

TÂMARA KELY DA CONCEIÇÃO MENDES

**CAPACIDADE COMBINATÓRIA VISANDO PIRAMIDAÇÃO DE GENES QUE
CONFEREM RESISTÊNCIA À DOENÇAS, ATRIBUTOS DE QUALIDADE E
PRODUÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Derly José Henriques da Silva

Coorientador: Leonardo Lopes Bhering

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

T

M538c
2024

Mendes, Tâmara Kely da Conceição, 1999-
Capacidade combinatória visando piramidação de genes que conferem resistência à doenças, atributos de qualidade e produção / Tâmara Kely da Conceição Mendes. - Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (72 f.): il. (algumas color.).
Inclui apêndice.
Orientador: Derly José Henriques da Silva
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Geral, 2024.
Referências bibliográficas:
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.556>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Tomate - Melhoramento genético; 2. Tomate - Resistência a doenças e pragas - Aspectos genéticos; 3. Tomate híbrido; 4. Tomate - Rendimento; I. Silva, Derly José Henriques da II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia Geral. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento III. Título

CDD 22. ed. 635.6422

Bibliotecário(a) responsável: ALICE REGINA PINTO PIRES CRB-6/2523


TÂMARA KELY DA CONCEIÇÃO MENDES

**CAPACIDADE COMBINATÓRIA VISANDO PIRAMIDAÇÃO DE GENES QUE
CONFEREM RESISTÊNCIA À DOENÇAS, ATRIBUTOS DE QUALIDADE E
PRODUÇÃO**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de julho de 2024.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 TAMARA KELY DA CONCEICAO MENDES
Data: 03/09/2024 15:10:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Tâmara Kely da Conceição Mendes
Autor

Documento assinado digitalmente
 DERLY JOSE HENRIQUES DA SILVA
Data: 03/09/2024 15:01:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Derly José Henriques da Silva
Orientador

*A minha querida mãe, Maria Domingas da Conceição, e
ao meu irmão, Jean (in memoriam).*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me permitir a realização de mais um sonho.

Externo minha demasiada gratidão a minha família, em especial a minha mãe, Maria Domingas da Conceição e ao meu irmão, Diego Ener da Conceição Mendes pelo apoio e incentivo.

À Universidade Federal de Viçosa, e ao Programa de Genética e Melhoramento pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

Agradeço aos professores do Programa de Genética e Melhoramento pela contribuição a minha carreira acadêmica.

Em especial, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Derly José Henriques da Silva e ao meu coorientador, Prof. Dr. Leonardo Lopes Bhering, por toda ajuda e contribuição durante esse período de pós-graduação.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Meus sinceros agradecimentos aos meus colegas e amigos do Laboratório de Manejo de Recursos Genéticos pela contribuição dada a minha pesquisa.

Agradeço a toda equipe que compõe a Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE- Horta Velha), da Universidade Federal de Viçosa (UFV) pela ajuda prestada.

Obrigada à banca avaliadora pela disponibilidade e contribuição.

Por fim, e não menos importante, um agradecimento mais do que especial à Aline Kilza da Silva Rocha, Caísa Dias Primo e a José Mário Godói Herminegildo, pessoas de grande importância para mim.

“[...] mas a excelência da sabedoria é que dá vida ao seu possuidor”.

(Eclesiastes 7, 12)

RESUMO

MENDES, Tâmara Kely da Conceição, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2024. **Capacidade combinatória visando piramidação de genes que conferem resistência à doenças, atributos de qualidade e produção.** Orientador: Derly José Henriques da Silva. Coorientador: Leonardo Lopes Bhering.

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é um dos principais produtos agrícolas brasileiro e a segunda hortaliça mais consumida mundialmente, chegando a 180 milhões de toneladas ao ano. No entanto, a cultura apresenta grandes perdas na produção, sendo um dos motivos a vulnerabilidade aos patógenos. Visando atenuar esse problema, os programas de melhoramento têm buscado o desenvolvimento de novas linhas com genes que conferem resistência a planta. Esta pesquisa objetivou explorar a capacidade geral de combinatória (CGC) de linhagens de tomate italiano com genes de resistência aos principais patógenos que afetam a cultura do tomateiro, e avaliar as combinações híbridas através da capacidade específica de combinação (CEC). O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE – Horta Velha) em Viçosa-MG. Os genótipos utilizados nesta pesquisa foram submetidos a genotipagem através de marcadores moleculares para conferir a presença de genes de resistência. Assim, foram escolhidas 09 linhagens para formar um dialelo parcial 4x5, sendo definidos os genitores masculino e feminino mediante sorteio para a realização dos cruzamentos e obtenção das sementes híbridas. Posteriormente, foi montado um delineamento em blocos casualizados para avaliação dos caracteres agrônômicos das linhagens, híbridos e da testemunha. A qualidade dos frutos foi verificada no Laboratório de Manejo de Recursos Genéticos da UFV, considerando as variáveis pH, Brix^o, tamanho de fruto, coloração, número de lóculos, acidez titulável, firmeza e viscosidade. Como análise estatística, foram adotadas as análises de variância, dialélica e o teste de Dunnett para comparação de médias, além da verificação das correlações genotípicas e fenotípicas entre as variáveis. A ANOVA revelou diferenças significativas a 1% e 5% pelo teste F para os tratamentos, com exceção das variáveis pH, luminosidade e eixo verde/vermelho do fruto. A exploração da CGC mostrou que os genitores possuem estimativas altas, positivas e significativas para o desenvolvimento de caracteres de interesse, demonstrando a predominância do efeito gênico aditivo para as linhas. Os híbridos obtiveram resultados próximo ou superior aos genitores e testemunha, sendo confirmado pelo teste de médias. Concluiu-se que para a característica de Brix^o, tamanho de fruto, número de frutos por planta e peso médio de fruto, os melhores híbridos são o 1, 2, 3, 5, 14, 15, 17 e 20.

Palavras-chave: Tomateiro. Genotipagem. Resistência. Híbridos. Dialelo. Produtividade.

ABSTRACT

MENDES, Tâmara Kely da Conceição, M.Sc., Federal University of Viçosa, July 2024. **Combinatorial capacity aiming at pyramiding genes that confer resistance to diseases, quality and production attributes.** Advisor: Derly José Henriques da Silva. Co-advisor: Leonardo Lopes Bhering.

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the main agricultural products in Brazil and the second most consumed vegetable worldwide, reaching 180 million tons per year. However, the crop presents large production losses, one of the reasons being its vulnerability to pathogens. In order to mitigate this problem, breeding programs have sought to develop new lines with genes that confer resistance to the plant. This research aimed to explore the general combining ability (GCA) of Italian tomato lines with genes for resistance to the main pathogens that affect tomato crops, and to evaluate the hybrid combinations through the specific combining ability (SCA). The experiment was conducted at the Teaching, Research and Extension Unit (UEPE – Horta Velha) in Viçosa-MG. The genotypes used in this research were subjected to genotyping through molecular markers to check for the presence of resistance genes. Thus, nine lines were chosen to form a 4x5 partial diallel, and the male and female parents were defined by drawing lots to perform the crosses and obtain the hybrid seeds. Subsequently, a randomized block design was set up to evaluate the agronomic characteristics of the lines, hybrids and the control. The quality of the fruits was verified at the Genetic Resources Management Laboratory of UFV, considering the variables pH, Brix^o, fruit size, color, number of locules, titratable acidity, firmness and viscosity. As statistical analysis, the analyses of variance, diallel and Dunnett's test were adopted to compare means, in addition to verifying the genotypic and phenotypic correlations between the variables. The ANOVA revealed significant differences at 1% and 5% by the F test for the treatments, with the exception of the variables pH, luminosity and green/red axis of the fruit. The CGC exploration showed that the parents have high, positive and significant estimates for the development of traits of interest, demonstrating the predominance of the additive genetic effect for the lines. The hybrids obtained results close to or better than the parents and control, which was confirmed by the average test. It is concluded that for the Brix^o, fruit size, number of fruits per plant and average fruit weight, the best hybrids are 1, 2, 3, 5, 14, 15, 17 and 20.

Keywords: Tomato. Genotyping. Resistance. Hybrids. Diallel. Productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – processo de semeadura, hibridação e lavagem das sementes.....	25
Figura 2 – croqui da fase inicial da pesquisa para obtenção de sementes híbridas.....	26
Figura 3 – Correlação genotípica para as categorias arquitetura de planta, qualidade de fruto e produtividade.....	57
Figura 4 – Correlação fenotípica para as categorias arquitetura de planta, qualidade de fruto e produtividade.....	58
Figura 5 – genitores escolhidos para os cruzamentos e a progênie.....	65
Quadro 1 – croqui do delineamento experimental para análise dos híbridos e dos genitores.....	28
Quadro 2 – características morfológicas dos genitores, progênie e testemunha.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Linhagens de tomate italiano selecionadas com base no número de genes de resistência	23
Tabela 2 – Disposição dos grupos e os cruzamentos que foram realizados.....	24
Tabela 3 – Análise de solo do experimento.....	27
Tabela 4 – Quantidade de fertilizantes em kg utilizados para cada fertirrigação.....	28
Tabela 5 – Resumo da análise dialélica parcial com as estimativas dos quadrados médios (QM) referentes a CGC e CEC para precocidade (PCD), altura do primeiro cacho (APC), diâmetro do entrenó (DDE), comprimento do entrenó (CDE), largura da folha (LDF), comprimento da folha (CDF) e altura da planta (AT).....	33
Tabela 6 – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ($\hat{\sigma}_i$) para precocidade (PCD), altura do primeiro cacho (APC), diâmetro do entrenó (DDE), comprimento do entrenó (CDE), largura da folha (LDF), comprimento da folha (CDF) e altura da planta (AT).....	35
Tabela 7 – Resumo da análise dialélica parcial com as estimativas dos dos quadrados médios (QM) referentes a CGC e CEC para diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro polar do fruto (DPF), firmeza em kgf/cm ² (FMZ), números de lóculos (NL), potencial Hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais em °Brix (SST), acidez titulável em % (ATT), grau de maturação dos frutos (SST/ATT) e viscosidade (VSC).....	37
Tabela 8 – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ($\hat{\sigma}_i$) para diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro polar do fruto (DPF), firmeza em kgf/cm ² (FMZ), números de lóculos (NL), potencial Hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais em °Brix (SST), acidez titulável em % (ATT), grau de maturação dos frutos (SST/ATT) e viscosidade (VSC).....	39
Tabela 9 – Resumo da análise dialélica parcial com as estimativas dos dos quadrados médios (QM) referentes a CGC e CEC para luminosidade (COL-L), eixo verde/vermelho (COL-A), eixo amarelo/azul (COL-B), valor de saturação- croma (COL-C) e ângulo de tonalidade (COL-H)	40
Tabela 10 – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ($\hat{\sigma}_i$) para luminosidade (COL-L), eixo verde/vermelho (COL-A), eixo amarelo/azul (COL-B), valor de saturação- croma (COL-C) e ângulo de tonalidade (COL-H)	41
Tabela 11 – Resumo da análise dialélica parcial com as estimativas dos dos quadrados médios (QM) referentes a CGC e CEC para frutos por planta (FPP), produção por planta (PPP), peso médio do fruto (PMF), frutos por cacho (FPC),	

produção por cacho (PPC), produção total por planta (PTPP) e produção estimada em t/há (PDE)	41
Tabela 12 – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ($\hat{\sigma}_i$) para frutos por planta (FPP), produção por planta (PPP), peso médio do fruto (PMF), frutos por cacho (FPC), produção por cacho (PPC), produção total por planta (PTPP) e produção estimada em t/há (PDE)	42
...	
Tabela 13 – Estimativas dos efeitos da CGC e CEC para sólidos solúveis totais em $^{\circ}$ Brix (SST)	43
Tabela 14 – Estimativas dos efeitos da CGC e CEC para pH	45
Tabela 15 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC para firmeza	45
Tabela 16 – Estimativas de CGC e CEC para tamanho de fruto	46
Tabela 17 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC para número de frutos por planta.....	47
Tabela 18 – Estimativas dos efeitos da CGC e CEC para peso médio do fruto	48
Tabela 19 – Estimativas dos efeitos da CGC e CEC para produtividade estimada...48	
Tabela 20 – Quadrados médios (QM) da ANOVA para precocidade (PCD), altura do primeiro cacho (APC), diâmetro do entrenó (DDE), comprimento do entrenó (CDE), largura da folha (LDF), comprimento da folha (CDF) e altura da planta (AT)	50
Tabela 21 – Quadrados médios (QM) para diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro polar do fruto (DPF), firmeza em kgf/cm ² (FMZ), números de lóculos (NL), potencial Hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais em $^{\circ}$ Brix (SST), acidez titulável em % (ATT), grau de maturação dos frutos (SST/ATT) e viscosidade (VSC)	51
Tabela 22 – Quadrados médios (QM) para luminosidade (COL-L), eixo verde/vermelho (COL-A), eixo amarelo/azul (COL-B), valor de saturação- croma (COL-C) e ângulo de tonalidade (COL-H)	52
Tabela 23 – Quadrados médios (QM) para frutos por planta (FPP), produção por planta (PPP), peso médio do fruto (PMF), frutos por cacho (FPC), produção por cacho (PPC), produção total por planta (PTPP) e produção estimada em t/há (PDE)	53
Tabela 24 – Teste de Dunnett para as características SST $^{\circ}$ Brix (SST), razão entre diâmetro equatorial e diâmetro polar do fruto (DEF/DPF), firmeza (FMZ), número de frutos por planta (FPP), peso médio de fruto (PMF), e produtividade estimada (PDE)	55

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CGC	CAPACIDADE GERAL COMBINATÓRIA
CEC	CAPACIDADE ESPECÍFICA COMBINATÓRIA
PCD	PRECOCIDADE
CDF	COMPRIMENTO DA FOLHA
LDF	LARGURA DA FOLHA
DDE	DIAMETRO DO ENTRENO
CDE	COMPRIMENTO DO ENTRENO
DEF	DIAMETRO EQUATORIAL DO FRUTO
DPF	DIAMETRO POLAR DO FRUTO
DEF/DPF	RAZÃO ENTRE O DIAMETRO EQUATORIAL E POLAR
FMZ	FIRMEZA
PH	POTENCIAL HIRIDROGENIONICO
SST	SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (BRIX)
VSC	VISCOSIDADE
COL-L	LUMINOSIDADE
COL- A	EIXO VERDE/VERMELHO
COL- B	EIXO AMARELO/AZUL
COL- C	VALOR DE SATURAÇÃO (CROMA)
COL- H	ÂNGULO DE TONALIDADE
ATT	ACIDEZ TITULAVEL
SST/ATT	GRAU DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS (RATIO)
FPP	FRUTOS POR PLANTA
PPP	PRODUÇÃO POR PLANTA
PMF	PESO MÉDIO DO FRUTO
FPC	FRUTOS POR CACHO
PPC	PRODUÇÃO POR CACHO
AT	ALTURA DA PLANTA (CM)
NL	NÚMERO DE LOCULOS (UNIDADE)
PTPP	PRODUÇÃO TOTAL POR PARCELA (KG)
FPPT	FRUTOS POR PACELA TOTAIS (UNIDADE)
PDE	PRODUÇÃO ESTIMADA (T/HA)
APC	ALTURA DO PRIMEIRO CACHO (CM)
BEF	BROTOS EM FOLHAS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 A cultura do tomate.....	14
2.2 Tomaticultura de mesa.....	15
2.3 O grupo tomate italiano.....	16
2.4 Doenças que afetam a cultura do tomateiro.....	17
2.5 Melhoramento genético de tomate.....	18
2.6 Hibridação.....	19
2.7 O tomate como alimento nutritivo.....	19
2.8 Análise dialélica.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Área de estudo.....	21
3.2 Seleção da amostra.....	22
3.3 Obtenção das sementes híbridas.....	24
3.4 Condução do experimento.....	26
3.5 Coleta de dados.....	29
3.5.1 Avaliação dos genótipos.....	29
3.5.2 Precocidade.....	29
3.5.3 Características morfológicas.....	29
3.5.4 Qualidade dos frutos.....	30
3.5.5 Produção total e desfrute.....	30
3.6 Análise de dados.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Análise dialélica.....	33
4.2 Análise de variância (ANOVA).....	49
4.3 Teste de médias.....	54
4.4 Análise de correlações genotípicas e fenotípicas.....	56
4.5 Análise das características morfológicas	59
5. CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS.....	64
APÊNDICE A – Link para acesso as imagens dos genótipos e aos gráficos do teste de médias.....	72

1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças de maior cultivo no mundo, com uma produção global de mais de 180 milhões de toneladas ao ano (FAOSTAT, 2021). O fruto ganha destaque na alimentação humana devido ao seu grande valor nutricional, além de ser fonte de fibra, vitamina C, açúcares, compostos fenólicos e licopeno, que promovem a eliminação de radicais livres e auxiliam na prevenção de processos oxidativos celulares (CHOI et al., 2014; SALEHI et al., 2019).

Para que a rentabilidade da cultura seja mantida torna-se necessário o desenvolvimento de cultivares melhoradas a partir de conhecimentos genéticos, visando maior produtividade e qualidade para espécies já cultivadas (AZEVEDO et al., 2022). Características, como firmeza, cor e formato do fruto, elevados teores de sólidos solúveis totais (^oBrix) e acidez titulável são garantidas a partir da seleção de genitores favoráveis. O ^oBrix se refere aos açúcares e ácidos presentes no fruto, sendo um ótimo indicador de qualidade, enquanto a acidez titulável representa a porcentagem de ácido cítrico, influenciando no sabor do fruto (PERES et al., 2020).

A cultura do tomate é muito vulnerável aos estresses bióticos, devido ao intenso cultivo destinado a indústria, ocasionando grandes perdas na produtividade e qualidade dos frutos (KAWICHA, et al., 2023). Esses estresses são desenvolvidos a partir de doenças e pragas que ocorrem na cultura. As principais doenças são causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus (PESSOA et al., 2022). A principal maneira de combater grande parte dessas doenças e pragas tem sido por meio de cultivares resistentes desenvolvidas pelos programas de melhoramento (SILVA et al., 2019).

Tornar a planta resistente aos estresses bióticos é algo essencial dentro de um programa de melhoramento. Essa característica associada a arquitetura da planta e aos atributos de qualidade de fruto confere um genótipo muito bom para ser explorado nas diversas formas de melhoramento genético. Assim, a produtividade que é muito afetada na presença de doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides, quando resistente, passa a ter um avanço e garante o sucesso e potencial econômico da cultura (COSTA et al., 2023).

O melhoramento genético de tomate justifica-se por se tratar uma cultura mundialmente consumida em grande escala, influenciando na nutrição humana, como também, na economia. Estudos direcionados para adquirir resistência, produtividade

e vigor tem sido desenvolvidos em vários locais, destacando que ainda existe muito a ser feito no melhoramento da cultura para que se tenha frutos com características favoráveis e que sejam desejados pelo mercado consumidor (HUSSAIN et al., 2021).

