, as comunidades rurais se recusam a serem controladas pelo sistema imposto pelas grandes corporações, defendendo assim sua autonomia e contribuindo para a preservação da agricultura familiar (LA VIA CAMPESINA; GRAIN, 2015).

As sementes são o alicerce da produção agrícola, sendo um entendimento básico da maioria das comunidades rurais a manutenção, compartilhamento e armazenamento dessas sementes. A troca de sementes entre comunidades permitiu que as lavouras se adaptassem a diferentes condições climáticas, sendo essa característica essencial para que a agricultura se espalhasse e alimentasse o mundo com uma dieta variada (LA VIA CAMPESINA; GRAIN, 2015).

A exigência de sementes orgânicas é um aspecto relevante a ser considerado em relação à produção agrícola. Atualmente, apesar de algumas variedades estarem disponíveis no mercado, é importante ressaltar que essas sementes foram predominantemente desenvolvidas para o sistema convencional de produção. Isso resulta em desafios para os agricultores que adotam o sistema orgânico, uma vez que

eles enfrentam restrições na oferta de sementes específicas para suas necessidades (BOYHAN et al., 2014; RONGA et al., 2015). Como consequência, esses agricultores enfrentam custos elevados na aquisição de sementes adequadas, tornando-se dependentes do mercado e comprometendo sua autonomia no sistema de produção (DIAS, 2010; WALTERS, 2016). Portanto, é fundamental explorar estratégias que permitam o desenvolvimento e a disponibilidade de sementes orgânicas adaptadas, a fim de atender às demandas dos agricultores engajados nesse sistema agrícola sustentável.

Existem normas e leis que regulamentam o uso de sementes orgânicas no Brasil. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é o órgão responsável por estabelecer e fiscalizar essas regulamentações. Uma das normas que impacta a produção de sementes orgânicas no Brasil é a Instrução Normativa nº 46/2011, que estabelece os critérios para produção, certificação e comercialização de sementes e mudas orgânicas. Essa normativa determina que as sementes devem ser produzidas exclusivamente por meios orgânicos e que os processos de certificação devem ser realizados por organismos credenciados pelo MAPA.

O uso de sementes convencionais é permitido em sistemas orgânicos, desde que sejam isentas de agrotóxicos e produzidas sem a utilização de transgênicos. Essa flexibilização nas normas ocorreu no ano de 2014, pois constatou-se que não havia oferta suficiente dessas sementes para atender à demanda nacional. No entanto, o uso de sementes convencionais em sistemas orgânicos pode ser limitado pela dificuldade em obter sementes que atendam aos critérios de qualidade exigidos para produção orgânica, o que leva a crer, que um impedimento legal no uso dessas sementes em sistemas orgânicos venha a ocorrer nos próximos anos.

Ainda, uma agricultura orgânica realizada com base nos princípios da agroecologia valoriza os recursos genéticos, ou seja, a diversidade de plantas e sementes existentes, e busca promover a autonomia das famílias agricultoras na produção de seus próprios insumos agrícolas, incluindo sementes (NUIJTEN; MESSMER; VAN BUEREN, 2017). Ao utilizarem sementes orgânicas, os agricultores desempenham um papel crucial na preservação e valorização dos recursos genéticos. Essa prática permite a continuidade do cultivo e uso de variedades locais e tradicionais de plantas, contribuindo para a preservação da biodiversidade e da cultura local. É importante ressaltar que o foco principal da agricultura orgânica está na conservação da diversidade genética das variedades tradicionais e locais, que possuem um valor

cultural, histórico e adaptativo significativo para as comunidades agrícolas. Embora as sementes orgânicas híbridas possam ser utilizadas em sistemas orgânicos, é importante destacar que o enfoque principal da conservação recai sobre as variedades tradicionais e locais, que desempenham um papel fundamental na promoção de uma agricultura mais sustentável e resiliente a longo prazo.

O objetivo do presente estudo foi obter e selecionar linhagens de tomateiro com potencial para uso em sistemas de produção orgânica, com o intuito de atender uma demanda imposta pelos agricultores orgânicos da região sudoeste do Paraná. Os objetivos específicos foram estimar os parâmetros genéticos e o valor genético de populações e indivíduos oriundos dessas populações, com o uso da metodologia de modelos mistos, a partir de caracteres agrônômicos e de qualidade de fruto. Além disso, na geração F6, selecionar as melhores linhagens com base nos caracteres de qualidade de frutos e resistência a fatores bióticos e abióticos e verificar a possibilidade de realizar seleção indireta de caracteres correlacionados por meio da correlação de Spearman.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Tomateiro

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) tem origem na região andina, contemplando a região do Equador e porções do Peru e do Chile (CHETELAT et al., 2009). Embora o local de domesticação da cultura ainda seja frequentemente debatido na literatura, a teoria mais aceita é que esse processo ocorreu em duas etapas, iniciando na região andina e sendo finalizado na Mesoamérica (BLANCA et al., 2012; D'ANGELO et al., 2018). Em meados do século XVI, os tomates foram sendo introduzidos na Europa, com a posterior exportação para as demais regiões do mundo (BLANCA et al., 2012; D'ANGELO et al., 2018).

O tomateiro é uma das olerícolas comercialmente mais importantes do mundo (PADMANABHAN; CHEEMA; PALIYATH, 2016; SALIM et al., 2018; YAMAMOTO et al., 2018). Isso porque, nutricionalmente o tomate auxilia na disponibilidade de nutrientes e vem sendo inserido com grande frequência nas dietas atualmente, devido à oferta de produtos frescos e processados no mercado e sua popularidade no consumo (BREKSA et al., 2015). Além disso, a preocupação com a saúde humana vem crescendo nos últimos anos, estando esse fator intimamente relacionado ao consumo de vegetais, o que aumenta a demanda por esses produtos (COLOMBO; GALMARINI, 2017).

Além do aspecto nutricional, tem destaque o fator econômico, onde a produção de tomates no Brasil foi estimada em 3.679.160 toneladas no ano de 2021, sendo o rendimento por hectare de aproximadamente 70.879,8 kg e uma área de produção de 51.907 hectares (FAOSTAT, 2021). Os estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Bahia, Paraná e Santa Catarina são os principais produtores de tomate destinados ao mercado in natura, enquanto Goiás tem destaque para o tomate de segmento industrial (CONAB, 2019).

Apesar desse cenário, a produção da cultura vem sofrendo quedas nos últimos anos. Embora o tomate frequentemente possibilite rentabilidade para o agricultor, os preços obtidos pelo produto atualmente são instáveis, oscilando conforme a produção e a oferta, especialmente ocasionadas pelas mudanças climáticas cada vez mais frequentemente observadas (CONAB, 2019). Além disso, o tomateiro é afetado por várias doenças e pragas durante seu desenvolvimento. As

quais normalmente são afetadas pelo ambiente, variedades, cultivo e manejo, de modo, que os tipos de doenças encontradas variam conforme esses fatores, dificultando a manutenção da sustentabilidade e rentabilidade do sistema produtivo (LIU; WANG, 2020).

Desse modo, a utilização de variedades resilientes de tomate, capazes de lidar com desafios climáticos, estresses abióticos e pressão de pragas e doenças, é uma alternativa promissora para melhorar a segurança alimentar e a permanência dos agricultores em suas áreas de produção. Essas variedades apresentam resistência a doenças específicas, tolerância a condições estressantes e eficiência no uso de recursos. Ao adotar essas variedades, os agricultores reduzem sua dependência de insumos externos e estão mais preparados para enfrentar os desafios climáticos em constante mudança, garantindo uma produção estável e de qualidade. Isso fortalece a capacidade dos agricultores de se manterem em suas áreas de produção e sustentarem suas atividades agrícolas a longo prazo (CAMPANELLI et al., 2019; EBERT, 2020).

## **2.2 Agricultura orgânica**

Durante as últimas décadas, houve um aumento de aproximadamente 60% na produção per capita de hortaliças em nível global em comparação com a década anterior (2001-2010) (PARAJULI; THOMA; MATLOCK, 2019). A necessidade de aumentar o rendimento das culturas para atender essa crescente demanda pelos produtos no mercado consumidor levou à utilização exacerbada de recursos renováveis e não renováveis (TSVETKOV et al., 2018).

A agricultura convencional, embora possibilite um crescimento significativo no rendimento por hectare das culturas, pertence aos padrões da Revolução Verde (TSVETKOV et al., 2018). Esse modelo de agricultura baseia-se em pacotes de produção padronizados, que visam maximizar ganhos com o aumento de produtividade, implementando o uso intensivo de defensivos químicos e sementes geneticamente modificadas (CANDIOTTO, 2018).

Isso gera uma série de preocupações relacionadas ao bem estar da população e dos efeitos a curto e longo prazo na natureza, sendo necessária a utilização de métodos mais sustentáveis de cultivo, preconizando a melhoria da

produtividade com menores efeitos negativos ao ambiente e aos seres humanos (TSVETKOV et al., 2018).

A agricultura orgânica pode ser considerada um modelo agrícola sustentável (CAMPANELLI et al., 2015; TSVETKOV et al., 2018). Esse sistema de produção trabalha com a natureza, imitando seus ecossistemas para o controle fitossanitário e suprimento de nutrientes, sem a utilização de agrotóxicos (ANDERSEN et al., 2015). Por esse motivo, os produtos frequentemente utilizados na agricultura convencional são proibidos ou limitados nesse sistema (ANDERSEN et al., 2015).

A prática da agricultura orgânica está ganhando cada vez mais espaço na indústria global (FROEHLICH; MELO; SAMPAIO, 2018). A União Europeia, por exemplo, apresentou um crescimento rápido no setor biológico nos últimos anos (POPA et al., 2018; SUCIU; FERRARI; TREVISAN, 2019). Segundo Tsvetkov et al. (2018), a Comissão Europeia exigiu das autoridades governamentais de países membros, mudanças nos hábitos referentes à qualidade de vida e a preservação da natureza, através da promulgação de regulamentos e diretrizes.

Esses avanços na produção de alimentos orgânicos incentivados pela União Europeia ocorreram em resposta às políticas e às demandas dos consumidores por produtos de alto padrão de qualidade e que visem práticas menos danosas ao meio ambiente (POPA et al., 2018). Recentemente, o movimento orgânico tem trabalhado para modificar os sistemas agrícolas, tornando-os mais justos, saudáveis e comprometidos na manutenção do meio ambiente (POPA et al., 2018).

No Brasil, embora o interesse por sistemas mais sustentáveis de cultivo venham crescendo nos últimos anos, o recurso destinado para as políticas públicas que visem esses sistemas é muito menor se comparados à agricultura convencional. Assim, o governo brasileiro ainda tem como prioridade o agronegócio, enfatizando o uso de produtos químicos e organismos geneticamente modificados (OGMs) (CANDIOTTO, 2018).

Para reduzir os impactos causados pela falta de incentivo à produção orgânica, é indispensável utilizar práticas que possam auxiliar na oferta de produtos e ao mesmo tempo proteger o meio ambiente (CRESPO-HERRERA; ORTIZ, 2015). Dentre essas práticas a utilização de linhagens melhoradas tem destaque, podendo auxiliar no controle de danos bióticos e abióticos e melhorar a eficiência na utilização de recursos, reduzindo os riscos ao meio ambiente (TSVETKOV et al., 2018).



A falta de sementes orgânicas no Brasil é um problema a ser enfrentado. No ano de 2013, o governo brasileiro exigiu que os cultivos de áreas orgânicas fossem realizados exclusivamente com sementes orgânicas (IN nº 46, de 6 de outubro de 2011). No entanto, no ano seguinte, foi constatado que não havia oferta suficiente dessas sementes para atender à demanda nacional, sendo exigida pelas Comissões Estaduais de Produção Orgânica uma relação das sementes disponíveis, sendo que, para a realização do processo de certificação orgânica deve ser comprovada a indisponibilidade dessas sementes no mercado.

Tecnologias destinadas para esse tipo de sistema de produção dependem não apenas de aspectos técnicos, mais também da interação entre pontos de vistas da pesquisa, agricultura, redes sociais e instituições (TSVETKOV et al., 2018). Desse modo, a pesquisa e a inovação, aliados a experiência de agricultores respaldados cientificamente, podem auxiliar a resolver as deficiências existentes nesse sistema produtivo, além de estimular projetos com esse enfoque (TSVETKOV et al., 2018).

### **2.3 Melhoramento genético de tomateiro visando sistema orgânico de produção**

O melhoramento de plantas apresenta mecanismos semelhantes àqueles responsáveis pela domesticação das espécies há muitos anos atrás (KOUTSIKA-SOTIRIOU et al., 2013). Os humanos de origem primitiva quando mudaram suas condições nômades para sedentárias, acabaram selecionando plantas que apresentavam características desejáveis para o seu ambiente, iniciando o processo de domesticação das culturas (ACQUAAH, 2017).

Com o passar dos anos, através do melhoramento genético, determinadas características foram favorecidas, ocasionando um distanciamento ainda maior das espécies quando comparadas aos seus antepassados selvagens (ACQUAAH, 2017; GIOVANNONI, 2018; MATESANZ; MILLA, 2018). O conjunto dessas características é denominado de “síndrome da domesticação” (BAI; LINDHOUT, 2007; FERNIE; YAN, 2019).

No caso do tomateiro, o melhoramento foi responsável por alterar características importantes na cultura, a exemplo, o aumento na dormência de sementes (WANG et al., 2018), surgimento de diferentes formas e tamanhos de frutos, redução na arquitetura das plantas (FERNIE; YAN, 2019) e mudanças na arquitetura floral (redução do tamanho do estigma) (CHEN et al., 2007).

Os objetivos do melhoramento genético para o tomateiro sofreram mudanças com o passar dos anos. Na década de 1970, o aumento da produtividade era um dos principais fatores considerados pelos melhoristas. Já nas décadas de 1980 e 1990, o tempo de prateleira e a qualidade dos frutos ganharam destaque (ACQUAAH, 2012). Atualmente a maioria dos programas de melhoramento modernos para a cultura do tomateiro apresenta como objetivos gerais a maior produção, qualidade dos frutos e a resistência a doenças e pragas (ACQUAAH, 2012). No entanto, características voltadas a produções mais sustentáveis e a adaptação a ambientes com características climáticas desfavoráveis estão ganhando cada vez mais espaço (MATA-NICOLÁS et al., 2020).

A produção comercial de sementes híbridas utilizando o processo de emasculação e polinização manual é uma prática frequentemente utilizada na indústria de sementes do tomateiro atualmente (COLOMBO; GALMARINI, 2017). Quase que a totalidade das cultivares disponíveis no mercado são híbridas e dependem de uma grande quantidade de insumos para manter seu potencial produtivo (ANDERSEN et al., 2015; RONGA et al., 2015; MAGHIRANG et al., 2017).

A produção destinada ao sistema orgânico tem sido restrita, embora se tenha no mercado algumas variedades disponíveis, estas foram desenvolvidas visando o sistema convencional de produção (BOYHAN et al., 2014; RONGA et al., 2015). Esse fato tem impacto na adaptação de cultivares em áreas de produção orgânica, pois diferentemente do cultivo convencional, os insumos nesse sistema são adquiridos a partir de matéria orgânica, sendo a disponibilidade de macronutrientes durante o ciclo da cultura distinta daquela encontrada nos sistemas convencionais (VAN BUEREN et al., 2011; ANDERSEN et al., 2015; RONGA et al., 2015; MAGHIRANG et al., 2017).

Por mais que algumas das metas empregadas para o setor de orgânicos, tais como rendimento, resistência ao estresse biótico e abiótico e as qualidades sensoriais esperadas pela maioria dos consumidores, sejam semelhantes as metas empregadas no melhoramento convencional, é essencial que tais características sejam consideradas em condições de baixo uso de insumos. Já que não podem ser garantidas essas características para o setor orgânico, por meio de uma seleção com alto uso de agrotóxicos (VAN BUEREN et al., 2011; CRESPO-HERRERA; ORTIZ, 2015; MAGHIRANG et al., 2016).

A eficiência na absorção de nutrientes é pouco explorada nos programas de melhoramentos de tomateiro e é essencial para o cultivo sob sistema orgânico. Esse

tipo de produção exige linhagens capazes de formar relações ativas com organismos benéficos do solo estabelecendo mecanismos que permitam o uso eficiente dos nutrientes, por exemplo, sistemas radiculares vigorosos, com maior profundidade e capacidade de manter uma alta atividade de mineralização na rizosfera via exsudatos radiculares, daí a importância de realizar a seleção considerando esses aspectos no cultivo (VAN BUEREN et al., 2011).

O sistema orgânico também apresenta diferenças significativas quanto à utilização de defensivos, sendo os produtos empregados para o controle fitossanitário nesse sistema, proibidos e/ou diferentes dos encontrados em um cultivo convencional (ANDERSEN et al., 2015). Além disso, geralmente as prioridades nos programas de melhoramento convencional são realizadas por fatores ocasionados a partir das consequências do uso exagerado desses insumos, por exemplo, se uma cultura agrícola é afetada pelo uso intensivo de agrotóxicos, levando a um aumento da resistência de pragas, os pesquisadores podem focar na seleção de plantas que possuam características de resistência natural ou que possam ser utilizadas em sistemas de manejo integrado de pragas (VAN BUEREN et al., 2011).

Embora o interesse em desenvolver variedades para cultivo orgânico ainda seja restrito, alguns trabalhos estão sendo desenvolvidos a nível mundial. Como por exemplo, trabalho realizado por Campanelli et al. (2015), onde foram selecionadas linhagens de tomateiro através de um melhoramento participativo em áreas orgânicas na Itália. Hoagland et al. (2015) realizando trabalho com o intuito de encontrar variedades orgânicas de tomateiro com resistência as principais doenças que acometem a cultura nos Estados Unidos. Além de projetos na Alemanha, baseados no “Organic Outdoor Tomato Project”, objetivando sementes orgânicas de tomates cultivados ao ar-livre (MOHAMMED, et al., 2020; HORNEBURG; BECKER, 2011).

Um melhoramento focado em um sistema orgânico de produção deve ser baseado em uma complexa mistura de processos agroecológicos, socioeconômicos e éticos. Além disso, os agricultores orgânicos consideram o processo de produção como um todo para a certificação, sendo importante que a criação de novas variedades seja realizada de forma holística, considerando não apenas as características varietais em si, mas todo o processo produtivo envolvido no seu desenvolvimento (NUIJTEN; MESSMER; VAN BUEREN, 2017).

Seguir os princípios estabelecidos pelo IFOM (*International Federation of Organic Agriculture Movements*) pode ser uma boa estratégia para desenvolver

variedades adaptadas para o cultivo orgânico, como mencionado por Nuijten, Messmer e Van Bueren (2017). Essa organização foi fundada a fim de unir diferentes iniciativas com enfoque na produção orgânica e buscar um padrão comum de normas e regulamentos com esse enfoque (NUIJTEN; MESSMER; VAN BUEREN, 2017).

Essa organização é baseada em 4 princípios. O primeiro se refere ao princípio da saúde, no qual as variedades devem ser capazes de se ajustar e prosperar diante de desafios e condições adversas, garantindo sua saúde e produtividade, precisam ser resistentes e resilientes, supressoras de ervas-daninhas, tolerantes a doenças e capazes de beneficiar as relações com os organismos vivos do solo, produzindo alimentos de qualidade e mais nutritivos. O segundo é o princípio ecológico, no qual o melhoramento precisa abordar fatores como a adaptabilidade regional, aumento da diversidade genética e adaptação da planta ao ambiente (NUIJTEN; MESSMER; VAN BUEREN, 2017).

O terceiro princípio é baseado na equidade, garantindo o livre acesso aos recursos genéticos, com abordagens que envolvam a repartição igualitária de benefícios entre os integrantes da cadeia produtiva e a manutenção e acessibilidade da diversidade para gerações futuras. E o quarto é baseado no princípio do cuidado, considerando que o melhoramento orgânico se abstém de técnicas de melhoramento que interferem no DNA e promove o estímulo de processos participativos e/ou colaborativos (NUIJTEN; MESSMER; VAN BUEREN, 2017).

A incorporação de estratégias eficientes baseadas nesses princípios pode contribuir para os programas de melhoramento de tomateiro orgânico, a fim de permitir uma melhor adaptação das variedades a esses sistemas e o livre acesso de sementes com qualidade para o agricultor. Todos esses fatores estão intimamente relacionados à viabilidade do cultivo nessas áreas e podem tornar a prática da tomaticultura mais rentável.

Uma diferença fundamental do cultivo convencional e do orgânico, é de que no convencional a comercialização se dá em escala estadual ou mesmo nacional na forma de atacado e em grandes circuitos. No orgânico, onde a pequena propriedade é a regra, o comércio se dá em circuitos curtos, ou seja, mercados mais localizados, o que resulta na possibilidade de se produzir frutos com tempo de prateleira menor, portanto com certas características físicas e gustativas não compatíveis com mercados de atacado. Características essas tidas como indesejáveis pela maioria dos programas de melhoramento de tomates (HEMPEL; HAMM, 2016; KUTZ et al., 2022).

Ademais, como verificado em vários mercados orgânicos do mundo, a aceitação de variedades *heirloom* (LÁZARO, 2017; LAUTERBACH; BANTLE, 2022; TIEMAN et al., 2017; JOSEPH et al., 2017), muitas delas com características consideradas ‘defeitos’ no mercado convencional, como rachaduras, ombro verde, cicatriz zíper, textura ‘mole’ e colorações inusitadas, indica que o melhoramento de tomate orgânico deve seguir uma linha bastante distinta da que se seguiu pelo convencional. Um exemplo disso são os tomates *Brandwine* considerados em muitos nichos como um dos mais saborosos, embora apresentem ‘defeitos’ na forma dos frutos.

Assim sendo, há ainda a necessidade de se conceber um ideotipo de tomateiro para atender as peculiaridades da produção e dos consumidores de orgânicos. Certamente, a tolerância e resistência a patógenos, muito conhecida e usada em variedades híbridas podem e devem ser usadas nos programas de melhoramento visando a agricultura orgânica, até porque as variedades *heirloom* muito populares entre os orgânicos, em sua grande maioria não as possui. Uma linha recente de pesquisa é aquela da Oregon State University que resultou nos chamados ‘tomates azuis’, ou ‘indigo’ que vêm se tornando muito popular nos nichos orgânicos. (JONES; MES; MYERS, 2003; OGAWA et al., 2016; BUTELLI et al., 2021).

## **2.4 Biologia reprodutiva do tomateiro**

O tomateiro é uma planta autógama, com flores pequenas, amarelas, pentâmeras e pendentes, e com inflorescências curtas e simples. Geralmente o estigma das flores não é projetado para fora da ponta do cone de anteras, o que contribui para seu alto nível de autopolinização (BEDINGER et al., 2011; PADMANABHAN et al., 2016). A sua biologia reprodutiva predominantemente autógama, facilitou com o passar dos anos o cruzamento entre indivíduos semelhantes geneticamente, resultando em plantas com fenótipos parecidos aos parentais (BERGOUNOUX, 2014).

Além disso, a seleção intensiva por características específicas e a fixação subsequente de alelos favoráveis nas populações reprodutoras podem resultar em uma restrição significativa na base genética, reduzindo a diversidade genética disponível para futuras seleções e cruzamentos. Isso leva a baixas herdabilidades e limitações no progresso genético. A fixação de alelos específicos também pode

reduzir a variabilidade genética global. Pesquisadores como Bergougnoux (2014) e Sim et al. (2011) destacam os desafios causados pela restrição da base genética devido à seleção intensiva. Com menos variabilidade genética, a seleção torna-se mais desafiadora e o progresso genético pode ser limitado. Assim, é fundamental considerar a diversidade genética e adotar estratégias para preservar e ampliar a base genética, visando avanços futuros no melhoramento genético (SIM et al., 2011).

O sistema reprodutivo das espécies vegetais apresenta uma estrita relação com a ampliação da diversidade genética das espécies, sendo um atributo de importância na realização dos cruzamentos, permitindo definir uma estratégia para manter e acrescentar a variabilidade genética nos programas de melhoramento (BERGOUGNOUX, 2014). Espécies autopolinizadas, a exemplo o tomateiro, geralmente apresentam níveis mais baixos de variação genética, menor heterozigose e sofrem pouca depressão por endogamia, possivelmente homozigose dos alelos selecionados pela perda de carga genética durante o processo evolutivo (HOLLAND, 2014).

No entanto, as plantas ancestrais, crioulas ou “Heirloom” do tomateiro (*S. Lycopersicum*) fornecem uma grande diversidade de sistemas de cruzamento e biologia reprodutiva, o que sugere que algumas destas apresentem uma taxa de fecundação cruzada mais elevada (RICK, 1988). Além disso, variedades antigas mantidas pelos produtores, contém substancial diversidade genética, são heterogêneas e apresentam alelos esquecidos que podem se tornar interessantes para os programas de melhoramentos, e representam os primeiros passos para a melhoria da cultura (MCCOUCH, 2004; SIM et al., 2011).