Nessa perspectiva, a hibridação se tornou algo promissor no melhoramento genético de plantas, sendo o método de melhoramento mais utilizado na cultura do tomate. A técnica possibilita a recombinação da variabilidade disponível e tem como consequência resistência genética no hospedeiro, além de proporcionar plantas vigorosas, altamente requisitadas e a garantia da sustentabilidade da cultura (SHAFQAT et al., 2021). A partir desse ponto, tem-se a possibilidade da recombinação entre os genótipos viabilizada pela polinização artificial, realizando cruzamentos direcionados para a obtenção de híbridos, visando alto vigor, resistência e produtividade (LAURINDO et al., 2016; ZEIST et al., 2022).

Diante do exposto, tem-se como hipótese que o desenvolvimento de híbridos proporciona safras mais uniformes e maximiza a produção, além de possuir alto impacto na indústria alimentícia. O potencial de híbridos é conferido pela precocidade, resistência contra múltiplas doenças e características de frutos favoráveis como, firmeza, coloração, frutos uniformes, brilho, e padronização de amadurecimento. Híbridos de tomate possuem elevados teores de licopeno, promovendo maior quantidade do antioxidante responsável pela eficácia na prevenção de doenças degenerativas e cardiovasculares.

Dessa forma, esta pesquisa objetivou explorar a capacidade geral combinatória de linhagens de tomate italiano do BGH-UFV, e reunir em híbridos simples genes favoráveis dos genitores que conferem resistência as principais doenças que afetam a cultura do tomateiro, visando obter uma progênie com características positivas e desejadas pelo mercado de frutos *in natura*, mediante análise da capacidade específica de combinação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do tomate

O tomateiro é uma planta da família das Solanáceas, com porte arbustivo e desenvolvimento vegetativo determinado ou indeterminado. A planta é originária das regiões andinas do Equador ao norte do Chile, sendo considerada uma cultura

cosmopolita devido a fácil adaptabilidade a diferentes ambientes. O tomate é a segunda hortaliça mais consumida mundialmente, atrás apenas da batata, onde a produção predomina em países como, China, Índia, Turquia, Estados Unidos, Egito, Irã, Itália, Espanha, México e Brasil (FURQUIM; NASCIMENTO, 2021)

Trata-se de uma espécie autógama, do gênero *Solanum* pertencente ao grupo de Angiospermas. Presume-se que a região de domesticação tenha sido o México, ou seja, fora do centro de origem o que permitiu uma redução da variabilidade genética da espécie, pois muitos genótipos não foram explorados (SQUARIZ; RESENDE; TOLOMEOTTI, 2017).

O tomate pertence ao grupo de vegetais denominado hortaliças, e sua forma de consumo é classificada como hortaliça-fruto, ou seja, as partes comestíveis é somente o fruto. O fruto é incrementado na alimentação humana compondo saladas, molhos, lanches e tempero. Outro grande aspecto da cultura é a grande quantidade do carotenoide licopeno, o que proporciona a prevenção de doenças degenerativas e tumorais (NASCIMENTO et al., 2013).

A cultura apresenta duas cadeias produtivas, o tomate industrial e o tomate de mesa. O tomate industrial (rasteiro) é utilizado na produção de molhos, enquanto o tomate de mesa (tutorado) é destinado ao consumo *in natura* (FILGUIERA, 2008). Na tomaticultura de mesa os estados de Minas Gerais e São Paulo se destacam como maiores produtores e consumidores do fruto *in natura* (EMBRAPA, 2023).

No Brasil, as maiores produções concentram-se nos estados de Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Bahia, correspondendo a 72,12% da produção de tomate industrial e *in natura* (EMBRAPA, 2023). Caracterizada por ter um ciclo curto e altos rendimentos, a cultura possui boas perspectivas econômicas, o que tem sido evidenciado pela grande produção anualmente (NAIKA et al., 2006).

2.2 Tomaticultura de mesa

A produção do tomate de mesa tem seu início datado a partir dos anos 30, quando a colônia nipo-portuguesa chegou na cidade de Santa Cruz no Rio de Janeiro. O nome da cidade faz menção a variedade mais utilizada durante vários anos, a variedade Santa Cruz, sendo esta desenvolvida a partir de cruzamentos realizados pelos próprios produtores. Até 1990 era o tipo de tomate mais consumido, sendo a partir de

então que começou a surgir novas variedades mediante melhorias genéticas (CAMARGO FILHO et al., 2017).

O tomate tutorado é uma das principais culturas produzidas dentro da horticultura para o consumo *in natura*, representando 63% da produção no Brasil, concentrando-se nas regiões Sul e Sudeste, já o tipo de tomate rasteiro *in natura* tem sua maior produção na região do Nordeste e no estado do Goiás (CEPEA, 2020).

As cultivares atuais destinadas ao cultivo de tomate de mesa, em sua maioria são de crescimento indeterminado, necessitando de uma maior mão de obra para poda e tutoramento. Além disso, por apresentar um crescimento contínuo, a planta apresenta flores, frutos maduros e imaturos ao mesmo tempo, dificultando o manejo de pragas pois ao realizar as pulverizações corre o risco de contaminar os frutos que já estão prontos para serem colhidos (PONCE et al., 2022).

A cadeia produtiva do tomate *in natura* conta com inúmeros desafios, tendo em vista que se trata de um produto altamente perecível e frágil tanto em aspectos físicos como fisiológicos, o que pode ocasionar perdas na produção e desperdícios no transporte (SANTOS et al., 2018). Essa perda é configurada como uma redução da disponibilidade em massa de alimentos do consumo humano, onde inclui desde a etapa de produção até a chegada ao mercado (FAOSTAT, 2019).

2.3 O grupo de tomate italiano

Também chamado de saladete, o tomate italiano é o mais novo no mercado, sendo muito apreciado na culinária por suas características marcantes, como a coloração vermelha intensa e sua pouca acidez, ideal para o consumo *in natura* e para processamento. O fruto é alongado, apresentando de 7 a 10 cm, diâmetro transversal em torno de 3 a 5 cm, onde alguns são pontiagudos, além de ter a polpa espessa, coloração forte, firmeza notável, ser biloculares e saborosos (MACHADO et al, 2007; TEXEIRA, 2022).

O grupo apresenta hábito de crescimento determinado e indeterminado, representando 49% do mercado brasileiro em área, onde 17% corresponde a cultivares de crescimento indeterminado e 32% é de crescimento determinado. O aumento desses números é devido à crescente demanda e preferência por este grupo que demonstra uma boa qualidade degustativa tendo diversas funcionalidades na culinária, podendo ser utilizado na salada, em molhos caseiros e como tomate seco.

O tomate italiano apresenta uma boa relação de açúcares e ácidos o que confere sua boa qualidade da polpa, algo que é apreciado pela a indústria (MACHADO, 2023).

Os frutos destinados ao processamento, geralmente é exigido um °Brix de no mínimo 4,5, enquanto para os tomates in natura a média fica entre 3,5 e 5,5. Por influência do melhoramento genético tais características estão sendo aperfeiçoadas cada vez mais, além disso a importância dos aspectos qualitativos reflete as exigências do público consumidor, como frutos firmes, sem manchas ou ferimentos e uma coloração uniforme, algo que é típico do grupo italiano (ZAYAT et al., 2022).

2.4 Doenças que afetam a cultura do tomateiro

O grande número de doenças que afetam a cultura tem sido um problema que interfere na produtividade e qualidade dos frutos. O intensivo cultivo que é destinado a indústria tornou-se algo preocupante para os produtores quando o quesito é controlar essas doenças. Muitas ainda não se têm uma forma efetiva de controle, sendo um dos maiores objetivos no melhoramento genético proporcionar resistência a cultura (AZEVEDO et al., 2022).

As doenças de maior frequência na cultura são: pinta-preta (*Alternaria solani*), murcha-de-fusário (*Fusarium oxysporium*), mancha-de-estenfílio (*Stemphylium* spp.), murcha-de-veriticílio (*Verticillium*) e Septoriose (*Septoria lycopersici*), causadas por fungos; Mancha-bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*), Pintabacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *Tomato*), Murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) e cancro-bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis*), causadas por bactérias (EMPRAPA, 2000; EMBRAPA, 2021).

Já as doenças causadas por vírus são: mosaico-do-fumo, causada pelo TMV (*Tobacco mosaic virus*), a virose mosaico-do-tomateiro, causada pelo ToMV (*Tomato mosaic virus*) e o viracabeça-do-tomateiro causado por várias espécies do gênero tospovírus: TSWV (*Tomato spotted wilt virus*), TCSV (*Tomato colorotic spot virus*), GRSV (*Groundnut ring spot virus*), CSNV (*Cbrysanthemum stem necrosis virus*). Além dessas, tem-se a requeima (*Phytophthora infestans*), que é causada por um oomyceto (EMPRAPA, 2000; EMBRAPA, 2021).

Essas doenças são responsáveis por sérios danos na cultura, sendo necessário utilizar as técnicas de melhoramento para se obter cultivares resistentes para lançar ao mercado (PONTES et al., 2012). No Brasil, boa parte das cultivares possuem resistência as doenças causadas por *Fusarium oxysporium* f. sp.

Lycopersici, *Verticillium dahliae* e nematóides do gênero *Meloidogyne* (EMBRAPA, 2023).

2.5 Melhoramento genético de tomate

No melhoramento genético o maior objetivo é obter genótipos resistentes associado aos aspectos nutricionais e características desejáveis como, cor de fruto, uniformidade, firmeza, pH, brix e precocidade (EISELE et al., 2022). Para isso são utilizados alguns métodos como, hibridação com cruzamentos intra e interespecíficos, genotipagem e fenotipagem de híbridos, seleção através de SSD e a utilização de marcadores moleculares para caracterizar diversidade genética e avaliar o genoma (VARGAS et al., 2020; ZEIST et al., 2022; EISELE et al., 2022).

Por meio do avanço da biologia molecular, o sequenciamento do genoma da espécie se tornou possível, onde através de variações de sequências de DNA, como polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs) é desenvolvido marcadores moleculares para serem utilizados no melhoramento genético de tomate, principalmente no descobrimento de genes resistentes (KAWICHA et al., 2023).

O tomateiro possui uma grande importância socioeconômica para a sociedade do Brasil, e diante disso buscar genótipos com adaptação edafoclimáticas nas diferentes microrregiões do país e a resistência às principais doenças tornou-se essencial para a manutenção da espécie, com o objetivo de oferecer o melhor possível ao mercado consumidor. Caracterização e análise da diversidade genética do germoplasma disponível são etapas indispensáveis nos programas de melhoramento para que se possa identificar indivíduos com genes de interesse agrônomo (AZEVEDO et al., 2022).

Ao melhorar a cultura do tomate existe uma contribuição na melhoria de vida da população mundial, pois o fruto incrementado na dieta proporciona grande valor nutricional há quem consome. A melhoria da qualidade nutricional do tomateiro é algo muito buscado, além de frutos mais doces e suculentos, plantas tolerantes a estresses bióticos e abióticos é no que o melhoramento genético se concentra (CONSTANTINO et al., 2021).

2.6 Hibridação

Hibridação é o resultado da união de gametas oriundos de dois indivíduos de interesse. Este método objetiva obter linhagens superiores após sucessivas gerações de avaliação e seleção. A seleção abrange os indivíduos com as características desejáveis dos genitores na população segregante. Os recombinantes são avaliados em vários testes comparativos, e quando comprovados superiores são lançados e registrados como cultivares (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ- NETO, 2021).

Em espécies autógamas, como o tomateiro, os cruzamentos ocorrem artificialmente tendo em vista que as flores são hermafroditas, o que torna possível a hibridação artificial. A técnica de cruzamento resume-se em emascular a flor do genitor designado como feminino antes de acontecer a antese. Assim, o pólen do genitor masculino é retirado e levado até o estigma da flor a ser emasculada (SANTOS et al., 2011).

A hibridação em tomateiro é o método de melhoramento mais utilizado, favorecendo a piramidação de um grande número de fatores que conferem resistência monogênica dominante, permitindo a uniformidade das lavouras (BOITEUX et al., 2016). As populações mais utilizadas são aquelas oriundas de cruzamentos simples, sendo também escolhidas outras originadas de cruzamentos mais complexos envolvendo várias linhagens e cultivares. Essa escolha está relacionada com a variabilidade da espécie e com o método de melhoramento do melhorista (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ- NETO, 2021).

O cruzamento simples é o método mais utilizado para obter população segregante em espécies autógamas, o qual consiste no cruzamento de duas linhagens puras (A x B), resultando no híbrido simples. O cruzamento duplo é a hibridação de dois híbridos [(A x B) x (C x D)]. Já o cruzamento triplo compõe-se de um híbrido simples com uma linhagem [(A x B) x E] (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ- NETO, 2021).

2.7 O tomate como alimento nutritivo

Além da importância econômica, o tomate também se destaca como um vegetal nutritivo que é incorporado em dietas afim de promover benefícios a saúde humana, como a prevenção de doenças crônicas. A atividade antioxidante contida em vegetais ao interagir com os radicais livres é algo que está sendo necessário para a

compreensão das causas ou modo que algumas patologias são desenvolvidas (TEXEIRA et al., 2023).

O consumo *in natura* de alimentos funcionais como o tomate apresentam ótimas fontes de compostos químicos necessários para o bom desempenho do organismo. O tomateiro, rico em licopeno, esteroides, minerais, polifenóis e fibras, causa efeitos benéficos a saúde. A busca por uma alimentação saudável que promova nutrição e saúde, causa um aumento da preferência dos consumidores por alimentos ricos em nutrientes, saborosos, que fortaleçam o organismo e que atuem no combate e prevenção de doenças (SILVA; ORLANDELLI, 2019).

Os fitoquímicos presentes nos vegetais possuem eficácia para alterar o metabolismo humano de maneira benéfica promovendo a prevenção de câncer e outras doenças degenerativas. Os alimentos cítricos são os que apresentam esses compostos em maiores quantidades, e embora o tomate apresente uma quantidade menor de ácido cítrico ainda assim é um fruto com grandes valores nutricionais por ser rico em licopeno, um caroteno altamente pigmentado. Esse composto auxilia na proteção de câncer de útero, bexiga, pulmão e próstata (ANJO, 2004; SOUSA et al., 2021).

O licopeno é um carotenoide alifático de hidrocarboneto extraído de vegetais como o tomate. Esse composto possui propriedades antioxidantes duas vezes mais que o β - caroteno, sendo dez vezes mais eficaz que o α -tocoferol, e apresentando uma ação direta contra o câncer, atuando nas vias de sinalização de fatores de crescimento e na progressão do ciclo celular. A taxa de absorção do licopeno no organismo humano é de 10 a 30%, e mediante isso, estudos confirmaram que altas concentrações de licopeno na dieta e na circulação estão associadas a diminuição do risco de câncer (STAHL; SIES, 1992; CHEN, 2019; ROWLES et al., 2017).

Nessa perspectiva, percebe-se o quão importante tem sido o melhoramento genético da cultura, visando não somente resistência e produtividade, mas também em busca de frutos com altos teores de compostos químicos que se mostram atuantes na prevenção de doenças. Além disso, à medida que se consegue vegetais robustos, pigmentados e saborosos, existe o aumento da demanda e conseqüentemente tem-se a economia aliada a saúde humana.

2.8 Análise dialélica

Levando em consideração que o tomateiro é uma planta com mecanismo fotossintético C3 e que existe uma alta produção anualmente, deduz-se que devido aos estresses abióticos e bióticos a planta não consegue atingir seu potencial máximo. Diante disso busca-se técnicas de melhoramento, como os cruzamentos dialélicos que são um critério de escolha para se obter populações segregantes. Esse método contribui não só para o processo de decisão das escolhas dos genitores, como também, serve para possibilitar índices sobre o controle genético das características dos indivíduos (FAOSTAT, 2019; VEIGA; PEREIRA; RAMALHO, 2000).

O modelo de dialelo baseado no método de Griffing objetiva auxiliar na escolha dos genitores com base em aspectos, como capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Dessa forma tem sido utilizadas várias metodologias para avaliar o comportamento de grupos de progenitores em sua forma per si, assim como as combinações híbridas (CRUZ; VENCOVSKY, 1989). Muitas metodologias são utilizadas, dentre elas podem ser citadas a de Griffing e a de Geraldi e Miranda Filho (GRIFFING, 1956; GERALDI; MIRANDA FILHO, 1988).

A metodologia de Griffing está relacionada com a maior complementação de genes favoráveis oriundos de dois genitores dentre os escolhidos para análise. Para escolher esses genitores torna-se necessário observar a CGC e a CEC. A CGC se refere a capacidade que o genitor pode contribuir para o acréscimo do seu valor genético à sua descendência sem levar em consideração o outro genitor. Já a CEC diz respeito ao desvio do híbrido comparado ao que seria esperado da CGC dos seus progenitores (CRUZ et al., 2012).

Já o modelo de Geraldi e Miranda Filho é uma adaptação da metodologia de Griffing, visando explorar um maior número de progenitores com um menor número de cruzamentos, sendo criado dois grupos diferentes que cruzam entre si, e assim surgiu os dialelos parciais (MIRANDA FILHO; GERALDI, 1984).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O experimento foi realizado entre dezembro de 2022 e novembro de 2023 na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE- Horta Velha), da Universidade

Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG (20°45'14"S, 42°52'53"W, a 648,74 m de altitude). A parte de análises laboratoriais realizou-se no laboratório de Manejo de Recursos Genéticos e Melhoramento de Hortaliças no Departamento de Agronomia da UFV.

3.2 Seleção da amostra

Os genótipos utilizados nesta pesquisa foram selecionados em trabalhos anteriores por meio do método Single Seed Descend (SSD) em oito gerações. A partir do cruzamento dos híbridos comerciais Mascote F1 (Agristar) do grupo Cereja e o Santyno (Agristar) do grupo Salada obteve-se 200 linhagens que foram caracterizadas e distribuídas nos grupos Santa Cruz, Italiano, Coquetel e Cereja. Essas linhagens foram submetidas a genotipagem através de marcadores moleculares para conferir a ausência ou a presença de genes de resistência a doenças, demonstradas na Tabela 1.

Ao fazer o cruzamento entre Mascote e Santyno objetivou-se explorar a herança genética do formato do fruto em tomateiro. A variação na forma e tamanho dos frutos de tomate cultivado é algo complexo que envolve vários *loci* gênicos. Alguns autores atribuem esse fenômeno a pleiotropia, outros a mutações que alteram o número de lóculos. Dessa forma, a escolha por genótipos do grupo italiano para o desenvolvimento da pesquisa se deu por conta do grande porte do fruto, por ser um dos maiores grupos mais consumidos de forma *in natura* e pela quantidade de genes que conferem resistência identificados nas linhagens.