Os métodos de melhoramento que são utilizados e os tipos de cultivares que são desenvolvidas estão intimamente relacionados à biologia reprodutiva das plantas, ou seja, podemos admitir que a estrutura genética das plantas melhoradas pode estar atrelada ao seu nível de heterozigose (diversidade pertencente à planta) e heterogeneidade (diversidade entre plantas) (HOLLAND, 2014). Variedades com maior taxa de fecundação cruzada apresentam maior heterozigosidade, protegendo a planta dos efeitos de mutações recessivas deletérias (HOLLAND, 2014).

O sistema de cruzamento entre plantas desempenha um papel importante na proliferação e dispersão das espécies. Em plantas predominantemente autofecundadas, o cruzamento entre linhagens ou variedades geneticamente distintas pode resultar em um nível de vigor híbrido (HOLLAND, 2014). Isso justifica a grande

quantidade de híbridos F1 disponíveis para o tomateiro no mercado atual (BOYHAN et al., 2014).

## **2.5 Tomate variedade**

Variedades não híbridas, são plantas desenvolvidas a partir de sementes que foram cultivadas e selecionadas ao longo de várias gerações para obter características específicas, como tamanho, sabor, cor e resistência a doenças. As sementes dessas variedades podem ser colhidas e replantadas, produzindo plantas semelhantes à planta mãe, diferentemente dos híbridos, os quais as plantas filhas podem variar significativamente em relação à planta mãe (BERGOUGNOUX et al., 2014).

As características essenciais para uma variedade ser bem-sucedida em sistemas de produção para o mercado in natura, são geralmente descritas como a resistência da planta a patógenos e pragas, habilidade de competir com plantas daninhas, eficiência no uso de recursos, tolerância ao estresse abiótico e à poluição, adaptabilidade a diferentes fatores de qualidade do solo, capacidade de resposta a baixas densidades de plantio, alto teor nutricional e produção satisfatória sob condições de baixo investimento. Além disso, essas características devem ser consideradas em conjunto a características de qualidade exigidas pelos consumidores (DWIVEDI; GOLDMAN; ORTIZ, 2019).

É importante destacar que as características desejáveis para cultivares destinadas à produção orgânica são frequentemente diferentes das exigidas na produção convencional. Segundo Kutz et al. (2022), quatro aspectos gerais diferenciam as cultivares aptas para a agricultura orgânica: 1) aspectos mercadológicos, que priorizam mercados locais; 2) aspectos morfológicos e arquitetônicos das plantas, que incluem hábito de crescimento e a capacidade de ser consorciado com outras espécies 3) aspectos fitossanitários, onde é necessário maior resistência genética a pragas e doenças, já que a proibição de agrotóxicos é uma exigência na produção orgânica; e 4) aspectos sensoriais, onde cultivares com texturas, cores, tamanhos, acidez e brix diferenciados podem ser atraentes para o consumidor.

Atualmente, a maioria das cultivares de tomateiro encontradas no mercado são híbridas (BAI; LINDHOUT, 2007; COLOMBO; GALMARINI, 2017). Essas

sementes fazem parte de um mercado competitivo, onde as empresas obtêm retorno sobre seus investimentos no aumento do valor das suas sementes, o que limita e inviabiliza a utilização por uma grande parte dos agricultores (VAN BUEREN et al., 2011; ANDERSEN et al., 2015; RONGA et al., 2015; MAGHIRANG et al., 2016). Grande parte da produção hortícola brasileira é obtida por agricultores familiares, sendo que a Organização das Nações Unidas (ONU) estima que 80% de toda a comida do planeta venha desse tipo de produção (FAO; IFAD, 2019). A utilização de sementes híbridas nesses casos deve ser repensada, já que o custo agregado na aquisição dessas sementes poderia ser utilizado para investimento na propriedade (FAO, 2014).

Embora se tenha no mercado algumas variedades de tomateiro, essas não são adaptadas às condições orgânicas, o que desestimula e/ou dificulta a condução da cultura pelos agricultores nesse sistema. Segundo Van Bueren et al. (2011), até mesmo em países desenvolvidos o número de variedades adaptadas ao sistema orgânico é reduzido, estima-se que mais de 95% da agricultura orgânica nesses países é realizada com variedades de culturas para cultivo convencional, obtidas a partir da seleção em programas de melhoramento.

A maior parte das empresas de sementes apresenta relutância em produzir variedades não híbridas adaptadas para esse tipo de sistema, especialmente por permitir que o agricultor possa facilmente salvar essas sementes, o que diminui a dependência dos agricultores das empresas a cada novo ciclo produtivo (BOYHAN et al., 2014; COLOMBO; GALMARINI, 2017). Para resolver esse problema, alguns programas de melhoramento públicos concentraram seus esforços em desenvolver variedades adaptadas, que foram reduzidas com o passar dos anos, ao passo que os investimentos foram sendo transferidos para a biotecnologia (BOYHAN et al., 2014).

As variedades de tomateiro "heirlooms" e/ou tradicionais são amplamente reconhecidas por sua diversidade genética e têm sido selecionadas com base na estabilidade produtiva em ambientes agrícolas. No entanto, essa característica ganha uma importância ainda maior em sistemas de produção orgânica, nos quais as condições ambientais tendem a ser mais variáveis, sendo que a limitação ou eliminação do uso de pesticidas e fertilizantes sintéticos nesses sistemas resulta em flutuações ambientais mais pronunciadas. Portanto, é essencial selecionar variedades adaptadas e estáveis que possam enfrentar as flutuações nas condições do solo, a presença de pragas e doenças, e atender a diferentes demandas nutricionais.



(MCCOUCH, 2004; EBER, 2020). Além disso, essas variedades permitem atingir rendimentos adequados com menor exigência de insumos, o que reduz os custos de produção, possibilitando maiores oportunidades de investimento na propriedade (DIAS, 2010).

As linhagens e fenótipos de populações das espécies podem evoluir com o passar dos anos, sob a pressão do ambiente e as condições de crescimento na qual estão sendo impostas. Essas variedades quando mantidas pelos agricultores, embora com menor diversidade, também se adaptam as diferentes condições de cultivo, o que permite boas produtividades com menor utilização de defensivos externos (VAN BUEREN et al., 2018).

O fortalecimento da sustentabilidade no cultivo de hortaliças requer o desenvolvimento de variedades com rendimentos estáveis em diferentes cenários de mudanças climáticas e adaptação em distintos agroecossistemas. A estreita base genética encontrada nas variedades melhoradas de tomateiro, vem se tornando um desafio aos melhoristas que buscam por resistência fitossanitária, tolerância a estresses abióticos bem como eficiência no uso de insumos (EBER, 2020).

Nesse sentido, o uso e incorporação de variedades não híbridas de tomateiro nos programas de melhoramento podem ser considerados como uma alternativa promissora, reduzindo custos para o agricultor a partir da maior facilidade em manter a qualidade e condições fitossanitárias da cultura (DIAS, 2010). Além disso, essas variedades são passíveis de multiplicação, não sendo necessária a compra de sementes de empresas a cada ciclo, o que pode contribuir para maior investimento na propriedade, tornando a prática da tomaticultura mais rentável (COLOMBO; GALMARINI, 2017).

## **2.6 Parâmetros genéticos**

Os antigos domesticadores de plantas alcançaram com o passar dos anos ganhos significativos de seleção sem entender ao certo os mecanismos envolvidos nesse processo. O fator que contribuiu para esse sucesso foi a percepção da semelhança entre os genitores e seus descendentes quando comparados a indivíduos sem parentesco, permitindo uma seleção intuitiva das plantas mais almejavéis para o ciclo seguinte (HOLLAND, 2014).

Os conceitos darwinianos e mendelianos enriqueceram essa compreensão evolutiva e genética. Sendo o melhoramento atualmente, um campo científico beneficiado pelo entendimento da herdabilidade, expressão de características e dinâmica populacional, que permitem uma seleção mais eficiente para melhoria das culturas (HOLLAND, 2014).

Na atualidade, a ciência reconhece diversos parâmetros genéticos que são amplamente utilizados nos programas de melhoramento. A exemplo a herdabilidade, variância genética, aditiva, fenotípica e ambiental. A obtenção de novas cultivares melhoradas é dependente da disponibilidade da diversidade genética e da herdabilidade das características que serão selecionadas. Geralmente características de interesse são incorporadas e melhoradas nos programas de melhoramento simultaneamente, sendo a maioria das vezes controladas por um grande número de genes e / ou dependentes de fatores ambientais (BERGOUIGNOUX, 2014).

Os genes são transmitidos dos pais para a prole, resultando em diferenças individuais devido às variações genéticas. O termo "herdabilidade" é utilizado para descrever o grau em que as características são influenciadas por fatores genéticos em relação aos fatores ambientais. Essa abordagem nos permite compreender quais características são mais influenciadas por variações genéticas e quais são mais suscetíveis às variações do ambiente (BROOKFIELD, 2012).

A variância ambiental representa todas as fontes de variação de causas não genéticas, enquanto a variância genotípica pode ser dividida em efeitos de causas aditivas e a não aditivas (CUNHA et al., 2009; BROOKFIELD, 2012). Já a variação fenotípica pode ser considerada como aquela que observamos no indivíduo, sendo os seus principais contribuintes as diferenças causadas pelo ambiente ou por fatores genéticos (BROOKFIELD, 2012).

Dentre as diferenças consideradas de causas não aditivas, temos a variância de dominância, determinada pela interação de alelos em um mesmo locus, e a variância epistática determinada por interações em loci distintos (CUNHA et al., 2009; BROOKFIELD, 2012). Já a variância aditiva, para plantas autógamas como o tomateiro, pode ser considerada a de maior importância dentre as demais, pois representa a principal causa da semelhança entre parentes, o que influencia na resposta da população na seleção. Além disso, a partir da relação da proporção da variância genética aditiva e variância fenotípica, pode-se estimar a herdabilidade (BROOKFIELD, 2012; CRUZ et al., 2014).

A herdabilidade pode ser dividida em sentido amplo e restrito, sendo a herdabilidade no sentido amplo a relação da variância genotípica pela fenotípica e a variância no sentido restrito a relação da variância genética aditiva pela fenotípica (ALLARD, 1971). A herdabilidade no sentido restrito pode ser considerada a de maior importância para os programas de melhoramento, pois quantifica a proporção aditiva da variância genética que foi passada para a geração seguinte (MOOSE; MOOM, 2008).

Herdabilidade baixa e a impossibilidade do controle ambiental são uns dos principais desafios para os programas de melhoramento, sendo que o conhecimento dos parâmetros genéticos pode ajudar a superar esses entraves (ZÖRB et al., 2020). Essas características são frequentemente utilizadas para auxiliar na tomada de decisão nos programas de melhoramento e inseridas em uma infinidade de trabalhos com a objetivo de obter linhagens superiores (SHALABY, 2013; BREKSA et al., 2015; CAMPANELLI et al., 2015; ZÖRB et al. 2020).

Os métodos empregados nos programas de melhoramento e a eficiência da seleção são dependentes do número de genes envolvidos nas características selecionadas (ACQUAAH, 2017). Características qualitativas, geralmente são mais simples de serem interpretadas, pois apresentam poucas variantes genéticas, facilitando assim o processo de seleção (BROOKFIELD, 2012; ACQUAAH, 2017). No entanto, caracteres considerados quantitativos são difíceis de estimar, sendo afetados pelas diferenças ambientais e/ou por vários genes, que contribuem com a expressão fenotípica, dificultando o processo de seleção (BROOKFIELD, 2012; ACQUAAH, 2015).

Caracteres quantitativos são melhor descritos pela ação gênica do que pelo número de genes expressos, sendo a ação gênica importante para o entendimento da transmissão das características e como elas serão mantidas no decorrer das gerações (ACQUAAH, 2017). Por esse motivo, a genética quantitativa frequentemente estuda os caracteres a partir dos componentes de variação, permitindo o melhor entendimento das propriedades genéticas das populações (ACQUAAH, 2017).

A estimativa de componentes de variância e a estimação de valores genéticos são primordiais para os programas de melhoramento. Desde 1990, as metodologias analíticas e a seleção de parâmetros genéticos apresentaram um avanço qualitativo. Sendo atualmente mais utilizados modelos mistos, a exemplo, REML/BLUP (Máxima

Verossimilhança Residual ou Restrita / Melhor Predição Linear Imparcial) para estimar os parâmetros genéticos e a seleção ótima das espécies (RESENDE, 2016).

Quando submetemos as plantas a condições de campo constantemente encontramos desequilíbrio de dados, como por exemplo, perda de plantas, quantidades diferentes de sementes e mudas, diferentes números de repetições, entre outros. O método REML / BLUP é um modelo misto que lida naturalmente com esse desequilíbrio, o que permite obter estimativas e previsões mais precisas dos parâmetros genéticos e valores genéticos, respectivamente (RESENDE, 2016).

As principais vantagens no uso do método REML / BLUP são permitir comparar indivíduos ou variedades ao longo do tempo e em diferentes espaços, permitir correção dos efeitos ambientais, estimar os componentes de variância e a predição de valores genéticos, além de ser aplicado a dados não balanceados e a projetos não ortogonais (RESENDE, 2016).

## **2.7 Características físico-químicas do tomate**

A composição química do tomate contribui para os atributos que conferem qualidade aos frutos, a exemplo, coloração, firmeza, sabor, aroma, tamanho e textura (PADMANABHAN et al., 2016). Entre essas características, o sabor se torna um fator predominante na escolha dos consumidores (KLEE; TIEMAN, 2013).

O sabor dos frutos do tomate foi negligenciado por muitos anos pelos melhoristas, sendo seus esforços focados em plantas com maior rendimento, resistência a doenças e pragas e o aumento da vida útil dos produtos. Isso ocorre, pois os criadores desenvolvem essas cultivares para os produtores, que por sua vez, são pagos com base no peso do produto, sem valor agregado a qualidade dos frutos, deixando em segundo plano as necessidades e preferências dos consumidores (KLEE; TIEMAN, 2013).

Dessa forma, o consumidor apresenta cada vez mais insatisfação em relação ao sabor dos frutos disponíveis atualmente (KLEE e TIEMAN; 2013). Variedades crioulas ou mais antigas, por outro lado, são conhecidas por apresentarem sabores mais adocicados e possuem perfis nutricionais distintos (TIEMAN et al., 2017), tornando-se fontes viáveis para os criadores na busca por essa característica. Essas variedades podem oferecer uma ampla gama de compostos bioativos, como vitaminas, minerais e antioxidantes, que são importantes para uma alimentação

saudável. Dessa forma, essas variedades representam um recurso valioso no melhoramento genético, permitindo a incorporação de atributos sensoriais e nutricionais desejáveis em cultivares modernas.

O sabor do tomate é dependente principalmente da relação existente entre os sólidos solúveis e os ácidos orgânicos presentes nos frutos, sendo esta relação determinante para o sabor adocicado e ácido dos tomates. Níveis de acidez altos e teores de sólidos solúveis muito baixos são fatores que contribuem para um tomate de sabor azedo, enquanto que níveis altos de sólidos solúveis associados a baixos níveis de ácidos orgânicos resultam em um gosto suave. Já quando ambos estão presentes em níveis baixos nos frutos, o resultado é um tomate aguado e insípido (PADMANABHAN et al., 2016).

Aproximadamente 60% dos frutos de tomate são constituídos de açúcares livres, principalmente D-glicose e D-frutose e em menores quantidades sacarose e rafinose (PADMANABHAN et al., 2016). Enquanto que os principais ácidos envolvidos no aroma dos frutos de tomate são o málico e cítrico, sendo o último o predominante nos frutos (PADMANABHAN et al., 2016).

A cor dos frutos do tomate é um dos principais fatores que contribuem para distinguir a maturidade dos frutos, podendo determinar o ponto de colheita adequado (PADMANABHAN et al., 2016). A coloração vermelha é uma das mais populares no mercado, sendo a degradação da clorofila e o acúmulo dos carotenoides os principais responsáveis pela alteração do verde para o vermelho dos frutos (BERTIN; GÉNARD, 2018; VELA-HINOJOSA et al., 2019).

Embora a coloração vermelha seja a mais comumente encontrada no mercado, algumas variedades "Heirloom" apresentam uma ampla diversidade de colorações (JOSEPH et al., 2017). Atualmente essas variedades são muito populares em alguns países, a exemplo nos Estados Unidos, onde esse tipo de tomate já é encontrado em feiras, e estão ganhando cada vez mais espaço em restaurantes e supermercados (JOSEPH et al., 2017).

As cores dos frutos de tomate estão associadas aos diferentes tipos de carotenoides e flavonóides presentes e a persistência da clorofila após maturação (SCHWARZ; THOMPSON; KLÄRING, 2014; VELA-HINOJOSA et al., 2019). Os principais carotenoides encontrados nos frutos de tomate são o licopeno (responsável pela coloração vermelha dos frutos) e o  $\beta$ -caroteno (responsável pela coloração

alaranjada dos frutos). Dentre os principais flavonoides está a rutina, responsável pela coloração amarelada dos frutos (MARTÍ; ROSELLÓ; CEBOLLA-CORNEJO, 2016).

Essas diferentes colorações podem ser exploradas nos programas de melhoramento para diversificar os níveis de antioxidantes nas variedades (VELA-HINOJOSA et al., 2019). A melhoria da qualidade funcional do tomate é complexa, pois a acumulação de antioxidantes é resultante de uma infinidade de vias metabólicas, sendo necessário elaborar estratégias de melhoramento dependentes da existência de variabilidade para o acúmulo desses compostos, dentre essas estratégias, a diversificação da coloração pode ser eficiente, já que está ligada a esses compostos (MARTÍ; ROSELLÓ; CEBOLLA-CORNEJO, 2016). A antocianina, por exemplo, confere às plantas cores vermelhas, roxas e azuis, e esses pigmentos também possuem propriedades antioxidantes e benefícios à saúde, que podem ser explorados nos programas de melhoramento (JONES; MYERS, 2003)

A aparência dos frutos também pode ser determinada por fatores físicos, a exemplo tamanho, formato e a presença de defeitos, características essas, que podem interferir diretamente na decisão de compra do produto pelo consumidor (BARRETT; BEAULIEU; SHEWFELT, 2010; SIDDIQUI et al., 2015). Esses atributos, são frequentemente utilizados no processo de classificação, sendo o tamanho dos frutos associado ao preço do produto (BHARGAVA; BANSAL, 2018).

A firmeza dos frutos é uma característica importante a ser considerada para a aceitação do mercado consumidor. Durante uma pesquisa realizada por Andreuccetti et al. (2005), determinando as preferências dos consumidores brasileiros quanto o consumo de tomate fresco, 95,6% dos entrevistados mostraram insatisfação na qualidade do tomate, sendo o fator que mais contribuiu para esse descontentamento, a presença de danos físicos nos frutos. Esse fato também foi verificado em trabalho realizado por Silva et al. (2013), onde os entrevistados consideraram os danos físicos nos frutos (59%) um dos principais motivos para não realizar a compra de tomates.

A firmeza dos frutos está relacionada com a força necessária para que ocorra uma dada deformação no produto, conseqüentemente interferindo na resistência dos frutos a danos mecânicos durante processo de transporte e armazenamento. Frutos com maior espessura do pericarpo geralmente indicam que são mais firmes, estendendo a sua vida útil (SIDDIQUI et al., 2015).

Essas características, embora sejam consideradas importantes, não apresentam tanto impacto em produções orgânicas de produção, já que o consumidor

acaba adquirindo esses produtos em mercados locais, principalmente por serem vistos como mais frescos, seguros e saudáveis (HEMPEL; HAMM, 2016). Além disso, esse tipo de prática auxilia a economia e os agricultores locais, tornando-se uma prática em crescimento, tanto para o setor de orgânicos quanto convencionais (WÄGELI; HAMM, 2016).

Esses fatores devem ser considerados no momento da seleção, podendo impactar na decisão de compra do consumidor. Cabe aos melhoristas a difícil missão de incorporá-las nos programas de melhoramento sem interferir em outras características importantes, como produção, resistência a doenças, pragas e estresses bióticos e abióticos (SOUZA et al., 2012; SEUFERT et al., 2019; ZÖRB et al., 2019).

Vale ressaltar, que a produtividade do tomateiro é um aspecto frequentemente levado em consideração nos programas de melhoramento, pois é um dos fatores que amenizam os custos de produção, tornando a prática mais rentável para o agricultor (DELEO et al., 2015). Desse modo, mesmo que uma variedade apresente características potencialmente melhoradas, para ser considerada promissora no momento da seleção, esta deve apresentar rendimento maior ou pelo menos semelhante às aquelas cultivares já disponíveis no mercado (BERGOUGNOUX, 2014).

Atingir um incremento na produtividade das espécies hortícolas por meio de abordagens simples como caracterização, seleção e melhoramento é possível (HURTADO et al., 2014). No entanto, não deve ser considerado como uma característica isolada, pois influencia fortemente na qualidade dos frutos e na composição química dos mesmos, sendo importante encontrar um equilíbrio entre as características no momento da seleção (SOUZA et al., 2012; SEUFERT et al., 2019; ZÖRB et al., 2020).

Essas correlações negativas entre a qualidade e produção podem ser frequentemente vistas na literatura, a exemplo, o estudo realizado por Zörb et al. (2020) onde foram verificadas correlações negativas entre a concentração de açúcar e ácido orgânico com o peso dos frutos e o trabalho realizado por Souza et al. (2012), onde as características associadas à produção foram negativamente correlacionadas com sólidos solúveis e acidez titulável em frutos de tomate.

O que também deve ser considerado, é que os consumidores orgânicos estão dispostos a pagar mais por produtos de qualidade. Dessa forma, se as variedades utilizadas não apresentarem um potencial produtivo tão elevado, mas características

diferenciadas, como por exemplo, um sabor intenso e marcante, suculência, formato e coloração atrativos, isso não trará prejuízos para o agricultor e sim um ganho pois a qualidade nutricional e não utilização de agrotóxicos pode dar um valor agregado ao produto compensando esta perda de rendimento (ROEDIGER; PLASSMANN; HAMM, 2016; ZHANG et al., 2019).



### 3 METODOLOGIA

A metodologia do presente estudo pode ser dividida didaticamente em três fases principais: a avaliação das gerações F3, o avanço de gerações até F6 e a avaliação das gerações F6.

#### 3.1 Análise de desempenho das gerações F3

##### 3.1.1 Local de execução

A fase de produção de mudas das gerações F3 foi realizada em ambiente protegido nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no período de 09 de setembro de 2019, sendo esse período adequado para o plantio da cultura nessa região. O local de execução da fase de campo foi na Área Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, localizada no município de Pato Branco, Paraná, com uma latitude 26° 06' 59"S, longitude 52° 40' 59"W e com altitude de 721,80m. O clima do município é considerado do tipo "cfa" subtropical úmido, utilizando-se a classificação climática de Köppen.

##### 3.1.2 Descrição dos parentais e origem das F3

As populações utilizadas no presente estudo foram originadas a partir de cruzamentos simples entre acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Tomateiro da UTFPR - Câmpus Pato Branco (GBT\_16 e GBT\_37), duas variedades comerciais ('Santa Clara' e 'Gaúcho') e um híbrido comercial, sendo o híbrido utilizado como parental masculino para garantir a disponibilidade de pólen durante os cruzamentos.