Tabela 1 – Linhagens de tomate italiano selecionadas com base no número de genes de resistência


Linha gens	Meloidogyne incognita (Mi23) - SNP09M3	Fusarium oxysporum (I-7) - SNP93c	Fusarium oxysporum (I3) - SNP10B	Fusarium oxysporum (I2) - SNP13Q	Verticillium albo-atrum (Ve) - SNP16	TSWV (Sw-7) - SNP150	TSWV (Sw-5) - SNP25H	Fusarium Crown & Root {FCCR(FrI)} - SNP38D	(TYLCV) (Ty-1) - SNP02	(TYLCV) (Ty-2) - SNP39B	(TYLCV) (Ty-2) - SNP6702	(ToMV) (Tm1) - SPQ166a	(ToMV) (Tm2) - SNP176F	(ToMV) (Tm2a) - SNP14G
G1	144	S	S	R	R	R	R	R	S	?	S	S	R	R
	156	S	S	R	R	R	S	R	R	S	HT	S	R	R
	241	S	S	R	R	R	S	R	R	S	HT	S	R	R
	121	S	S	R	R	R	S	R	R	S	HT	S	R	R
G2	174	R	S	R	R	S	R	S	S	?	S	S	S	S
	390	R	S	S	R	S	R	R	S	S	HT	S	S	S
	115	R	S	R	R	S	S	R	S	?	HT	S	S	S
	255	S	S	S	R	R	S	R	S	R	S	S	S	S
	230	S	S	R	R	S	R	S	S	S	HT	S	S	S

Fonte: elaborado pela autora (2024).

Grupo 1 (G1); grupo 2 (G2); resistente (R); suscetível (S); heterozigoto (HT); ? (desconhecido).

Dessa forma, foram escolhidas 09 linhagens superiores do grupo de tomate italiano com a maior combinação possível de genes de resistência a doenças. Em seguida foi determinado por meio de sorteio os genitores masculino e feminino dividindo-os em dois grupos para a formação do dialelo parcial (4 x 5) (Tabela 2).

Tabela 2 – Disposição dos grupos e os cruzamentos que foram realizados

	174	390	115	255	230
144	144 x 174= H1	144 x 390= H2	144 x 115= H3	144 x 255= H4	144 x 230= H5
156	156 x 174= H6	156 x 390= H7	156 x 115= H8	156 x 255= H9	156 x 230= H10
241	241 x 174= H11	241 x 390= H12	241 x 115= H13	241 x 255= H14	241 x 230= H15
121	121 x 174= H16	121 x 390= H17	121 x 115= H18	121 x 255= H19	121 x 230= H20

Fonte: elaborado pela autora (2024).

3.3 Obtenção de sementes híbridas

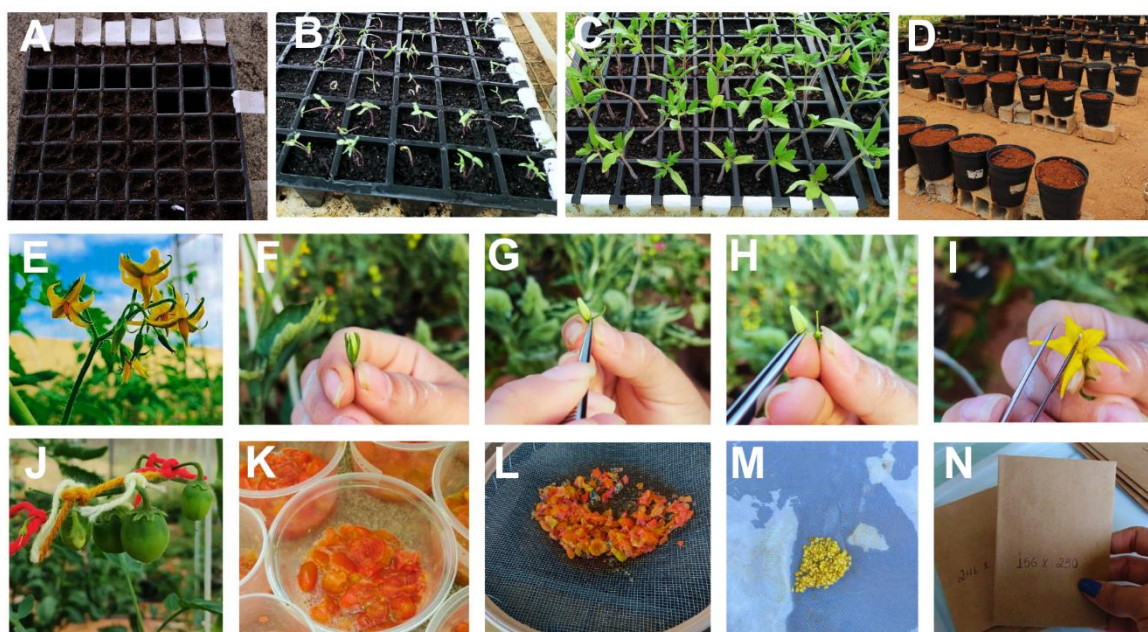
As sementes híbridas foram produzidas em casa de vegetação na Horta Velha da Universidade Federal de Viçosa- UFV. Após a escolha das linhagens o primeiro passo foi realizar a semeadura das mesmas em bandejas de poliestireno expandido de 64 células, preenchidas com substrato comercial para hortaliças.

A semeadura foi feita com duas a três sementes por célula. A germinação tende a ocorrer após cinco dias, e com 30 dias as mudas já tinham quatro folhas verdadeiras e estavam prontas para serem transplantadas para os vasos no espaçamento de 1,0 x 0,5, com três tratamentos e cinco repetições de cada planta. As plantas foram conduzidas com uma haste e tutoradas com fitilho verticalmente. Os tratamentos culturais seguiram as recomendações de Alvarenga (2013).

A hibridização ocorreu a partir do surgimento das flores. O tomateiro possui flores hermafroditas com dicogamia do tipo protogínica, assim o gineceu (órgão reprodutor feminino) amadurece antes do androceu (órgão reprodutor masculino). Com base nestas características, as flores das plantas designadas como femininas,

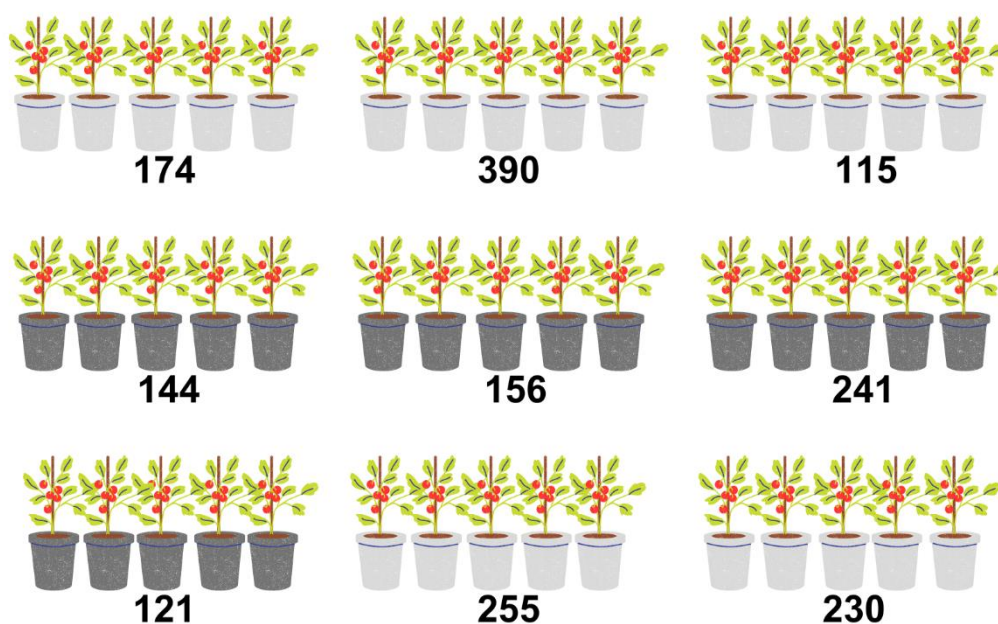
com dois dias antes da antese foram emasculadas para receberem o pólen das flores das plantas selecionadas para hibridação. A emasculação foi feita seguindo os seguintes passos: retirada do pólen das flores das plantas identificadas como doadoras; remoção das sépalas e pétalas das flores das plantas receptoras, deixando o estigma exposto; inserção do pólen no estigma (Figura 1).

O processo de retirada das sementes foi feito manualmente. Os frutos foram macerados e deixados fermentando em baldes por 48h. Logo após foram lavadas em água corrente com auxílio de peneiras para aparar as sementes. Só então as sementes foram colocadas para secar na centrifuga e retiradas após 48h para envelopes identificados (Figura 1). Foram necessárias três linhas de sete metros para distribuir os genitores doadores e receptores para a realização dos cruzamentos (Figura 2).



Fonte: arquivo da autora (2023).

Figura 1 – Processo de Semeadura (A); germinação (B e C); disposição dos vasos (D); flor utilizada para retirada do pólen (E); retirada das sépalas e pétalas (F, G e H); retirada do pólen (I); identificação dos cruzamentos (J); lavagem das sementes e identificação (K, L, M e N).



Fonte: elaborado pela autora (2024).

Figura 2 – Croqui da fase inicial da pesquisa para obtenção de sementes híbridas. Vasos claros (receptores); vasos escuros (doadores).

3.4 Condução do experimento

A segunda parte deste trabalho foi conduzida em campo, onde foi necessário o preparo da área para receber as mudas. Nesta etapa, objetivou-se a análise dos híbridos oriundos dos cruzamentos, juntamente com os genitores e a testemunha.

Foi selecionada uma área de 326,4 m² para a condução do experimento, em seguida foi demarcada a área com estacas para que ocorresse a aração do solo, permitindo um desenvolvimento melhor das raízes e uma maior penetração de água. O nivelamento do solo foi realizado através de gradagem, e só então foi feita a correção de acidez, aplicando calcário por toda a área delimitada permitindo o aumento do pH do solo. Mediante isso, foi realizada a análise do solo para que fosse feita a adubação necessária para receber as mudas.

A distribuição da área correspondeu a 19,2 metros de largura por 17 metros de comprimento. As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0 a 20 cm e 0 a 40 cm para conferir os nutrientes presentes no local (Tabela 3).

Tabela 3 – resultado da análise de solo do experimento

Ca- mada	pH (H ₂ O)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	Ca²⁺ (cmlc/dm ³)	Mg²⁺ (cmlc/dm ³)	A13⁺ (cmlc/dm ³)	H + A1 (cmlc/dm ³)
0 a 20 cm	5,4	55,3	98	2,36	0,40	0,1	3,30
0 a 40 cm	5,5	37,5	100	2,24	0,38	0,0	2,31
	SB (cmlc/dm ³)	(t) (cmlc/dm ³)	(T) (cmlc/dm ³)	V (%)	m (%)	MO (dag/kg)	B (mg/dm ³)
0 a 20 cm	3,02	3,11	6,31	47,7	3,2	2,7	0,02
0 a 40 cm	2,88	2,88	5,19	55,5	0,0	2,3	0,02

Fonte: elaborado pela autora (2024).

Mediante esta análise foi feita a correção da acidez do solo com a aplicação de calcário (PRNT = 82,67%) a lanço, em área total, sendo incorporado na camada de 0 a 30 cm, 34 dias antes do plantio. Foi utilizado o método de Alvarenga (2013) para ajustar necessidade de calcário (NC) e garantir o desenvolvimento das plantas.

O cálculo de calagem é obtido a partir da seguinte fórmula: $NC = [T (V2 - V1)] / 100$. Assim, foi atribuído os valores de $T = 6,31$, $V1 = 47,7$ e $V2 = 75\%$, resultando em uma NC de 1,722 t/ha e sendo essa a quantidade aplicada na área experimental.

Para definir a quantidade de calcário (QC) para corrigir a acidez do solo utilizou-se da fórmula proposta por Ribeiro et al. (1999), na qual consiste em: $QC = NC \times SC100 \times PF20 \times 100PRNT$, com $NC = 1,722$ t/ha, $SC = 3,264\%$, $PF = 30$ cm e $PRNT = 82,67\%$, resultando em uma QC de 101,98 kg. Essa foi a quantidade de calcário aplicada na área.

Com base na análise de solo e nas recomendações técnicas para o tomateiro foi definida a quantidade de fertilizantes utilizados na adubação de plantio. Obteve-se um total de 16,3 kg de formulado NPK 6-30-6, 27,9 kg de super triplo, 326 g de sulfato de zinco, 563 g de cloreto de potássio e 587 g de bórax. Dando sequência no manejo, foi realizado fertirrigação a cada 15 dias para suprir os nutrientes necessários para o bom desenvolvimento das plantas (ALVARENGA, 2013) (Tabela 4).

Tabela 4 – quantidade de fertilizantes em kg utilizados para cada fertirrigação

DAT	Uréia	MAP	Sulfato de potássio	Nitrato de potássio	Nitrato de cálcio
15	0,51	4,76	2,50		
30	3,71		3,17		
45	4,95		4,23		
60	4,54		3,04	1,35	
75	1,11			7,25	1,82
90	1,31			9,07	1,94

Fonte: elaborado pela autora (2024).

Dias após transplante (DAT); fosfato monoamônico (MAP).

Após a obtenção das sementes proveniente dos cruzamentos dos genitores organizados em pares (dialelo) foi montado um delineamento experimental (Delineamento em Blocos Casualizados- DBC) com as nove linhagens de tomate italiano, os 20 híbridos e um testemunha (Monza) (Quadro 1).

Quadro 1 – croqui do delineamento experimental para análise dos híbridos e dos genitores

	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Bloco 1	B	L9	H7	H8	H15	H19	L4	H4	L6	H10	H3	B
	B	H1	H2	H9	H20	H14	H11	H13	H5	H16	H18	B
	B	H12	L5	L8	H17	L3	L7	L1	T	H6	L2	B
Bloco 2	B	H9	L4	L5	L8	H8	H5	H14	H1	L6	H15	B
	B	L7	H11	H2	H13	T	L3	H4	H18	L1	L2	B
	B	H6	H12	H17	H19	H7	L9	H3	H10	H16	H20	B
Bloco 3	B	H2	T	L2	H20	H14	H5	H6	L8	H12	L7	B
	B	H15	H13	L9	H19	H7	H10	H1	L1	H9	L4	B
	B	H17	L6	H4	H11	H3	H18	H8	H16	L3	L5	B
	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Fonte: elaborado pela autora (2023).

Bordadura (B); linhagem (L); híbrido (H); testemunha (T)

Em cada linha do experimento teve 10 parcelas, cada uma com seis plantas, totalizando 540 plantas distribuídas nos três blocos. As três plantas centrais de cada parcela constituíram a parcela útil para análise. Cada bloco foi constituído por três linhas, além das linhas laterais que funcionaram como bordaduras, totalizando 11 linhas.

A semeadura foi realizada em bandejas de 128 células, preenchidas com substrato comercial para hortaliças. As mudas foram transplantadas para o campo após o surgimento de três folhas verdadeiras no espaçamento 1 x 0,6 m, sendo conduzidas com duas hastes seguindo o sistema de tutoramento de cerca cruzada.

3.5 Coleta de dados

3.5.1 Avaliação dos genótipos

Em cada parcela foi avaliado na haste principal das três plantas centrais para que se obtivesse a média das características. As avaliações sobre a qualidade dos frutos foram feitas com os frutos do 3º e 4º cacho.

3.5.2 Precocidade

A partir da emissão do primeiro cacho das plantas, foram contadas quantas folhas foram emitidas antes do surgimento do cacho para que seja possível prever uma medida de precocidade dos genótipos avaliados.

3.5.3 Características morfológicas

Para cada genótipo foram avaliados o hábito de crescimento, tipo de cacho da planta, ombro verde e cor de fruto. No hábito de crescimento determinado as hastes terminam em flores. Já a planta com crescimento indeterminado, a haste sempre termina com primórdios de folhas da gema apical. Quanto aos cachos, eles podem ser simples (sem ramificação) e compostos (com ramificação).

Outras avaliações foram: a altura do primeiro cacho; número de brotos vegetativos em cachos; número de brotos vegetativos em folhas; comprimento e largura da folha; diâmetro do entrenó; comprimento do entrenó; número de folhas nos fitômeros. Além dessas, o diâmetro equatorial e polar também foi verificado em quatro frutos de cada genótipo com auxílio de um paquímetro. Posteriormente esses frutos foram cortados transversalmente para conferir a quantidade de lóculos.

O comprimento e largura da folha foram medidos com o auxílio de uma trena. O diâmetro do entrenó e o comprimento do entrenó a partir do terceiro cacho foram medidos com uma fita métrica. O número de brotos em folhas e cachos foram contados, tendo em vista que a presença destes exige uma maior mão-de-obra. O

número de folhas nos fitômeros também foram avaliados através da contagem da quantidade de folhas existentes entre o 3º e o 4º cacho da haste principal.

3.5.4 Qualidade dos frutos

Chegada a fase de amadurecimento dos frutos foi realizada algumas avaliações que conferem a qualidade do fruto. Separando uma amostra de quatro frutos, a firmeza do pericarpo foi medida através do penetrômetro, com o diâmetro da ponteira de 5,8 mm e área da ponteira de 0,264074, testando a firmeza dos frutos em seus dois lados.

A acidez foi aferida a partir de uma amostra de oito frutos batidos no liquidificador, onde após foi utilizado o Medidor pH de bancada, a unidade (pH). O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi mensurado em graus brix a partir da amostra de frutos com o aparelho Refratômetro Digital. Quanto a cor dos frutos, também foi medido em quatro frutos em seus dois lados a coloração através do aparelho colorímetro, o qual deu índices a/b indicando que quanto maior for o valor, mais vermelho será o fruto.

Para conferir a acidez titulável foi retirado cinco gramas da polpa utilizada para medir o brix e o Ph, e depositadas em balões volumétricos que em seguida foram preenchidos com água desmineralizada até atingirem a marca de 100 ml. Dessa solução retirou-se uma medida de 10 ml para um Erlenmeyer, com o auxílio de uma pipeta, e em seguida foi adicionado duas gotas de enolftaleína. Cada Erlenmeyer foi titulado com uma solução de NaOH 0,005 mol/L até que a solução chegasse a uma coloração rosada. Assim, o volume utilizado da solução de NaOH foi registrado e empregado no cálculo da acidez titulável da polpa homogeneizada.

A viscosidade da polpa homogeneizada também foi avaliada utilizando-se um Consistômetro de Bostwick, no qual preenche-se um compartimento com polpa, abre-se a comporta do compartimento e verifica-se qual a distância percorrida pela polpa em um intervalo de 10 segundos.

3.5.5 Produção total e desfrute

Outro tipo de análise realizada foi a produção total (kg) e desfrute. A avaliação consistiu em produção por semana, onde foi registrado o peso e número de frutos por

cacho durante um mês e meio. A partir disso foi determinado o número de frutos por planta e o peso por cacho. Para esta contagem foi considerado a produção e desfrute até o quinto cacho da haste principal e da secundária das três plantas centrais de cada parcela.