Foram obtidos a partir disso 4 combinações:

- Combinação 1 (C1): GBT\_16 x Híbrido comercial
- Combinação 2 (C2): GBT\_37 x Híbrido comercial
- Combinação 3 (C3): 'Santa Clara' x Híbrido comercial
- Combinação 4 (C4): 'Gaúcho' x Híbrido comercial

Os parentais utilizados para gerar as gerações estudadas foram selecionados com base em suas características fenotípicas, com o objetivo de obter frutos que fossem considerados mais aceitáveis para o mercado consumidor da região e atender à demanda dos agricultores. Os atributos requeridos incluíram: tomates do tipo mesa,

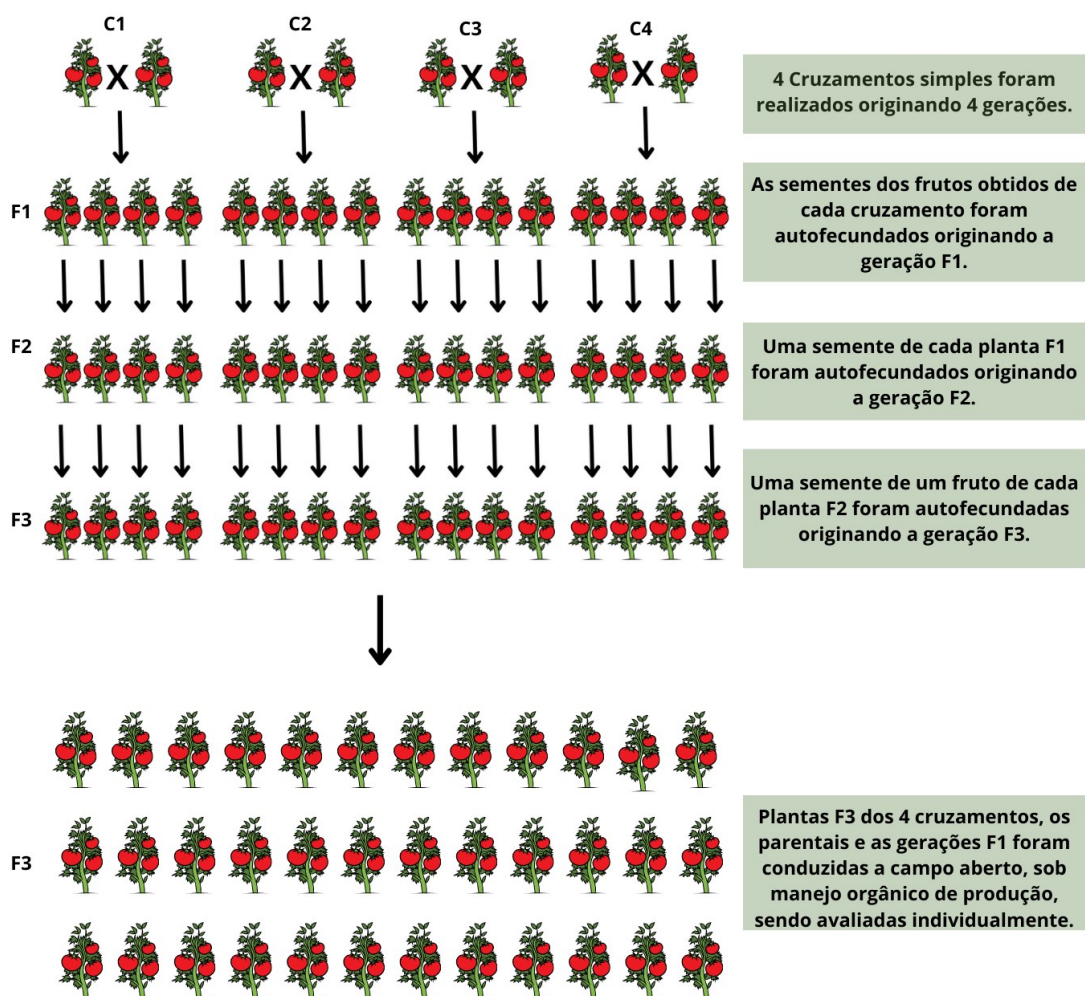
crescimento indeterminado, frutos com coloração vermelha e de tamanho médio a grande, alta produtividade, sabor equilibrado e tolerância a pragas e doenças. As características dos parentais utilizados estão detalhadas na Tabela 1.

**Tabela 1. Características dos parentais utilizados para originar as populações.**

Parental	Características
GBT_16	Variedade não híbrida, com frutos de coloração vermelha, plurilocular, sabor intenso, carnoso e suculento, hábito de crescimento indeterminado alta densidade de folhagem.
GBT_37	Variedade não híbrida, com frutos de coloração vermelha, formato e fruto arredondado, de tamanho médio a grande, carnosos e firmes, crescimento indeterminado e densidade de folhagem intermediária.
Santa Clara	Variedade não híbrida, hábito de crescimento indeterminado, tolerância a murcha de <i>Verticillium</i> , PVY e Murcha de <i>Fusarium</i> raça 1, seus frutos são firmes, vermelhos e com peso médio de 180g, apresenta melhor adaptação em temperaturas amenas.
Gaúcho	Variedade não híbrida, apresenta crescimento indeterminado, muito produtivo, seus frutos são grandes, pluriloculares e saborosos.
Híbrido comercial	Apresenta crescimento indeterminado, com alta produtividade, frutos de coloração vermelha, redondos, firmes, de tamanho médio a grande, apresenta resistência alta a vírus do mosaico, murcha de <i>Verticillium</i> e murcha de <i>Fusarium</i> e resistência intermediária a vírus vira cabeça e nematoides do gênero <i>Meloidogyne</i> .

Após a obtenção das gerações F1, foram realizadas autofecundações controladas em ambiente protegido, utilizando vasos de 10 litros. Para cada cruzamento, foram utilizadas 100 plantas, sendo que uma semente de cada planta deu origem à geração subsequente (geração F2). Esse procedimento foi repetido nas gerações F2, visando obter as gerações F3 que foram posteriormente avaliadas (Figura 1.).

**Figura 1. Obtenção da geração F3 de plantas de tomate**



Fonte: Autor (2023).

### 3.1.3 Manejo e controle fitossanitário das gerações F3

As populações F3 obtidas e os seus parentais foram conduzidas a campo, sob manejo orgânico de produção, seguindo o estabelecido na Instrução Normativa nº46, de 6 de outubro de 2011 (BRASIL, 2014) e a Portaria nº 52, de 15 de março de 2021

(BRASIL, 2021). Foram conduzidas 800 plantas, sendo 50 plantas para cada população e seus respectivos parentais. O período de avaliação ocorreu entre os dias 19 de setembro e 20 de fevereiro, durante o qual as plantas foram avaliadas individualmente.

Para o cultivo, foi adotado um espaçamento de 1,2 m entre as linhas e 0,6 m entre as plantas dentro da linha, sendo estas conduzidas em duas hastes, com tutoramento vertical utilizando fitilhos. A capação de cada planta foi realizada quando as mesmas atingiram 2 m de altura e as desbrotas dos ramos laterais foram feitas semanalmente com uma tesoura esterilizada em hipoclorito de sódio (10%).

Foram realizadas análises químicas prévias do solo para determinar as necessidades nutricionais do tomateiro, sendo encontrados os seguintes valores: Matéria Orgânica (MO): 42,89 g dm<sup>-3</sup> ; Fósforo (P): 11,39 mg dm<sup>-3</sup> ; Potássio (K): 0,47 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> ; Cálcio (Ca): 6,40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> ; Magnésio (Mg): 2,80 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> ; Acidez potencial (H+Al): 4,28 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> ; Alumínio (Al): 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> ; Soma de Bases (SB): 9,67 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> ; Saturação por Bases (V%): 69,32% e pH (CaCl<sub>2</sub>): 5,60.

A partir disso, foi realizada uma calagem 30 dias antes do transplante (1,86 t ha<sup>-1</sup>) utilizando calcário dolomítico convencional, com a subsequente incorporação através de um motocultivador. A necessidade de adubo orgânico foi estimado em 21 t ha<sup>-1</sup>, considerando-se um rendimento esperado de 100 t ha<sup>-1</sup> de frutos (CQFS – RS/SC, 2016), sendo essas adubações realizadas com cama de aviário (80% de MS, 1,78% de N, 3,07% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 5,46% de K<sub>2</sub>O) de modo parcelado, onde se realizou a aplicação de 1/4 antes da implantação e o restante de 25 em 25 dias após o transplante das mudas.

O sistema de irrigação adotado foi o de gotejamento, com os emissores espaçados de 20 em 20 cm. O volume de água utilizado foi dimensionado com base nas condições ambientais e a fase do ciclo de cultivo do tomateiro.

Foram realizadas diversas táticas de controle no intuito de prevenir, controlar e/ou diminuir a incidência de alguns organismos, como os insetos-pragas *Diabrotica speciosa*, *Bemisia tabac* e *Frankliniella schultzei*, e os patógenos *Xanthomonas* spp., *Septoria lycopersici*, *Alternaria solani*, entre outros. Uma das táticas empregadas para o controle fitossanitário da cultura foi realizada a partir do plantio de uma barreira física vegetal (Capim-Sudão) em torno da área de plantio, dificultando a entrada de insetos-praga. Além disso, foram utilizadas iscas adesivas (amarelas e azuis) e luminosas para controle de insetos praga na área.

Foram realizadas a aplicação de produtos permitidos para controle de pragas e doenças na produção orgânica, a exemplo, Bordasul® (20% de Cobre, 10% Enxofre e 3.0% de Cálcio), Sulfocal® (50% de Enxofre e 5% de Cálcio), Viçosa® (8 % de potássio, 8% enxofre, 0,8% magnésio, 3,5% de Boro, 3% de zinco e 9% de cobre), Óleo de nim (*Azadirachta indica*) e o Supera® (Hidróxido de cobre). Além destes, foi utilizado os produtos biológicos a base de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Bacillus thuringiensis* e *Trichoderma harzianum*.

Para o controle de plantas invasoras nas linhas de plantio, foi utilizada cobertura morta vegetal (grama). Além disso, foi realizado o arranquio manual nas linhas de plantio e roçadas entre as linhas a cada 15 dias.

### 3.1.4 Avaliações físico-químicas

As características físico-químicas avaliadas em F3 foram os sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, pH, cor externa do fruto e a firmeza dos frutos.

Os Sólidos Solúveis (SS) foram calculados em °brix utilizando-se um refratômetro digital portátil, diretamente sob amostras de suco de frutos de tomateiro, sendo cada amostra obtida de cinco frutos maduros escolhidos do segundo e terceiro cacho de cada planta (IPGRI, 1996; EL-GABRY et al., 2014).

A Acidez Titulável (AT) foi determinada por volumetria com indicador (fenolftaleína), seguindo a metodologia do IAL (2008).

A Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável (SS/AT) foi determinada a partir dos teores de sólidos solúveis e de acidez total titulável obtidas anteriormente.

O pH foi determinado em polpa de cinco frutos previamente triturados, com auxílio de um potenciômetro, sendo o resultado expresso em um unidades de pH.

A coloração externa da fruta madura (CEF) foi realizada visualmente, em plena maturidade, utilizando as notas: 1) Verde, 2) Amarelo, 3) Laranja, 4) Rosa, 5) Vermelho, 6) Outros (IPGRI, 1996).

A firmeza dos frutos (FF) foi estimada como proposto por Figàs et al., (2018) com adaptações, utilizando-se um texturômetro eletrônico, modelo TAXT – Express®, com ponteira de 3 mm de diâmetro, introduzida a uma profundidade de 5 mm em lados opostos ao diâmetro equatorial do fruto com casca, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 10, 5 e 10 mm s<sup>-1</sup>, respectivamente.

### 3.1.5 Avaliações de caracteres agromorfológicos

Os caracteres agromorfológicos avaliados em F3 foram: peso médio do fruto (PM); comprimento (CM) e largura do fruto (LM), coloração externa do fruto (CEF), presença de ombro verde (OV), presença de rachaduras concêntricas (RC) e radiais (RR), forma predominante do fruto (FPF), tamanho de frutos (TF) número de lóculos (NL), homogeneidade do tamanho do fruto (HTF) e o hábito de crescimento (HC). Essas avaliações foram realizadas considerando frutos maduros dos terceiros e segundos cachos das plantas (IPGRI, 1996; SALIM et al., 2018).

O peso médio de frutos (PMF) em g foi estimado mensurando-se o peso de 5 frutos maduros por planta com balança de precisão e dividindo-se pelo número de frutos (MARTÍNEZ-VÁZQUEZ et al., 2017).

A presença de ombro verde (OV) nos frutos foi determinada como proposto pelo IPGRI (1996) e Brasil (2005). Sendo considerado, 1) ausência e 2) presença.

As rachaduras concêntricas (RC) e rachaduras radiais (RR) presentes nos frutos foram determinadas conforme a seguinte escala de notas: 1) linhas sem depressão, 2) pequena, 3) intermediária e 4) grave (IPGRI, 1996) (Figura 2).

**Figura 2.** Níveis de rachaduras radiais e concêntricas em frutos de tomate. Frutos a, b, c, d são referentes aos níveis de rachaduras radiais, com notas 1,3,5,7 respectivamente; Frutos e, f, g, h são referentes aos níveis de rachaduras concêntricas, com notas 1,3,5,7 respectivamente.



Fonte: Autor (2023)

A forma predominante do fruto (FPF) foi estimada através de uma escala de notas com variação de 1 a 9, em que: 1) Achatado; 2) Ligeiramente achatada; 3)

Arredondado; 4) Altamente arredondado; 5) Forma de coração; 6) Cilíndrica; 7) Piriforme; 8) Elipsoide (forma de ameixa); 9) outros (IPGRI, 1996).

O tamanho do fruto foi classificado em grupos seguindo uma escala de notas variando de 1 a 5, em que: 1) Muito pequeno (<3 cm); 2) Pequeno (3-5 cm); 3) Intermediário (5,1-8 cm); 4) grandes (8,1 a 10 cm) e 5) Muito grande (> 10 cm) (IPGRI, 1996; BRASIL, 2005).

O Número de lóculos foi avaliado através da contagem de lóculos de frutos maduros abertos (IPGRI, 1996).

A homogeneidade do tamanho do fruto (HTF) foi determinada por escala de notas: 1) baixo, 2) intermediário, 3) alto (IPGRI, 1996).

O hábito de crescimento foi estimado utilizando-se notas que variam de 1 a 4, sendo: 1) Anão; 2) Determinado; 3) Semi-determinado e 4) indeterminado (IPGRI, 1996).

### 3.1.6 Avaliações de desempenho agrônômico

As características de desempenho agrônômico avaliadas nas gerações F3 foram: número de frutos comerciais (NFC), peso comercial (PC), peso de frutos não comerciais (PNC), número de frutos não comerciais (NFNC), número total de frutos (NTF) e o peso total de frutos (PTF).

O número de frutos comerciais (NFC) foi expresso pela contagem de frutos que apresentarem características apropriadas para comercialização, ou seja, frutos sem defeitos graves e leves acima do aceito pela Instrução Normativa nº 33, de 18 de julho de 2018 (MAPA, 2018).

O peso comercial (PC) foi realizado através de uma balança de precisão, onde foram considerados apenas os frutos comercialmente aceitos, obtendo-se o peso em gramas.

O peso de frutos não comerciais (PNC) foi determinado a partir de uma balança de precisão, considerando-se aqueles frutos que apresentaram defeitos acima do aceito, obtendo-se o peso em gramas.

O número de frutos não comerciais (NFNC) foi realizado através da somatória de todos os frutos que apresentaram defeitos acima do exigido pela Instrução Normativa nº 33, de 18 de julho de 2018 (MAPA, 2018).

O número total de frutos (NTF) foi obtido através da somatória de todos os frutos, obtidos em cada planta avaliada (MARTÍNEZ-VÁZQUEZ et al., 2017).

O peso total de frutos (PTF) foi obtido com auxílio de uma balança de precisão, na qual foram pesados todos os frutos coletados de cada planta, se obtendo o valor em gramas/planta (EL-GABRY; SOLIEMAN; ABIDO, 2014; MARTÍNEZ-VÁZQUEZ et al., 2017).

### 3.1.7 Avaliações de pragas e doenças

As plantas foram avaliadas quanto à incidência de doenças, utilizando-se escalas diagramáticas pré-estabelecidas. Nenhum inóculo foi utilizado, sendo as doenças avaliadas conforme o surgimento dos sintomas a campo.

A mancha bacteriana foi avaliada a partir de escalas de notas de 1 ao 12, sendo 1 = 0%, 2 = 0 a 3%, 3 = 3 a 6%, 4 = 6 a 12%, 5 = 12 a 25%, 6 = 25 a 50%, 7 = 50 a 75%, 8 = 75 a 87%, 9 = 87 a 94%, 10 = 94 a 97%, 11 = 97 a 100% e 12 = 100% de tecido doente. Essa avaliação foi realizada 15 dias após o início dos sintomas a campo (HORSFALL; BARRATT, 1945).

O vírus vira-cabeça (Tospovírus) foram avaliados por presença ou ausência da doença nas plantas, conforme estabelecido para a caracterização e registro de cultivares pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (BRASIL, 2005).

### 3.1.8 Análises estatísticas e parâmetros genéticos

O delineamento utilizado nas avaliações das gerações F3, foi o inteiramente casualizado, com avaliação individual das plantas, sendo utilizadas 100 plantas para cada geração.

As análises referentes aos parâmetros genéticos foram realizadas com auxílio do modelo 60 do programa estatístico Selegen - REM/BLUP (RESENDE, 2002). Foram estimados os parâmetros genéticos: variância genotípica ( $V_g$ ), variância residual ( $V_e$ ) e variância fenotípica individual ( $V_f$ ).

O modelo estatístico utilizado foi  $y = Xr + Za + e$ , em que: “y” é o vetor de dados, “r” é o vetor dos efeitos de repetição somados à média geral, “a” é o vetor dos

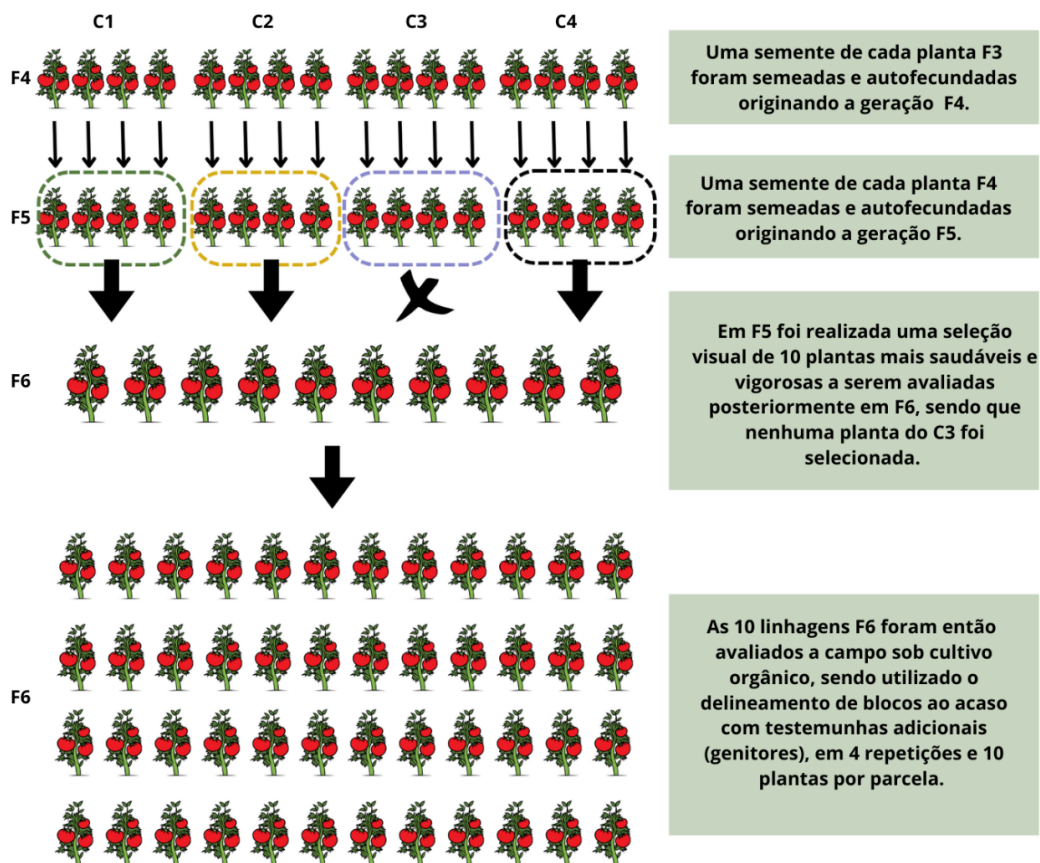


efeitos genéticos aditivos individuais, e “e” o vetor de erros ou resíduos e as letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

### 3.2 Avanço de gerações F3 até F6

As plantas obtidas a partir da primeira geração de cruzamento para cada combinação foram utilizadas para dar início ao avanço de gerações até F6, utilizando-se o método SSD - Single Seed Descent (BRIM,1966). Em que as linhagens foram autofecundadas por cinco ciclos sucessivos, avançando-se 2 gerações por ano. Sendo utilizada uma semente de um fruto do segundo cacho, por genótipo para obter-se a geração seguinte, repetindo-se esse processo até obter a geração F6 (Figura 1 e 3).

Figura 3. Avanço de gerações de F4 até F6 pelo método SSD em plantas de tomate.



Fonte: Autor (2023).

Foram utilizadas em cada ciclo, 100 sementes por combinação (C1, C2, C3 e C4), totalizando 400 plantas por etapa, estas foram conduzidas em vasos de 10 litros contendo solo peneirado, cama de aviário e calcário seguindo as proporções

recomendadas em análise de solo previamente realizada. Para evitar contaminações, os racemos florais do segundo cacho foram cobertos com pacotes de papel manteiga antes da antese, e para a garantia das autopolinizações as plantas foram vibradas semanalmente com auxílio de um vibrador manual elétrico, garantindo a autopolinização das flores e pegamento de frutos (SANTOS et al., 2012).

Na geração F5, com o objetivo de reduzir o tamanho físico do experimento, foi realizada uma seleção visual preliminar das plantas com frutos de coloração vermelha e tamanho de fruto médio a grande, além de plantas mais vigorosas e saudáveis (Figura 2). As sementes restantes, que não se enquadravam nos critérios específicos estabelecidos pelos agricultores em termos de coloração, tamanho e formato, foram preservadas e adicionadas ao banco de germoplasma de tomate da UTFPR - Campus Pato Branco para futuras pesquisas, sendo que nenhuma linhagem do cruzamento 3 (C3) foi selecionada para as avaliações em F6 nessa fase do experimento. A partir disso, foram selecionadas as 10 linhagens F6 que foram avaliadas a campo.

### **3.3 Análise de desempenho das linhagens F6**

#### **3.3.1 Manejo e controle fitossanitário das gerações F6**

A produção de mudas e as avaliações das gerações F6 foram conduzidas nos mesmos locais utilizados nas avaliações das gerações F3 (conforme detalhado no tópico 3.1.1). No entanto, é importante destacar que a sementeira das gerações F6 foi realizada em 25 de novembro de 2020, enquanto o transplante das mudas foi realizado em 13 de fevereiro de 2021. As avaliações foram realizadas a partir do momento do transplante e estenderam-se até junho de 2021.

A geração F6 foi conduzida sob o sistema de produção orgânico (BRASIL, 2014), utilizando-se o delineamento de blocos ao acaso com testemunhas adicionais (genitores), em 4 repetições, com 10 plantas por parcela e 10 tratamentos (linhagens).

O manejo e controle fitossanitário foram semelhantes ao empregado nas gerações F2 já mencionadas anteriormente no tópico 3.1.3. No entanto, foram considerados resultados de uma nova análise de solo realizada antes do plantio das gerações F6. Os dados encontrados foram: Matéria Orgânica (MO):  $56,29 \text{ g dm}^{-3}$ ; Fósforo (P):  $58,37 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Potássio (K):  $0,94 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Cálcio (Ca):  $7,85 \text{ cmol}_c$

$\text{dm}^{-3}$  ; Magnésio (Mg):  $2,75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  ; Acidez potencial (H+Al):  $3,90 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  ; Alumínio (Al):  $0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  ; Soma de Bases (SB):  $11,54 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  ; Saturação por Bases (V%): 49,3 % e pH (CaCl<sub>2</sub>): 5,85.

A calagem foi realizada 30 dias antes do transplântio ( $1,01 \text{ t ha}^{-1}$ ) utilizando calcário dolomítico convencional a lanço em área total. A necessidade de adubação foi estimada em  $15 \text{ t ha}^{-1}$  (CQFS – RS/SC, 2016), sendo essas adubações realizadas com fertilizante orgânico (80% de MS, 1,78% de N, 3,07% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 5,46% de K<sub>2</sub>O) de modo parcelado, onde se realizou a aplicação de 1/4 antes da implantação, 2/4 aos 25 dias após a primeira aplicação e o restante 25 dias após a segunda adubação.

### 3.3.2 Avaliações físico-químicas

As características sólidos solúveis, pH, acidez titulável, Relação sólidos solúveis/acidez titulável e a firmeza de frutos avaliadas em F6 foram realizadas de maneira semelhante ao empregado para as gerações F3, mencionados anteriormente no tópico 3.1.4, considerando-se as parcelas de avaliação.

A coloração dos frutos foi realizada com o auxílio de um colorímetro CR-400, calibrado no sistema L\* a\* b\*, pelo método Cielab, sendo realizada as leituras em três pontos diferentes da região equatorial do fruto, para posterior cálculo da média.

### 3.3.3 Avaliações de caracteres agromorfológicos

As características agromorfológicas avaliadas para seleção de linhas F6, foram semelhantes aquelas avaliadas nas gerações precoces, com algumas características adicionais referentes aos descritores encontrados no Diário Oficial da União, no Decreto Nº 2.366, de 5 de novembro de 1997 (BRASIL, 2005).