A produção por planta foi estimada (kg/planta) dividindo os valores de cada parcela por três (3 plantas/parcela). Seguiu o mesmo modelo para calcular a quantidade de frutos. A produção por cacho e quantidade de frutos por cacho foram obtidos dividindo os valores de cada parcela (5 cachos/planta x 3 plantas/parcela). Já o peso médio do fruto foi obtido dividindo-se a produção total da parcela (kg) pela quantidade total de frutos colhidos por parcela. Para obter a produtividade (kg/m²), a produção por planta foi dividida por 0,6 m² (área de cada planta). Para obter a produtividade em toneladas por hectare (T/ha), a produtividade em kg/m² foi multiplicada por 10.

3.6 Análise de dados

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade das variâncias para que em seguida fosse realizada a análise de variância (ANOVA). Para todas as características foi realizada ANOVA, contendo os 20 genótipos híbridos, os nove genitores e a testemunha, a significância de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F. Todas essas análises foram feitas no ambiente computacional e estatístico Genes, em sua versão 1990.2023.45 (CRUZ, 2013). Para isso utilizou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y(ij) = \mu + g(i) + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

$Y(ij)$ representa o valor fenotípico da ij -ésima observação referente ao i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco;

μ é a média geral;

$g(i)$ é o efeito do i -ésimo genótipo;

β_j é o efeito do j -ésimo bloco;

ε_{ij} é o erro experimental associado ao valor observado Y_{ij} .

A título de comparação de médias, foi utilizado o teste de Dunnett ao nível de 5% de significância, com o objetivo de verificar a diferença entre a média dos genitores e dos híbridos com a média da testemunha.

Para avaliar o potencial dos genótipos dos progenitores em programas de melhoramento, os dados foram submetidos a análise dialélica seguindo o modelo de dialelo parcial proposto por Griffing modificado por Geraldi e Miranda Filho (1988). Assim, foi fornecido os valores de CGC das linhagens e CEC dos híbridos. O modelo estatístico adotado foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + \frac{1}{2}(d_1 + d_2) + g_i + g_j' + s_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

No qual:

Y_{ij} : representa a média combinatória da hibridação entre o i -ésimo progenitor do primeiro grupo e o j -ésimo progenitor do segundo grupo;

μ : define a média geral;

d_1 e d_2 : referem-se aos contrastes relacionados com as médias dos grupos 1 e 2 e a média geral;

g_i : é o efeito da CGC do i -ésimo progenitor do primeiro grupo;

g_j' : é o efeito da CGC do j -ésimo progenitor do segundo grupo;

s_{ij} : representa a CEC, descreve a interação entre os progenitores específicos (de ordem i no primeiro grupo e j do segundo);

ε_{ij} : representa o erro/resíduo experimental médio.

Além disso, foi verificada a correlação genotípica e fenotípica entre as 31 variáveis exploradas neste estudo, utilizado o software estatístico R (R Core Team 2023). Algumas das características morfológicas foram avaliadas de forma qualitativa, considerando as observações e registros feitos em campo e com base na literatura disponível.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dialélica

Com o intuito de verificar o desempenho das linhagens escolhidas como genitores para os híbridos, foi explorada a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC), seguindo o modelo de dialélico parcial proposto por Griffing e modificado por Geraldi e Miranda Filho (1988).

Dessa forma, as variáveis foram dispostas em três categorias: arquitetura de planta; qualidade dos frutos e produtividade (Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9). Para arquitetura de planta foi observado que as variâncias devido aos efeitos de CGC foram significativas para a maioria das características, exceto para a CGC de APC do grupo 2 (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo da análise dialélica parcial com as estimativas dos quadrados médios (QM) referentes a CGC e CEC para precocidade (PCD), altura do primeiro cacho (APC), diâmetro do entrenó (DDE), comprimento do entrenó (CDE), largura da folha (LDF), comprimento da folha (CDF) e altura da planta (AT)

FV	GL	PCD	APC	DDE	CDE	LDF	CDF	AT
Trat.	28	1,24**	51,48**	1,96**	35,42**	112,19**	45,09**	3511,76**
Grupos	1	0,10 ^{ns}	22,85 ^{ns}	2,98**	17,99 ^{ns}	343,38**	61,97*	249,99 ^{ns}
CGC G1	3	2,14**	245,93**	1,75**	56,35**	158,75**	44,61**	6419,07**
CGC G2	4	1,22**	37,40 ^{ns}	6,78**	37,38*	230,72**	118,75**	7212,61**
CEC 1X2	20	1,17**	26,56 ^{ns}	0,98**	32,76**	69,95**	29,59**	2498,58**
Res.	58	0,11	19,04	0,28	12,78	30,04	8,82	399,02

Fonte de variação (FV); graus de liberdade (GL); tratamento (Trat.); resíduo (Res.); capacidade geral de combinação (CGC); capacidade específica de combinação (CEC); grupo 1 (G1); grupo 2 (G2); diferenças significativas a 1% (**) e 5% (*) pelo teste F; não significativo (ns).

Levando em consideração que CGC é uma medida de efeito aditivo (SPRAGUE; TATUM, 1942), ao cruzar uma linhagem com diversas outras teremos o desempenho médio desta linha em todos os seus cruzamentos, e, portanto, a expressão do desvio da média dessas combinações está sendo considerado significativo para quase todas as variáveis de arquitetura de planta (Tabela 5).

Esse apontamento implica dizer que a variância genética aditiva é predominante para os parâmetros genéticos das características dos genitores apontadas na Tabela 5, considerando que o componente aditivo se refere a capacidade média das linhas envolvidas no cruzamento, com descrito por Swan e Kinghorn (1992).

A arquitetura de planta é alvo de pesquisa em programas de melhoramento com o objetivo de aumentar a produtividade e a produção por área. Para melhoria dessas qualidades métodos genéticos- estatísticos, como o dialelo é utilizado para que se tenha eficiência na escolha dos genitores com a finalidade de utilizá-los em cruzamentos (MATOS et al., 2021).

A escolha por genitores que contribuem para arquitetura de planta deve ser bem apurada, tendo em vista que a composição da planta influencia na produtividade, como demonstrado por Wamser (2021). Características, como diâmetro e comprimento do entrenó elevados conferem sustentação para os cachos (SCHMIDT et al., 2018), como também proporciona plantas mais compactadas quando o comprimento do entrenó e da folha são curtos, o que é um caráter positivo para plantas destinadas ao cultivo *in natura* (FIGUEIREDO et al., 2015).

Aspectos como o número de folhas para o surgimento da primeira inflorescência, que determina a precocidade da planta, mostrando-se significativa na Tabela 5 para CGC, aponta que existe diferenças na quantidade de alelos favoráveis que os pais passam para os filhos e, portanto, os genitores podem contribuir para a obtenção de híbridos mais precoces, mostrando que existem boas combinações entre os grupos para essa característica quando se observa a CEC significativa.

A altura do primeiro cacho não apresentando diferença significativa do grupo 2 na CGC (Tabela 5), sugere que não há predominância da variância genética aditiva para essa característica (SOUZA et al., 2004). O surgimento da primeira floração próximo ao solo promove um desenvolvimento rápido para a planta, elevando a produtividade e o período de colheita (EMBRAPA, 2024).

Os genitores com os maiores índices de CGC são os preferíveis para constituírem novas populações, pois a seleção de linhagens homozigóticas serão favorecidas, no caso de plantas autógamas como o tomateiro (MIRANDA et al., 1988). Para melhoristas, a CGC carrega uma maior importância devido ao fato de contribuir para o aumento da expressão gênica aditiva, uma vez que os componentes não-aditivos se referem a heterose verificada pela diferença da média das características

avaliadas nos híbridos e a média dessa mesma característica nos pais (GOMES et al., 2021).

As estimativas dos efeitos de CGC para arquitetura de planta mostraram que alguns genitores tendem a proporcionar a presença das características mencionadas, de acordo com estimativas positivas de \hat{g}_i , como destacado na Tabela 6.

Tabela 6 – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para precocidade (PCD), altura do primeiro cacho (APC), diâmetro do entrenó (DDE), comprimento do entrenó (CDE), largura da folha (LDF), comprimento da folha (CDF) e altura da planta (AT)

Efeitos (\hat{g}_i)	PCD	APC	DDE	CDE	LDF	CDF	AT	
G1	1	-0,14	-2,58	0,29	-1,61	-3,43	-1,81	-1,16
	2	0,03	1,71	-0,31	-0,79	2,23	0,00	-21,31
	3	0,40	3,37	-0,05	0,94	0,34	1,00	12,79
	4	-0,22	-2,50	0,07	1,46	0,86	0,81	9,68
G2	1	-0,19	-0,49	-0,68	-1,27	2,81	0,75	-27,19
	2	-0,15	-1,70	0,31	1,26	0,69	-0,40	11,18
	3	-0,15	0,09	-0,12	1,01	-3,05	-2,20	-7,60
	4	0,26	1,71	0,70	0,35	2,98	3,42	12,47
	5	0,22	0,38	-0,20	-1,35	-3,43	-1,57	11,14

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Esses efeitos se referem a concentração de genes aditivos, ou seja, genitores com CGC altas e positivas são os que mais irão contribuir para o aumento da característica, quando se observa diferença significativa na ANOVA do dialelo. Por outro lado, aqueles com valores altos e negativos irão contribuir com a redução da manifestação da característica. Dessa forma os genitores com os maiores valores de CGC podem ser incluídos em programas de melhoramento com o objetivo de seleção de novas linhagens (RAMALHO et al., 1993).

De acordo com Cruz et al. (2012), os efeitos com baixa estimativa positiva ou negativa indica que o valor de CGC do genitor, que foi obtido com base nas combinações híbridas, não tem muita diferença da média geral da população dialélica.

Ao contrário disso, quando os efeitos são altos, positivos ou negativos, indica que o genitor é muito superior ou inferior em relação aos outros genitores do dialelo, considerando o desempenho médio dos cruzamentos.

A análise dialélica para qualidade dos frutos mostrou que as variâncias de efeito aditivo foram significativas a 1% e 5% (F, $p < 0,01$ $p < 0,05$) para as características exploradas, com exceção dos caracteres FMZ e NL no grupo 2, o pH nos dois grupos e ATT no grupo 2. Os resultados de CGC mostraram-se superior aos valores de CEC para quase todas as variáveis (Tabela 7).

Tabela 7 – Resumo da análise dialélica parcial com as estimativas dos quadrados médios (QM) referentes a CGC e CEC para diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro polar do fruto (DPF), razão entre DEF e DPF (DEF/DPF), firmeza em kgf/cm² (FMZ), números de lóculos (NL), potencial Hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais em °Brix (SST), acidez titulável em % (ATT), grau de maturação dos frutos (SST/ATT) e viscosidade (VSC)

FV	GL	DEF	DPF	DEF/DPF	FMZ	NL	pH	SST	ATT	SST/ATT	VSC
Trat.	28	79,61**	86,35**	0,0655*	16,27*	0,57*	0,03 ^{ns}	1,42**	0,01**	13,26**	1680,50**
Grupos	1	358,81**	27,14 ^{ns}	0,2725*	93,91**	0,31 ^{ns}	0,30**	0,23 ^{ns}	0,03**	10,47 ^{ns}	2085,29 ^{ns}
CGC G1	3	82,13**	56,53*	0,0687*	45,54**	1,50**	0,02 ^{ns}	1,08**	0,02**	27,19**	2217,38*
CGC G2	4	160,47**	227,44**	0,1995*	15,10 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,04 ^{ns}	3,76**	0,002 ^{ns}	17,82**	3305,09*
CEC 1X2	20	49,11**	65,56**	0,0278*	8,23 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,07**	0,01**	10,40**	1254,81*
Res.	58	8,69	19,48	0,0088	9,39	0,31	0,02	0,15	0,003	3,64	687,34

Fonte de variação (FV); graus de liberdade (GL); tratamento (Trat.); resíduo (Res.); capacidade geral de combinação (CGC); capacidade específica de combinação (CEC); grupo 1 (G1); grupo 2 (G2); diferenças significativas a 1% (**) e 5% (*) pelo teste F; não significativo (ns).

Os resultados afirmam que há expressão de efeitos aditivos no controle das características de qualidade de fruto, com exceção das variáveis FMZ, NL, pH e ATT que não apresentaram efeito significativo (Tabela 7). A não significância informa que não existe diferenças reais entre os efeitos da CGC e CEC entre os tratamentos para essas características.

O fato de as variáveis não serem significativas pode ser em razão da proximidade dos parâmetros genéticos entre as linhagens, que compartilham o mesmo pool gênico (PÁDUA et al., 2010). A firmeza dos frutos, por exemplo, é um dos interesses mais importantes no melhoramento genético, uma vez que frutos firmes reduzem a perda da produção, principalmente no transporte. Além disso, firmeza confere qualidade, sendo um aspecto essencial para frutos consumidos de forma *in natura* (BENETTI et al., 2018).

De acordo com Lima e colaboradores (2011), frutos de tomate com alta qualidade são aqueles caracterizados por conter mais do que 0,32 de ATT, 3 °Brix de SST e uma relação SST/ATT maior do que 10. Seguindo esse pressuposto, os teores de ATT (0,51), SST (5,21) e relação entre SST/ATT (10,35), estão acima dos limites estabelecidos pelos autores, sendo demonstrados pela média disponibilizada pela ANOVA na Tabela 20. Além disso, a análise dialélica mostra a predominância dos efeitos de genes aditivos para SST, assim como foi verificado Ahmad et al. (2009). No entanto, esses resultados contrastam com os de Hannan et al. (2007), que obteve efeitos de genes aditivos e não aditivos como predominantes.

As características de diâmetro do fruto também são apontadas com diferenças significativas no estudo de Morales-Ruiz et al. (2021), enfatizando como é importante a uniformidade dos frutos para transparecer uma boa aparência e qualidade. O pH é outro aspecto importante, principalmente quando o fruto é destinado para processamento, uma vez que pH inferior a 4,5 é desejável para impedir a propagação de microorganismos, como é discutido por Paiva et al. (2018).

Considerando esses aspectos, percebe-se que as estimativas dos efeitos de CGC para qualidade de frutos apontam valores consideráveis para contribuição dessas características pelos genitores, o que leva a entender que a combinação destas linhagens propicia híbridos vigorosos. Em destaque estão as maiores estimativas dos genitores que apresentaram diferenças significativas (Tabela 8).

Tabela 8 – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro polar do fruto (DPF), firmeza em kgf/cm² (FMZ), números de lóculos (NL), potencial Hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais em °Brix (SST), acidez titulável em % (ATT), grau de maturação dos frutos (SST/ATT) e viscosidade (VSC)

Efeitos (\hat{g}_i)	DEF	DPF	DEF/DPF	FMZ	NL	pH	SST	ATT	SST/ATT	VSC	
G1	1	-1,84	-1,97	0,0073	-1,65	-0,18	-0,03	0,01	0,03	-0,65	6,96
	2	0,14	0,05	-0,0005	-0,14	-0,14	0,02	-0,15	-0,00	-0,05	-12,37
	3	-0,60	1,47	0,0585	0,30	0,00	0,02	0,27	-0,03	1,43	-1,18
	4	2,30	0,45	-0,0649	1,49	0,33	-0,01	-0,13	0,01	-0,72	6,59
G2	1	-2,86	1,34	0,1492	0,30	0,00	-0,05	-0,23	0,00	-0,55	9,01
	2	-1,08	-0,77	0,0172	-1,13	-0,11	0,03	0,41	-0,00	0,90	1,85
	3	-0,51	-3,77	-0,0853	-0,30	-0,15	0,05	0,31	-0,01	0,61	13,18
	4	4,12	4,44	-0,0328	1,00	0,25	-0,02	-0,54	-0,00	-1,17	-13,18
	5	0,34	-1,26	-0,0482	0,13	0,00	-0,00	0,05	0,01	0,15	-10,77

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Avaliando os maiores índices de CGC e fazendo combinações entre os genitores, características de interesse podem ser alcançadas, uma vez que quanto maior e positivo for o índice maior é a chance da característica ser manifestada. Portanto, o melhorista que faz seleção com precisão atinge resultados altamente satisfatórios, pois suas decisões são pautadas no caráter genotípico, sendo perceptível quando é feita experimentação, em sua forma fenotípica (MATOS et al., 2021).

Quanto a coloração dos frutos, as variáveis COL-B, COL-C e COL-H apresentaram diferenças significativas a 1% e 5% de probabilidade ($p < 0,01$ e $p < 0,05$). As estimativas dos efeitos quadráticos de CGC revelaram que os efeitos gênicos aditivos foram superiores para todas as características que apresentaram significância (Tabela 9).

Tabela 9 – Resumo da análise dialélica parcial com as estimativas dos quadrados médios (QM) referentes a CGC e CEC para luminosidade (COL-L), eixo verde/vermelho (COL-A), eixo amarelo/azul (COL-B), valor de saturação- croma (COL-C) e ângulo de tonalidade (COL-H)

FV	GL	COL-L	COL-A	COL-B	COL-C	COL-H
Trat.	28	0,59 ^{ns}	26,63 ^{ns}	93,33 ^{**}	89,71 ^{**}	54,5 [*]
Grupos	1	0,00 ^{ns}	22,80 ^{ns}	0,33 ^{ns}	1,59 ^{ns}	25,41 ^{ns}
CGC G1	3	0,67 ^{ns}	40,41 ^{ns}	157,12 [*]	149,14 ^{**}	118,01 [*]
CGC G2	4	0,39 ^{ns}	11,16 ^{ns}	226,04 ^{**}	152,68 ^{**}	190,41 ^{**}
CEC 1X2	20	0,65 ^{ns}	27,85 ^{ns}	61,87 ^{ns}	72,61 ^{ns}	19,38 ^{ns}
Res.	58	1,19	16,71	42,06	38,38	30,78

Fonte de variação (FV); graus de liberdade (GL); tratamento (Trat.); resíduo (Res.); capacidade geral de combinação (CGC); capacidade específica de combinação (CEC); grupo 1 (G1); grupo 2 (G2); diferenças significativas a 1% (**) e 5% (*) pelo teste F; não significativo (ns).

Genótipos com características com estimativas de genes aditivos superiores aos de genes não aditivos são recomendadas para utilização em programas de melhoramento quando o intuito for obter novas linhagens. Frutos com coloração vermelho intenso ou avermelhado é preferível para a maioria dos consumidores, sendo estes aspectos relevantes para serem considerados na escolha de genitores (ROCHA et al. 2013).

A cor do tomate é conferida pelos carotenoides, sendo possível observar as cores amarela, laranja e vermelha. Os dois tipos mais frequente em tomateiro são o licopeno e o β -caroteno (FERNANDES et al., 2018). A cor amarela está mais associada ao β -caroteno, que confere uma coloração mais alaranjada (CARVALHO et al., 2005), enquanto o licopeno está associado a cor vermelho intenso, sendo este último conferido mediante o ponto de maturação, a condição genotípica e a interação genótipo x ambiente (PAULA et al., 2015).

Dessa forma, observando os efeitos dos genes aditivos é possível selecionar os melhores genótipos que conferem a coloração de interesse. As estimativas são demonstradas na Tabela 10, apontando os possíveis genitores que irão propiciar uma melhor combinação para a característica cor de fruto.