O hábito de crescimento (HC), a densidade da folhagem (DF) o tamanho do fruto (TF), a forma predominante do fruto (FPF), a forma do corte transversal do fruto (CTF), o número de lóculos (NL), presença de ombro verde (OV), a presença de rachaduras radiais (RR) e concêntricas (RC) nos frutos foram determinados de maneira semelhante ao realizado para a avaliação da geração F3, já mencionada anteriormente no tópico 3.1.5 Além dessas características, foram determinadas:

A intensidade da coloração verde do ombro foi estimada através das notas: 1) fraca, 2) média e 3) forte (BRASIL, 2005).

A área coberta pelo ombro verde (ACOV) foi estimada através da escala de notas: 1) pequena, 2) média e 3) grande (BRASIL, 2005).

O número de dias até a maturação foi estimado do período de transplante até quando as plantas apresentarem pelo menos um fruto maduro. A partir disso foram classificadas em: 1) muito precoce (50- 62 dias), 2) precoce (70-89 dias), 3) médio (89-94 dias), 4) tardio (94-99 dias) e 5) muito tardio (99-120 dias) (BRASIL, 2005).

O comprimento do entrenó (CE), para aquelas plantas consideradas de crescimento indeterminado, sendo: 1) curto, 2) médio, 3) longo (BRASIL, 2005).

A espessura do pericarpo (EPER), foi determinada com auxílio de um paquímetro em mm sendo posteriormente convertido em notas: 1) fino, 2) médio e 3) grande (BRASIL, 2005).

A homogeneidade do tamanho do fruto (HTF) foi determinada por escala de notas: 1) baixo, 2) intermediário, 3) alto (IPGRI, 1996).

#### **3.3.4 Avaliações de desempenho agrônômico**

O número total de frutos, a produção por planta, o número de frutos comerciais, o peso total de frutos e o peso médio de frutos foi determinado de maneira semelhante ao empregado para as gerações F3, como mencionado no tópico 3.1.6. No entanto, considerando-se o total de plantas por parcela e não a nível individual como realizado na análise das gerações precoces.

#### **3.3.5 Avaliações de fitossanidade**

O vírus vira-cabeça (Tospovírus) foi avaliado através de presença (2) ou ausência (1) da doença nas plantas, conforme estabelecido para a caracterização e registro de cultivares pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (BRASIL, 2005).

#### **3.3.6 Análises estatísticas e parâmetros genéticos**

As análises referentes aos parâmetros genéticos e a seleção de linhagens F6 foram realizadas com auxílio do modelo 21 do programa estatístico Selegen - REM/BLUP (RESENDE, 2002). Foram estimados a variância genotípica ( $V_g$ ), variância residual ( $V_e$ ), variância fenotípica individual ( $V_f$ ), herdabilidade de parcelas

individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais ( $h^2g$ ), herdabilidade da média de genótipo ( $h^2mc$ ), acurácia da seleção de linhagens ( $Acclon$ ), coeficiente de variação genotípica ( $CVg\%$ ), coeficiente de variação residual ( $CVe\%$ ), coeficiente de variação relativa ( $CVr = CVg/CVe$ ), variância do erro de predição dos valores genotípicos (PEV), desvio padrão do valor genotípico predito (SEP) e a média geral do experimento.

O modelo estatístico utilizado foi  $y = Xr + Zg + e$ , em que “y” é o vetor de dados, “r” é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, “g” é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), e “e” é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. Além disso, foi realizada a correlação de Spearman com auxílio do programa estatístico Selegen - REM/BLUP (RESENDE, 2002).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Gerações F3

#### 4.1.1 Avaliações de características físico-químicas

Os dados referentes à variável SS foram de 3,35, 3,45, 3,16 e 3,19 °Brix para as linhagens 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Os indivíduos 231 (C2), 80 (C1), 121 (C2), 18 (C1), 118 (C2), 342 (C4), 174 (C2), 71 (C1) e os parentais 590 (híbrido) e 570 (híbrido) foram os que apresentaram as maiores médias e ganhos para a característica considerando-se as 4 linhagens. A média geral para os SS foi de 3,28 °Brix.

O nível de SS aceitável para comercialização in natura é em torno de 3 a 15 °Brix, dependendo do tamanho e classificação dos frutos (PADMANABHAN et al., 2016). Os valores fenotípicos para os indivíduos das gerações variaram de 1,5 a 5,6 °Brix, sendo que 110 indivíduos foram desconsiderados para a seleção, visto que não atingem o valor mínimo de 3 °Brix aceitável para comercialização.

Considerando a variável AT, os 10 melhores indivíduos analisando as 4 gerações foram 171 (C2), 570, 86 (C1), 51(C1), 175 (C2), 304 (C4), 121 (C2), 138 (C2), 231(C3) e 590, sendo o código 570 e o 590 representado pelo parental híbrido. Os valores fenotípicos para AT variaram 0,13 a 0,39 mg%. Geralmente o teor de ácidos varia no tomate de 0,3 a 0,6% (FELFÖLDI et al., 2021), no presente estudo foram encontrados indivíduos com valores acima e abaixo desses padrões para todas as linhagens estudadas, sendo as médias gerais para as linhagens 1, 2, 3 e 4 de 0,22%, 0,23%, 0,21% e 0,21%, respectivamente.

Valores acima ou abaixo dos encontrados para os parentais podem ser resultado de segregação transgressiva e foram encontrados em todas as características avaliadas. Esse fenômeno pode ocorrer, devido a complementações positivas ou negativas de alelos, interações epistáticas, desmascaramento de alelos recessivos ou uma associação desses mecanismos (REYES et al., 2019). A segregação transgressiva também foi relatada em tomateiro para as características de produção e número de frutos por planta em trabalho realizado por Hernández-Leal et al. (2019).

Observando os maiores valores para a variável SS/AT, considerando as 4 linhagens estudadas, os indivíduos 361 (C4), 397 (C4), 342 (C4), 127 (C2), 116 (C2),

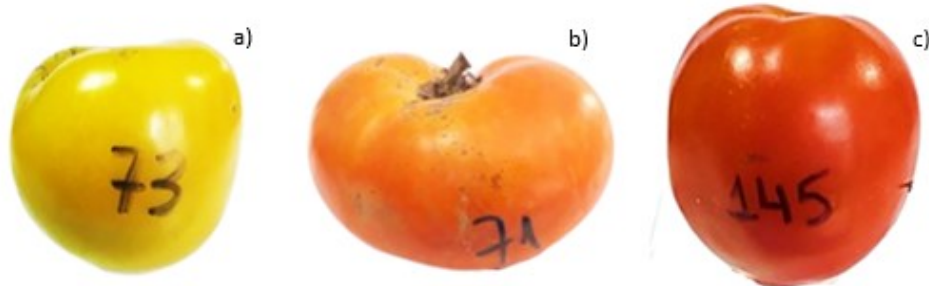
102 (C2), 80 (C1) e os parentais 528 (UTFPR\_16), 568 (híbrido) e 545 (Gaúcho) foram os que apresentaram os maiores ganhos e valores fenotípicos. A média geral considerando as 4 gerações para a variável SS/AT foi de 15,15, com valores oscilando de 2,0 até 26,21. Uma relação SS/AT mínima para um tomate de qualidade destinado ao consumo in natura é em torno de 12,5 (PADMANABHAN et al, 2016), sendo que apenas 24 indivíduos apresentaram valores inferiores a esse valor mínimo, sendo desconsiderados para seleção.

A variável pH, apresentou valores fenotípicos variando de 2 a 4,83, com uma média geral de 4,21. As médias para as linhagens 1, 2, 3 e 4 foram 4,16, 4,25, 4,19 e 4,26, respectivamente. Os indivíduos com as maiores médias para a característica foram 127 (C2), 114 (C2), 332 (C4), 288 (C3), 310 (C4), 103 (C2), 214 (C3), 49 (C1), 220 (C3) e 116 (C2). No entanto, valores baixos de pH conferem um gosto azedo aos frutos (PADMANABHAN et al., 2016) e valores acima de 4,5 aumentam a probabilidade de desenvolvimento de microorganismos afetando a qualidade dos frutos (BERGOUIGNOUX, 2014). Vinte indivíduos não foram adequados para a seleção, incluindo aqueles que apresentaram as maiores médias para a característica, visto que são muito superiores ao máximo de 4,5 adequado para comercialização.

Observando as características físico-químicas, os indivíduos 80 (C1) e 342 (C4) seriam os destaques para seleção, visto que apresentam maiores valores para SS/AT e SS, e valores de pH dentro do aceitável comercialmente. No entanto, valores de  $V_a$ ,  $V_f$ ,  $V_e$  foram baixos para todos os indivíduos para todas as características físico-químicas estudadas, com a variância ambiental contribuindo com maior parte da variância fenotípica observada. Desse modo, a baixa aditividade associada a baixos ganhos inviabiliza a seleção, nas condições do presente estudo para as linhagens precoces estudadas.

As cores do fruto foram estabelecidas através de notas e podem ser visualizadas na Figura 4, 265 indivíduos foram considerados vermelhos, 23 alaranjados, 24 amarelos, e os demais oscilaram colorações entre frutos dentro da mesma planta (Figura 4). Frutos vermelhos (nota 5) tendem a ser os mais aceitos comercialmente e por esse motivo foram considerados “melhores” para o mercado e para a seleção (BERTIN; GÉNARD, 2018; VELA-HINOJOSA et al., 2019). No entanto, o interesse por frutos com colorações diferenciadas já é apreciado em outros países e vem ganhando espaço no mercado nacional, podendo ser exploradas pelos programas de melhoramento (JOSEPH et al., 2017).

**Figura 4. Tomates com diferentes colorações. a) tomate de cor amarela (nota 2), b) tomate de cor alaranjada (nota 3), c) tomate de coloração vermelho (nota 5).**



Fonte: Autor (2023).

Os melhores indivíduos considerando a variável FM (firmeza média) derivados das 4 linhagens estudadas foram 38 (C1), 345 (C4), 203 (C3), 18 (C1), 7 (C1), 41 (C1), 231 (C3), 264 (C3) e 248 (C4). A média geral das 4 linhagens foi de 5,10 N, com valores oscilando de 2,85 a 8,22N. Todos os indivíduos apresentaram uma firmeza alta com valores acima de 2 N (MARTÍNEZ-VÁZQUEZ et al., 2017), o que permite selecionar qualquer indivíduo para a característica em questão.

#### **4.1.2 Avaliações de características agromorfológicas**

Observando os dados referentes à variável PM (Peso médio de fruto), nota-se que as maiores médias foram encontradas para os indivíduos 382 (C4), 549 (Gaúcho), 302 (C4), 390 (C4), 178 (C2), 542 (Gaúcho), 357(C4), 48 (C1), 380 (C4) e 562 (híbrido). A média geral para as gerações foi de 122,91g. A variância fenotípica foi alta para o PM, com os valores fenotípicos oscilando de 32,89 a 342,66 g. No entanto, a variância ambiental contribuiu com a maior parte da variância fenotípica, o que indica alta influencia ambiental controlando essa característica e baixo efeito aditivo.

Para o CM (comprimento médio do fruto) os indivíduos com maiores médias foram 353 (C4), 83 (C1), 158 (C2), 287 (C3), 277 (C3), 132 (C2), 169 (C2), 264 (C3) e 109 (C2). A média geral para as linhagens foi de 5,62 cm, com valores oscilando de 4,0 a 14,92 cm. Já a LM (largura média) foi superior para os indivíduos 553 (Santa Clara), 547 (Gaúcho), 348 (C4), 543 (Gaúcho), 382 (C4), 544 (Gaúcho), 593 (híbrido), 542 (Gaúcho), 386 (C4) e 390 (C4).



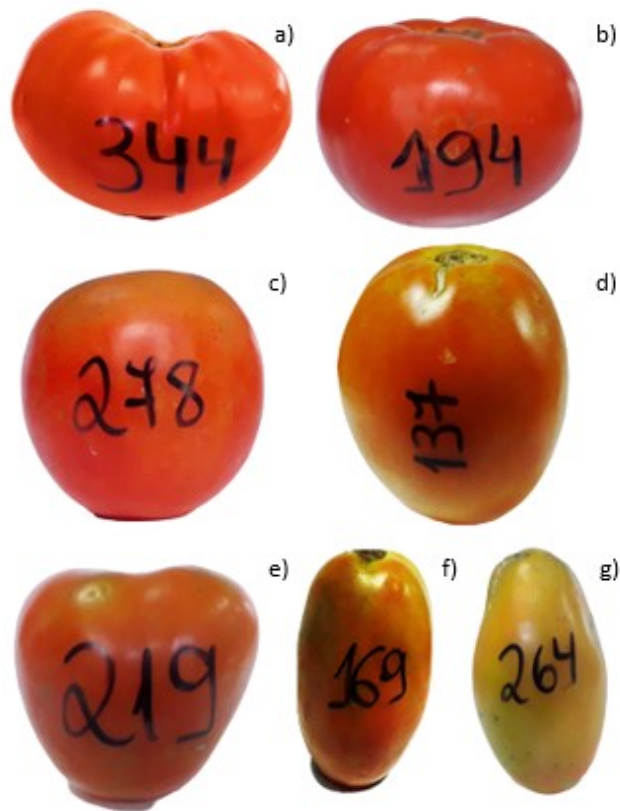
Considerando a variável NL, os valores oscilaram de 2 a 12,8, sendo os indivíduos com maior número de lóculos o 380 (C4), 382 (C4), 182 (C2), 199 (C2), 54 C1), 375 (C4) e os parentais 544 (Gaúcho), 586 (híbrido), 549 (Gaúcho), 542 (Gaúcho). No presente estudo, 246 linhagens apresentaram 4 ou menos lóculos, sendo geralmente, os tomates que apresentam essa característica os mais desejáveis para o mercado in natura (LAAYOUNI et al., 2022).

A variável OV (ombro verde) foi classificada como 1 (ausente) e 2 (presente), observando as gerações estudadas 235 indivíduos não apresentaram OV, 30 apresentaram OV e o restante apresentou frutos com e sem OV na mesma planta. Considerada uma característica pouco atrativa comercialmente, o grande número de plantas sem a presença de OV torna viável a seleção de grande parte dos indivíduos. Além disso, a maioria dos indivíduos não apresentaram rachaduras graves ou intermediárias, com 324 sem a presença de RR e 287 sem a presença de RC. Características essas, que são pouco atrativas comercialmente e aumentam perdas por podridões, já que servem de porta de entrada para insetos e patógenos (KHADIVI-KHUB, 2015; ALFARO-SIFUENTES et al., 2019).

De maneira geral, quando observamos a FPF, a maioria dos frutos foram cilíndricos e em formato de coração. No entanto, também foram encontrados frutos altamente arredondados, arredondados, ligeiramente achatados e achatados, como pode ser visualizado na Figura 5.

Geralmente os consumidores preferem formatos mais alongados ou arredondados de frutos, mas não é uma característica que influencia diretamente a compra por parte dos consumidores (ANDREUCCETTI et al., 2005; OLTMAN; JERVIS; DRAKE, 2014). Além disso, produtos diferenciados quanto ao formato, cor e sabores são aceitos pelos consumidores orgânicos e podem ser explorados como um nicho de mercado (KUTZ et al., 2022).

**Figura 5. Frutos de tomate de diferentes formatos. a) achatado (nota 1), b) ligeiramente achatado (nota 2), c) arredondado (nota 3), d) altamente arredondado (nota 4), e) formato de coração (nota 5), f) cilíndrico (nota 6) e g) piriforme (nota 7).**



**Fonte: Autor (2023).**

Observando a uniformidade dos frutos nas plantas, 83 indivíduos foram classificados com alta uniformidade, 202 com intermediária uniformidade e 99 com baixa uniformidade. Sendo encontrados frutos com colorações, formatos e tamanhos distintos em uma mesma planta para uma parte significativa dos indivíduos.

Os indivíduos 227 (C3), 317(C4), 60 (C1), 158 (C2), 357 (C4), 383 (C4), 1 (C1), 86 (C1), 165 (C2) e 166 (C2) foram os que apresentaram maior tamanho dos frutos (TF), com os valores fenotípicos variando para a característica de muito pequeno (<3 cm) a muito grande (>10 cm). Cento e vinte duas linhagens apresentaram tamanhos intermediários (5,1 - 8 cm), sendo esse tamanho de fruto geralmente o mais aceito comercialmente (ANDREUCETTI et al., 2005; HOAGLAND et al., 2015; OLTMAN; JERVIS; DRAKE, 2014).

Para a característica hábito de crescimento (HC), 322 plantas apresentaram crescimento indeterminado, 89 linhagens semideterminado e 14 linhagens determinados. Cultivares semideterminadas ou determinadas são preferidas quando realizado consórcio com outras espécies, prática muito realizada em cultivos

agroecológicos e/ou orgânicos, sendo preferidas para seleção nessas condições (ZAREI et al. 2019, KUTZ et al., 2022).

Os resultados obtidos neste estudo revelaram que as características morfoagronômicas avaliadas apresentaram uma significativa influência ambiental, onde a variação ambiental foi responsável pela maior parte da variação fenotípica observada. Essa análise está em consonância com os resultados encontrados por Hernández-Leal et al. (2019) para características de frutos na cultura do tomate. É importante ressaltar que essas conclusões são baseadas em um único local e ano de avaliação, o que limita a representatividade das variações ambientais. Estudos futuros em diferentes regiões e ao longo de vários anos podem fornecer uma compreensão mais abrangente da influência ambiental nessas características, ampliando assim o conhecimento sobre sua estabilidade e adaptabilidade.

#### **4.1.3 Avaliações de desempenho agrônômico**

O número de frutos comerciais (NFC) para as gerações precoces estudadas apresentou uma alta variância fenotípica, sendo encontrados valores de 1 a 76 frutos comerciais por planta. Os indivíduos com o maior NFC foram 91 (C1), 89 (C1), 372 (C4), 369 (C4), 41 (C1), 98 (C1), 13 (C1), 24 (C1), 51 (C1) e 31 (C1), sendo os mais promissores para a seleção considerando produção de frutos sem defeitos graves. A média geral para a característica foi de 18,58 frutos. Já para o peso comercial de frutos (PC), os indivíduos 577, 89 (C1), 98 (C1), 91 (C1), 383 (C4), 99 (C1), 578 (híbrido), 581 (híbrido), 242 (C3) e 214 (C3) foram destaques, sendo a média geral para as linhagens 2031,47g, com valores variando de 140 a 5145 g.

O número de frutos não comerciais (NFNC) oscilou de 1 a 27, sendo as linhagens que apresentaram apenas 1 fruto não comercial os mais desejáveis para seleção, estes foram as linhagens 7 (C1), 14 (C1), 51 (C1), 91 (C1), 569, 149 (C2), 198 (C2), 531 (UTFPR\_2037), 532 (UTFPR\_2037), 538 (UTFPR\_2037), 579 (híbrido), 258 (C3), 277 (C3), 285 (C3), 299 (C3), 312 (C4), 327 (C4), 359 (C4), 375 (C4), 394 (C4), 398 (C4) e 542 (Gaúcho). A média geral para a característica foi de 8,46 frutos. No entanto, os indivíduos com menor peso não comercial de frutos (PNC), foram 277 (C3), 51 (C1), 284 (C3), 91 (C1), 347 (C4), 285 (C3), 299 (C3), 365 (C4), 538 (UTFPR\_2037) e 532 (UTFPR\_2037). A média para o PNC foi de 1064,76g.

Os valores fenotípicos referentes ao número de frutos totais (NFT) foi de 1 a 84 frutos, sendo os maiores valores foram encontrados para os indivíduos 89 (C1), 372 (C4), 91 (C1), 369 (C4), 41 (C1), 98 (C1), 13 (C1), 265 (C3), 24 (C1) e 31 (C1). A média para a característica foi de 26,60 frutos. No entanto, para a variável peso total de frutos (PT), os valores foram de 148 a 7075 g, com os maiores valores fenotípicos para os indivíduos 54 (C1), 120 (C2), 190 (C2), 390 (C4), 388 (C4), 98 (C1), 92 (C1), 380 (C4), 174 (C2) e 383 (C4).

Observando os valores produtivos para as linhagens os indivíduos 98 (C1), 383 (C4), 89 (C1) e 91(C1) seriam os mais promissores para a seleção, visto que o 98 apresenta os maiores valores para o PC, PT, NFT e NFC, o 383 apresentou maiores valores para PT e PCF e o 89 e 91 apresentaram os maiores valores para as variáveis PCF e NFC.

No entanto, as variâncias ambientais foram superiores às aditivas para todas as características produtivas, o que inviabiliza a seleção de gerações precoces considerando essas características. A Influência ambiental para peso do fruto, número de frutos por planta e rendimento por planta também foram relatados em trabalho realizado por Khan et al. (2019). Além deste, Hernández-Leal et al. (2019) relatou influência ambiental para a produção por planta, número de frutos por planta, número de cachos, peso médio e comprimento dos frutos.

#### **4.1.4 Avaliações de fitossanidade**

As plantas foram acometidas por mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris*) e vírus vira cabeça no decorrer do trabalho. As linhagens que apresentaram menor porcentagem de MB foram 109 (C2) com 3 a 6% de tecido doente e os indivíduos 552 (Santa Clara), 528 (UTFPR\_16), 373 (C4), 329 (C4), 223 (C3), 221 (C3), 220 (C3), 217 (C3) e 110 (C2), com 6 a 12% de tecido doente, sendo as mais interessantes para seleção quando submetidas a condições favoráveis à doença. Já o vírus vira-cabeça atingiu 30 indivíduos que foram removidos da área de cultivo, enquanto o restante das plantas apresentou ausência de sintomas. Para ambas as doenças a variância ambiental contribuiu com grande parte da variância fenotípica o que não permitiu seleção para essas características nas condições do presente estudo.

## 4.2 Gerações F6

### 4.2.1 Avaliações de características físico-químicas

No presente trabalho a variância genética ( $V_g$ ) para a variável SS foi de 13% enquanto a variância fenotípica ( $V_f$ ) foi de 59%, o que nos permite identificar baixa contribuição de efeitos de ordem genética contribuindo para o fenótipo das linhagens. A herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo ( $h^2g$ ) observada para a variável SS foi de 21% ( $\pm 18\%$ ) (Tabela 2).

Esse valor pode ser considerado intermediário, considerando-se herdabilidades baixas quando os valores permanecem entre 0 e 15%, intermediária de 15 a 50% e altas quando maiores que 50% (RESENDE, 2015). A herdabilidade média de genótipo ( $h^2ml$ ) para essa variável foi de 52,19%, considerada alta (Tabela 2). As herdabilidades encontradas para a variável SS diferiu do encontrado por Zörb et al. (2020) em estudos com tomate a campo, onde foi encontrada uma herdabilidade alta de 97%.

Observando a variável AT% (Tabela 2), do mesmo modo que encontrado para a variável SS, a variância genética foi moderada (0,22%). Essas estimativas em conjunto com a herdabilidade baixa de 10% ( $\pm 12\%$ ), reforçam a influência ambiental. Já a herdabilidade média de genótipo foi intermediária (31,41%).

A relação SS/AT%, apresentou  $V_g$  de 171%, enquanto as estimativas de  $V_e$  e  $V_f$  foram de 243 e 414%, respectivamente. O valor da  $h^2g$  para SS/AT foi de 41% ( $\pm 24\%$ ) indicando herdabilidade intermediária, assim como observado para as demais características. Já a herdabilidade média de genótipo apresentou uma estimativa de 73,75%, considerada alta.

**Tabela 2. Estimativas das variâncias genotípica ( $V_g$ ), ambientais ( $V_e$ ), fenotípicas ( $V_f$ ), herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo ( $h^2g$ ), herdabilidade da média de genótipo ( $h^2ml$ ), acurácia da seleção de linhagens (Aclinh), coeficiente de variação genotípica ( $CVg_i\%$ ), coeficiente de variação residual ( $CVe\%$ ) para os caracteres físico-químicos em linhagens de tomate.**

Parâmetro	SS	AT	SS/AT	pH	L*	a*	b*	Firmeza
$V_g$	0,13	0,0003	1,71	0,01	1,39	3,63	2,18	0.11
$V_e$	0,46	0,002	2,44	0,01	3,25	9,42	3,9	0.25
$V_f$	0,59	0,003	4,15	0,02	4,63	13,05	6,08	0.36
$h^2g$ %	21,44( $\pm 1$ 7,50)	10,28( $\pm 1$ 2,12)	41,26( $\pm 2$ 4,28)	41,78 ( $\pm 24,43$ )	29,96 ( $\pm$ 20,69)	27,85 ( $\pm 19,95$ )	35,87( $\pm 2$ 2,64)	31.81(21. 32)
$h^2ml\%$	52,19	31,41	73,75	74,16	63,00	61,00	69,11	65.11
Aclinh	72,24	56,05	85,88	86,11	0,79	0,78	83,13	80.69

Cv <sub>gi</sub> %	9,91	5,34	10,99	2,09	3,11	9,91	5,72	11,01
C <sub>ve</sub> %	18,98	15,79	13,12	2,46	4,76	15,95	7,65	16,13
média	3,59	0,3	11,9	4,13	37,86	19,23	25,8	3,07

**Nota: SS, Sólidos solúveis; AT, Acidez titulável; pH, potencial hidrogeniônico; L\*, luminosidade, a\*, vermelho, b\*, amarelo.**

**Fonte: Autor (2023).**

A cor (L\*, a\* e b\*) e a firmeza apresentaram  $V_e$  maiores que  $V_g$ , indicando maior efeito ambiental do que genético. As herdabilidades de parcelas individuais no sentido amplo foram consideradas moderadas apresentando valores de 27,85% ( $\pm$  19,95%) a 35,87% ( $\pm$  21,32%). No entanto, a herdabilidade média de genótipo para L\*, a\* e b\* foram maiores que 50%, sendo considerada alta (Tabela 2).

Para todas as características físico-químicas estudadas, a acurácia dos dados foi considerada alta (acima de 80%), essas estimativas aliadas a valores de C<sub>ve</sub> baixos indicam boa precisão experimental (Tabela 2). Valores de CV<sub>gi</sub> foram baixos indicando baixa variabilidade para as características, o que pode resultar em baixos ganhos e eficiência na seleção.

Deve-se considerar que as variações locais e estacionais podem ser maiores do que as variações encontradas entre plantas em uma única estação, como realizado no presente estudo. Sendo que todos esses fatores tornam extremamente difícil realizar uma triagem de linhagens considerando apenas o sabor (KLEE; TIEMAN, 2013). Desse modo, é importante encontrar um equilíbrio entre as características associadas ao sabor e aquelas associadas ao rendimento das plantas na seleção (SOUZA et al., 2012; SEUFERT et al., 2019; ZÖRB et al., 2020).

Outro desafio associado à melhoria do sabor no tomate é definir o que realmente influencia no sabor. Muitos genes estão associados à química do sabor, o que requer populações extensas para que a seleção seja efetiva. Além disso, como evidenciado pelos resultados do presente estudo, a composição química das frutas é fortemente influenciada pelo ambiente, sendo que frutas colhidas em dias diferentes podem resultar em variações nas propriedades que conferem o sabor (KLEE; TIEMAN, 2013).

De acordo com os componentes de média para a variável SS, as linhagens 13, 2, 3, 9 e 1 foram as linhagens com os maiores ganhos, com médias fenotípicas variando de 3,71 até 4,57 (Tabela 3). Todas as linhagens ficaram em uma faixa considerada aceitável de SS, acima de 3°Brix, com exceção do parental 12 (UTFPR\_16). Valores semelhantes de SS foram encontrados em trabalho de Peixoto

et al. (2018), avaliando tomates com dupla finalidade comercial, onde todas as linhagens estudadas apresentaram valores de SS acima de 3°Brix, podendo ser comercializados in natura. Esses resultados indicam um sabor adequado das linhagens, se tornando promissoras para atender às exigências de qualidade e preferências dos consumidores orgânicos da região sudoeste do Paraná em relação aos sólidos solúveis.

A análise da característica SS nas linhagens revelou que aquelas contendo o genitor GBT\_37 apresentaram médias superiores. Isso sugere um possível papel significativo desempenhado por esse genitor no aumento dessa característica. Essa observação pode indicar a presença de alelos ou combinações genéticas favoráveis transmitidas pelo genitor, resultando em maior expressão da característica. Os resultados ressaltam o potencial do genitor GBT\_37 como uma valiosa fonte genética para o melhoramento das linhagens de tomateiro F6, com foco no aprimoramento da expressão da característica SS. Essas descobertas têm implicações cruciais para orientar futuros programas de melhoramento genético, visando obter linhagens com desempenho aprimorado para essa característica, contribuindo para a obtenção de variedades de tomateiro de maior qualidade e valor comercial.

**Tabela 3. Valores genotípicos e de ganho genético para a variável sólidos solúveis (SS).**

Ordem	Linhagens	g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Média fenotípica
1	13 (GBT_37)	0,51	4,10	0,51	4,10	0,70	3,60	4,60	4,57
2	2 (GBT_37 X Híbrido)	0,47	4,06	0,49	4,08	0,70	3,56	4,56	4,49
3	3 (GBT_37 X Híbrido)	0,18	3,76	0,39	3,97	0,70	3,26	4,26	3,93
4	9 (GBT_16 X Híbrido)	0,12	3,71	0,32	3,91	0,70	3,21	4,21	3,82
5	1 (GBT_37 X Híbrido)	0,07	3,65	0,27	3,86	0,70	3,15	4,15	3,71
6	5 (GBT_16 X Híbrido)	0,00	3,58	0,22	3,81	0,70	3,08	4,08	3,58
7	4 (GBT_16 X Híbrido)	-0,03	3,55	0,19	3,77	0,70	3,05	4,05	3,52
8	6 (Gaúcho X Híbrido)	-0,05	3,53	0,16	3,74	0,70	3,03	4,03	3,48
9	7(Gaúcho X Híbrido)	-0,07	3,52	0,13	3,72	0,70	3,02	4,02	3,46
10	14 (Híbrido)	-0,10	3,49	0,11	3,70	0,70	2,99	3,99	3,40
11	10(GBT_16 X Híbrido)	-0,22	3,37	0,08	3,67	0,70	2,87	3,87	3,17
12	8 (Gaúcho X Híbrido)	-0,25	3,33	0,05	3,64	0,70	2,83	3,83	3,10
13	11(Gaúcho)	-0,29	3,29	0,03	3,61	0,70	2,79	3,79	3,03
14	12 (GBT_16)	-0,33	3,26	0,00	3,59	0,70	2,76	3,76	2,96

**Nota: u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.**

**Fonte: Autor (2023).**

Já para a acidez titulável (AT), as linhagens 9 e 2, apresentaram os maiores ganhos para a característica, sendo que que as médias fenotípicas para a

característica variaram de 0,24 a 0,34 (Tabela 4). A preferência por frutos ácidos ou doces é variável conforme a região e a cultura do consumidor, sendo interessante que diferentes materiais sejam disponibilizados no mercado, aumentando o leque de opções em relação a características químicas, físicas e sensoriais (NASCIMENTO et al., 2013). Geralmente valores altos de acidez conferem um sabor mais azedo aos frutos e menos aceitos pelo consumidor (PADMANABHAN et al., 2016). Desse modo, as linhagens 10, 7, 3, 8 e 6 seriam aquelas com um sabor mais suave e comercialmente aceito considerando essa variável isoladamente.

**Tabela 4. Valores genotípicos e de ganho genético para a variável acidez titulável (AT).**

Ordem	Linhagens	g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Média fenotípica
1	13 (GBT_37)	0,01	0,32	0,01	0,32	0,54	0,29	0,34	0,35
2	9 (GBT_16 X Híbrido)	0,01	0,32	0,01	0,32	0,54	0,29	0,34	0,35
3	2 (GBT_37 X Híbrido)	0,01	0,31	0,01	0,31	0,54	0,28	0,34	0,33
4	11(Gaúcho)	0,01	0,31	0,01	0,31	0,54	0,28	0,34	0,33
5	4 (GBT_16 X Híbrido)	0,00	0,31	0,01	0,31	0,54	0,28	0,33	0,31
6	5 (GBT_31 X Híbrido)	0,00	0,31	0,01	0,31	0,54	0,28	0,33	0,31
7	12 (GBT_16)	0,00	0,31	0,01	0,31	0,54	0,28	0,33	0,31
8	14 (Híbrido)	0,00	0,30	0,01	0,31	0,54	0,28	0,33	0,31
9	1 (GBT_37 X Híbrido)	0,00	0,30	0,01	0,31	0,54	0,28	0,33	0,30
10	6 (Gaúcho X Híbrido)	0,00	0,30	0,00	0,31	0,54	0,27	0,33	0,29
11	8 (Gaúcho X Híbrido)	-0,01	0,30	0,00	0,31	0,54	0,27	0,32	0,29
12	3(GBT_37 X Híbrido)	-0,01	0,30	0,00	0,31	0,54	0,27	0,32	0,28
13	7 (Gaúcho X Híbrido)	-0,01	0,29	0,00	0,30	0,54	0,27	0,32	0,27
14	10 GBT_16 X Híbrido)	-0,02	0,28	0,00	0,30	0,54	0,26	0,31	0,24

**Nota:** u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.

**Fonte:** Autor (2023).

O sabor do tomate é dependente principalmente da relação existente entre os sólidos solúveis e os ácidos orgânicos presentes nos frutos, sendo esta relação determinante para o sabor adocicado e ácido dos tomates. Desse modo, uma relação de SS/AT alta indica que o fruto apresenta gosto suave e comercialmente aceito, enquanto níveis baixos indicam frutos mais azedos (PADMANABHAN et al., 2016). Observando a Tabela 5, as linhagens 3, 2, 10, 7 e o parental 13 foram os que apresentaram os maiores ganhos para essa característica. Assim, considerando que um alto SS/AT é essencial para um bom sabor dos tomates as linhagens 3, 2, 10 e 7 seriam os mais recomendados nas condições do presente estudo.



**Tabela 5. Valores genotípicos e de ganho genético para a relação Sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT).**

Ordem	Linhagens	g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Média fenotípica
1	3 (GBT_37 X Híbrido)	1,66	13,56	1,66	13,56	0,83	12,12	15,00	14,15
2	2 (GBT_37 X Híbrido)	1,49	13,39	1,58	13,48	0,83	11,95	14,83	13,92
3	10 (GBT_16 X Híbrido)	1,21	13,11	1,45	13,35	0,83	11,67	14,54	13,54
4	13 (GBT_37)	0,97	12,86	1,33	13,23	0,83	11,42	14,30	13,21
5	7 (Gaúcho X Híbrido)	0,79	12,69	1,22	13,12	0,83	11,25	14,13	12,97
6	1 (GBT_37 X Híbrido)	0,27	12,17	1,06	12,96	0,83	10,73	13,60	12,26
7	6 (Gaúcho X Híbrido)	-0,10	11,80	0,90	12,80	0,83	10,36	13,24	11,77
8	5 (GBT_16 X Híbrido)	-0,23	11,67	0,76	12,66	0,83	10,23	13,11	11,59
9	4 (GBT_16 X Híbrido)	-0,43	11,47	0,63	12,52	0,83	10,03	12,91	11,32
10	14 (Híbrido)	-0,55	11,35	0,51	12,41	0,83	9,91	12,79	11,16
11	9 (GBT_16 X Híbrido)	-0,63	11,27	0,40	12,30	0,83	9,83	12,71	11,04
12	8 (Gaúcho X Híbrido)	-0,76	11,13	0,31	12,21	0,83	9,70	12,57	10,86
13	12 (GBT_16)	-1,77	10,13	0,15	12,05	0,83	8,69	11,57	9,50
14	11 (Gaúcho)	-1,92	9,98	0,00	11,90	0,83	8,54	11,42	9,30

**Nota: u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.**

**Fonte: Autor (2023).**

Os valores de pH para as linhagens variaram de 4,0 a 4,3 (média fenotípica), sendo os maiores ganhos para a característica encontrados nas linhagens 7, 1, 6, 4 e 5 (Tabela 5). Em média um pH normal para o tomate é de 4,0 a 4,5, sendo que um pH alto pode estar associado a um sabor amargo dos frutos. Buscar linhagens de tomate com valores de pH dentro da faixa normal pode ser importante para garantir a qualidade sensorial dos frutos e atender às preferências dos consumidores orgânicos.

Os valores de pH encontrados no presente estudo foram semelhantes aos descobertos por Peixoto et al., (2018), avaliando linhagens de tomate de dupla finalidade, em que foram encontrados médias de pH acima de 3,0. No entanto, em trabalho realizado por Mazzon et al., (2022) avaliando cultivares de linhagens de tomate em sistema orgânico, foram encontrados pH de 4,62 a 4,92, valores estes, superiores ao encontrado nesse estudo. Todas as linhagens avaliadas neste estudo apresentaram valores de pH dentro da faixa considerada normal, o que indica que todas elas podem ser consideradas para seleção considerando essa característica. Sendo assim, importante, considerar outras características relevantes para o programa de melhoramento.

**Tabela 6. Valores genotípicos e de ganho genético para pH.**

Ordem	Linhagens	g	u + g	ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Media fenotípica
1	7 (Gaúcho X Híbrido)	0,12	4,25	0,12	4,25	0,83	4,15	4,34	4,29
2	(GBT_37 X Híbrido)	0,12	4,24	0,12	4,24	0,83	4,15	4,29	4,28
3	6 (Gaúcho x Híbrido)	0,07	4,20	0,10	4,23	0,83	4,10	4,29	4,22
4	4 (GBT_3 X Híbrido)	0,06	4,19	0,09	4,22	0,83	4,10	4,29	4,22
5	5 (GBT_16 X Híbrido)	0,03	4,16	0,08	4,21	0,83	4,06	4,25	4,17
6	3 (GBT_37 X Híbrido)	0,01	4,14	0,07	4,20	0,83	4,04	4,23	4,14
7	2 (GBT_37 X Híbrido)	0,00	4,13	0,06	4,19	0,83	4,04	4,22	4,13
8	12 (GBT_16)	-0,01	4,11	0,05	4,18	0,83	4,02	4,21	4,11
9	13 (GBT_37)	-0,01	4,11	0,04	4,17	0,83	4,02	4,21	4,11
10	8 (Gaúcho X Híbrido)	-0,03	4,10	0,04	4,16	0,83	4,00	4,19	4,09
11	14 (Híbrido)	-0,07	4,06	0,03	4,15	0,83	3,97	4,15	4,04
12	10 (GBT_16 X Híbrido)	-0,07	4,06	0,02	4,15	0,83	3,97	4,15	4,04
13	11 (Gaúcho)	-0,10	4,03	0,01	4,14	0,83	3,94	4,13	4,00
14	9 (GBT_16 X Híbrido)	-0,12	4,01	0,00	4,13	0,83	3,91	4,10	3,97

**Nota: u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.**

**Fonte: Autor (2023).**

Para a variável cor, podemos observar os valores de luminosidade ( $L^*$ ), vermelhidão ( $a^*$ ) e amarelecimento ( $b^*$ ) presente nos frutos (JARQUÍN-ENRÍQUEZ et al., 2013). As linhagens com maiores índices de  $L^*$ , portanto, com maior claridade, foram 1, 9, 6, 4 e o parental 11 (Tabela 7). As médias fenotípicas para a luminosidade ( $L^*$ ), oscilaram de 34,85 a 40,24, superiores às encontradas por Peixoto et al., 2018, onde os valores foram de 21,26 a 37,66 para  $L^*$  (luminosidade), sendo essa diferença possivelmente relacionada ao tipo de material genético estudado, potencial genético e as condições climáticas nas quais as plantas foram cultivadas.

**Tabela 7. Valores genotípicos e de ganho genético para cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) em frutos de tomate.**

Ordem	Linhagens	$L^*$ (luminosidade)							
		g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Media fenotípica
1	1 (GBT_37 X Híbrido)	1,50	39,36	1,50	39,36	0,77	37,88	40,85	40,24
2	9 (GBT_16 X Híbrido)	0,97	38,83	1,24	39,10	0,77	37,34	40,32	39,40
3	11 (Gaúcho)	0,67	38,53	1,05	38,91	0,77	37,04	40,02	38,92
4	6 (Gaúcho X Híbrido)	0,64	38,50	0,95	38,81	0,77	37,01	39,98	38,87
5	4 (GBT_16 X Híbrido)	0,55	38,41	0,87	38,73	0,77	36,92	39,89	38,73
6	14 (Híbrido)	0,53	38,39	0,81	38,67	0,77	36,90	39,88	38,70
7	8 (Gaúcho X Híbrido)	0,40	38,26	0,75	38,61	0,77	36,77	39,74	38,49
8	10 (GBT_16 X Híbrido)	0,04	37,90	0,66	38,52	0,77	36,42	39,39	37,93
9	3 (GBT_37 X Híbrido)	0,00	37,86	0,59	38,45	0,77	36,38	39,35	37,87
10	2 (GBT_37 X Híbrido)	-0,61	37,25	0,47	38,33	0,77	35,76	38,74	36,90

11	13 (GBT_37)	-0,89	36,97	0,35	38,21	0,77	35,48	38,46	36,45
12	7 (Gaúcho X Híbrido)	-0,93	36,93	0,24	38,10	0,77	35,44	38,42	36,39
13	5 (GBT_16 X Híbrido)	-0,98	36,88	0,15	38,01	0,77	35,40	38,37	36,31
14	12 (GBT_16)	-1,90	35,96	0,00	37,86	0,77	34,47	37,44	34,85
a* (vermelho)									
1	10 (GBT_16 X Híbrido)	2,16	21,40	2,16	21,40	0,75	18,93	23,87	22,80
2	3 (GBT_37 X Híbrido)	2,04	21,28	2,10	21,34	0,75	18,81	23,75	22,60
3	4 (GBT_16 X Híbrido)	1,33	20,57	1,85	21,08	0,75	18,10	23,03	21,43
4	11 (Gaúcho)	1,17	20,41	1,68	20,91	0,75	17,94	22,88	21,17
5	2 (GBT_37 X Híbrido)	0,94	20,18	1,53	20,77	0,75	17,71	22,65	20,79
6	9 (GBT_16 X Híbrido)	0,34	19,58	1,33	20,57	0,75	17,11	22,05	19,80
7	5 (GBT_16 X Híbrido)	0,17	19,40	1,17	20,40	0,75	16,94	21,87	19,51
8	8 (Gaúcho X Híbrido)	0,08	19,32	1,03	20,27	0,75	16,85	21,78	19,37
9	6 (Gaúcho X Híbrido)	-0,21	19,02	0,89	20,13	0,75	16,55	21,49	18,89
10	13 (GBT_37)	-0,46	18,78	0,76	19,99	0,75	16,31	21,25	18,48
11	12 (GBT_16)	-1,51	17,72	0,55	19,79	0,75	15,26	20,19	16,75
12	14 (Híbrido)	-1,60	17,63	0,37	19,61	0,75	15,17	20,10	16,60
13	1 (GBT_37 X Híbrido)	-1,68	17,56	0,21	19,45	0,75	15,09	20,03	16,47
14	7 (Gaúcho X Híbrido)	-2,78	16,46	0,00	19,24	0,75	13,99	18,92	14,66
b* (amarelo)									
1	6 (Gaúcho X Híbrido)	1,72	27,52	1,72	27,52	0,80	25,78	29,25	28,29
2	4 (GBT_16 X Híbrido)	1,50	27,30	1,61	27,41	0,80	25,57	29,04	27,98
3	11 (Gaúcho)	1,36	27,16	1,53	27,33	0,80	25,43	28,89	27,77
4	14 (Híbrido)	0,65	26,44	1,31	27,11	0,80	24,71	28,18	26,73
5	3 (GBT_37 X Híbrido)	0,56	26,36	1,16	26,96	0,80	24,62	28,09	26,61
6	1 (GBT_37 X Híbrido)	0,43	26,23	1,03	26,83	0,80	24,49	27,96	26,42
7	2 (GBT_37 X Híbrido)	0,38	26,18	0,94	26,74	0,80	24,44	27,91	26,35
8	13 (GBT_37)	-0,07	25,73	0,81	26,61	0,80	23,99	27,46	25,70
9	8 (Gaúcho X Híbrido)	-0,24	25,56	0,70	26,50	0,80	23,82	27,29	25,45
10	10 (GBT_16 X Híbrido)	-0,25	25,55	0,60	26,40	0,80	23,82	27,28	25,44
11	9 (GBT_16 X Híbrido)	-0,47	25,33	0,50	26,30	0,80	23,60	27,06	25,12
12	7 (Gaúcho X Híbrido)	-1,30	24,50	0,35	26,15	0,80	22,76	26,23	23,91
13	5 (GBT_16 X Híbrido)	-1,67	24,13	0,20	26,00	0,80	22,40	25,86	23,39
14	12 (GBT_16)	-2,58	23,22	0,00	25,80	0,80	21,49	24,95	22,07

**Nota: u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.**

**Fonte: Autor (2023).**

Para a variável a\* (vermelho), as linhagens com maiores ganhos, considerados mais vermelhos, foram as linhagens 10, 3, 4, 2 e o parental 11 (Tabela 7). Peixoto et al., (2018) encontrou valores de 25,99 a 34,39 para a\* enquanto no presente estudo os valores foram mais baixos oscilando de 14,66 a 22,80 para essa variável.

A coloração vermelha é uma das mais populares no mercado, sendo a degradação da clorofila e o acúmulo dos carotenoides os principais responsáveis pela alteração do verde para o vermelho dos frutos (BERTIN; GÉNARD, 2018; VELA-HINOJOSA et al., 2019). Desse modo, os frutos 10, 3, 4 e 2 seriam os mais atraentes comercialmente nesse aspecto. Além disso, embora o mercado de orgânicos apresente diferenças quanto à aceitação de colorações e formatos diferenciados, que podem ser explorados em nichos de mercado, o presente trabalho teve foco nas características demandadas pelos agricultores da região, sendo a coloração vermelha uma dessas exigências específicas.

Para o  $b^*$  (amarelo) os maiores ganhos foram encontrados para as linhagens 6, 4, 3 e os parentais 11 e 14 (Tabela 7). Peixoto et al., (2018) encontrou valores de 25,42 a 33,00 para  $b^*$ , o que indica influência da cor amarela, enquanto no presente estudo os valores foram inferiores variando de 22,07 a 28,29.

Para a variável FM (firmeza média) (Tabela 8), o parental 14 e as linhagens 4, 9, 8 e 10 apresentaram os maiores ganhos para a característica, sugerindo uma boa resistência a danos físicos e resistência na pós-colheita, essa característica embora considerada importante, não é a que apresenta maior relevância para produções orgânicas, visto que consumidores orgânicos tendem a adquirir os produtos em feiras locais (HEMPEL; HAMM, 2016). Além disso, todas as linhagens apresentaram uma firmeza considerada adequada com valores acima de 2 N (MARTÍNEZ-VÁZQUEZ et al., 2017).

Embora o parental híbrido tenha apresentado o melhor desempenho para a característica FM (Tabela 8), algumas linhagens provenientes do cruzamento com a variedade GBT\_16 se destacaram entre as cinco melhores, sendo a linhagem 5 a exceção. Esses resultados indicam que, embora o cruzamento com a variedade 16 possa ter tido um impacto positivo na melhoria da característica avaliada para a maioria das linhagens, sua contribuição pode não ter sido uniforme em todas as combinações genéticas, sugerindo a presença de interações genéticas complexas.

**Tabela 8. Valores genotípicos e de ganho genético para a firmeza dos frutos (FM).**

Ordem	Linhagens	g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Média fenotípica
1	14 (Híbrido)	0,55	3,62	0,55	3,62	0,78	3,20	4,03	3,91
2	4 (GBT_16 X Híbrido)	0,49	3,56	0,52	3,59	0,78	3,14	3,98	3,82
3	9 (GBT_16 X Híbrido)	0,23	3,30	0,42	3,49	0,78	2,89	3,72	3,43
4	8 (Gaúcho X Híbrido)	0,11	3,18	0,34	3,42	0,78	2,76	3,60	3,24

5	10 (GBT_16 X Híbrido)	0,07	3,14	0,29	3,36	0,78	2,73	3,56	3,18
6	7 (Gaúcho X Híbrido)	0,06	3,13	0,25	3,32	0,78	2,71	3,55	3,16
7	1 (GBT_37 X Híbrido)	0,04	3,11	0,22	3,29	0,78	2,70	3,53	3,14
8	6 (Gaúcho X Híbrido)	-0,12	2,95	0,18	3,25	0,78	2,53	3,37	2,89
9	12 (GBT_16)	-0,19	2,88	0,14	3,21	0,78	2,47	3,30	2,78
10	11 (Gaúcho)	-0,21	2,86	0,10	3,17	0,78	2,44	3,28	2,75
11	2 (GBT_37 X Híbrido)	-0,22	2,85	0,07	3,14	0,78	2,43	3,27	2,73
12	5 (GBT_16 X Híbrido)	-0,25	2,82	0,05	3,12	0,78	2,40	3,24	2,69
13	13 (GBT_37)	-0,27	2,80	0,02	3,09	0,78	2,39	3,22	2,66
14	3 (GBT_37 X Híbrido)	-0,28	2,79	0,00	3,07	0,78	2,38	3,21	2,64

**Nota: u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.**

**Fonte: Autor (2023).**

#### 4.2.2 Avaliações de caracteres agromorfológicos

Os componentes de variância para as características peso médio de frutos (PM), comprimento médio de frutos (CM), largura média de frutos (LM), Rachaduras radiais (RR), ombro verde (OV), forma predominante do fruto (FPF), rachaduras concêntricas (RC), número de lóculos (NL), espessura do Pericarpo (EP), área coberta pelo ombro verde (ACOV), intensidade da cor verde do ombro verde (ICOVM), a uniformidade dos frutos (UNI), densidade de folhagem (DF) e comprimento do entrenó (CE) podem ser visualizadas na Tabela 9.