Tabela 10 – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para luminosidade (COL-L), eixo verde/vermelho (COL-A), eixo amarelo/azul (COL-B), valor de saturação- croma (COL-C) e ângulo de tonalidade (COL-H)

Efeitos (\hat{g}_i)		COL-L	COL-A	COL-B	COL-C	COL-H
G1	1	-0,23	-1,55	-1,03	-1,67	0,98
	2	0,07	1,43	3,16	3,39	1,84
	3	0,07	0,15	-2,49	-1,46	-2,95
	4	0,07	-0,03	0,36	-0,25	0,13
G2	1	0,01	0,68	1,28	1,42	0,66
	2	-0,22	-0,71	-3,32	-3,83	-1,96
	3	0,71	-0,75	4,44	2,76	4,34
	4	0,71	0,45	-2,26	-0,89	-2,92
	5	0,71	0,32	-0,14	0,53	-0,11

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Para os aspectos de produtividade observou-se não significância de CGC para as variáveis PPP, PPC e PDE no grupo 2. Já para as demais características houve significância de CGC a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), portanto, para essas características existe a expressão de efeitos aditivos no controle desses caracteres (Tabela 11).

Tabela 11 – Resumo da análise dialélica parcial com as estimativas dos quadrados médios (QM) referentes a CGC e CEC para frutos por planta (FPP), produção por planta (PPP), peso médio do fruto (PMF), frutos por cacho (FPC), produção por cacho (PPC), produção total por planta (PTPP) e produção estimada em t/há (PDE)

FV	GL	FPP	PPP	PMF	FPC	PPC	PTPP	FPPT	PDE
Trat.	28	833,09**	2,93**	488,47**	23,13**	79614,07**	25,79**	74,20**	796,09**
Grupos	1	518,37 ^{ns}	7,48**	4533,95**	14,40 ^{ns}	206350,80**	66,87**	49,22 ^{ns}	2065,44**
CGC G1	3	1469,18**	2,26*	807,74**	40,74**	55460,84*	17,96**	132,24**	554,50*
CGC G2	4	1129,59**	0,45 ^{ns}	554,50**	31,35**	16389,58 ^{ns}	5,30 ^{ns}	98,58**	163,90 ^{ns}
CEC 1X2	20	694,11**	3,30**	225,10**	19,28**	89545,12**	29,00**	61,86**	895,30**
Res.	58	277,58	0,66	78,70	7,70	18204,22	5,90	25,07	182,02

Fonte de variação (FV); graus de liberdade (GL); tratamento (Trat.); resíduo (Res.); capacidade geral de combinação (CGC); capacidade específica de combinação (CEC); grupo 1 (G1); grupo 2 (G2); diferenças significativas a 1% (**) e 5% (*) pelo teste F; não significativo (ns).

Em estudo semelhante Souza et al. (2012), estimaram a CGC e CEC para características de produção em tomateiro, e observaram que os efeitos gênicos aditivos e não-aditivos foram importantes e significativos para as características avaliadas. Diferente desse caso, o presente estudo apresenta a maioria variáveis com efeitos de CGC superior em relação a CEC, o que é muito relevante para a escolha de genitores que darão origem a novas linhas.

As estimativas de CGC demonstradas na Tabela 12 evidenciam os melhores genitores para serem combinados e proporcionar melhorias de produção. As estimativas mais altas e positivas indicam que quando estas forem combinadas com as demais, irão atribuir um incremento positivo na produção, uma vez que a concentração de alelos aditivos contribui para o aumento da característica.

Tabela 12 – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ($\hat{\sigma}_i$) para frutos por planta (FPP), produção por planta (PPP), peso médio do fruto (PMF), frutos por cacho (FPC), produção por cacho (PPC), produção total por planta (PTPP) e produção estimada em t/há (PDE)

	Efeitos ($\hat{\sigma}_i$)	FPP	PPP	PMF	FPC	PPC	PTPP	FPPT	PDE
G1	1	9,16	-0,09	-7,43	1,52	-14,06	-1,15	2,74	-1,40
	2	-4,16	-0,23	-0,75	-0,75	-37,53	-0,37	-1,36	-3,75
	3	-7,20	-0,09	3,72	-1,20	-14,35	0,04	-2,16	-1,43
	4	2,58	0,42	4,46	0,43	65,95	1,48	0,77	6,59
G2	1	7,58	0,03	-2,20	1,26	6,92	0,27	2,26	0,69
	2	4,76	0,02	-2,17	0,79	5,34	-0,87	1,41	0,53
	3	-1,63	-0,24	-4,72	-0,27	-45,75	-0,55	-0,50	-4,57
	4	-10,24	0,08	7,64	-1,70	16,27	0,56	-3,00	1,62
	5	-0,47	0,09	1,45	-0,50	17,21	0,58	-0,16	1,72

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Observando as estimativas tem-se efeitos significativos para todas as características de produção, sendo isso algo muito promissor no melhoramento, uma vez que esses genitores podem ser recombinados para proporcionar maiores índices de produção assim como foi observado por Amin e colaboradores (2012).

Analisando os efeitos da CGC associado aos efeitos da CEC foi possível determinar as melhores combinações híbridas. A seguir são demonstrados os melhores híbridos considerando as características de mais interesse para esta pesquisa, sendo elas: sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix), pH, firmeza, tamanho de fruto, número de frutos por planta, peso médio de fruto, e produtividade estimada (Tabelas 13,14,15,16,17, 18 e 19).

Para o aumento da concentração de SST observou-se que os genitores com maiores estimativas positivas de CGC são as linhagens 144 e 241 do grupo 1, e as linhas 390, 115 e 230 do grupo 2. No entanto, quando se observa a CEC, nota-se que as únicas combinações que resultam em estimativas positivas são os cruzamentos entre a linha 144 com a 115, e 144 com a 230, resultando nos híbridos 3 e 5 (Tabela 13).

Tabela 13 – Estimativas dos efeitos da CGC e CEC para sólidos solúveis totais em $^{\circ}$ Brix (SST)

CEC						
Genitores	174	390	115	255	230	CGC G1**
144	H1	H2	H3	H4	H5	0,012
	0,5675	-0,0492	0,1133	0,2758	0,1383	
156	H6	H7	H8	H9	H10	-0,1546
	-0,2992	-0,2159	-0,2534	0,5758	0,8383	
241	H11	H12	H13	H14	H15	0,2787
	0,3635	-1,0825	-0,7534	-0,4909	-0,4617	
121	H16	H17	H18	H19	H20	-0,1361
	-0,0177	-0,3011	-0,0719	-0,1761	-0,1136	
CGC G2**	-0,2383	0,4117	0,3158	-0,5467	0,0575	-

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Também se observa muitos outros valores de CEC altos e positivos, no entanto isso não corresponde aos melhores híbridos, uma vez que deve ser considerado

genitores e filhos com estimativas altas positivas e significativas para se ter um bom híbrido. Na análise dialélica a característica SST apresentou diferenças significativas para a CGC nos dois grupos (Tabela 7).

Os sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) representam os açúcares e os ácidos contido nos frutos, sendo estes acumulados mediante fatores ambientais, aspectos fisiológicos, com assimilação de CO_2 pelas folhas, descarregamento no fruto (dreno) e transporte de açúcares no floema. Sabendo que o hábito de crescimento regula o número relativo de folhas com relação aos frutos, esses fatores podem causar grande impacto no $^{\circ}$ Brix. Dessa forma, plantas indeterminadas com um número de folhas maior em relação aos frutos, tendem a produzir $^{\circ}$ Brix mais elevado (PIOTTO; PERES, 2012), como é o caso dos genitores do híbrido 10, ambos de crescimento indeterminado.

Já o pH é uma característica que confere a acidez do fruto, ao passo que quanto menor for o pH mais ácido o fruto será. Esse caráter é muito requisitado para frutos que serão utilizados no processamento industrial, tendo em vista que a acidez atua na proteção contra patógenos e age na conservação das substâncias oriundas do processo industrial, além de conferir o sabor ácido. Dessa forma, considera-se que pH entre 4 e 4.5 é o ideal para impedir a proliferação de microorganismos, pois pH muito abaixo de 4 impacta no sabor do fruto (MONTEIRO et al., 2008).

Diante disso, ao escolher genitores que irão contribuir para o aumento da acidez, deve-se escolher aqueles com as menores estimativas negativas de CGC, com o objetivo de obter frutos com pH entre 4 e 4.5. Ao analisar as linhagens desta pesquisa tem-se a linha 144 e 121 do grupo 1, e a 174, 255 e 230 do grupo 2 com os menores valores de CGC negativos. Em aspecto de CEC surgiu a combinação de 144 x 174, 144 x 230 e 221 x 255 que deram origem aos híbridos 1, 5 e 19 que representam os menores pH (Tabela 14). No entanto, é necessário ressaltar que essa variável não apresentou diferenças significativas na análise dialélica (Tabela 7), portanto os efeitos das estimativas são iguais.

Tabela 14 – Estimativas dos efeitos da CGC e CEC para pH

CEC						
Genitores	174	390	115	255	230	CGC G1 ^{ns}
144	H1	H2	H3	H4	H5	-0,0331
	-0,0707	0,0676	0,0156	0,0606	-0,1015	
156	H6	H7	H8	H9	H10	0,0269
	-0,1207	-0,099	0,0522	0,0239	0,0285	
241	H11	H12	H13	H14	H15	0,0254
	0,1008	0,0258	0,0637	-0,0146	0,07	
121	H16	H17	H18	H19	H20	-0,0191
	0,1286	-0,0364	-0,0585	-0,0169	0,0311	
CGC G2 ^{ns}	-0,0517	0,03	0,0521	-0,0296	-0,0008	-

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Quanto a firmeza, foi verificado como melhores genitores no grupo 1 as linhagens 241 e 121, enquanto no grupo 2 foram os genótipos 174, 255 e 230, mesmo que este grupo não apresente diferença significativa na CGC (Tabela 7). Dos cruzamentos oriundos desses genitores surgiram os melhores híbridos para a característica em questão, sendo eles: H11, H14, H15, H16, H19 e H20 (Tabela 15).

Tabela 15 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC para firmeza

CEC						
Genitores	174	390	115	255	230	CGC G1 ^{**}
144	H1	H2	H3	H4	H5	-1,6509
	1,9314	-0,699	0,3347	-0,1586	-1,5261	
156	H6	H7	H8	H9	H10	-0,1443
	-2,3053	-0,2223	-1,9153	1,3281	-0,3294	
241	H11	H12	H13	H14	H15	0,3046
	0,6225	1,0221	1,6359	0,3459	1,2917	
121	H16	H17	H18	H19	H20	1,4906
	1,6499	-1,5472	1,9099	1,6833	0,8324	
CGC G2 ^{ns}	0,3051	-1,1378	-0,3083	1,0084	0,1326	-

Fonte: dados da pesquisa (2024).

A firmeza do fruto é um aspecto muito relevante a ser considerado na escolha de genitores para originar novas linhas. Fatores genéticos, como a presença de aditividade e o grau de maturação dos frutos estão intimamente ligados com a firmeza, como demonstrado na pesquisa de Paula et al. (2015), que observaram diferentes estágios de maturação em tomateiro e a influência disso sob os aspectos de qualidade dos frutos.

As estimas de CGC e CEC para tamanho de fruto são referentes a razão entre diâmetro equatorial e diâmetro polar do fruto, mostrando-se com diferenças significativas na Tabela 7. Dessa forma a combinação que resultou um híbrido com estimativa positiva em que os genitores também tiveram estimativas positivas foi o cruzamento entre 144 x 174 = H1 (Tabela 16).

Tabela 16 – Estimativas de CGC e CEC para tamanho de fruto

CEC						
Genitores	174	390	115	255	230	CGC G1*
144	H1 0.0093	H2 -0.0586	H3 -0.0794	H4 -0.0596	H5 0.1102	0.0073
156	H6 0.1338	H7 -0.0275	H8 0.0517	H9 0.0125	H10 -0.1054	-0.0005
241	H11 -0.1814	H12 -0.0593	H13 -0.0702	H14 -0.076	H15 -0.0406	0.0581
121	H16 0.0782	H17 -0.063	H18 0.0128	H19 0.0136	H20 0.0157	-0.0649
CGC G2*	0.1492	0.0172	-0.0853	-0.0328	-0.0482	-

Fonte: dados da pesquisa (2024).

O grupo italiano tem como uma das características frutos mais alongados, com um diâmetro equatorial medindo aproximadamente entre 7 a 10 cm, e o diâmetro polar de 3 a 5 cm. A razão entre essas duas medidas classifica o fruto como oblongo ou redondo, sendo o formato oblongo típico do grupo italiano (MACHADO, 2023). Nas estimativas de CGC da razão entre comprimento e largura, observa-se poucos genitores positivos, o que resultou em uma única combinação favorável. No entanto,

observando as estimativas separadamente de DEF e DPF na Tabela 8, com um novo rearranjo entre os genitores pode surgir mais híbridos com uniformidade de largura e comprimento.

O número de frutos por planta resulta na produtividade estimada, e nessa característica foi verificado que os genitores com estimativas mais altas e positivas de CGC foram as linhas 144 e 121 do grupo 1, e as linhas 174 e 390 do grupo 2. Entre esses genótipos surgiram as melhores combinações resultando nas progênes que conferem as maiores quantidades de frutos por planta, H1, H2 e H17 (Tabela 17). Essa característica se apresenta com diferenças significativas para os dois grupos na CGC (Tabela 11).

Tabela 17 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC para número de frutos por planta

CEC						
Genitores	174	390	115	255	230	CGC G1
144	H1 7,8697	H2 7,6863	H3 4,2022	H4 19,0405	H5 4,2718	9,16**
156	H6 -8,5403	H7 7,503	H8 2,9055	H9 22,0772	H10 5,1984	-4,5419
241	H11 13,5737	H12 9,1704	H13 14,9029	H14 -6,0354	H15 4,1958	-7,2094
121	H16 -6,5588	H17 13,5912	H18 16,997	H19 5,912	H20 -6,4901	2,5899
CGC G2**	7,5897	4,7698	-1,6327	-10,2478	-0,479	-

Fonte: dados da pesquisa (2024).

O peso do fruto também contribui para produção estimada, e nesse aspecto apresentando valores de CGC significativos (Tabela 11), os genitores de destaque foram as linhagens 241 e 121 do grupo 1, e as linhas 255 e 230 do grupo 2. Combinadas elas deram origem aos híbridos H14, H15 e H20 como melhores progênes para peso médio de fruto (Tabela 18).

Tabela 18 – estimativas dos efeitos da CGC e CEC para peso médio do fruto

CEC						
Genitores	174	390	115	255	230	CGC G1**
144	H1 2,7583	H2 1,4499	H3 11,4216	H4 0,3587	H5 -8,0755	-7,439
156	H6 -1,6999	H7 3,4185	H8 -4,0732	H9 8,2239	H10 -1,577	-0,7542
241	H11 -3,4276	H12 5,464	H13 5,609	H14 13,7994	H15 2,6253	3,7236
121	H16 15,3164	H17 -9,2186	H18 0,2231	H19 -1,4032	H20 12,5427	4,4695
CGC G2**	-2,2037	-2,172	-4,7203	7,6459	1,4501	-

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Para a produtividade estimada observou-se que o genitor 121 do grupo 1 e 174, 255 e 230 do grupo 2 apresentaram as melhores estimativas de CGC, originando as combinações H16, H19 e H20 (Tabela 19). Diante disso, percebe-se que os genótipos que apresentaram maior número de frutos por planta (Tabela 17), diferem dos genótipos que apresentaram maior produção em kg por planta, assim como os genótipos que apresentam superioridade para peso médio de fruto (Tabela 18), não são condizentes com os genótipos de maior produtividade apresentados na tabela abaixo.

Tabela 19 – Estimativas dos efeitos da CGC e CEC para produtividade estimada

CEC						
Genitores	174	390	115	255	230	CGC G1*
144	H1 10,307	H2 5,2516	H3 10,4491	H4 15,6161	H5 -9,7789	-1,4044
156	H6 -8,1082	H7 10,7664	H8 -1,5528	H9 28,571	H10 1,9093	-3,7558
241	H11 8,5162	H12 15,9642	H13 18,485	H14 3,3021	H15 6,9071	-1,4353
121	H16 17,8122	H17 -3,3139	H18 11,6776	H19 3,5747	H20 10,2197	6,5938
CGC G2 ^{ns}	0,6927	0,5347	-4,5761	1,6268	1,7218	-

Fonte: dados da pesquisa (2024)

A escolha por genitores do grupo 2 se baseia nas maiores estimativas positivas, mas elas são consideradas iguais, uma vez que esse grupo não apresenta diferença significativa de CGC na Tabela 11.

Para esses aspectos de produtividade é importante a complementação das características entre os genitores mais promissores de acordo a CGC para que se tenha melhores resultados na produção. Além disso, deve-se considerar sempre a interação genótipo x ambiente, uma vez que o ambiente tem influência sobre essas características. Nesse contexto, de acordo com Andrade et al. (2014), pode-se considerar fazer uma nova seleção dentro dos grupos, uma vez existem genitores com bom desempenho de CGC e CEC em ambos.

Estudos tem demonstrado que a adoção de cultivares híbridas impulsionou muito a produção de tomate em todo o mundo. Quando comparados com cultivares de polinização aberta, os híbridos apresentam características mais elevadas por que possuem caracteres combinatórios que favorecem uma melhor performance (NOONARI et al., 2015; MATOS et al., 2021).

4.2. Análise de variância (ANOVA)

Analisando o desempenho dos híbridos com base na análise de variância, observou-se que entre os tratamentos existe significância a 1% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$), para todas as variáveis que compõem arquitetura de planta, o que nos leva a rejeitar a hipótese de que as médias dos tratamentos são iguais (Tabela 20).

Os valores de mínimo e máximo para arquitetura de planta resultaram em médias entre 3,53 e 162,5. As maiores médias são referentes as variáveis LDF (30,82), CDF (35,33) e AT (162,5). Já os coeficientes de variação (CV) expressam valores médios entre 8,64% e 17,76%, sendo que os maiores CVs são das variáveis APC (17,00%) e LDF (17,76%) (Tabela 20).

Coeficientes de variação inferiores a 10% são considerados baixos, valores entre 10 e 20% se referem a CVs médios, de 20 a 30% são altos, e superiores a 30% são muito altos (GOMES, 1985). A maioria dos CVs das variáveis da Tabela 20 são caracterizados como médios, e esse fato é um indicativo de confiabilidade dos dados e precisão do experimento (FERNANDES et al., 2018).

Tabela 20 – Quadrados médios (QM) da ANOVA para precocidade (PCD), altura do primeiro cacho (APC), diâmetro do entrenó (DDE), comprimento do entrenó (CDE), largura da folha (LDF), comprimento da folha (CDF) e altura da planta (AT)

FV	GL	PCD	APC	DDE	CDE	LDF	CDF	AT
Bloco	2	0,03	51,74	0,08	4,23	11,41	1,63	202,63
Trat.	29	1,23**	49,71**	1,91**	35,80**	109,64**	43,83**	3413,16**
Res.	58	0,11	18,44	0,27	12,54	29,74	9,33	386,43
Média		3,53	25,25	4,31	25,46	30,82	35,33	162,5
Min.		2,0	15,0	2,0	12,0	12,0	22,0	58,0
Max		5,0	44,0	6,0	34,0	49,0	43,0	270,0
CV (%)		9,54	17,00	12,24	13,90	17,76	8,64	12,09

Fonte de variação (FV); graus de liberdade (GL); tratamento (Trat.); resíduo (Res.); mínimo (Min.); máximo (Max.); coeficiente de variação (CV); diferenças significativas a 1% pelo teste F (**).