**Tabela 9. Estimativas das variâncias genotípica (Vg), ambientais (Ve), fenotípicas (Vf), herdabilidade no sentido amplo (h<sup>2</sup>a), herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo (h<sup>2</sup>g), herdabilidade da média de linhagens (h<sup>2</sup>ml), acurácia da seleção de linhagens (Aclinh).**

Variáveis	Vg	Ve	Vf	h <sup>2</sup> g %	h <sup>2</sup> ml%	Aclinh%	Cvgi%	Cve%	Média geral
PM	1477,05	1029,02	2506,07	58,94(±29,02)	85,16	92,30	15,24	12,72	252,17
CM	154,45	34,53	188,98	81,73(±34,17)	94,70	97,32	17,36	8,21	2,86
LM	45,76	26,15	71,91	63,64(±30,15)	87,50	93,54	8,45	6,39	80,10
OV	0,01	0,07	0,09	16,06(±15,15)	43,36	65,84	9,82	22,46	1,21
FPF	3,39	0,42	3,80	89,02(±35,66)	97,00	98,49	62,87	22,08	2,93
RR	0,68	1,52	2,20	30,91(±21,01)	64,15	80,09	41,51	62,07	1,99
RC	0,01	0,48	0,49	1,85(±5,14)	7,01	26,49	7,45	54,26	1,27
NL	1,88	1,60	3,48	54,03(±27,78)	82,46	90,80	22,13	20,41	6,20
EP	1,26	0,34	1,63	77,33(±33,24)	93,17	96,53	19,56	10,59	5,73
ACOV	0,22	0,35	0,57	38,29(±23,39)	71,29	84,43	14,18	18,00	3,29
UNI	2,60	0,07	2,68	99,32(±37,29)	99,32	99,66	31,60	5,23	5,11
TF	0,05	0,04	0,09	58,30(±28,86)	84,83	92,10	6,52	5,52	3,40
DF	1,27	0,00	1,27	99,98(±37,80)	100,00	100,00	24,64	0,03	4,57
ICOV	0,06	0,53	0,59	10,26(±12,10)	31,37	56,01	7,44	21,99	3,31
CE	2,02	0,00	2,02	99,99 (±38,00)	100,00	100,00	29,24	0,04	4,86

**Fonte: Autor (2023).**

As estimativas de  $V_g$  foram superiores a  $V_e$  para as características, indicando que os efeitos genéticos influenciam na maior parte da  $V_f$ , com exceção das variáveis OV, RR, RC e ACOVM, que apresentam valores de  $V_g$  inferior aos  $V_e$  indicando maior influência ambiental (Tabela 9). Além disso, as  $h^2_g$  para as características oscilaram de baixas a altas, com valores de 10,26% ( $\pm 12,10\%$ ) até 99,99% ( $\pm 38,00\%$ ). Sendo consideradas baixas para as variáveis OV, ICOVM e RC (abaixo de 20%), moderadas para RR e ACOVM (20 a 50%) e altas (acima de 50%) para as demais características (Tabela 9).

De acordo com os componentes de média, o peso médio do fruto (PM) do fruto variou de 174,21 a 329,65 g, sendo que frutos com maior peso foram encontrados para as linhagens 6, 8, 9, 10 e para o parental 13 (Tabela 10). O tamanho do fruto geralmente apresenta relação com o PM, sendo que no processo de seleção de vegetais, vários loci que regulam essa característica foram descobertos (WANG et al., 2022).

**Tabela 10. Valores genotípicos e de ganho genético para o peso médio dos frutos (PM).**

Ordem	Linhagens	g	u + g	Ganho	Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Média fenotípica
1	13 (GBT_37)	65,99	318,16	65,99	318,16	0,89	283,71	352,61	329,65
2	6 (Gaúcho X Híbrido)	32,18	284,35	49,09	301,25	0,89	249,89	318,80	289,95
3	8 (Gaúcho X Híbrido)	31,24	283,41	43,14	295,30	0,89	248,96	317,86	288,85
4	9 (GBT_16 X Híbrido)	31,07	283,24	40,12	292,29	0,89	248,79	317,69	288,65
5	10 (GBT_16 X Híbrido)	12,34	264,50	34,56	286,73	0,89	230,05	298,95	266,65
6	3 (GBT_37 X Híbrido)	11,31	263,48	30,69	282,85	0,89	229,03	297,93	265,45
7	11 (Gaúcho)	11,10	263,27	27,89	280,06	0,89	228,82	297,72	265,20
8	4 (GBT_16 X Híbrido)	5,74	257,90	25,12	277,29	0,89	223,45	292,35	258,90
9	5 (GBT_16 X Híbrido)	- 10,23	241,93	21,19	273,36	0,89	207,48	276,38	240,15
10	2 (GBT_37 X Híbrido)	- 20,88	231,29	16,99	269,15	0,89	196,84	265,74	227,65
11	14 (Híbrido)	- 28,29	223,88	12,87	265,04	0,89	189,43	258,33	218,95
12	7 (Gaúcho X Híbrido)	- 35,36	216,81	8,85	261,02	0,89	182,36	251,26	210,65
13	12 (GBT_16)	- 39,83	212,34	5,11	257,27	0,89	177,89	246,79	205,40
14	1 (GBT_37 X Híbrido)	- 66,39	185,77	0,00	252,17	0,89	151,32	220,22	174,21

**Nota:** u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.

**Fonte:** Autor (2023).

No presente estudo, a linhagem 6 apresentou um maior tamanho de frutos. No entanto, geralmente os consumidores aceitam melhor frutos com tamanho intermediários (ANDREUCETTI et al., 2005; HOAGLAND et al., 2015; OLTMAN; JERVIS; DRAKE, 2014). Sendo assim, um aumento nessa característica nem sempre indica uma vantagem comercial para as linhagens, e, portanto, outras variedades estudadas não devem ser descartadas como promissoras. Além disso, embora o tamanho dos frutos seja uma característica de rendimento interessante no melhoramento, geralmente é inversamente proporcional às características que interferem no sabor, como por exemplo os SS (JARQUÍN-ENRÍQUEZ et al., 2020).

Na região sudoeste do Paraná, ainda prevalece uma visão convencional do mercado de tomates na qual são valorizados frutos de tamanho grande, formato arredondado e coloração vermelha intensa mesmo se tratando de tomates orgânicos, o que indica que as linhagens 6, 8, 9 e 10 seriam as mais indicadas para seleção considerando essa característica. No entanto, o mercado de tomates de cores e formatos diferenciados no Brasil ainda é pouco explorado, sendo que produtos desconhecidos pelo consumidor não significam necessariamente que serão rejeitados. Desse modo, as demais linhagens não consideradas para a seleção no presente estudo podem ser exploradas com outras finalidades em trabalhos futuros com outros enfoques.

Observando os comprimentos e larguras médias de frutos, as linhagens 1 e 2 apresentam frutos mais oblongos com a largura menor que o comprimento (Tabela 11). O CM foi maior para as linhagens 1, 2, 8, 3 e para o parental 13, já a LM foi maior para as linhagens 9, 8, 6, 10 e para o parental 11 (Tabela 11).

**Tabela 11. Valores genotípicos e de ganho genético para o comprimento médio dos frutos (CM) e largura média dos frutos (LM).**

Ordem	Linhagens	g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Media fenotípica
Comprimento médio dos frutos (CM)									
1	13 (GBT_37)	25,55	97,14	25,55	97,14	0,94	88,68	105,60	98,57
2	1 (GBT_37 X Híbrido)	17,58	89,17	21,57	93,15	0,94	80,71	97,63	90,15
3	2 (GBT_37 X Híbrido)	17,28	88,87	20,14	91,72	0,94	80,41	97,33	89,84
4	8 (Gaúcho X Híbrido)	3,83	75,42	16,06	87,65	0,94	66,96	83,87	75,63
5	3 (GBT_37 X Híbrido)	3,33	74,91	13,52	85,10	0,94	66,45	83,37	75,10
6	4 (GBT_16 X Híbrido)	0,52	72,10	11,35	82,93	0,94	63,65	80,56	72,13
7	6 (Gaúcho X Híbrido)	-3,71	67,87	9,20	80,78	0,94	59,41	76,33	67,66
8	7 (Gaúcho X Híbrido)	-7,90	63,68	7,06	78,64	0,94	55,22	72,14	63,24
9	5 (GBT_16 X Híbrido)	-8,08	63,50	5,38	76,96	0,94	55,04	71,96	63,05

10	9 (GBT_16 X Híbrido)	-8,58	63,01	3,98	75,57	0,94	54,55	71,47	62,53
11	12 (GBT_16)	-9,34	62,24	2,77	74,35	0,94	53,79	70,70	61,72
12	14 (Híbrido)	-9,35	62,23	1,76	73,34	0,94	53,77	70,69	61,71
13	11 (Gaúcho)	-9,64	61,95	0,88	72,47	0,94	53,49	70,40	61,41
14	10 (GBT_16 X Híbrido)	-11,48	60,10	0,00	71,58	0,94	51,64	68,56	59,46
Largura média dos frutos (LM)									
1	9 (GBT_16 X Híbrido)	8,06	88,16	8,06	88,16	0,90	82,4	93,90	89,32
2	8 (Gaúcho X Híbrido)	5,84	85,93	6,95	87,05	0,90	80,19	91,68	86,77
3	11 (Gaúcho)	5,47	85,57	6,46	86,55	0,90	79,83	91,31	86,35
4	6 (Gaúcho X Híbrido)	5,28	85,38	6,16	86,26	0,90	79,64	91,12	86,13
5	10 (GBT_16 X Híbrido)	4,76	84,86	5,88	85,98	0,90	79,12	90,60	85,54
6	13 (GBT_37)	2,41	82,51	5,30	85,40	0,90	76,77	88,25	82,86
7	4 (GBT_16 X Híbrido)	1,04	81,14	4,69	84,79	0,90	75,40	86,88	81,29
8	5 (GBT_16 X Híbrido)	0,84	80,94	4,21	84,31	0,90	75,20	86,68	81,06
9	3 (GBT_37 X Híbrido)	-0,35	79,75	3,71	83,80	0,90	74,01	85,49	79,70
10	14 (Híbrido)	-2,43	77,67	3,09	83,19	0,90	71,92	83,41	77,32
11	7 (Gaúcho X Híbrido)	-3,25	76,85	2,52	82,61	0,90	71,11	82,59	76,39
12	12 (GBT_16)	-3,47	76,63	2,02	82,12	0,90	70,89	82,37	76,13
13	2 (GBT_37 X Híbrido)	-9,66	70,44	1,12	81,22	0,90	64,70	76,18	69,06
14	1 (GBT_37 X Híbrido)	-14,54	65,56	0,00	80,10	0,90	59,82	71,30	63,48

**Nota:** u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.

Fonte: Autor (2023).

Observando número de lóculos (NL) nos frutos (Tabela 12), os parentais 11, 13, 12 e as linhagens 9 e 6 foram os 5 com os maiores números de lóculos. O número de lóculos presentes nos frutos do tomateiro geralmente varia de dois a 10 ou mais, o que foi observado no presente estudo, onde as médias variaram de 3,65 a 9,15 lóculos, sendo essa uma característica quantitativa, controlada por vários locos (MUÑOS et al., 2011; KNAAP et al., 2014).

Alguns estudos determinaram os QTLs responsáveis pelo número de lóculos em tomate, dois deles FAS e lcn2.1 têm efeitos importantes no fenótipo. O FAS tem o efeito mais forte no aumento do número de lóculos de dois para mais de seis (MUÑOS et al., 2011; KNAAP et al., 2014). Já o lcn2.1 apresenta um efeito mais fraco, estando relacionado ao aumento do número de lóculos de dois para três ou quatro. Sendo que interações epistáticas podem ocorrer, onde o lcn2.1 e o FAS cooperam para um número de lóculos extremamente alto (MUÑOS et al., 2011; KNAAP et al., 2014).

**Tabela 12. Valores genotípicos e de ganho genético para o número de lóculos em frutos de tomate (NL)**

Ordem	Linhagens	g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Média fenotípica
-------	-----------	---	-------	-------	------------	----------	------	------	------------------



1	11 (Gaúcho)	2,43	8,63	2,43	8,63	0,88	7,33	9,93	9,15
2	9 (GBT_16 X Híbrido)	1,65	7,85	2,04	8,24	0,88	6,55	9,15	8,20
3	13 (GBT_37)	0,95	7,15	1,68	7,88	0,88	5,85	8,45	7,35
4	12 (GBT_16)	0,49	6,69	1,38	7,58	0,88	5,39	8,00	6,80
5	6 (Gaúcho X Híbrido)	0,33	6,53	1,17	7,37	0,88	5,23	7,83	6,60
6	5 (GBT_16 X Híbrido)	0,29	6,49	1,02	7,22	0,88	5,19	7,79	6,55
7	4 (GBT_16 X Híbrido)	0,29	6,49	0,92	7,12	0,88	5,19	7,79	6,55
8	10 (GBT_16 X Híbrido)	0,25	6,45	0,83	7,03	0,88	5,15	7,75	6,50
9	3 (GBT_37 X Híbrido)	-0,08	6,12	0,73	6,93	0,88	4,82	7,42	6,10
10	7 (Gaúcho X Híbrido)	-0,66	5,54	0,59	6,79	0,88	4,24	6,84	5,40
11	2 (GBT_37 X Híbrido)	-0,87	5,33	0,46	6,66	0,88	4,03	6,64	5,15
12	14 (Híbrido)	-1,32	4,88	0,31	6,51	0,88	3,58	6,18	4,60
13	1 (GBT_37 X Híbrido)	-1,65	4,55	0,16	6,36	0,88	3,25	5,85	4,20
14	8 (Gaúcho X Híbrido)	-2,10	4,10	0,00	6,20	0,88	2,80	5,40	3,65

**Nota: u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.**

**Fonte: Autor (2023).**

O NL é um dos responsáveis pelo formato e o tamanho dos frutos, o que foi confirmado no presente estudo, onde os frutos com maior peso apresentaram uma maior quantidade de lóculos e geralmente apresentam um formato mais achatados (VAN DER KNAAP et al., 2014). Tomates com menos lóculos (quatro ou menos de quatro) são desejáveis, principalmente para o mercado in natura (LAAYOUNI et al., 2022), assim as linhagens 1, 8, 2 e 7 seriam as mais aceitas comercialmente para essa característica.

O formato dos frutos do tomateiro é influenciado pela ação de diversos loci gênicos, que atuam de diversas maneiras, isoladamente com efeitos pleiotrópicos, entre si ou com genes que interferem no peso dos frutos (MACIEL; SILVA, 2008; VAN DER KNAAP et al., 2014; WANG et al., 2022). Foram encontrados diferentes formatos de frutos para uma mesma linhagem no presente estudo, com exceção do híbrido (14) e das linhagens 7 e 8 que apresentaram todos os frutos no formato 2 (elíptica transversa ou ligeiramente achatado). As linhagens 5 e o parental 12 tiveram apenas 1 fruto com o formato 1 (elíptica transversa larga ou achatado) e os demais frutos no formato 2. Os frutos das linhagens 1, 3 e o parental 13 foram os que mais oscilaram entre os formatos.

As preferências dos consumidores pelo formato alongado ou arredondado variam na literatura (ANDREUCCETTI et al., 2005; OLTMAN; JERVIS; DRAKE, 2014). No entanto, não é um fator decisivo de compra pelos consumidores (OLTMAN;

JERVIS; DRAKE, 2014), especialmente no mercado de orgânicos, onde os consumidores estão mais abertos a diferentes cores e formatos de frutos, inclusive estão dispostos a pagar mais por esse tipo de produto (KUTZ et al., 2022). No presente estudo, a preferência dos consumidores orgânicos da região é por frutos mais arredondados. Esse fato, aliado a homogeneidade nos formatos nas plantas indicam que as linhagens 5, 7 e 8 seriam as mais recomendadas para seleção as condições estabelecidas no presente estudo.

A presença de RR foi encontrada em maior intensidade nas linhagens 9, 5 e nos parentais 11, 12 e 13 e em menor intensidade nas linhagens 7,3,2,10 e o parental 14. Já as variedades com maior intensidade de RC foram 7, 8, 1, 6 e 4 e com menores valores para a linhagem 10 e os parentais. Ambos os distúrbios (RR e RC) podem estar associados a variações bruscas no suprimento hídrico e na temperatura (DE OLIVEIRA et al., 2012). Essas características são consideradas importantes na aceitação do mercado consumidor e também na qualidade pós colheita dos frutos (DE OLIVEIRA et al., 2012). Desse modo, a linhagem 10, 7, 3 e 2 seriam os escolhidos para seleção.

O ombro verde (OV) foi encontrado em maior quantidade nas linhagens 6, 9 e os parentais 11, 14 e 13 e em menor quantidade nas linhagens 7, 4, 1, 8 e 10. A presença de ombro verde, caracterizado pelo amadurecimento tardio da região superior do fruto, geralmente torna os frutos menos atraentes pelo mercado consumidor, sendo uma característica de importância na escolha das linhagens (KLEE; TIEMANN, 2013).

A intensidade da cor do ombro verde (ICOVM) foi maior para as linhagens 9, 2 e para os parentais 11, 13 e 12. Já para a área coberta pelo ombro verde (ACOV) os maiores ganhos foram encontrados nos parentais 11, 13 e 12 e a linhagem 2 e 6. Para ambas as variáveis os menores valores fenotípicos foram encontrados para as linhagens 3, 5, 7, 8 e 10.

O ciclo até o amadurecimento dos frutos (Tabela 13) oscilou com notas 1, 3, 5, 7 e 9, sendo considerados, 1) muito precoce (50- 62 dias), 2) precoce (70-89 dias), 3) médio (89-94 dias), 4) tardio (94-99 dias) e 5) muito tardio (99-120 dias), respectivamente. As linhagens mais tardias foram a 10, 7, 8 e o parental 11, enquanto as mais precoces foram o 2 e 3 e o parental 14. As demais linhagens apresentaram ciclo intermediário. Cultivares com ciclos distintos podem ser úteis para otimizar a

produção e o fornecimento de frutos, permitindo boa rentabilidade e constância na oferta de frutos (O'CONNELL et al., 2012).

**Tabela 13. Valores genotípicos e de ganho genético para o ciclo até o amadurecimento dos frutos (DAA).**

Ordem	Linhasgens	g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Media fenotípica
1	10 (GBT_16 X Híbrido)	4,86	9,00	4,86	9,00	0,99	8,33	9,67	9,00
2	7 (Gaúcho X Híbrido)	2,86	7,00	3,86	8,00	0,99	6,33	7,67	7,00
3	8 (Gaúcho X Híbrido)	2,86	7,00	3,52	7,67	0,99	6,33	7,67	7,00
4	11 (Gaúcho)	2,86	7,00	3,36	7,50	0,99	6,33	7,67	7,00
5	1 (GBT_37 X Híbrido)	0,86	5,00	2,86	7,00	0,99	4,33	5,67	5,00
6	5 (GBT_16 X Híbrido)	0,86	5,00	2,52	6,67	0,99	4,33	5,67	5,00
7	4 (GBT_16 X Híbrido)	-1,14	3,00	2,00	6,14	0,99	2,33	3,67	3,00
8	6 (Gaúcho X Híbrido)	-1,14	3,00	1,61	5,75	0,99	2,33	3,67	3,00
9	9 (GBT_16 X Híbrido)	-1,14	3,00	1,30	5,44	0,99	2,33	3,67	3,00
10	12 (GBT_16)	-1,14	3,00	1,06	5,20	0,99	2,33	3,67	3,00
11	13 (GBT_37)	-1,14	3,00	0,86	5,00	0,99	2,33	3,67	3,00
12	14 (Híbrido)	-3,14	1,00	0,52	4,67	0,99	0,33	1,67	1,00
13	2 (GBT_37 X Híbrido)	-3,14	1,00	0,24	4,38	0,99	0,33	1,67	1,00
14	3 (GBT_37 X Híbrido)	-3,14	1,00	0,00	4,14	0,99	0,33	1,67	1,00

**Nota: u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.**

**Fonte: Autor (2023).**

A disponibilidade de variedades com diferentes ciclos, portanto, pode ser útil para os agricultores. No caso da região sudoeste do paraná, ciclos mais curtos seriam mais adequados como o genótipo 2, 3, 4 e 6, já que essas variedades podem se adaptar bem às condies de temperatura e umidade da região, permitindo um desenvolvimento mais rápido dos frutos, com menor tempo de exposio a efeitos climáticos adversos. No entanto, ciclos intermediários como o 1 e 5 também podem ser boas opes quando aliadas a outras características de interesse para os agricultores por apresentar uma maior capacidade de adaptao a flutuaes climáticas e uma janela de colheita mais prolongada.

A densidade de folhagem (DF) variou entre as linhagens estudadas. As linhagens 8 e 10 exibiram uma maior DF. Por outro lado, as linhagens 1, 2 e o parental 13 apresentaram uma DF menor. As demais linhagens apresentaram uma DF intermediária. A densidade de folhagem (DF) intermediária ou alta encontradas para a maioria das linhagens estudadas seriam as mais indicadas para a seleo visando cultivo a campo, já que permitem maior proteo dos frutos a escaldaduras solares

(KUTZ et al., 2022). As linhagens 1 e 2 seriam mais indicadas para cultivo em estufa, por apresentarem menor DF permitindo maior aeração das plantas nesse sistema (KUTZ et al., 2022).

O comprimento do entrenó (CE) foi menor para as linhagens 3, 4, 5, 6 e o parental 14 (Tabela 14), sendo essas linhagens as mais indicadas para a seleção, visto que permitem uma boa produção com menor estatura de planta, facilitando também o manejo das plantas (FINZI et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2022). Essa condição é recomendada para o sistema orgânico de cultivo. Por outro lado, as linhagens 1 e 10 seriam as menos aconselhadas para a seleção, pois apresentam um maior tamanho do entrenó.

**Tabela 14. Valores genotípicos e de ganho genético para o CE (comprimento do entrenó).**

Ordem	Linhagem	g	u+g	Ganho	Nova média	Acurácia	LIIC	LSIC	Media fenotípica
1	1 (GBT_37 X Híbrido)	2,14	7,00	2,14	7,00	0,99	6,62	7,38	7,00
2	10 (GBT_16 X Híbrido)	2,14	7,00	2,14	7,00	0,99	6,62	7,38	7,00
3	13 (GBT_37)	2,14	7,00	2,14	7,00	0,99	6,62	7,38	7,00
4	2 (GBT_37 X Híbrido)	0,14	5,00	1,64	6,50	0,99	4,62	5,38	5,00
5	7 (Gaúcho X Híbrido)	0,14	5,00	1,34	6,20	0,99	4,62	5,38	5,00
6	8 (Gaúcho X Híbrido)	0,14	5,00	1,14	6,00	0,99	4,62	5,38	5,00
7	9 (GBT_16 X Híbrido)	0,14	5,00	1,00	5,86	0,99	4,62	5,38	5,00
8	11 (Gaúcho)	0,14	5,00	0,89	5,75	0,99	4,62	5,38	5,00
9	12 (GBT_16)	0,14	5,00	0,81	5,67	0,99	4,62	5,38	5,00
10	14 (Híbrido)	0,14	5,00	0,74	5,60	0,99	4,62	5,38	5,00
11	3 (GBT_37 X Híbrido)	-1,86	3,00	0,51	5,36	0,99	2,62	3,38	3,00
12	4 (GBT_16 X Híbrido)	-1,86	3,00	0,31	5,17	0,99	2,62	3,38	3,00
13	5 (GBT_16 X Híbrido)	-1,86	3,00	0,14	5,00	0,99	2,62	3,38	3,00
14	6 (Gaúcho X Híbrido)	-1,86	3,00	0,00	4,86	0,99	2,62	3,38	3,00

**Nota:** u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.

**Fonte:** Autor (2023).

As linhagens com maior espessura do pericarpo (EP), portanto, mais indicados para seleção foram 8, 9, 6, 10 e o parental 14. Frutos com maior espessura do pericarpo geralmente indicam que são mais firmes, estendendo a sua vida útil (SIDDIQUI et al., 2015). A espessura do pericarpo variou de 4,29 a 7,64mm, valores estes próximos ao encontrado por Vieira et al. (2019), que encontrou valores nas cultivares de tomate oscilando de 5,94 a 7,59 mm. As linhagens 4, 1, 5 e os parentais 12 e 11 foram os que apresentaram menor espessura do pericarpo, enquanto os demais (3, 7, 2 e 13) apresentaram valores intermediários.