Quanto as variáveis que caracterizam a qualidade dos frutos, pela ANOVA foi observado que o diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro polar do fruto (DPF), sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (ATT), o grau de maturação dos frutos (SST/ATT) e a viscosidade (VSC), apresentam efeito significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). Já as variáveis firmeza (FMZ) e número de lóculos são significativas estaticamente a 0,5% pelo teste F ($p < 0,05$), enquanto o potencial Hidrogeniônico (pH) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 21).

A média expressa pelos valores mínimos e máximos está entre 0,51 e 150,14. As maiores médias correspondem as variáveis DEF (41,41), DPF (54,79) e VSC (150,14). Os maiores valores de CV são das variáveis FMZ (34,14%), caracterizando um CV muito alto, e NL (24,53%), sendo um CV alto. As outras variáveis em sua maioria apresentam CVs baixos e médios, respectivamente (Tabela 21).

Tabela 21 – Quadrados médios (QM) para diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro polar do fruto (DPF), firmeza em kgf/cm² (FMZ), números de lóculos (NL), potencial Hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais em °Brix (SST), acidez titulável em % (ATT), grau de maturação dos frutos (SST/ATT) e viscosidade (VSC)

FV	GL	DEF	DPF	DEF/DPF	FMZ	NL	Ph	SST	ATT	SST/ATT	VSC
Bloco	2	4,69	0,14	0,008	18,38	0,1	1,04	1,00	0,01	1,05	338,21
Trat.	29	101,42**	162,80**	0,064**	16,38*	0,55*	0,031 ^{ns}	1,55**	0,01**	13,09**	1752,56**
Res.	58	8,42	18,81	0,008	9,16	0,31	0,019	0,15	0,003	3,55	747,00
Média		41,41	54,79	1,33	8,86	2,3	4,57	5,21	0,51	10,35	150,14
Min.		25,9	39,55	0,96	4,0	2,0	4,29	3,7	0,24	7,5	85,0
Max		56,98	82,31	1,86	17,56	6,0	5,15	7,1	0,69	24,17	250,0
CV (%)		7,00	7,91	6,90	34,14	24,53	3,07	7,58	10,80	18,21	18,20

Fonte de variação (FV); graus de liberdade (GL); tratamento (Trat.); resíduo (Res.); mínimo (Min.); máximo (Max.); coeficiente de variação (CV); diferenças significativas a 1% (**) e 5% (*) pelo teste F; não significativo (ns).

No estudo de Soares et al. (2021), realizado em condição experimental semelhante com a mesma cultura, também se observa valores de CV médios para algumas das características de qualidade de fruto exploradas nesta pesquisa, como SST/ATT, NL, e valores de CV baixos para DEF, DPF e SST.

Ainda sobre a qualidade dos frutos, especificadamente, a coloração, por meio da ANOVA observa-se que as variáveis COL-L e COL-A não apresentam diferenças significativas para os tratamentos. Já as variáveis COL-B, COL-C E COL-H mostraram-se com efeitos significativos a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,01$ e $p < 0,05$). As maiores médias são referentes as variáveis COL-C (40,67) e COL-H (46,32), e as maiores porcentagem de CVs está nas variáveis COL-B (21,45%) e COL-C (15,11) (Tabela 22).

Tabela 22 – Quadrados médios (QM) para luminosidade (COL-L), eixo verde/vermelho (COL-A), eixo amarelo/azul (COL-B), valor de saturação- croma (COL-C) e ângulo de tonalidade (COL-H)

FV	GL	COL-L	COL-A	COL-B	COL-C	COL-H
Bloco	2	2,34	112,27	1665,75	1567,39	745,93
Trat.	29	0,57 ^{ns}	26,15 ^{ns}	90,46 ^{**}	88,88 ^{**}	52,85 [*]
Res.	58	1,15	16,15	40,79	37,81	30,10
Média		36,29	27,58	29,77	40,67	46,32
Min.		28,65	16,06	18,51	24,73	34,23
Max		38,36	40,05	51,04	58,41	61,88
CV (%)		2,96	14,56	21,45	15,11	11,84

Fonte de variação (FV); graus de liberdade (GL); tratamento (Trat.); resíduo (Res.); mínimo (Min.); máximo (Max.); coeficiente de variação (CV); diferenças significativas a 1% (**) e 5% (*) pelo teste; não significativo (ns).

Para as características que conferem produtividade obteve-se diferenças significativas para todas as variáveis a 1% de probabilidade pelo teste F ($P < 0,01$) de acordo com os quadrados médios da ANOVA. Tais resultados confirmam que há diferenças entre as distribuições aqui estudadas. As variáveis FPP e PPC apresentam as maiores médias, 70,30 e 513,34 respectivamente. Os CV apresentam valores altos variando entre 23,30% e 27,45% (Tabela 23).

Tabela 23 – Quadrados médios (QM) para frutos por planta (FPP), produção por planta (PPP), peso médio do fruto (PMF), frutos por cacho (FPC), produção por cacho (PPC), produção total por planta (PTPP) e produção estimada em t/há (PDE)

FV	GL	FPP	PPP	PMF	FPC	PPC	PTPP	FPPT	PDE
Bloco	2	64,78	0,44	55,86	1,80	14730,33	4,77	5,45	147,15
Trat.	29	859,73**	3,11**	789,72**	23,87**	84653,22**	27,42**	76,64**	846,47**
Res.	58	268,60	0,72	114,92	7,45	19758,70	6,40	24,26	197,60
Média		70,30	3,09	45,37	11,71	513,34	9,24	21,10	51,33
Min.		22,67	0,58	12,49	3,78	95,89	1,73	6,8	9,59
Max		124,67	6,04	127,7	20,78	1007,44	18,13	37,4	100,74
CV (%)		23,31	27,45	23,62	23,30	27,38	27,38	23,34	27,38

Fonte de variação (FV); graus de liberdade (GL); tratamento (Trat.); resíduo (Res.); mínimo (Min.); máximo (Max.); coeficiente de variação (CV); diferenças significativas a 1% pelo teste F (**).

Valores altos de CV para variáveis de produtividade em tomateiro não é esperado, uma vez que os valores baixos representam a precisão experimental, ou seja, quanto menor a estimativa do CV, mais preciso é o experimento. Fatores como número de repetições, quantidade parcelas, a heterogeneidade do ambiente e o delineamento experimental tem forte influência sobre os valores de CV (FILHO CARGNELUTTI; STORCK, 2007).

A fonte de variação tratamento apresentando-se significativa para a maioria das variáveis significa dizer que o menor nível de significância que considera o teste como significativo (p-valor) e rejeita a hipótese nula manteve valores abaixo de 0,05 e 0,01, aceitando a hipótese alternativa. Portanto, o desempenho dos híbridos demonstra a existência de variabilidade genética entre os cruzamentos realizados, sugerindo que existe a possibilidade de seleção dos melhores genótipos para dar continuidade no processo de melhoramento visando as características de interesse.

No estudo de Assunção e colaboradores (2018), também se observa significância para algumas das variáveis avaliadas no presente estudo. Os aspectos de variabilidade para os híbridos se dão devido as diferenças entre os acessos dos genitores, o que se configura como algo importante a ser explorado no melhoramento genético.

A variedade de alelos em acessos de tomate tem sido explorada visando, principalmente a resistência genética a patógenos, como é demonstrado por Hussain et al. (2024), no qual relataram pela primeira vez a variabilidade contida em linhagens de tomates indígenas no Paquistão quanto a sua resposta aos danos causados pelo *Tomato Mosaic Virus* (ToMV) e *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLC), sendo comparado com acessos de todo o mundo.

Nas linhagens utilizadas para o desenvolvimento desta pesquisa verifica-se a presença de genótipos que conferem resistência para ToMV e TYLC. Dessa forma, a variabilidade contida nos híbridos ao ser explorada pode apresentar indivíduos resistentes as infecções causadas por esses patógenos.

4.3 Teste de médias

Para as principais características que obtiveram significância na análise de variância (SST, DEF/DPF, FMZ, FPP, PMF e PDE) foi realizado o teste de Dunnett a 5% de significância para comparação de médias dos tratamentos em relação à média da testemunha (Tabela 24).

Pelo teste de Dunnet as médias dos tratamentos são comparadas apenas com a média da testemunha, apontando de forma clara quais linhas são melhores ou piores do que a linha padrão. A diferença mínima significativa (DMS) revela o limite máximo até onde pode ser considerado que dois tratamentos sejam iguais, ou seja, médias que ultrapassam o valor de DMS são estatisticamente diferentes.

Portanto, para SST os híbridos 6, 12, 14, 16 e 19, e as linhagens 1, 2, 5, e 8 se apresentam com médias iguais a da testemunha, ou seja, mostram-se inferiores para essa característica em relação aos demais híbridos e linhagens. Quanto ao tamanho de fruto (DEF/DPF) a maioria dos tratamentos apresentaram médias iguais à da testemunha com exceção dos híbridos 3, 10, 17 e 18, e as linhagens 2 e 4 que são inferiores, e a linhagem 5 que é superior a todos. Para a variável firmeza não houve nenhuma diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 24).

Já para FPP, a maioria dos tratamentos mostram-se com médias semelhantes a testemunha, sendo que os híbridos 1, 2, 4, 17 e 18 se sobressaem a testemunha. Para PMF, a testemunha é superior a todos os tratamentos, e para PDE a maioria dos genótipos apresentam médias iguais à da testemunha (Tabela 24).

Tabela 24 – Teste de Dunnett para as características SST °Brix (SST), razão entre diâmetro equatorial e diâmetro polar do fruto (DEF/DPF), firmeza (FMZ), número de frutos por planta (FPP), peso médio de fruto (PMF), e produtividade estimada (PDE)

GENÓTIPO	SST	DEF/ DPF	FMZ	FPP	PMF	PDE
H1	5,60 b	1,49 a	9,60 a	95,55 b	37,05 b	60,30 a
H2	5,63 b	1,29 a	5,53 a	92,55 b	35,77 b	55,09 a
H3	5,70 b	1,17 b	7,39 a	82,66 a	43,20 b	55,17 a
H4	5,00 b	1,24 a	8,21 a	88,89 b	44,50 b	66,54 a
H5	5,46 b	1,39 a	5,97 a	83,89 a	29,87 b	41,24 b
H6	4,56 a	1,61 a	6,87 a	65,44 a	39,28 b	38,53 b
H7	5,30 b	1,31 a	7,51 a	78,66 a	44,43 b	58,25 a
H8	5,16 b	1,29 a	6,65 a	67,66 a	34,39 b	40,82 b
H9	5,13 b	1,30 a	11,21 a	78,22 a	59,05 b	77,15 a
H10	6,00 b	1,17 b	8,67 a	71,11 a	43,05 b	50,58 a
H11	5,66 b	1,35 a	10,25 a	84,89 a	42,03 b	58,48 a
H12	4,86 a	1,34 a	9,20 a	77,66 a	50,95 b	65,77 a
H13	5,10 b	1,23 a	10,65 a	76,99 a	48,55 b	63,18 a
H14	4,50 a	1,27 a	10,67 a	47,44 a	69,10 b	54,20 a
H15	5,13 b	1,29 a	10,74 a	67,44 a	51,73 b	57,90 a
H16	4,86 a	1,49 a	12,46 a	74,55 a	61,52 b	75,80 a
H17	5,23 b	1,21 b	7,82 a	91,88 b	37,01 b	54,51 a
H18	5,36 b	1,19 b	12,11 a	88,89b	43,91 b	64,40 a
H19	4,40 a	1,24 a	13,02 a	69,19 a	54,65 b	62,50 a
H20	5,06 b	1,26 a	11,47 a	66,55 a	62,40 b	69,24 a
L1	4,66 a	1,28 a	7,64 a	63,33 a	38,08 b	40,74 b
L2	4,53 a	1,19 b	12,32 a	42,89 a	53,26 b	36,16 b
L3	6,93 b	1,55 a	9,03 a	34,22 a	52,33 b	52,67 a
L4	5,23 b	1,05 b	11,60 a	60,00 a	57,13 b	30,01 b
L5	4,56 a	1,70 b	6,81 a	87,33 a	20,07 b	29,06 b
L6	7,00 b	1,56 a	5,59 a	65,44 a	26,05 b	28,68 b
L7	6,46 b	1,30 a	5,55 a	78,66 a	14,92 b	13,26 b
L8	4,16 a	1,41 a	6,65 a	67,66 a	35,75 b	40,82 b
L9	5,26 b	1,32 a	7,28 a	70,78 a	31,09 b	40,76 b
TEST	3,93 a	1,45 a	6,35 a	47,55 a	99,89 a	78,30 a
DMS	0,97	0,22	7,43	40,22	26,31	34,50

Médias seguidas por letras distintas diferem significativamente da média da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Híbrido (H); linhagem (L); testemunha (TEST); diferença mínima significativa (DMS).

Diante disso, comparando todos os tratamentos com a testemunha percebe-se que para a maioria das características avaliadas, os híbridos apresentam superioridade ou igualdade a testemunha, indicando que essas linhas possuem um potencial que precisa ser explorado no programa de melhoramento. Em estudos semelhante, como o de Oliveira et al. (2021), através do teste de Dunnett, linhagens

de tomate são classificadas como superiores ou equivalentes em relação a testemunha quando algumas características são avaliadas, como tamanho do fruto e peso médio do fruto, assim como verificado neste estudo.

Na quantidade de frutos por planta (FPP), notou-se que alguns híbridos (1, 2, 4, 17 e 18) se apresentam como superiores a testemunha, enquanto os demais são iguais a mesma. No estudo de Peixoto et al. (2020), eles também verificaram através do teste de Dunnett a superioridade de algumas linhagens em relação a linha padrão quanto a essa mesma característica, o que fortalece o fato de que híbridos apresentam características vantajosas e de grande interesse.

4.4 Análise de correlações genotípicas e fenotípicas

O conhecimento da natureza e significância das correlações entre os caracteres de interesse é de fundamental importância para os programas de melhoramento. As relações que existem entre os caracteres são geralmente avaliadas por meio das correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente. Correlação genotípica refere-se à porção genética da correlação fenotípica, sendo a única de natureza herdável. Já a correlação fenotípica é estimada de medidas fenotípicas, que é resultado de fatores genéticos e ambientais (FERREIRA et al., 2003; SILVA et al., 2021).

De acordo com as correlações genotípicas e fenotípicas, a característica de sólidos solúveis apresenta-se correlacionada positivamente com precocidade, diâmetro do entrenó, diâmetro equatorial do fruto, razão entre diâmetro equatorial e polar do fruto e pH, variando entre 0,10 e 0,90 (Figuras 3 e 4). Sabe-se que plantas com entrenós com maior diâmetro tendem a produzir mais e que a concentração de açúcares aumenta de acordo com o grau de maturação dos frutos, portanto quanto maior o teor de SST, maior é o rendimento industrial, estando isso também relacionado com o tamanho dos frutos, assim como demonstrado por Freitas et al. (2016).

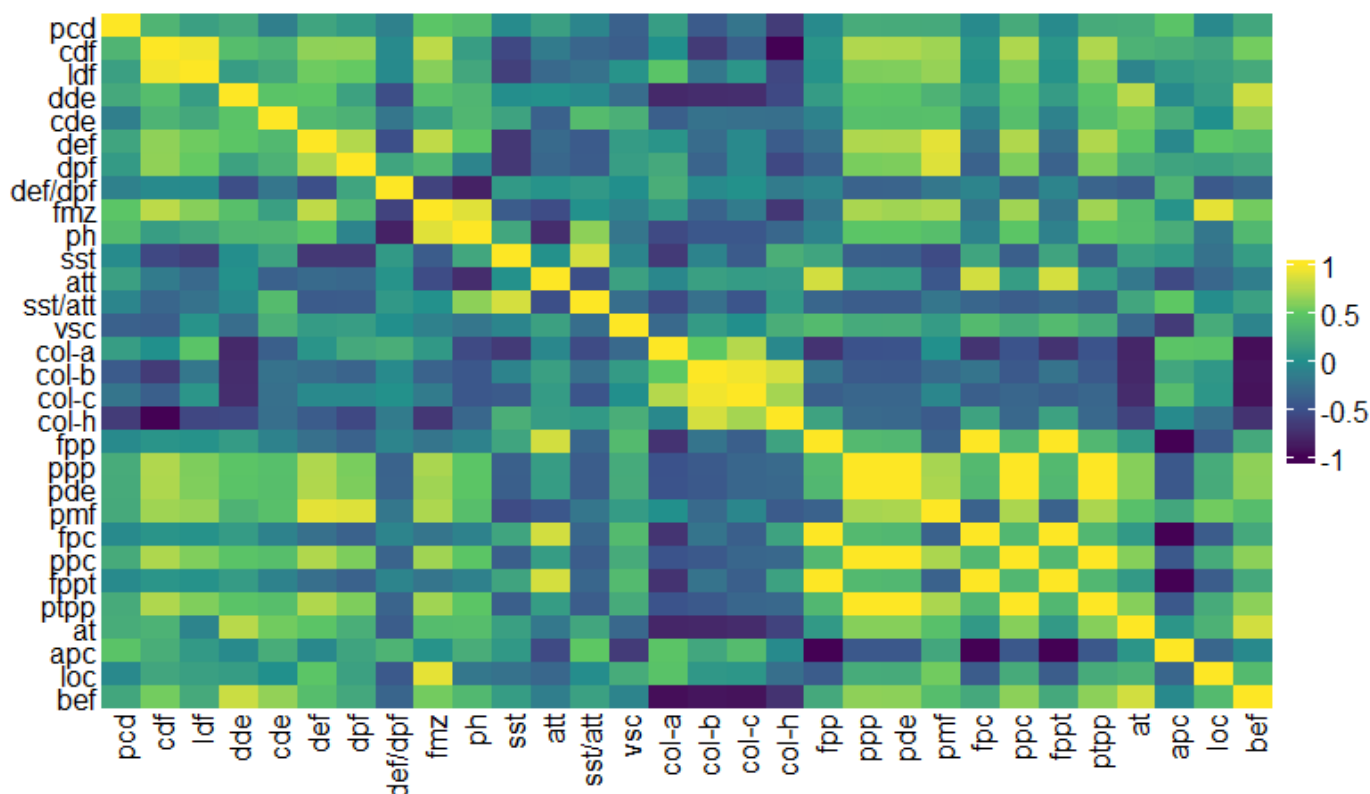


Figura 3 – Correlação genotípica para as categorias arquitetura de planta, qualidade de fruto e produtividade

Precocidade (PDC); comprimento da folha (CDF); largura da folha (LDF); diâmetro entrenó (DDE); comprimento do entrenó (CDE); diâmetro equatorial do fruto (DEF); diâmetro polar do fruto (DPF); razão entre DEF e DPF (DEF/DPF); firmeza (FMZ); potencial hidrogeniônico (pH); sólidos solúveis totais- °Brix (SST); acidez titulável (ATT); razão entre SST e ATT (SST/ATT); viscosidade (VSC); luminosidade (COL-L), eixo verde/vermelho (COL-A), eixo amarelo/azul (COL-B), valor de saturação-croma (COL-C); ângulo de tonalidade (COL-H); frutos por planta (FPP); produção por planta (PPP); produção estimada (PDE); peso médio do fruto (PMF); frutos por cacho (FPC); produção por cacho (PPC); frutos por parcela (FPPT); produção total por parcela (PTPP); altura de planta (AT); altura do primeiro cacho (APC); número de lóculos (LOC); brotos em folhas (BEF).