As linhagens 7, 8 e os parentais 12 e 14 demonstraram a maior uniformidade de frutos (UNI) entre as plantas avaliadas, enquanto as linhagens 1, 3 e o parental 13 exibiram a menor uniformidade de frutos. As demais linhagens apresentaram valores intermediários para essa característica. Essa característica aliada as demais variáveis morfológicas estudadas, indicam potencial para seleção nas linhagens 8 e 7. Isso se deve, pois estas apresentaram a maioria das características desejáveis para o programa de melhoramento, a exemplo, uma maior PM, DF, UNI E EP, uma forma de fruto homogênea e adequada aos padrões exigidos pelos consumidores da região e menor incidência de OV.

#### 4.2.3 Avaliações de desempenho agrônômico

Estimativas das variâncias genotípica ( $V_g$ ), ambientais ( $V_e$ ), fenotípicas ( $V_f$ ), herdabilidade no sentido amplo ( $h^2_a$ ), herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo ( $h^2_g$ ) para as variáveis de desempenho agrônômico podem ser visualizadas na Tabela 15. A  $V_e$  foi a que contribuiu em maior parte na  $V_f$  para a maioria das características, com exceção das variáveis NFC e PC. Além disso, as herdabilidades de parcelas individuais no sentido amplo ( $h^2_g$ ) foram altas apenas para as variáveis NFC e PC. O que indica alta influência ambiental para as características (Tabela 15).

Os valores de acurácia foram considerados altos para todos os caracteres, mostrando alta precisão experimental, com exceção do NFNC, que apresentou baixa precisão e baixos ganhos de seleção (Tabela 15).

**Tabela 15. Estimativas das variâncias genotípica ( $V_g$ ), ambientais ( $V_e$ ), fenotípicas ( $V_f$ ), herdabilidade no sentido amplo ( $h^2_a$ ), herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo ( $h^2_g$ ), herdabilidade da média de linhagens ( $h^2_{ml}$ ), acurácia da seleção de linhagens (Aclinh), coeficiente de variação genotípica (CVgi%), coeficiente de variação residual (Cve%) para as características de desempenho agrônômico dos frutos em linhagens de tomate.**

Parâmetro	NFC	PC	PNC	NFT	PT
$V_g$	1635,97	33,79	2,68	2251,97	36,38
$V_e$	845,10	24,40	14,97	9102,40	55,35
$V_f$	2481,07	58,19	17,64	11354,37	91,73
$h^2_g$ %	65,94 ± 30,69	58,07±28,80	15,18 ±14,73	19,83±16,83	39,66±23,80
$h^2_{ml}$ %	88,56	84,71	41,72	49,74	72,44
Aclinh	94,10	92,03	64,59	70,52	85,11
Cvgi%	27,34	21,66	17,72	20,01	16,72
Cve%	19,65	18,40	41,90	40,23	20,62
média	147,93	26,84	9,23	237,16	36,07

**Nota:** NFC – número de frutos comerciais; PC- peso comercial; PNC – peso não comercial; NFT – número de frutos totais; PT – peso total.

Fonte: Autor (2023).

Observando o número de frutos comerciais (NFC), os maiores ganhos foram encontrados para o parental 14 e as linhagens 9, 8, 3 e 7 (Tabela 16). Sendo os últimos promissores para seleção considerando as condições do presente estudo, considerando essa variável. A seleção com base no NFC é relevante para a escolha de variedades de tomate orgânico, uma vez que esse parâmetro está diretamente relacionado à produtividade e ao potencial de rendimento das plantas.

**Tabela 16. Valores genotípicos e de ganho genético para o número de frutos comerciais (NFC)**

Ordem	Linhagens	g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Media fenotípica
1	14 (Híbrido)	100,36	248,29	100,36	248,29	0,91	214,88	281,70	261,25
2	9 (GBT_16 X Híbrido)	27,30	175,22	63,83	211,76	0,91	141,81	208,64	178,75
3	8 (Gaúcho X Híbrido)	21,76	169,69	49,81	197,73	0,91	136,28	203,10	172,50
4	3 (GBT_37 X Híbrido)	21,10	169,03	42,63	190,56	0,91	135,61	202,44	171,75
5	7 (Gaúcho X Híbrido)	15,12	163,05	37,13	185,06	0,91	129,64	196,46	165,00
6	12 (GBT_16)	5,16	153,08	31,80	179,73	0,91	119,67	186,50	153,75
7	2 (GBT_37 X Híbrido)	-1,27	146,66	27,07	175,00	0,91	113,25	180,08	146,50
8	13 (GBT_37)	-5,91	142,01	22,95	170,88	0,91	108,60	175,43	141,25
9	1 (GBT_37 X Híbrido)	-17,65	130,28	18,44	166,37	0,91	96,87	163,69	128,00
10	4 (GBT_16 X Híbrido)	-18,98	128,95	14,70	162,63	0,91	95,54	162,36	126,50
11	11 (Gaúcho)	-20,97	126,96	11,46	159,38	0,91	93,55	160,37	124,25
12	6 (Gaúcho X Híbrido)	-26,06	121,87	8,33	156,26	0,91	88,45	155,28	118,50
13	5 (GBT_16 X Híbrido)	-46,65	101,28	4,10	152,03	0,91	67,86	134,69	95,25
14	10 (GBT_16 X Híbrido)	-53,30	94,63	0,00	147,93	0,91	61,22	128,05	87,75

**Nota: u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.**

**Fonte: Autor (2023).**

O peso comercial (PC) foi maior para as linhagens 9, 8 e 7 e para os parentais 13 e 14 que semelhante ao encontrado para o NFC, diferiu apenas das linhagens 10 e 5. As médias fenotípicas para essa variável foram de 17,42 a 42,11 kg por bloco, o equivalente a 1,7 a 4,2 kg por planta, respectivamente (Tabela 17).

**Tabela 17. Valores genotípicos e de ganho genético para o peso comercial (PC).**

Ordem	Linhagens	g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Media fenotípica
1	14 (Híbrido)	12,94	39,78	12,94	39,78	0,89	34,52	45,05	42,12
2	9 (GBT_16 X Híbrido)	3,32	30,16	8,13	34,97	0,89	24,90	35,42	30,76
3	8 (Gaúcho X Híbrido)	3,29	30,13	6,52	33,36	0,89	24,87	35,40	30,73
4	7 (Gaúcho X Híbrido)	2,83	29,68	5,60	32,44	0,89	24,41	34,94	30,19
5	13 (GBT_37)	2,81	29,65	5,04	31,88	0,89	24,39	34,92	30,16
6	3 (GBT_37 X Híbrido)	1,53	28,37	4,45	31,30	0,89	23,11	33,64	28,65
7	2 (GBT_37 X Híbrido)	0,43	27,28	3,88	30,72	0,89	22,01	32,54	27,36

8	12 (GBT_16)	0,00	26,84	3,40	30,24	0,89	21,58	32,11	26,85
9	6 (Gaúcho X Híbrido)	-1,51	25,33	2,85	29,69	0,89	20,07	30,60	25,06
10	4 (GBT_16 X Híbrido)	-1,84	25,00	2,38	29,22	0,89	19,74	30,27	24,67
11	11 (Gaúcho)	-2,71	24,13	1,92	28,76	0,89	18,87	29,40	23,64
12	1 (GBT_37 X Híbrido)	-5,66	21,18	1,29	28,13	0,89	15,92	26,45	20,16
13	10 (GBT_16 X Híbrido)	-7,47	19,38	0,61	27,46	0,89	14,11	24,64	18,03
14	5 (GBT_16 X Híbrido)	-7,98	18,87	0,00	26,84	0,89	13,60	24,13	17,43

**Nota: u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.**

**Fonte: Autor (2023).**

Para o peso não comercial (PNC), os maiores valores foram para as linhagens 5, 3, 6 e 8, enquanto as linhagens 4, 9, 2, 10 e 1 são considerados mais promissores, pois apresentaram menores ganhos e médias para essa característica (Tabela 18).

**Tabela 18. Valores genotípicos e de ganho genético para o peso não comercial (PNC).**

Ordem	Linhagem	g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Media fenotípica
1	5 (GBT_16 X Híbrido)	1,73	10,97	1,73	10,97	0,62	8,46	13,48	13,39
2	12 (GBT_16)	1,17	10,41	1,45	10,69	0,62	7,89	12,92	12,04
3	3 (GBT_37 X Híbrido)	1,11	10,34	1,34	10,57	0,62	7,83	12,85	11,89
4	6 (Gaúcho X Híbrido)	0,93	10,17	1,24	10,47	0,62	7,66	12,68	11,47
5	8 (Gaúcho X Híbrido)	0,29	9,52	1,05	10,28	0,62	7,01	12,03	9,92
6	11 (Gaúcho)	0,13	9,36	0,89	10,13	0,62	6,85	11,87	9,54
7	13 (GBT_37)	0,05	9,28	0,77	10,01	0,62	6,77	11,79	9,35
8	14 (Híbrido)	0,05	9,28	0,68	9,91	0,62	6,77	11,79	9,34
9	7 (Gaúcho X Híbrido)	-0,13	9,11	0,59	9,83	0,62	6,60	11,62	8,93
10	4 (Gaúcho X Híbrido)	-0,17	9,06	0,52	9,75	0,62	6,55	11,57	8,83
11	9 (GBT_16 X Híbrido)	-0,49	8,74	0,42	9,66	0,62	6,23	11,26	8,06
12	2 (GBT_37 X Híbrido)	-1,07	8,16	0,30	9,53	0,62	5,65	10,67	6,66
13	10 (GBT_16 X Híbrido)	-1,66	7,57	0,15	9,38	0,62	5,06	10,08	5,25
14	1 (GBT_37 X Híbrido)	-1,94	7,30	0,00	9,23	0,62	4,79	9,81	4,59

**Nota: u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.**

**Fonte: Autor (2023).**

O número de frutos totais (NFT) foi maior para as linhagens 9, 8 e 3, e os parentais 14 e 12 (Tabela 19). Os ganhos para essa característica foi de 0 até 66 frutos, sendo uma característica interessante de ser considerada no processo de seleção. Trabalhos desenvolvidos por Mazzon et al., (2022) avaliando cultivares de tomate desenvolvidas para agricultura convencional em sistema orgânico de produção encontrou valores de NFT variando de 24 a 45 frutos por planta, enquanto no presente estudo as médias fenotípicas por blocos oscilaram de 142 a 369,5 frutos, o que

equivale a aproximadamente 14 a 37 frutos por planta, uma média um pouco inferior, porém aceitável para essa característica.

**Tabela 19. Valores genotípicos e de ganho genético para o número de frutos totais (NFT).**

Ordem	Linhagens	g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Media fenotípica
1	9 (GBT_16 X Híbrido)	65,82	302,98	65,82	302,98	0,68	234,75	371,21	369,50
2	14 (Híbrido)	63,09	300,25	64,45	301,62	0,68	232,02	368,48	364,00
3	8 (Gaúcho X Híbrido)	17,33	254,49	48,75	285,91	0,68	186,26	322,72	272,00
4	3 (GBT_37 X Híbrido)	17,20	254,36	40,86	278,02	0,68	186,13	322,59	271,75
5	12 (GBT_16)	6,14	243,30	33,92	271,08	0,68	175,07	311,53	249,50
6	11 (Gaúcho)	5,89	243,05	29,24	266,41	0,68	174,82	311,28	249,00
7	7 (Gaúcho X Híbrido)	1,79	238,95	25,32	262,48	0,68	170,72	307,18	240,75
8	2 (GBT_37 X Híbrido)	-8,16	229,00	21,14	258,30	0,68	160,77	297,23	220,75
9	13 (GBT_37)	-13,63	223,53	17,27	254,43	0,68	155,30	291,76	209,75
10	6 (Gaúcho X Híbrido)	-17,61	219,55	13,78	250,95	0,68	151,32	287,78	201,75
11	4 (GBT_16 X Híbrido)	-25,07	212,09	10,25	247,41	0,68	143,86	280,32	186,75
12	5 (GBT_16 X Híbrido)	-31,17	205,99	6,80	243,96	0,68	137,76	274,23	174,50
13	1 (GBT_37 X Híbrido)	-34,27	202,89	3,64	240,80	0,68	134,66	271,12	168,25
14	10 (GBT_16 X Híbrido)	-47,33	189,83	0,00	237,16	0,68	121,60	258,06	142,00

**Nota: u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.**

**Fonte: Autor (2023).**

A produção total (PT) foi maior para os parentais 14 e 13 e as linhagens 8, 3 e 7 (Tabela 20). Com médias fenotípicas por bloco que oscilaram de 23,28 a 51,45 kg, o equivalente a aproximadamente 2 a 5 kg por planta, respectivamente (Tabela 20). Segundo Mazzei (2021), em áreas de cultivo convencional a produção média por planta é de 3 a 4 kg, podendo chegar a 5kg. Já em sistemas orgânicos a produtividade é de 4 kg por planta em ambiente protegido e não chega a 2 kg por planta em produção a campo. No presente estudo todos as linhagens ficaram acima dessa média (> 2 kg/planta) sendo viáveis para a produção a campo.

**Tabela 20. Valores genotípicos e de ganho genético para a produção total (PT).**

Ordem	Linhagens	g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Media fenotípica
1	14 (Híbrido)	11,14	47,22	11,14	47,22	0,82	40,45	53,98	51,46
2	8 (Gaúcho X Híbrido)	3,32	39,39	7,23	43,30	0,82	32,63	46,15	40,65
3	3 (GBT_37 X Híbrido)	3,23	39,30	5,90	41,97	0,82	32,54	46,07	40,53
4	13 (GBT_37)	2,49	38,56	5,04	41,12	0,82	31,80	45,32	39,51
5	7 (Gaúcho X Híbrido)	2,20	38,28	4,48	40,55	0,82	31,51	45,04	39,12
6	12 (GBT_16)	2,04	38,11	4,07	40,14	0,82	31,35	44,88	38,89
7	9 (GBT_16 X Híbrido)	1,99	38,06	3,77	39,85	0,82	31,30	44,83	38,82
8	6 (Gaúcho X Híbrido)	0,33	36,40	3,34	39,42	0,82	29,64	43,16	36,52



9	2 (GBT_37 X Híbrido)	-1,49	34,58	2,80	38,88	0,82	27,82	41,35	34,02
10	4 (GBT_16 X Híbrido)	-1,87	34,21	2,34	38,41	0,82	27,44	40,97	33,50
11	11 (Gaúcho)	-2,09	33,98	1,93	38,01	0,82	27,22	40,74	33,19
12	5 (GBT_16 X Híbrido)	-3,81	32,26	1,46	37,53	0,82	25,50	39,03	30,81
13	1 (GBT_37 X Híbrido)	-8,20	27,87	0,71	36,79	0,82	21,11	34,64	24,76
14	10 (GBT_16 X Híbrido)	-9,27	26,81	0,00	36,07	0,82	20,04	33,57	23,28

**Nota: u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.**

**Fonte: Autor (2023).**

Considerando os valores de PC, NFC, NFT e PT obtidos no presente estudo, as linhagens 9, 8, 3 e 7 foram destaques. No entanto, a produção por planta foi aceitável para todos as linhagens do presente estudo, com médias acima de 2kg por planta. Além disso, a produtividade embora considerada uma característica importante, pode perder espaço para atributos voltados a propriedade organolépticas e visuais pelo consumidor orgânico, que geralmente está disposto a pagar mais por produtos diferenciados, o que pode compensar a menor produtividade (MAZZON et al., 2022).

#### **4.2.4 Avaliações de fitossanidade**

No decorrer do ciclo da cultura não houve aparecimento de doenças nas variedades, com exceção do vírus vira cabeça (TSWV). Isso ocorreu possivelmente pelo clima no qual as plantas foram expostas, que estava desfavorável ao aparecimento de pragas e doenças comuns na cultura, reduzindo consideravelmente o desenvolvimento de patógenos e pragas na área.

O vírus vira cabeça se fez presente na área de cultivo, sendo necessária a eliminação de algumas plantas das parcelas. A partir disso foi realizada uma avaliação de incidência (presença ou ausência) de plantas afetadas.

A severidade da doença não foi possível de ser avaliada no presente estudo, já que as plantas foram removidas assim que identificado os sintomas no campo. Esse processo foi realizado pois o vírus se alastra muito rapidamente com a permanência das plantas infestadas na área, pela ampla e rápida difusão de vetores de tripes e a sua ampla gama de hospedeiros (PANNO et al. 2021), o que poderia reduzir muito o número de plantas úteis para demais avaliações importantes, como por exemplo, a produtividade das plantas.

A ausência de vírus nas plantas das parcelas foi convertida em porcentagem. A linhagem 10 e os parentais 12 e 14 foram os menos afetados pelo TSWV, enquanto as linhagens 1 e 2 foram os que tiveram maior presença de plantas com sintomas na área, com 76,6 e 87,5% de plantas sem sintomas, respectivamente (Tabela 21). Nenhuma planta se apresentou altamente suscetível a essa doença nas condições do presente estudo.

**Tabela 21. Valores genotípicos e de ganho genético para a incidência de vírus vira cabeça em tomateiro (TSWV).**

Ordem	Linhagens	g	u + g	Ganho	Nova Média	Acurácia	LIIC	LSIC	Média fenotípica
1	14 (Híbrido)	1,76	93,98	1,76	93,98	0,46	89,39	98,57	100,00
2	10 (GBT_16 X Híbrido)	1,19	93,42	1,48	93,70	0,46	88,82	98,01	97,50
3	12 (GBT_16)	1,19	93,42	1,38	93,60	0,46	88,82	98,01	97,50
4	3 (GBT_37 X Híbrido)	0,63	92,85	1,19	93,42	0,46	88,26	97,44	95,00
5	4 (GBT_16 X Híbrido)	0,63	92,85	1,08	93,30	0,46	88,26	97,44	95,00
6	5 (GBT_16 X Híbrido)	0,63	92,85	1,01	93,23	0,46	88,26	97,44	95,00
7	9 (GBT_16 X Híbrido)	0,63	92,85	0,95	93,17	0,46	88,26	97,44	95,00
8	8 (Gaúcho X Híbrido)	0,06	92,28	0,84	93,06	0,46	87,69	96,88	92,50
9	6 (Gaúcho X Híbrido)	-0,50	91,72	0,69	92,91	0,46	87,13	96,31	90,00
10	7 (Gaúcho X Híbrido)	-0,50	91,72	0,57	92,79	0,46	87,13	96,31	90,00
11	11 (Gaúcho)	-0,50	91,72	0,47	92,70	0,46	87,13	96,31	90,00
12	2 (GBT_37 X Híbrido)	-1,07	91,15	0,35	92,57	0,46	86,56	95,74	87,50
13	13 (GBT_37)	-1,07	91,15	0,24	92,46	0,46	86,56	95,74	87,50
14	1 (GBT_37 X Híbrido)	-3,08	89,14	0,00	92,22	0,41	84,42	93,85	76,67

**Nota:** u + g - média genotípica, LIIC- limite inferior do intervalo de confiança, LSIC – limite superior do intervalo de confiança.

**Fonte:** Autor (2023).

### 4.3 Correlação entre caracteres

A correlação de Spearman para médias genotípicas pode ser visualizada na Tabela 22. Foram encontradas correlações significativas entre PM e TF altamente positivas (0,88). Isso é esperado visto que frutos de maior tamanho apresentam consequentemente maior peso (WANG et al., 2022). Desse modo, o PM do fruto poderia ser considerado para selecionar frutos de maior tamanho, visto a alta herdabilidade e alta variância genotípica para essa característica.

A seleção para uma característica pode influenciar positivamente ou negativamente em outra característica dependendo da correlação genética existente entre elas. Essas correlações podem ser utilizadas nos programas de melhoramento, quando características de alta herdabilidade e variância genética, são associadas a

características de baixa herdabilidade e/ou variância genética, podendo ser úteis para seleções indiretas de características (SOUZA et al., 2012).

O OV apresentou correlação positiva com o NFNC (0,60) e com o NL (0,58). O OV e o NFNC apresentaram alta influência ambiental e baixas herdabilidades enquanto o NL apresentou uma herdabilidade maior, podendo ser uma característica que quando selecionada pode afetar indiretamente o NFNC e frutos com presença de OV.

O NL apresentou correlação significativa com o AT (0,63), o que indica que frutos com mais lóculos tendem a ser mais ácidos que aqueles com menos lóculos nas condições do presente estudo. Isso ocorre, pois geralmente existe um acúmulo maior de ácidos orgânicos na região locular do que na região do mesocarpo (QUINET et al., 2019). O AT apresentou baixa herdabilidade e variância genotípica nas condições do presente estudo, enquanto o NL apresentou alta herdabilidade e pode ser usado para selecionar indiretamente plantas com frutos mais ácidos.

A FPF apresentou correlação negativa com a DF (-0,71), o que sugere que as linhagens 1 e 2, que produziram mais frutos no formato 7 e 8 (cordiforme e obovoide), apresentam uma menor DF. Considerando que a DF apresentou alta herdabilidade e variância genotípica, essa característica pode ser utilizada para selecionar indiretamente frutos com formatos mais alongados. Além disso, a FPF também apresentou correlação altamente positiva com SS (0,76), o que pode indicar que frutos mais alongados tendem a apresentar maior concentração de SS e conseqüentemente frutos mais doces (NASCIMENTO, 2011; ANDRADE et al., 2014).

A RR apresentou correlação altamente positiva com o NL (0,73) e com a AT (0,74), enquanto a RC apresentou correlação positiva significativa com o pH (0,71). A relação entre a RR e o AT, pode indicar uma redução da qualidade dos frutos quando expostas as RR, sendo que essas rachaduras interferem diretamente na qualidade dos frutos, onde a água proveniente de chuva e/ou de irrigação penetram no fruto pelas pequenas rachaduras, aumentando o distúrbio e contribuindo para entrada de patógenos que podem vir a reduzir a qualidade dos frutos (KHADIVI-KHUB, 2015; ALFARO-SIFUENTES et al., 2019).

A redução da qualidade dos frutos também pode ser verificada pela correlação negativa entre a SS/AT com o NFNC (-0,57). Onde o aumento no número de frutos não comerciais está relacionado a uma diminuição na SS/AT. O SS/AT é uma



SS	0.20	0.09	0.76*	0.02	0.13	-0.01	0.05	0.05	1.00									
PH	-0.35	-0.30	0.31	-0.08	0.71*	-0.34	-0.23	-0.49	0.26	1.00								
AT	0.19	0.39	0.28	0.74*	-0.32	0.63*	-0.38	0.39	0.37	-0.31	1.00							
SS/AT	0.07	-0.18	0.42	-0.50	0.10	-0.31	0.13	-0.31	0.66*	0.43	-0.31	1.00						
NFC	-0.11	0.10	0.41	-0.13	0.03	-0.30	0.51	0.08	0.07	-0.26	0.06	-0.17	1.00					
PC	0.16	0.24	0.30	-0.11	-0.02	-0.17	0.65*	0.28	0.10	-0.29	0.08	-0.11	0.92*	1.00				
NFT	0.09	0.40	0.06	0.03	-0.18	0.04	0.42	0.35	-0.14	-0.51	0.21	-0.42	0.88*	0.84*	1.00			
PT	0.18	0.30	0.21	-0.07	-0.05	-0.20	0.53	0.27	0.01	-0.15	0.00	-0.09	0.82*	0.89*	0.78*	1.00		
NFNC	0.19	0.60*	-0.29	0.15	-0.24	0.28	0.28	0.48	-0.28	-0.58*	0.23	-0.57*	0.55*	0.53*	0.87*	0.52	1.00	
DF	0.00	0.13	-0.71*	-0.09	-0.30	0.36	0.03	0.04	-0.43	-0.19	-0.30	-0.09	-0.27	-0.24	-0.07	-0.24	0.18	1.00

**Nota: \* significativo a 5% de probabilidade.**

**Fonte: Autor (2023).**

As análises de características físico-químicas, morfológicas ou de produção contribuem para um melhor entendimento do comportamento das plantas em condições orgânicas, mas a escolha das melhores variedades depende de um equilíbrio entre essas características (SOUZA et al., 2012; SEUFERT et al., 2019; ZÖRB et al., 2020). Desse modo, embora várias características tenham sido analisadas, as herdabilidades, ganhos genéticos e a relevância na adaptação das variedades ao meio, permitiram determinar quais as características e as variedades mais apropriadas para o sistema orgânico. Deve ser destacado que a busca por uma variedade destinada ao sistema orgânico, depende de características que mantenham a qualidade e bom potencial produtivo mesmo sob condições adversas de clima, respondam bem em qualidade de fruto e produção mesmo quando submetidas a adubos de baixa solubilidade e pouca quantidade de insumos (TSVETKOV et al., 2018).

## 5 CONCLUSÃO

As linhagens F3 apresentaram alta influência ambiental para todas as características físico-químicas, agromorfológicas e de desempenho produtivo, o que inviabilizou a seleção de linhagens nas condições do presente experimento.

As linhagens F6 apresentaram herdabilidades de parcelas individuais no sentido amplo intermediárias e as herdabilidades médias de linhagens altas para as características físico-químicas. Além disso, as variâncias genéticas foram inferiores às ambientais para essas variáveis.

As características agromorfológicas avaliadas nas linhagens F6 apresentaram herdabilidades de parcelas individuais no sentido amplo e as herdabilidades médias de linhagens altas e variâncias genéticas superiores as ambientais para a maioria das variáveis, permitindo a seleção eficiente nas condições do estudo.

Para a avaliação de desempenho agrônômico a variância ambiental contribuiu em maior parte na variância fenotípica para a maioria das características, com exceção do número de frutos comerciais e o peso comercial, que apresentaram herdabilidades de parcelas individuais no sentido amplo altas.

O trabalho permitiu selecionar linhagens promissoras para o subsequente desenvolvimento de variedades adaptadas ao sistema orgânico de cultivo, com destaque para as linhagens 2 e 3 que apresentaram características físico-químicas superiores aliadas a uma boa capacidade produtiva.

As linhagens 2 e 3 foram destaques para as características físico-químicas avaliadas, enquanto as linhagens 8, 9, 7 e 3 apresentaram as maiores médias de produção. Já quando consideramos os caracteres agromorfológicos as linhagens 7 e 8 foram as mais relevantes.

Todas as linhagens apresentaram bom desempenho produtivo, não sendo descartadas totalmente do programa de melhoramento e podendo ser utilizadas em trabalhos futuros.

Foram encontradas correlações significativas entre variáveis com altas e baixas herdabilidades, o que possibilita selecionar características indiretamente, com destaque para o peso comercial, que apresentou correlação alta e positiva com número de frutos totais, peso total e número de frutos não comerciais e para o número de lóculos que apresentou correlação significativa com a acidez titulável.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por variedades adaptadas ao sistema orgânico de produção é um fator importante para o sucesso da agricultura orgânica. Pois tendem a ser mais resistentes e adaptáveis às condições ambientais locais, o que reduz a necessidade de manejo intensivo e aumenta a produtividade. Nesse contexto, o presente estudo se mostrou de extrema importância para o incentivo à produção em áreas orgânicas, sendo a busca por variedades mais adaptadas a esse sistema de produção um dos fatores que mais contribuem para viabilidade dessa prática.

Embora se tenha encontrado resultados promissores considerando-se características morfológicas, físico-químicas e de desempenho produtivo, mais estudos direcionados à resistência a pragas e doenças, características estas que não foram possíveis de serem exploradas a fundo no presente estudo, podem vir a enriquecer e incrementar os resultados já encontrados.

Além disso, embora tenha sido avaliada características voltadas à qualidade, compostos bioativos e características sensoriais podem ser melhor exploradas em trabalhos futuros, permitindo um melhor entendimento da aceitação do consumidor de produtos orgânicos, da região frente às variedades selecionadas e os possíveis compostos funcionais benéficos para o organismo que podem ser explorados em nichos de mercado diferenciados.

O trabalho em questão permitiu expandir o leque de opções de possíveis variedades para o mercado de orgânicos, com características que se mostram interessantes para esse sistema de cultivo, contribuindo na redução de custos, permitindo maior rentabilidade do sistema e incentivando o comércio e o consumo de produtos orgânicos na região.

## REFERÊNCIAS

- ACQUAAH, G. Breeding {Self}-{Pollinated} {Species}. **Principles of {Plant} {Genetics} and {Breeding}**, p. 303–336, 2012.
- ACQUAAH, G. **Plant Breeding , Principles**. 2 Ed. ed. [s.l.], Elsevier, 2017.
- ADALID, A. M.; ROSELLÓ, S.; NUEZ, F. Evaluation and selection of tomato accessions (*Solanum* section *Lycopersicon*) for content of lycopene,  $\beta$ -carotene and ascorbic acid. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 6, p. 613–618, 2010.
- ALFARO-SIFUENTES, L et al. Effectiveness of chemical and thermal treatments on control *Rhizopus stolonifer* fruit infection comparing tomato cultivars with different sensitivities to cracking. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 15, p. 2754, 2019.
- ALFARO-SIFUENTES, L et al. Effectiveness of chemical and thermal treatments on control *Rhizopus stolonifer* fruit infection comparing tomato cultivars with different sensitivities to cracking. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 15, p. 2754, 2019.
- ALLARD, R.W. Population structure and sampling methods. In: FRANKEL, O.H. & BENNET, E., ed. Genetic Resources in Plants. Oxford, **Blackwell Scientific**, p.97-108, 1970.
- AMIRA, B. A. et al. Evaluation of fruit quality traits of traditional varieties of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in Tunisia. **African Journal of Food Science**, v. 7, n. 10, p. 350-354, 2013.
- ANDERSEN, M. M. et al. Feasibility of new breeding techniques for organic farming. **Trends in Plant Science**, v. 20, n. 7, p. 426–434, 2015.
- ANDREUCCETTI, C.; FERREIRA, M. D.; TAVARES, M. Perfil dos compradores de tomate de mesa em supermercados da região de Campinas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p.148-153, 2005.
- 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.
- BARGAVA, A. BANSAL, A. Fruits and vegetables quality evaluation using computer vision: A review. **Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences**, 2018.
- BARRETT, D. M.; BEAULIEU, J. C.; SHEWFELT, E. R. Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 50, n.5, p. 369-389, 2010.



- BEDINGER, P. A. et al. Interspecific reproductive barriers in the tomato clade: Opportunities to decipher mechanisms of reproductive isolation. **Sexual Plant Reproduction**, v. 24, n. 3, p. 171–187, 2011.
- BERGOUGNOUX, V. The history of tomato: From domestication to biopharming. **Biotechnology Advances**, v. 32, n. 1, p. 170–189, 2014.
- BERTIN, N.; GÉNARD, M. Tomato quality as influenced by preharvest factors. **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 264–276, 2018.
- BERTIN, Nadia; GÉNARD, Michel. Tomato quality as influenced by preharvest factors. **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 264–276, 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, 2012.
- BOYHAN, G. E. et al. Evaluation of tomato varieties under organic production practices in Georgia. **HortTechnology**, v. 24, n. 2, p. 252–258, 2014.
- BRASIL. **Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*)**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1 dez. 2005. Seção 1, p. 4-5.
- BREKSA, A. P. et al. Physicochemical and morphological analysis of ten tomato varieties identifies quality traits more readily manipulated through breeding and traditional selection methods. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 42, p. 16–25, 2015.
- BRIM, C. Published March, 1966 220. **CROP SCIENCE**, v. 6, p. 220, 1966.
- BROOKFIELD, J. F. Y. Heritability. **Current Biology**, v. 22, n. 7, p.217–219. 2012.
- BUCHMANN, Steven L. **Buzz pollination in angiosperms**. Handbook of Experimental Pollination Biology. New York, p. 73-113, 1983
- CAMPANELLI, G. et al. Multi-Parental Advances Generation Inter-Cross Population, to Develop Organic Tomato Genotypes by Participatory Plant Breeding. **Agronomy**, v.9, n.3, p.119, 2019.
- CASALS, J et al. Sustainable transfer of tomato landraces to modern cropping systems: The effects of environmental conditions and management practices on Long-Shelf-Life tomatoes. **Agronomy**, v. 11, n. 3, p. 533, 2021.
- CHEN, K.Y., B. et al. Changes in regulation of a transcription factor lead to autogamy in cultivated tomatoes. **Science**, v. 318, n. 5850, p. 643-645, 2007.
- CHETELAT, R. T. et al. Distribution, ecology and reproductive biology of wild tomatoes and related nightshades from the Atacama Desert region of northern Chile. **Euphytica**, v. 167, n. 1, p. 77–93, 2009.

COLLINS, Edward J. et al. Tomatoes: an extensive review of the associated health impacts of tomatoes and factors that can affect their cultivation. **Biology**, v. 11, n. 2, p. 239, 2022.

COLOMBO, N.; GALMARINI, C. R. The use of genetic, manual and chemical methods to control pollination in vegetable hybrid seed production: a review. **Plant Breeding**, v. 136, n. 3, p. 287–299, 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**. 11ª ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. 2016, 376 p.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 15 out. 2020.

CRESPO-HERRERA, L. A.; ORTIZ, R. Plant breeding for organic agriculture: Something new? **Agriculture and Food Security**, v. 4, n. 25, p. 1–7, 2015.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P.C.S.; **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**, Ed. 3. Viçosa, UFV, 2014.

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.

CUNHA, E. E. et al. Razões entre componentes da variabilidade de características quantitativas simuladas com efeitos genéticos de dominância e sobredominância. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.10, p.1893-1900, 2009.

D'ANGELO, M. et al. Contrasting metabolic profiles of tasty Andean varieties of tomato fruit in comparison with commercial ones. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 11, p. 4128-4134, 2018.

DE SOUZA, Lívia M. et al. Correlations between yield and fruit quality characteristics of fresh market tomatoes. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 627-631, 2012.

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

DWIVEDI, S.; GOLDMAN, I.; ORTIZ, R. Pursuing the potential of heirloom cultivars to improve adaptation, nutritional, and culinary features of food crops. **Agronomy**, v. 9, n. 8, p. 441, 2019.

EBERT, A. W. The Role of Vegetable Genetic Resources in Nutrition Security and Vegetable Breeding. **Plants**, v.9, n.6, p.736, 2020.

EL-GABRY, M. A. H.; SOLIEMAN, T. I. H.; ABIDO, A. I. A. Combining ability and heritability of some tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 167, p. 153–157, 2014.

FAO, **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. The State of Food and Agriculture. Innovation in family farming, Rome, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4040e.pdf>>. Acesso em 04 de fev. 2021.

FAO, **Food and Agriculture Organization**. Declaração de Roma sobre Segurança Alimentar Mundial, Roma, 1996. Disponível em: <http://www.fao.org/3/w3613e/w3613e00.htm>. Acesso em 10 de jul. 2020.

FAO; IFAD, **United Nations Decade of Family Farming 2019-2028**. Global Action Plan. Rome, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca4672en/ca4672en.pdf> Acesso em: 04 de fev. 2021.

FAOSTAT. **Crops**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/faostat>. Acesso em: 30 ago. de 2022.

FELFÖLDI, Zoltán et al. Physico-Chemical, Nutritional, and Sensory Evaluation of Two New Commercial Tomato Hybrids and Their Parental Lines. **Plants**, v. 10, n. 11, p. 2480, 2021.

FERNIE, A. R.; Yan, J. De Novo Domestication: An Alternative Route toward New Crops for the Future. **Molecular Plant**, v.12, n.5, p. 615-631, 2019.

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. November 2017, p. 107–115, 2018.

FINZI, R. R. et al. Agronomic performance of mini-tomato hybrids from dwarf lines. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, p. 15-21, 2017.

FLORES, P. et al. Genotypic variability of carotenoids in traditional tomato cultivars. **Food Research International**, v.100, p. 1–20, 2017.

FROEHLICH A. G.; MELO, A. S. S. A.; SAMPAIO, B. Comparing the Profitability of Organic and Conventional Production in Family Farming: Empirical Evidence From Brazil. **Ecological Economics**, v. 150, p. 307–314, 2018.

GIOVANNONI, J. Tomato Multiomics Reveals Consequences of Crop Domestication and Improvement. **Cell**, v. 172, p. 6–8, 2018.

HEMPEL, C.; HAMM U. "Local and/or organic: A study on consumer preferences for organic food and food from different origins." **International Journal of Consumer Studies**, v.40, n.6, p. 732-741, 2016.

HERNÁNDEZ-LEAL, Enrique et al. Stability and breeding potential of tomato hybrids. **Chilean journal of agricultural research**, v. 79, n. 2, p. 181-189, 2019.

HOAGLAND, L. et al. 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.

HOLLAND, J. B. Breeding: Plants, Modern. **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**, v. 2, p. 187–200, 2014.

HORNEBURG, B.; BECKER, H. C. Selection for Phytophthora field resistance in the F2 generation of organic outdoor tomatoes. **Euphytica**, v. 180, n. 3, p. 357–367, 2011.

HURTADO, M. et al. Enhancing conservation and use of local vegetable landraces: the Almagro eggplant (*Solanum melongena* L.) case study. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 61, p. 787–795, 2014.

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.

JARQUÍN-ENRÍQUEZ, L. et al. Lycopene content and color index of tomatoes are affected by the greenhouse cover. **Scientia Horticulturae**, v. 155, p. 43-48, 2013.

JOSEPH H. et al. “The Heirloom Tomato is ‘In’. Does It Matter How It Tastes?”. **Food, Culture & Society**, v. 20, n. 2, p.257-280, 2017.

JOSEPH, Hugh et al. The heirloom tomato is ‘in’. Does it matter how it tastes?. **Food, Culture & Society**, v. 20, n. 2, p. 257-280, 2017.

KHADIVI-KHUB, Abdollah. Physiological and genetic factors influencing fruit cracking. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 1, p. 1-14, 2015.

KHAN, B. A. et al. Genetic analysis of F2 population of tomato for studying quantitative traits in the cross between Coldera x KHT5. **International Journal of Plant Research**, v. 7, n. 4, p. 90-93, 2017.

KLEE, H. J.; TIEMAN, D. M. Genetic challenges of flavor improvement in tomato. **Trends in Genetics**, v. 29, n 4, p. 257–262, 2013.

KLEE, Harry J.; TIEMAN, Denise M. Genetic challenges of flavor improvement in tomato. **Trends in Genetics**, v. 29, n. 4, p. 257-262, 2013.

KOUTSIKA-SOTIRIOU, M. et al. Breeding methodology meets sustainable agriculture.pdf. **International Journal of Plant Breeding and Genetics**, v. 7, n. 1, p. 1–20, 2013.

KUTZ, Talita Slota et al. Morphological and molecular characterisation of tomato accessions for breeding for organic farming systems in Brazil. **Biological Agriculture & Horticulture**, p. 1-14, 2022.

LA VIA CAMPESINA; GRAIN. **Seed laws that criminalise farmers: Resistance and fightback**. Barcelona: Nyeleni Newsletter, 2015. Disponível em: <https://www.grain.org/articulo/entries/5142-seed-laws-that-criminalise-farmers-resistance-and-fightback>. Acesso em: 05 de jan. 2023.

LAAYOUNI, Y. et al. Genotypic Differences Affecting Biometric, Processing and Functional Quality Attributes in Tomato Fruits. **Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology**, v. 10, n. 8, p. 1390-1394, 2022.

- LIU J.; WANG X. Tomato Diseases and Pests Detection Based on Improved Yolo V3 Convolutional Neural Network. **Frontiers in Plant Science**, v.11, p.898, 2020.
- MACIEL, Gabriel Mascarenhas; SILVA, Ernani Clarete da. Inheritance of fruit shape in cherry tomato group. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 495-498, 2008.
- MAGHIRANG, R. et al. (2017). Organic plant breeding: A key to improved vegetable yield and safe food. **Horticulturae**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2017.
- MARTÍ, R.; ROSELLÓ, S.; CEBOLLA-CORNEJO, J. Tomato as a Source of Carotenoids and Polyphenols Targeted to Cancer Prevention. **Cancers**, v.8, n.6, p.1-28, 2016.
- MARTÍNEZ-VÁZQUEZ, E. D. I. A. et al. Exploring the breeding potential of Mexican tomato landraces. **Scientia Horticulturae**, v. 220, p. 317-325, 2017.
- MARTÍNEZ-VÁZQUEZ, E. D. I. A. et al. Exploring the breeding potential of Mexican tomato landraces. **Scientia Horticulturae**, v. 220, p. 317-325, 2017.
- MARTÍNEZ-VÁZQUEZ, E. de los Á. Et al. Exploring the breeding potential of Mexican tomato landraces. **Scientia Horticulturae**, v. 220, p. 317–325, 2017.
- MATA-NICOLÁS, E. et al. Exploiting the diversity of tomato: the development of a phenotypically and genetically detailed germplasm collection. **Horticulture Research**, v.7, n. 1, p.1-14, 2020.
- MATESANZ, S.; MILLA, R. Differential plasticity to water and nutrients between crops and their wild progenitors. **Environmental and Experimental Botany**, v. 145, p. 54–63, 2018.
- MATHER, K.; JINKS, J.L. **Introdução à genética biométrica**. Sociedade Brasileira de Genética: Ribeirão Preto. p.1-61. 1984.
- MAZON, S. et al. Agronomic performance and physicochemical quality of tomato fruits under organic production system. **Revista Ceres**, v. 69, p. 236-245, 2022.
- MAZON, Suélen et al. Agronomic performance and physicochemical quality of tomato fruits under organic production system. **Revista Ceres**, v. 69, p. 236-245, 2022.
- MCCOUCH, S. Diversifying selection in plant breeding. **PLoS Biology**, v. 2, n. 10, 2004.
- MOHAMMED, A. E. et al. Tomate cultivado organicamente ao ar livre: nutrientes minerais da fruta e infecção de plantas por *Phytophthora infestans*, **Organic Agriculture**, v. 10, p.125–134, 2020.
- MOOSE, S. P.; MUMM, R. H. Molecular Plant Breeding as the Foundation for 21st Century Crop Improvement. **Plant Physiology**, v. 147, n. 3, p. 969–977, 2008.
- MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978

- MUÑOS, S. et al. Increase in tomato locule number is controlled by two single-nucleotide polymorphisms located near WUSCHEL. **Plant physiology**, v. 156, n. 4, p. 2244-2254, 2011.
- NASCIMENTO, A. R. et al. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 628-635, 2013.
- NUIJTEN, E.; MESSMER, M. M.; VAN BUEREN, E. T. L. Concepts and strategies of organic plant breeding in light of novel breeding techniques. **Sustainability (Switzerland)**, v.9, n. 1, p.1–19. 2017.
- 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.
- OLIVEIRA, C. S. de et al. Selection of F 2 RC 1 saladette-type dwarf tomato plant populations for fruit quality and whitefly resistance. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 28-35, 2021.
- OLTMAN, A. E.; JERVIS, S. M.; DRAKE, M. A. Consumer attitudes and preferences for fresh market tomatoes. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 10, p. S2091–S2097, 2014.
- PANNO, Stefano et al. A review of the most common and economically important diseases that undermine the cultivation of tomato crop in the mediterranean basin. **Agronomy**, v. 11, n. 11, p. 2188, 2021.
- PARAJULI, R.; THOMA, G.; MATLOCK, M. D. Environmental sustainability of fruit and vegetable production supply chains in the face of climate change: A review. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 2863–2879, 2019.
- PEIXOTO, Joicy Vitória Miranda et al. Post-harvest evaluation of tomato genotypes with dual purpose. **Food Science and Technology**, v. 38, p. 255-262, 2018.
- POPA, M. E. et al. Organic foods contribution to nutritional quality and value. **Trends in Food Science and Technology**, v. 84, n. November 2017, p. 15–18, 2018.
- QUINET, Muriel et al. Tomato fruit development and metabolism. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 1554, 2019.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.A.B.P. **Genética na agropecuária**. Editora Globo: São Paulo. 3.ed. p.199-229. 1994.
- RESENDE, M.D.V. de. **Software Selegen-REML / BLUP: uma ferramenta útil para o melhoramento de plantas**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.16, p. 330-339, n.4, 2016.
- RESENDE, M.D.V. de. **Software SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

- REYES, B.G. de los. Genomic and epigenomic bases of transgressive segregation – new breeding paradigm for novel plant phenotypes. *Plant Science*, v.288, p.110-213, 2019. DOI:
- RICK, Charles M. Tomato-Like Nightshades: Affinities, Autoecology, and Breeders Opportunities. **Economic Botany**, v.42, n.2, p. 145-54, 1988.
- ROEDIGER, M.; PLASSMANN S.; HAMM, U. Organic consumers' price knowledge, willingness-to-pay and purchase decision. **British Food Journal**, v.118, n.11, p.2732-2743, 2016.
- RONGA, D. et al. Physiological responses of processing tomato in organic and conventional Mediterranean cropping systems. **Scientia Horticulturae**, v. 190, p. 161–172, 2015.
- SALIM, M. M. R. et al. Morphological characterization of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 19, n.3, p. 233-240, 2018.
- SANTOS, E. A. et al. Confirmation and characterization of interspecific hybrids of *Passiflora* L. (Passifloraceae) for ornamental use. **Euphytica**, v. 184, n. 3, p. 389–399, 2012.
- SCHWARZ D.; THOMPSON, A. J.; KLÄRING, H. Guidelines to use tomato in experiments with a controlled environment. **Frontier in Plant Science**, v.5, 2014.
- SEUFERT, Verena. Comparing Yields: Organic Versus Conventional Agriculture. In: FERRANTI, Pasquale et al, (ed.). **Encyclopedia of Food Security and Sustainability**. [S.l.:s.n.], 2019. v. 3, p. 196-205.
- SHALABY, T. A. Mode of gene action, heterosis and inbreeding depression for yield and its components in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 164, p. 540–543, 2013.
- SIDDIQUI M. W.; AYALA-ZAVALA J. F.; DHUA R. S. Genotypic Variation in Tomatoes Affecting Processing and Antioxidant Attributes. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.55, n.13, p. 1819-1835, 2015.
- SIDDIQUI, Mohammed Wasim; AYALA-ZAVALA, J. F.; DHUA, R. S. Genotypic variation in tomatoes affecting processing and antioxidant attributes. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 55, n. 13, p. 1819-1835, 2015.
- SILVA, R. T. Caracterização dos consumidores de tomate no município de Apodi-RN. **ACSA**, v. 9, n. 1, p. 104-109, 2013.
- 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, 927–935, 2011.
- SOUZA, L. M. et al. Correlations between yield and fruit quality characteristics of fresh market tomatoes. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 627-631, 2012.

- SUCIU, N. A.; FERRARI, F.; TREVISAN, M. Organic and conventional food: Comparison and future research. **Trends in Food Science and Technology**, v. 84, n. July 2018, p. 49–51, 2019.
- TIEMAN D. A. chemical genetic roadmap to improved tomato flavor. **Plant Science**, v. 355, n. 6323, p. 391-394, 2017.
- TSVETKOV, I. et al. Plant organic farming research—current status and opportunities for future development. **Biotechnology and Biotechnological Equipment**, v. 32, n. 2, p. 241–260, 2018.
- VAN BUEREN, L. E. T. et al. The need to breed crop varieties suitable for organic farming, using wheat, tomato and broccoli as examples: A review. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 58, n. 3–4, p. 193–205, 2011.
- VAN BUEREN, L. T. et al. Towards resilience through systems-based plant breeding. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, n. 5, p.42, 2018.
- VAN DER KNAAP, Esther et al. What lies beyond the eye: the molecular mechanisms regulating tomato fruit weight and shape. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, p. 227, 2014.
- VELA-HINOJOSA, C. et al. Antioxidant balance and regulation in tomato genotypes of different color. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 144, n. 1, p. 45–54, 2019.
- VELA-HINOJOSA, Cristián et al. Antioxidant balance and regulation in tomato genotypes of different color. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 144, n. 1, p. 45-54, 2019.
- VIEIRA, D. A. de P. et al. Mechanical resistance, biometric and physicochemical characteristics of tomato cultivars for industrial processing. **Food Science and Technology**, v. 39, p. 363-370, 2019.
- WÄGELI, S., HAMM, U. Percepção e expectativas dos consumidores sobre as cadeias locais de abastecimento de alimentos orgânicos. **Organic Agriculture**, v. 6, p.215-224, 2016.
- WALTERS, S. A. Vegetable seed availability and implications for developing countries: A perspective from Morocco. **Outlook on AGRICULTURE**, v. 45, n. 1, p. 18-24, 2016.
- WANG, M. et al. Parallel selection on a dormancy gene during domestication of crops from multiple families. **Nature genetics**, v. 50, n. 10, p. 1435-1441, 2018.
- WARNER, J.N. A method for estimating heritability. **Agronomy Journal**, Madison, v. 7, n(-), p.427-430, 1952.
- YAMAMOTO, T. et al. Application and development of genome editing technologies to the Solanaceae plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 131, p. 37–46, 2018.
- ZAREI, E. et al. Assessment of intercropping tomato and sainfoin for the control of *Tuta absoluta* (Meyrick). **Crop Protection**, v. 120, p. 125-133, 2019.



ZHANG, B. et al. Consumers' perceptions, purchase intention, and willingness to pay a premium price for safe vegetables: a case study of Beijing, China. **Journal of cleaner production**, v. 197, p. 1498-1507, 2018.

ZÖRB, C. et al. Heritability and Variability of Quality Parameters of Tomatoes in Outdoor Production. **Research**, [s. v], [s. n], p. 1–9, 2020.

**APÊNDICE A - Variação de formatos e cores de frutos de tomate na geração F3.****Figura A1. Variação de formatos e cores de frutos de tomate encontrados na geração F3.**

Fonte: Autor (2023).