Já para a variável tamanho de fruto, observa-se correlações de aproximadamente 0.40 com a característica altura do primeiro cacho, e correlações negativas com o número de lóculos em torno de -0.80 (Figuras 3 e 4). Essa correlação negativa reflete o quanto o tamanho do fruto está intimamente ligado ao número de lóculos, pois o esperado é que quanto maior for o número de lóculos, maior seja o tamanho do fruto (ASSUNÇÃO et al., 2018). A correlação positiva com a altura do primeiro cacho se explica pelo fato de que quanto menor for a altura do cacho maior é o número de frutos, e a quantidade de frutos influencia no tamanho dos mesmos (CAMPAGNOL et al., 2012).

Para a variável firmeza (FMZ), observa-se correlações positivas com as variáveis precocidade, comprimento da folha, largura da folha, diâmetro do entrenó, diâmetro equatorial do fruto, pH, produção por planta, produção estimada, peso médio do fruto, produção por cacho e número de lóculos. No entanto, para a correlação genotípica tem-se uma variação entre 0.40 e 1.0, e para a correlação fenotípica entre 0.40 e 0.60 (Figuras 3 e 4).

Plantas com folhas maiores permitem uma maior produção de fotoassimilados, aumentando a fotossíntese líquida às plantas na forma de produção de frutos, e o diâmetro entrenó sendo grande facilita a passagem de nutrientes e água para os frutos, resultando em uma maior produção (TAIZ; ZEIGER, 2006). Todos esses aspectos tem influência sobre a firmeza do fruto, sendo estes processos resultado de fatores genéticos, o que explica a maior correlação genotípica.

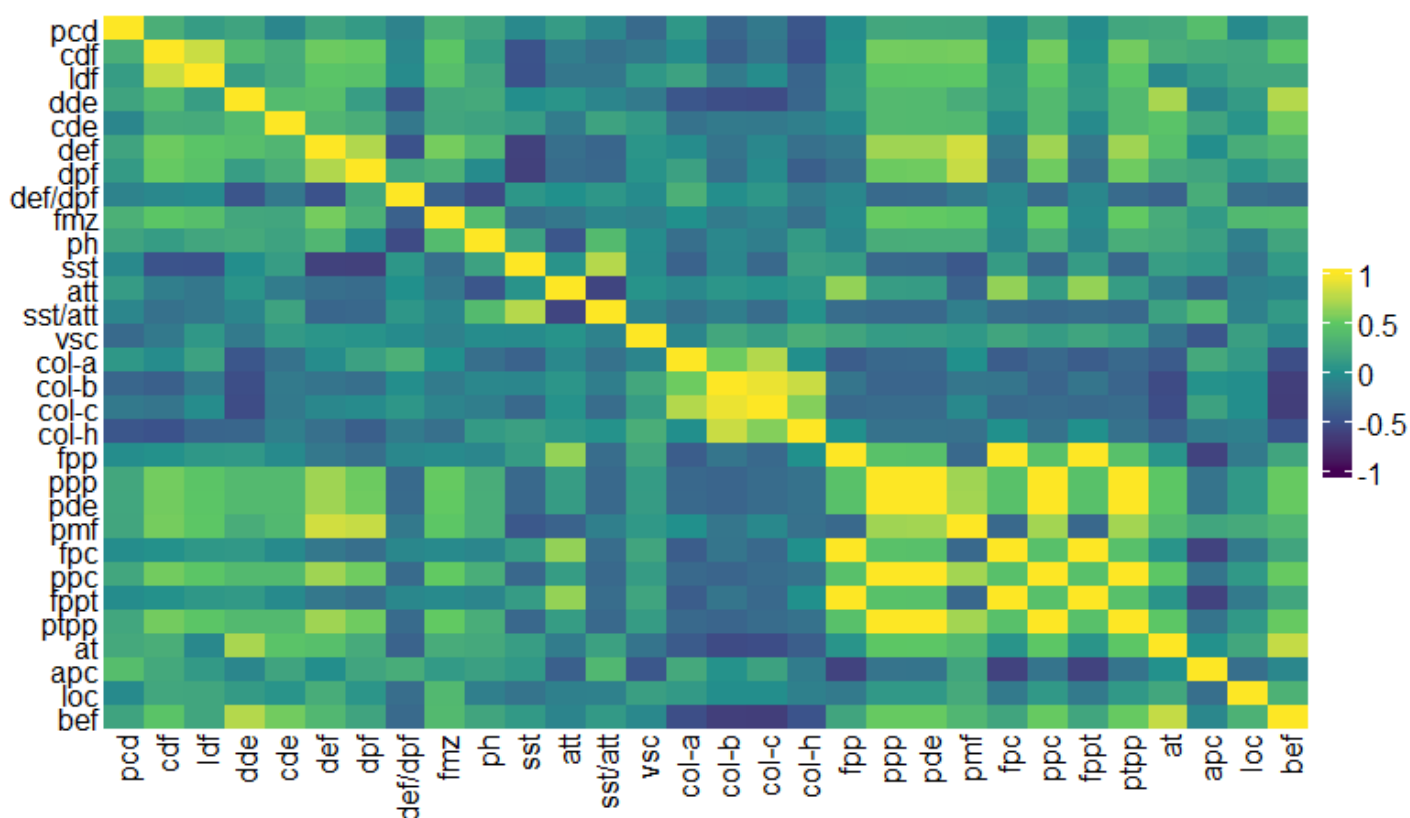


Figura 4 – Correlação fenotípica para as categorias arquitetura de planta, qualidade de fruto e produtividade

Precocidade (PDC); comprimento da folha (CDF); largura da folha (LDF); diâmetro entrenó (DDE); comprimento do entrenó (CDE); diâmetro equatorial do fruto (DEF); diâmetro polar do fruto (DPF); razão entre DEF e DPF (DEF/DPF); firmeza (FMZ); potencial hidrogeniônico (pH); sólidos solúveis totais- °Brix (SST); acidez titulável (ATT); razão entre SST e ATT (SST/ATT); viscosidade (VSC);

luminosidade (COL-L), eixo verde/vermelho (COL-A), eixo amarelo/azul (COL-B), valor de saturação-croma (COL-C); ângulo de tonalidade (COL-H); frutos por planta (FPP); produção por planta (PPP); produção estimada (PDE); peso médio do fruto (PMF); frutos por cacho (FPC); produção por cacho (PPC); frutos por parcela (FPPT); produção total por parcela (PTPP); altura de planta (AT); altura do primeiro cacho (APC); número de lóculos (LOC); brotos em folhas (BEF).

O total de frutos por planta apresenta correlações genótípicas e fenotípicas positivas entre 0.40 e 1.0 com as variáveis acidez titulável, produção por planta, produção estimada, frutos por cacho e frutos por parcela. Já o peso médio do fruto correlaciona-se positivamente com comprimento e largura da folha, diâmetro equatorial e polar do fruto, e firmeza (0.50 a 0.90), no entanto se correlaciona negativamente com a razão entre o diâmetro equatorial e polar do fruto, frutos por cacho e frutos por parcela (-0.40 a -0.60) (Figuras 3 e 4).

As correlações genótípicas e fenotípicas positivas para a produção estimada ocorreu com as variáveis diâmetro equatorial e polar do fruto, firmeza, peso médio do fruto, produção por planta, peso por cacho, produção total por parcela e altura de planta (0.40 a 1.0), e correlação negativa com a razão entre diâmetro equatorial e polar do fruto (-0.40) (Figuras 3 e 4).

Para aspectos de produção é sabido que o total de frutos por planta está diretamente relacionado com a produção final, e a produção total de frutos pode ser influenciada pelo o tamanho das folhas devido aos processos fotossintéticos. Portanto, os parâmetros de produtividade são resultados de fatores genéticos e ambientais, além da forma de condução das plantas, como a escolha quantidade de hastes para a planta (DALASTRA et al., 2020).

4.5 Análise qualitativa das características morfológicas

Para análise das características morfológicas foi considerado o hábito de crescimento, o tipo de cacho, presença ou ausência de brotações nas folhas, o calibre do fruto, presença ou ausência de ombro verde no fruto e a cor do fruto maduro (Quadro 2).

Quanto ao hábito de crescimento, foi verificado que dos 20 híbridos, 2 são de crescimento determinado (H5 e H6), e 2 são de crescimento semideterminado (H7 e H8). As linhagens também apresentam 1 de crescimento determinado (L5) e duas de

crescimento semideterminado (L2 e L7). Os demais genótipos são de crescimento indeterminado. Já para o tipo de cacho, os híbridos 5, 8 e 11, e as linhagens 5 e 9 possuem cacho composto, e os outros genótipos apresentam cacho simples. Todos os genótipos possuem brotações nas folhas (Quadro 2).

Em tomateiro o hábito de crescimento é determinado pelo gene *Self-pruning* (Sp). Plantas com esse alelo em dominância apresentam crescimento indeterminado por causa da formação sucessiva de unidades simpodiais. Já quando a planta possui o gene Sp em recessividade, o número de unidades simpodiais é limitado, caracterizando o hábito de crescimento determinado (RICK; BUTLER, 1956).

Os tipos de hábitos de crescimento têm suas vantagens exibidas de acordo com a finalidade do produto. Plantas com crescimento determinado, por exemplo dispensa tratos culturais, como poda, desbrota e tutoramento, reduzindo a mão de obra (TRENTO et al., 2021). Já no crescimento indeterminado, que representa a maioria das cultivares de tomate de mesa, a desbrota e tutoramento são essenciais para modificação da relação fonte-dreno, e aumento da ventilação e iluminação nas plantas, como demonstrado no estudo de Matos e colaboradores (2012).

Para o tipo de cacho em tomateiro do grupo italiano é mais comum a cacho simples, pois a presença de cachos compostos tem a tendência de produzir muitos frutos em menor tamanho, e isso não caracteriza o grupo, uma vez que os frutos do tipo italiano são grandes e alongados.

Quanto ao calibre do fruto, os híbridos 2, 3, 5 e 10, e as linhagens 4 e 7 são caracterizados como pequenos. Já os híbridos 14, 16 e 19, a linhagem 9 e o testemunha são classificados como grandes. Os demais genótipos estão na categoria de frutos médios. Se tratando da presença ou ausência de ombro verde, apenas os híbridos 9 e 14, e as linhagens 5 e 8 apresentaram essa característica (Quadro 2).

A classificação dos frutos foi realizada de acordo com Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 1995), onde frutos com diâmetro transversal maior que 60 mm são considerados grandes, frutos maiores que 50 mm e menor ou igual a 60 mm são de porte médio, e frutos maiores que 40 mm e menor ou igual a 50 mm são pequenos.

Quadro 2 – Características morfológicas dos genitores, progênie e testemunha

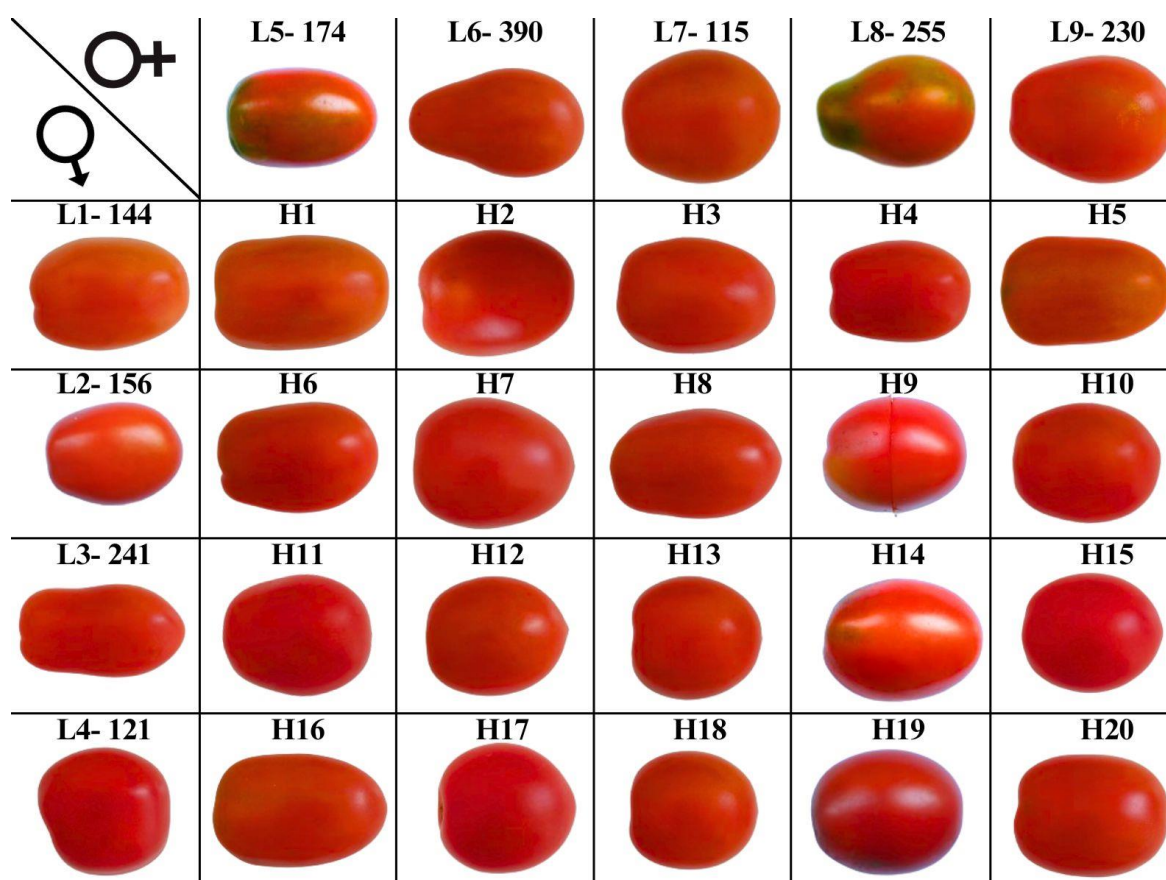
Características da planta				Características do fruto		
Genótipo	Hábito de crescimento	Tipo de cacho	Brotações nas folhas	Calibre do fruto	Ombro verde	Cor de fruto maduro
H1	Indet.	Simples	Sim	Médio	Não	Laranja
H2	Indet.	Simples	Sim	Pequeno	Não	Ver. Intenso
H3	Indet.	Simples	Sim	Pequeno	Não	Vermelho
H4	Indet.	Simples	Sim	Médio	Não	Vermelho
H5	Det.	Composto	Sim	Pequeno	Não	Laranja
H6	Det.	Simples	Sim	Médio	Não	Vermelho
H7	Semidet.	Simples	Sim	Médio	Não	Ver. Intenso
H8	Semidet.	Composto	Sim	Médio	Não	Vermelho
H9	Indet.	Simples	Sim	Médio	Sim	Vermelho
H10	Indet.	Simples	Sim	Pequeno	Não	Vermelho
H11	Indet.	Composto	Sim	Médio	Não	Ver. Intenso
H12	Indet.	Simples	Sim	Médio	Não	Laranja
H13	Indet.	Simples	Sim	Médio	Não	Vermelho
H14	Indet.	Simples	Sim	Grande	Sim	Laranja
H15	Indet.	Simples	Sim	Médio	Não	Ver. Intenso
H16	Indet.	Simples	Sim	Grande	Não	Laranja
H17	Indet.	Simples	Sim	Médio	Não	Ver. Intenso
H18	Indet.	Simples	Sim	Médio	Não	Laranja
H19	Indet.	Simples	Sim	Grande	Não	Vermelho
H20	Indet.	Simples	Sim	Médio	Não	Laranja
L1	Indet.	Simples	Sim	Médio	Não	Laranja
L2	Semidet.	Simples	Sim	Médio	Não	Laranja
L3	Indet.	Simples	Sim	Médio	Não	Vermelho
L4	Indet.	Simples	Sim	Pequeno	Não	Ver. Intenso
L5	Det.	Composto	Sim	Médio	Sim	Laranja
L6	Indet.	Simples	Sim	Médio	Não	Vermelho
L7	Semidet.	Simples	Sim	Pequeno	Não	Vermelho
L8	Indet.	Simples	Sim	Grande	Sim	Laranja
L9	Indet.	Composto	Sim	Pequeno	Não	Vermelho
TEST	Indet.	Simples	Sim	Grande	Não	Vermelho

Fonte: dados da pesquisa (2023).

Híbrido (H); linhagem (L); test (Testemunha); indet. (Indeterminado); det. (Determinado); semidet. (Semideterminado).

A aparência dos frutos e características sensoriais é o que os torna mais atrativos para os consumidores. Levando isso em consideração, conclui-se que frutos com ombro verde não são atrativos, uma vez que não apresentam uniformidade na cor e essa coloração não costuma ser um elemento atrativo. Essa característica se manifesta quando acontece um desequilíbrio nutricional, ocasionando a maturação tardia da região superior do fruto (TEXEIRA, 2022).

A respeito da cor dos frutos no estado maduro, verificou-se uma variação da coloração laranja ao vermelho intenso, tendo a predominância da cor vermelha, como pode ser observado no Quadro 2 e na Figura 5. Estudos como o de Carvalho et al. (2022) informa que a preferência dos consumidores é por frutos com a coloração vermelho intenso. Portanto, em programas de melhoramento essa característica se torna tão importante quanto as outras.



Fonte: elaborado pela autora (2024).

Figura 5 – Genitores escolhidos para os cruzamentos e a progênie

Além dos aspectos nutricionais e sensoriais é importante a seleção de genótipos que apresentam uma aparência convidativa. A qualidade do fruto associada com alta produtividade, resistência a patógenos, formato e cores uniformes se destaca em meio ao mercado consumidor.

5. CONCLUSÕES

Para a característica sólidos solúveis os melhores genitores para a melhoria do caráter são as linhas 144 e 241 do G1, 390, 115 e 230 do G2. Combinadas pela CEC, resultou nos híbridos 3 e 5. Para o caráter firmeza destacam-se os genitores 241 e 121 do G1. A combinação das linhagens 144 x 174 gerou o melhor híbrido (H1) para o caráter tamanho de fruto.

Já para o número de frutos por planta destacam-se os genitores 144 e 121 do G1, 174 e 390 do G2, resultando nos híbridos 1, 2 e 17. As linhagens que resultam no melhor peso médio de fruto são a 241 e 121 do G1, 255 e 230 do G2, que combinadas obtêm-se os híbridos 14, 15 e 20. Para produtividade estimada o melhor genitor é a linha 121 do G1.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M. A. R. (2013). Origem, Botânica e descrição da planta. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). *Tomato: field production, greenhouse and hydroponics*. 2.ed. rev. e ampl. Lavras: Editora Lavras, 2013. 11-21 p.
- AHMAD, S.; QUAMRUZZAMAN, A.K.M.; UDDI, N. M. Combining ability estimates of tomato in late summer. **SAARC J. Agri.**, v.7, p. 43-56, 2009.
- AMIN, Asima et al. Combining Ability Analysis for Yield and Its Attributing Traits over Environments in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of Agricultural Science**, v.4, p. 276-280, 2012.
- ANDRADE, Marcela Carvalho et al. Capacidade combinatória de linhagens de tomateiro em híbridos do tipo italiano. **Bragantia**, Campinas, v. 73, p.237-245, 2014.
- ANJO, Douglas Faria Corrêa. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 3, n. 2. p. 145-154. 2004.
- ASSUNÇÃO, Natália Silva et al. Novos híbridos de tomateiro com potenciais para uso agrícola. **Caderno de ciências agrárias**, v.10, p. 29-35, 2018.
- AZEVEDO, Sebastião Márcio et al. Agronomic variability between tomato hybrids with emphasis on multivariate analysis. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 40. p. 056-062, 2022.
- BENETTI, Rafael et al. Densidade de plantio e substâncias húmicas no cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum*L). **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 1, p. 75-81, 2018.
- BOITEUX, L. S.; FONSECA, M. E. N.; GONZÁLES-ARCOS, M. **Melhoramento de Tomate para Processamento Industrial**. 2016. In: NICK, C.; BORÉM, A. *Melhoramento de Hortaliças*. Editora UFV.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ- NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 8^o ed. São Paulo: oficina de textos, 2021.
- CARVALHO, Wesley et al. Indirect estimation of lycopene concentration in fruits of tomato genotypes via chromaticity values. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.819-825, 2005.
- CARVALHO, Samira Abreu et al. Efeitos da aplicação de revestimentos biodegradáveis na conservação pós-colheita de tomate. **Research, Society and Development**, v. 11, e59011931677, 2022.
- CAMARGO FILHO, W. P. de; CAMARGO, F. P. de. Evolução das cadeias produtivas de tomate industrial e para mesa no Brasil, 1990-2016. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 47, n.1, p.51-59, 2017.

CEPEA - Especial Tomate e Impactos Covid-19 nos curtos e médios prazos. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/especial-tomate-impactos-covid19-nos-curto-e-medio-prazos.aspx>. Acesso em: 05 de março de 2024.

CAMPAGNOL Rafael et al. Effect of container volume on the production of mini tomato seedlings in the “Kangaroo” cultivation system. **Horticultura Brasileira**, v.30, p. 563-569, 2012.

COSTA, Ester da Silva et al. Resistance reaction of tomato to *Ralstonia solanacearum* under greenhouse conditions. **Brazilian Journal of Development**, v.9, n.6, p.19413-19428, 2023.

CONSTANTINO, Leonel Vinicius et al. Genetic diversity and selection of heirloom tomato accessions based on the physical and biochemical fruit-related traits. **Bragantia**, v. 81, e1422. 2022.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, p.514, 2012.

CRUZ, C. D.; VENCOSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, n. 12, p. 425-438, 1989.

CHEN, D.; HUANG, C.; CHEN, Z. A review for the pharmacological effect of lycopene in central nervous system disorders. **Biomed Pharmacoth**, v. 111, p. 791-801, 2019.

CHOI, S. H et al. Conteúdo de proteínas, aminoácidos livres, fenólicos, β -caroteno e licopeno e efeitos antioxidantes e inibitórios de células cancerígenas de 12 variedades comerciais de tomate cereja cultivadas em estufa. **Jornal de Composição e Análise de Alimentos**, v. 34, p. 115-127,2014.

DALASTRA, Gabriela Maiara et al. Trocas gasosas e produtividade de tomateiro com diferentes hastes por planta. Iheringia, **Série Botânica**, Porto Alegre, v. 75, e2020020, 2020.

EISELE, Tauana. G. et al. Genotyping and phenotyping of grape tomato hybrids targeting possible parents for a breeding program. **Horticultura Brasileira**, v. 40, p. 352-359, 2022.

EMBRAPA. EMBRAPA Hortaliças: **Guia de identificação das doenças do tomateiro**. Brasília: Embrapa Hortaliças / São Paulo: Zeneca. 2000.

EMPRAPA. EMBRAPA Hortaliças: **Doenças do tomateiro** / Carlos Alberto Lopes, editor técnico. – 3. ed. rev. e ampl. - Brasília, DF: Embrapa. 2021.

EMBRAPA. EMPRAPA Hortaliças: a cultura do tomate. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/hortalicas/tomate> . Acesso em: 23 de maio de 2024.

EMBRAPA. EMBRAPA Hortaliças: **tomate BRS Nagai**. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1054/tomate-brs-nagai> . Acesso em: 16 de maio de 2024.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#search/tomato> . Acesso em: 23 de maio de 2024.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of food and agriculture: Food loss and waste is a global problem. 2019. Disponível em: <https://www.fao.org/state-of-food-agriculture/2019/en> . Acesso em: 05 de março de 2024.

FERNANDES, Murilo de Oliveira et al. Caracterização morfo-agronômica e análise da diversidade genética entre acessos de tomates (*Solanum lycopersicum* L.). **Ciência Rural**, v.48, p.1-9, 2018.

FERREIRA, M.A.J.F.; QUEIROZ, M.A.; BRAZ, L.T.; VENCOSKY, R. Correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente entre dez caracteres de melancia e suas implicações para o melhoramento genético. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, p.438-442, 2003.

FILHO CARGNELUTTI, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 17-24, jan. 2007.

FILGUEIRA, Fernando Antônio Reis. Solanáceas II - Tomate: a hortaliça cosmopolita, p. 194-227. In: Filgueira, F. A. R. (Ed.) **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ªed. Viçosa: Editora UFV, p. 421, 2008.

FIGUEIREDO, Alex Sandro Torre et al. Comportamento de plantas de tomateiro indeterminado na presença de regulador de crescimento. **Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v.10, p. 31-40, 2015.

FREITAS, Karina Polizel et al. Influência dos estádios de maturação na caracterização físicoquímica dos tomates caqui (var. *esculentum*) e italiano (var. *pyriforme*). **AGRARIAN ACADEMY, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.3, p. 126, 2016.

FURQUIM, M. G. D; NASCIMENTO, A. R. **Estudos em Agronegócio: participação brasileira nas cadeias produtivas**. V. 5. - Gabriel da Silva Medina, José Elenilson Cruz (orgs.). - Goiânia / Kelps, 2021 390 p. 173- 196, 2021.

GERALDI, I. O.; MIRANDA FILHO, J. D. Models adapted for the analysis of the combinatorial capacity of varieties in partial diallel crosses. **Brazilian Journal of Genetics**, v. 11, p. 419-30, 1988.

GOMES, F. Pimentel. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. **BRAZILIAN JOURNAL OF AGRICULTURE-Revista de Agricultura**, v. 60, n. 3, p. 232, 1985.

GOMES, Giseli Paula et al. Diallel analysis of the morphoagronomic, phytochemical, and antioxidant traits in *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 62, p. 1-12, 2021.

GRIFFING, BRUCE. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian journal of biological sciences**, v. 9, p. 463-493, 1956.

Hannan, Modiful M. et al. Heterosis, combining ability and genetics for brix, days to first fruit ripening and Yield in Tomato. **Middle-East Journal of Scientific Research**, v.2, p. 128-131, 2007.

HUSSAIN, Izhar et al. Variability in indigenous Pakistani tomato lines and worldwide reference collection for Tomato Mosaic Virus (ToMV) and Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) infection. **Brazilian Journal of Biology**, v.84, e253605, 2024.

KAWICHA, Praphat et al. Genome-wide association study revealed genetic loci for resistance to fusarium wilt in tomato germplasm. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.23, e43532311, 2023.

LAURINDO, Bruno Soares et al. Potencial de hibridação entre acessos de tomateiro para pré-melhoramento quanto à resistência à requeima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, p. 27-34, 2016.

LIMA, Antônio A. et al. Concentração foliar de nutrientes e produtividade do tomateiro cultivado sob diferentes substratos e doses de ácidos húmicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v. 29, p. 63-69, 2011.

MACHADO, Anderson Wolf. Leia tudo sobre o tomate Italiano (Saladete). 2023. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/culturas/tomate/informacoes-da-cultura/pre-plantio-e-plantio/leia-tudo-sobre-o-tomate-italiano--saladete-483856.html>. Acesso em: 09 de março de 2024.

MACHADO A. Q; ALVARENGA M. A. R; FLORENTINO C. E. T. Produção de tomate italiano (saladete) sob diferentes densidades de plantio e sistemas de poda visando ao consumo in natura. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.149-153, 2007

MACIEL, Gabriel Mascarenhas et al. Heterose e capacidade combinatória de linhagens de tomateiro ricas em açúcares. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, p. 1161-1167, 2010.

MAPA_ MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Norma de identidade, qualidade, acondicionamento, embalagem e apresentação do tomate**. 1995. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229345> acesso em: 23 de maio de 2024.

MATOS E. S.; SHIRAHIGE, F. H.; MELO, P. C. T. Desempenho de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função de sistemas de condução de plantas. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.240-245, 2012

MATOS, Rafael et al. Desempenho de híbridos duplos de tomate de um dialelo parcial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 45, e027320, 2021.

MIRANDA, J.E.C. de; COSTA, C.P.; CRUZ, C. D. Análise dialélica em pimentão. I.Capacidade combinatória. **Revista brasileira de genética**, Ribeirão Preto, v.11, p.431-440, 1988.

MIRANDA FILHO, J.; GERALDI, I. O. An adapted model for analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.7, p.677-688, 1984.

MONTEIRO, Cristiane Schuler. et al. Calidad nutricional y antioxidante del tomate "tipo italiano". **Alim. Nutr.**, Araraquara, v.19, p. 25-31, 2008.

MORALES-RUIZ, Alejandro et al. Physicochemical characterization and post-harvest life of three cultivars of jitomato (*lycopersicum esculentummil.*)(SOLANACEAE). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v.4, p.6533-6545. 2021.

NAIKA, Shankara et al. A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização. Ed: Digigrafi, Wageningen, Países Baixos. 2006.

NASCIMENTO, Abadia dos R. et al. Quality of table tomatoes grown in organic and conventional systems in the state of Goiás. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 628-635, 2013.

NOONARI, Sanaullah et al. Price plexibility and seasonal variations of major vegetables in sindh pakistan. **Journal of Food Process and Technololy**, v.6, e1000524, 2015.

OLIVEIRA, Camila Soares et al. Artificial neural networks and genetic dissimilarity among saladette type dwarf tomato plant populations. **Food Chemistry: Molecular Sciences**, v.3, ISSN 2666-5662, 2021.

Ramalho, M.A.P., Santos, J.B., Zimmermann, M.J. O. **Génetica quantitativa em plantas autógamias: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG. p.271. 1993.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V. V. H. Recommendation for the use of correctives and fertilizers in Minas Gerais. Viçosa, MG, CFSEMG/UFV, p. 359. 1999.

ROCHA, Mariella Camargo et al. Study to guide breeding of new cultivars of organic cherry tomato following a consumer-driven approach. **Food Research Interntonal**, v. 51, n. 1, p. 265-273, 2013.

ROWLES, Joe et al. Increased dietary and circulating lycopene are associated with reduced prostate cancer risk: a systematic review and meta-analysis. **Prostate Cancer Prostatic Dis**, v. 20, p. 361-377, 2017.

RICK, C. M.; BUTLER, L. Cytogenetics of the tomato. *Advances in Genetics*, **New York**, v.8, p. 267-382, 1956.

SANTOS, Fabricio Franco B. et al. Desempenho agrônômico de híbridos F1 de tomate de mesa. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.304-310, 2011.

SANTOS, Jéssica Marcy Melo Santos et al. Qualidade pós-colheita de duas variedades de tomates. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 3, p. e6550-e6550, 2018.

SALEHI, Bahare et al. Efeitos benéficos e riscos potenciais do consumo de tomate para a saúde humana: uma visão geral. **Nutrição**, v.62, p.201-208, 2019.

SOARES, Israel Felipe Gonçalves et al. Caracterização morfoagronômica, bromatológica e análise da divergência genética entre acessos de tomate. **Ifes ciência**, v. 7, p. 02-12, 2021.

SOUZA, Flávio de França et al. Análise da capacidade de combinação em cruzamentos dialélicos de três genótipos de melancia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, p.789-793, 2004.

SOUZA, Livia M. et al. Diallel cross between fresh commercial tomato lines. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.246:251, 2012.

SOUSA, Antônio Kleiton et al. Synergism of Lycopene and Other Drugs Against Cancer: a technological prospect. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 15, p. 993-1006, 2021.

SHAFQAT, Noshin et al. Characterization of wheat-*Thinopyrum bessarabicum* genetic stock for stripe rust and Karnal bunt resistance. **Brazilian Journal of Biology**, v.83, e246440, 2021.

SCHMIDT, Juniomar et al. Desempenho do tomateiro em sistema de tutoramento vertical em espiral conduzido com uma ou duas hastes. **Nativa**, v 6, n.4, p.338-344, 2018.

SQUARIZ, Jéssica Cordeiro de Oliveira et al. Avaliação da microsporogênese em acessos de Mini Tomate. **Ambiência Guarapuava**. v.13 n.2 p. 342-355, 2017.

SILVA, Sylmara et al. Caracterização de progênies de alface obtidas por meio do melhoramento genético participativo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, p. 114-222, 2021.

SILVA, Vânia Santos; ORLANDELLI, Ravelly Casaroty. Development of functional foods in recent years: a review. **Revista UNINGÁ**, Maringá, v. 56, p. 182-194, 2019.

SILVA, Alysson J. et al. Search for sources of resistance to *Meloidogyne enterolobii* in commercial and wild tomatoes. **Horticultura Brasileira**, v.37, p.188-198, 2019.

SPRAGUE G. F. TATUM L. A. Capacidade de combinação geral versus específica em cruzamentos simples de milho. **Jornal da Sociedade Americana de Químicos de Petróleo**, v. 34, p. 923–932, 1942.

SWAN, A. A.; KINGHORN, B.P. Symposium: dairy crossbreeding: Evaluation and use of crossbreeding in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.624-639, 1992.

STAHL, W.; SIES, H. Uptake of lycopene and its geometrical isomers is greater from heat-processed than from unprocessed tomato juice in humans. **J. Nutr**, v. 122, n. 11, p. 2161-2166, 1992.

PÁDUA, Tullio Raphael Pereira et al. Capacidade combinatória de híbridos de tomateiro de crescimento determinado, resistentes a Begomovirus e Tospovirus. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.45, p.818-825, 2010.

PAIVA, Francisco Italo Gomes et al. Tomato quality as a function of irrigation water salinity and k/ca ratios via fertigation. *Irriga*, Botucatu, v. 23, p. 168-193, 2018.

PAULA, Juliana Tauffer et al. Physicochemical characteristics and bioactive compounds in tomato fruits harvested at different ripening stages. **Horticultura Brasileira**, v.33, p.434-440, 2015.

PEIXOTO, Joyce Vitória Miranda et al. Genetic divergence in round tomato germplasm: optimization and hierarchical methods. **Rev. Bras. Cienc. Agrar.**, Recife, v.15, n.4, e6708, 2020.

PERES, L. P. C.; TERRA, N. F.; REZENDE, C. F. A. Produtividade do tomate industrial submetido a adubação organomineral em cobertura. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, p. 10586-10599, 2020.

PESSOA, Victor Gurguel et al. Genes de interesse ligados à resistência biótica na cultura do tomateiro: uma revisão. **Ambientale**, v. 14, p. 14-42, 2022.

PIOTTO, F. A.; PERES, L. E. P. Base genética do hábito de crescimento e florescimento em tomateiro e sua importância na agricultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, p.1941-1946, 2012.

PONCE, Franciely da Silva et al. Mercado de mesa: cultivares de tomateiro de hábito de crescimento determinado. **Campo e Negócios**, Uberlândia, 19 de julho de 2022. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/mercado-de-mesa-cultivares-de-tomateiro-de-habito-determinado/> . Acesso em: 24 de maio de 2024.

PONTES, N. C.; MOITA, A. W.; QUEZADO-DUVAL, A. M. Estabilidade da resistência de 'Ohio 8245' e 'Heinz 9553' à mancha bacteriana do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 99-105,2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Sunderland: Sinauer, 2006. 705p.

TRENTO, Daiane Andréia et al. Desempenho de cultivares de tomate italiano de crescimento determinado em cultivo protegido sob altas temperaturas. **Nativa**, Sinop, v. 9, p. 359-366, 2021.

TEXEIRA, Flávia Maria Vieira. **EMBRAPA Hortaliças: Danos fisiológicos**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/tomate/producao/doencas-e-pragas/problemas/danos-fisiologicos#:~:text=Ombro%2Dverde,fruto%20na%20regi%C3%A3o%20do%20ped%C3%BAnculo>. Acesso em: 23 de maio de 2024.

TEXEIRA, Vandréia Ricobom et al. Características químicas em frutos de tomateiro enxertado sob sistema de cultivo aquapônico. **Revista Ambientale**, Alagoas, v.15, nº. 3, p. 43-54, 2023

TEXEIRA, F. M. V. **EMBRAPA Hortaliças**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/tomate/pre-producao/caracteristicas/cultivares/mesa/italiano> . Acesso em: 08 de março de 2024.

VARGAS, J. E. E.; AGUIRRE, N. C.; CORONADO, Y. M. Study of the genetic diversity of tomato (*Solanum* spp.) with ISSR markers. **Ceres**, Viçosa, v. 67, p. 199-206, 2020.

VEIGA, R. D.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P. Eficiência dos dialelos circulantes na escolha de genitores. **Pesquisa e Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1395-1406, jul. 2000.

WANSER, Anderson Fernando. Tendências e limites da produtividade de tomate em Santa Catarina, Brasil. **Ignis**, Caçador, v.10, p. 82-93, 2021.

ZAYAT, Jamille Zahia Mohana et al. Viabilidade econômica da produção de tomate do tipo saladete no sul do estado do Goiás. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, p. 2675- 3375, 2022.

ZEIST, André Ricardo et al. Self-pollination, intra- and interspecific crosses in tomatoes. **Scientia Agrícola**, v. 80, e20220016, 2022.

APÊNDICE A – Link para acesso as imagens dos genótipos e aos gráficos do teste de médias

https://drive.google.com/drive/folders/1Z2yIUhG27SzA6C_8qiM4ZDv5SoMpXcWO?usp=sharing